

# Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará

2ª edição  
Revista e atualizada

Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Editores técnicos





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Amazônia Oriental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará

**2ª edição**  
Revista e atualizada

*Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo  
Ismael de Jesus Matos Viégas*  
Editores técnicos

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Amazônia Oriental**

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
CEP 66095-903 Belém, PA  
Fone: (91) 3204-1000  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição**

Embrapa Amazônia Oriental

Comitê Local de Publicação

Presidente

*Bruno Giovany de Maria*

Secretário-executivo

*Ana Vânia Carvalho*

Membros

*Alfredo Kingo Oyama Homma*

*Alysson Roberto Baizi e Silva*

*Andréa Liliane Pereira da Silva*

*Luciana Gatto Brito*

*Michelliny Pinheiro de Matos Bentes*

*Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*

*Patrícia de Paula Ledoux Ruy de Souza*

Supervisão editorial e revisão de texto

*Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*

Normalização bibliográfica

*Andréa Liliane Pereira da Silva*

Projeto gráfico, capa, tratamento de ilustrações e fotografias e  
editoração eletrônica

*Vitor Trindade Lôbo*

Colaboradores

*Rúbia Carla Ribeiro Dantas*

*Letícia Cunha da Hungria*

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 500 exemplares

**1ª edição revista e atualizada**

1ª impressão (2010): 1.000 exemplares

**2ª edição revista e atualizada**

1ª impressão (2020): 500 exemplares

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade de seus autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Amazônia Oriental

---

Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará / editores técnicos, Edilson Carvalho Brasil, Manoel da Silva Cravo, Ismael de Jesus Matos Viégas e. – 2. ed. – Brasília, DF : Embrapa, 2020.  
419 p. ; 18,5 cm x 25,5 cm

ISBN 978-85-7035-932-2

1. Solo – Pará – Brasil. 2. Adubação. 3. Calagem. I. Brasil, Edilson Carvalho. II. Cravo, Manoel da Silva. III. Viégas, Ismael de Jesus Matos. IV. Embrapa Amazônia Oriental.

CDD (21. ed.) 631.809811

# Autores

## **Alfredo Kingo Oyama Homma**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Altevir de Matos Lopes**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Antônio José Elias Amorim de Menezes**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistema de Produção Familiar, analista da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Arystides Resende Silva**

Engenheiro florestal, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Austrelino Silveira Filho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Benedito Dutra Luz de Souza**

Engenheiro-agrônomo, especialista em Educação Ambiental, Agropecuária Milênio, Tracuateua, PA

## **Breno Eduardo Nogueira Neves**

Engenheiro-agrônomo, auditor fiscal federal agropecuário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Belém, PA

## **Bruno Giovany de Maria**

Zootecnista, mestre em Produção Animal, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Carlos Alberto Costa Veloso**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

## **Cícero Paulo Ferreira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, PA

## **Daniel Nolasco Machado**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, supervisor-geral de Desenvolvimento Agrônômico da Biopalma da Amazônia, Moju, PA

**Dilson Augusto Capucho Frazão**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, assessor técnico da Federação da Agricultura e Pecuária do Pará, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Edilson Carvalho Brasil**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Eduardo do Valle Lima**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, PA

**Eduardo Jorge Maklouf Carvalho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Eduardo César Medeiros Saldanha**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Nutrição de Plantas, consultor da Yara Brasil Fertilizantes, Barcarena, PA

**Edwin Almeida Assunção**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, coordenador de Área Agrícola da Agropalma, Tailândia, PA

**Elka Odila Leitão Pereira Sena**

Engenheira-agrônoma, mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos, sócia-gerente da Hidroponia Cultivo e Comércio de Hortaliças Ltda., Ananindeua, PA

**Eloisa Maria Ramos Cardoso**

Engenheira-agrônoma, mestre em Fitotecnia, pesquisadora aposentada da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

**Eric Victor de Oliveira Ferreira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Capitão Poço, PA

**Eurico Pinheiro (in memoriam)**

Engenheiro-agrônomo, especialista em Fitotecnia do Cacau, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Fabrcício Khoury Rebello**

Economista, doutor em Ciências Agrárias, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Belém, PA

**Gilson Sergio Bastos de Matos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Belém, PA

**Ismael de Jesus Matos Viégas**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, ex-pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Capanema, PA

**Italo Claudio Falesi**

Engenheiro-agrônomo, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, consultor técnico da Fattoria Piave - Empreendimentos Rurais Sustentáveis, Igarapé-Açu, PA

**Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciências Agrárias, consultor técnico da Fattoria Piave - Empreendimentos Rurais Sustentáveis, Igarapé-Açu, PA

**Jamil Chaar El-Husny**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**João Elias Lopes Fernandes Rodrigues**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Joaquim Alves de Lima Junior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Capanema, PA

**Jonas Elias Castro da Rocha**

Engenheiro florestal, mestre em Silvicultura, doutorando em Ciências Florestais, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Paragominas, PA

**José Edmar Urano de Carvalho**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fruticultura, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**José Raimundo Natividade Ferreira Gama**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, professor da Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA

**José Ribamar Costa Netto**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, doutorando na Universidade de Missouri, Columbia, MO, EUA

**Luiza Hitomi Igarashi Nakayama**

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Ceplac, Belém, PA

**Manoel da Silva Cravo (in memoriam)**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Marcos André Piedade Gama**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Belém, PA

**Michael Douglas Roque Lima**

Engenheiro florestal, mestrando em Ciências Florestais na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA

**Moacir Azevedo Valente**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Oduvaldo Rodrigues Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, extensionista da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Escritório Local de Dom Eliseu, Dom Eliseu, PA

**Paulo Manoel Pontes Lins**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da Sococo Agroindústria da Amazônia, Santa Isabel do Pará, PA

**Rafaelle Fazzi Gomes**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Capanema, PA

**Raimundo Cosme de Oliveira Júnior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geologia e Geoquímica, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Santarém, PA

**Raimundo Freire de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Ricardo Hideo Dohara**

Engenheiro-agrônomo, extensionista da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Escritório Local de São Francisco, São Francisco do Pará, PA

**Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza**

Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Belém, PA

**Rosa de Nazaré Paes da Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora no Instituto Tecnológico Vale - Desenvolvimento Sustentável, Belém, PA

**Rossini Daniel**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Paragominas, PA

**Rubia Carla Ribeiro Dantas**

Engenheira-agrônoma, doutoranda em Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA

**Sebastião Geraldo Augusto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal do Pará, Altamira, PA

**Sérgio Antônio Lopes Gusmão**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Belém, PA

**Simon Suhwen Cheng**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Horticultural Science, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Sônia Maria Botelho**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências Agrárias, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Tarcísio Ewerton Rodrigues (in memoriam)**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Udson de Oliveira Barros Júnior**

Engenheiro florestal, mestrando em Ciências Florestais na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA

**Vinícius Ide Franzini**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Walter Vellasco Duarte Silvestre**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA

**Welliton de Lima Sena**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, PA



# Tarcísio Ewerton Rodrigues (1937–2008)

---

*Por Ítalo Claudio Falesi, amigo pessoal desde o início de carreira*

Tarcísio Ewerton Rodrigues nasceu em 13 de maio de 1937, na cidade de Anajatuba, estado do Maranhão. Formou-se engenheiro-agrônomo em 1967 pela Escola de Agronomia da Amazônia, atual Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra).

Já no ano seguinte à graduação universitária, foi contratado como pesquisador de solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte (Ipean), atual Embrapa Amazônia Oriental, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária sediada em Belém, PA, onde se dedicou ao ramo da pedologia em variadas temáticas, entre elas mineralogia de argilas, pedogênese, solos ácidos e solos tropicais.

Participou de vários levantamentos pedológicos em diferentes locais da região amazônica. Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977) e doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1984), vinculada à Universidade de São Paulo, produziu expressivos estudos sobre gênese, morfologia, classificação, correlação e cartografia de solos da Amazônia.

Publicou mais de 60 trabalhos sobre solos amazônicos. Participou de forma marcante na elaboração da primeira e da segunda edição do livro *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, editado pela Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ). Desempenhou com proficiência sua atividade de professor visitante do curso de pós-graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia, no qual ministrou a disciplina de Gênese e Morfologia de Solos.

Colegas de trabalho e de profissão são unânimes em lembrar de Tarcísio como um profissional responsável, respeitador e muito aplicado às atividades de pesquisador na área da Pedologia, com destaque especial nas áreas de gênese e classificação de solos.

Foi muito dedicado à família. Atencioso e gentil, transparecia benevolência e humanidade no trato com as pessoas. Era apreciador do futebol society e participava ativamente das partidas de futebol de final de tarde no campo da Embrapa Amazônia Oriental, tendo sido um dos sócio-fundadores da Associação Master de Futebol da Embrapa Amazônia Oriental. Tarcísio Ewerton Rodrigues faleceu prematuramente em 2008, aos 71 anos de idade, deixando uma grande lacuna nos estudos da Ciência do Solo na Amazônia.

# Eurico Pinheiro (1927–2011)

---

*Por Fernando Sérgio Valente Pinheiro, filho mais velho*

Eurico Pinheiro nasceu em Belém, PA, em 14 de abril de 1927. Em fevereiro de 1948, seguindo a profissão do pai, foi aprovado no vestibular da Escola de Medicina e Cirurgia do Pará, mas no mesmo ano ingressou no Instituto Agrônomo do Norte (IAN), atual Embrapa Amazônia Oriental, onde passou a atuar no laboratório de tecnologia da borracha. Em 1951, prestou vestibular para a recém-instalada Escola de Agronomia da Amazônia (EAA), abandonando, no terceiro ano, o curso de Medicina.

Após obter o grau de engenheiro-agrônomo, em 1954, passou a compor o quadro de pesquisadores do IAN. Em 1955, foi designado para dirigir a Estação Experimental do Baixo Amazonas, no município de Belterra, PA, onde estavam localizadas as famosas plantações Ford de seringueira adquiridas pelo governo brasileiro. No meio dos seringais, passou 4 anos aprendendo e se especializando na cultura. Após o regresso de Belterra, em 1959, retomou os trabalhos de pesquisa no IAN e, em 1960, foi convidado para lecionar na EAA.

Em 1962, partiu para um curso de especialização no Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie), na Costa Rica, onde se especializou em fitotecnia, com área de concentração em heveicultura. A convite de Gilberto Mestrinho, governador do estado do Amazonas (1961–1964), Eurico Pinheiro coordenou o Projeto ETA-54, vinculado a um convênio entre Ministério da Agricultura/Ipean e governo do estado do Amazonas, voltado ao plantio de seringueira às margens do Rio Urubu, em Itacoatiara.

Dividia seu tempo entre o ensino e a pesquisa, porém, no final de 1970, com a instituição do regime de tempo integral e dedicação exclusiva do Ministério da Educação e Cultura (MEC), optou pela permanência na EAA e dedicou-se exclusivamente ao ensino. No mesmo ano, recebeu convite do então governador do estado Pará, Fernando José Leão Guilhon (1971–1975), para exercer o cargo de secretário de estado de Agricultura. Ainda em sua gestão como secretário de Agricultura, foi o construtor e o primeiro diretor-presidente da Centrais de Abastecimento do Pará (Ceasa/PA).

Em 1976, passou a ser coordenador regional da Superintendência da Borracha (Sudhevea). Em 1982, foi convidado para compor o quadro de pesquisadores da Embrapa, ficando lotado no Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, atual Embrapa Amazônia Ocidental (Manaus, AM). Desempenhou então a função de coordenador do Programa de Pesquisa de Seringueira, no convênio Embrapa/Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP).

Eurico Pinheiro recebeu vários prêmios e honrarias. Foi agraciado com o título de Professor Emérito da Universidade Federal Rural da Amazônia. Recebeu da Embrapa o prêmio de Pesquisador Nacional por Excelência. Foi distinguido pela Embrapa Amazônia Oriental com o prêmio “70 anos de Pesquisa na Amazônia”. Até 2008, havia produzido 68 trabalhos técnicos, quando se aposentou da Embrapa, aos 81 anos de idade.

# Manoel da Silva Cravo (1948-2020)

---

*Por Edilson Carvalho Brasil e Ismael de Jesus Matos Viégas*

Com grande tristeza, após todo o esforço de finalização deste livro, fomos surpreendidos com a notícia do falecimento do nosso querido amigo Manoel da Silva Cravo, ocorrido em 17 de maio de 2020, acometido por essa doença (covid-19) que tem dizimado milhares de vidas no mundo inteiro.

Cravo, como era amigavelmente chamado, nasceu em Barcarena, PA, em 17 de setembro de 1948. Formou-se engenheiro-agrônomo em 1975 pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, atual Universidade Federal Rural da Amazônia. Em 1976, foi contratado como Técnico Pesquisador pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará (Idesp), onde permaneceu até 1984. Concluiu seu mestrado em Solos e Nutrição de Plantas em 1984, pela Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, e em 1995 concluiu o doutorado pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) da Universidade de São Paulo (USP).

Em 1984, passou a fazer parte do quadro de pesquisadores da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus, AM, atuando na área de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Nessa Unidade, atuou em segmentos como: Pesquisador Contraparte brasileira no convênio Embrapa/North Carolina State University, de 1984 a 1991, para execução de pesquisas no Programa Tropical Soil Research (Tropsoils); responsável pelo Setor de Laboratórios de 1996 a 1999; Chefia-Adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento no período de 1998 a 1999.

Em 2001, foi transferido para a Embrapa Amazônia Oriental, onde foi o coordenador do Projeto Sistema Bragantino, que implementou sistemas de manejo sustentável com cultivos em rotação e consórcios, para utilização e recuperação de áreas alteradas para a região amazônica, voltado para a agricultura familiar, que serviu de política pública para o estado do Amapá. Em 2009, aposentou-se, porém, continuou trabalhando como consultor, desenvolveu vários projetos de pesquisa e publicou inúmeros trabalhos.

Em 2007, tivemos a honra de editar, conjuntamente, a primeira edição do livro *Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará* e, mais recentemente, participou ativamente da nova edição deste livro. Cravo sempre foi um ferrenho defensor da disponibilização de informações sistematizadas e organizadas na forma de recomendações de calagem e adubação para as culturas de interesse econômico do estado do Pará, de modo a atender as necessidades dos produtores rurais. Além de amigo, foi um grande profissional das ciências agrárias a deixar um legado de conhecimentos para as novas gerações e para a agricultura familiar. Sua partida deixa em seus amigos um enorme vazio e uma sensação de imensa saudade.



# Apresentação

A Embrapa Amazônia Oriental tem a honra de disponibilizar aos interessados do setor agropecuário e florestal a segunda edição do livro *Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará*, pela importância de seu conteúdo técnico e informativo sobre orientações relacionadas ao uso de corretivos e fertilizantes para as principais culturas de interesse econômico do estado do Pará.

Considerando a baixa fertilidade e a elevada acidez da maioria dos solos do estado do Pará, essa obra possui grande relevância para o setor agropecuário e florestal, por ser uma importante ferramenta para que produtores, extensionistas, estudantes e técnicos em geral possam extrair as informações necessárias para a recomendação de corretivos e fertilizantes, de forma equilibrada, racional e econômica, para potencializar a expressão produtiva das culturas.

Nessa segunda edição, a obra foi revisada, atualizada e ampliada a partir dos avanços nos conhecimentos obtidos nos últimos 12 anos, congregando informações geradas pela Embrapa e por diversas instituições de ensino, pesquisa e extensão, além de empresas privadas do Pará. A publicação aborda aspectos conceituais sobre práticas adequadas de correção e fertilização de solos, bem como apresenta informações técnicas acerca de diversas práticas de manejo do solo, com a indicação de recomendações de quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes para as principais culturas do estado do Pará, visando à melhoria da eficiência de utilização desses insumos, favorecendo a redução de perdas e riscos ambientais e propiciando o aumento de produtividade das plantas cultivadas.

Em uma visão mais ampla, espera-se que este livro possa contribuir para promover aumentos significativos na produção agropecuária e florestal do Pará, em decorrência da obtenção de maiores produtividades das culturas, com incrementos na receita financeira dos produtores, favorecendo a geração de emprego e renda para o bem-estar da sociedade.

*Adriano Venturieri*

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Oriental



# Prefácio à 2ª Edição

Em todas as regiões do País, o desenvolvimento da agricultura tem sido influenciado pela adoção de conhecimentos e tecnologias que permitiram a utilização de práticas agropecuárias adequadas e possibilitaram a melhoria da rentabilidade dos agricultores. O marcante crescimento do setor agropecuário e florestal do estado do Pará, verificado nos últimos anos, não foi diferente do restante do Brasil, uma vez que a utilização de práticas modernas na agricultura tem se tornado um procedimento cada vez mais usual. Contudo, ainda se observa que o rendimento médio da maioria das lavouras no Pará possui valores abaixo da média brasileira e muito aquém das médias de produtividade dos principais estados produtores. Isto demonstra a necessidade cada vez maior de utilização de tecnologias capazes de promover saltos de produtividade, permitindo o aumento dos níveis de emprego e renda nesse segmento econômico do Pará e, desse modo, propiciando maior bem-estar social.

Dentre as tecnologias viáveis para garantir aumentos significativos de produtividade agropecuária e florestal, em condições de solos com baixa fertilidade, como é o caso da maioria dos solos do estado do Pará, destaca-se a utilização racional de corretivos, fertilizantes e condicionadores de solo, a partir de um conjunto de informações que permitam o estabelecimento de um programa de recomendação de calagem e adubação para as culturas.

Portanto, o livro *Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará* representa uma importante ferramenta para atender às necessidades técnicas dos produtores rurais, no intuito de manter as áreas agrícolas em níveis adequados de produtividade, o que contribuirá para a redução da pressão sobre o desmatamento da floresta, bem como para a redução dos impactos ambientais, em virtude da utilização de fertilizantes em quantidades tecnicamente adequadas e da minimização das perdas de nutrientes por diversos processos (lixiviação, volatilização, etc.).

A segunda edição desta obra passou a ser cogitada a partir do momento em que foram detectados avanços significativos nos conhecimentos sobre os aspectos técnicos de fertilização do solo para as diversas culturas citadas e a necessidade de revisão, atualização e ampliação dos conceitos apresentados. No decorrer dos anos que transcorreram entre a primeira e a segunda edição deste livro, diversas culturas passaram a ter maior importância econômica no Pará, requerendo a disponibilização de informações técnicas sobre recomendações de calagem e adubação, para garantir o seu cultivo, dentro de patamares adequados de produtividade.

Além disso, houve uma intensa cobrança dos diversos segmentos que compõem o setor agropecuário para a disponibilização desta segunda edição, em razão da grande demanda pelos exemplares esgotados há cerca de 2 anos e levando em conta que a obra foi uma das mais procuradas na livraria da Embrapa Amazônia Oriental, nos últimos anos.

Cabe ressaltar que esta segunda edição apresenta avanços significativos em diversos aspectos e está dividida em oito partes. A primeira parte contempla aspectos conceituais relacionados a conhecimentos básicos para a efetiva utilização de corretivos, fertilizantes e condicionadores de solo. Nessa parte, além dos 11 capítulos apresentados na primeira edição, os quais passaram por processo de revisão e atualização, foram incluídos quatro novos capítulos, envolvendo aspectos relacionados ao uso de gesso na agricultura, hidroponia, fertirrigação e legislação de fertilizantes e corretivos.

No restante da obra, são abordadas as informações mínimas necessárias para a adequada recomendação de calagem e adubação para 53 culturas de interesse econômico do estado do Pará, sistematizadas em sete grandes grupos de plantas cultivadas (culturas anuais, culturas industriais e perenes, hortaliças, plantas frutíferas, plantas ornamentais e flores tropicais, plantas forrageiras e gramados, além de espécies florestais, que foi incluído nesta nova edição). Foram acrescentadas, ainda, recomendações para oito novas culturas (goiabeira, curauá, pimenteiras, eucalipto, mogno-africano, parapará, paricá e teca).

Um aspecto de grande relevância nesta segunda edição diz respeito ao crescimento no estado do Pará da massa crítica de pessoal com excelência de qualificação na temática desta obra. Isto permitiu a ampla participação na autoria dos capítulos e recomendações de adubação deste livro, por parte de pesquisadores, professores, extensionistas, consultores e técnicos da iniciativa privada e de instituições localizadas em diversas localidades do estado do Pará. Assim, o número de autores que participaram da elaboração deste livro passou de 27, na primeira edição, para 57 nesta segunda, o que contribuiu de forma decisiva para a melhoria da qualidade da obra como um todo.

Portanto, a elaboração desta segunda edição do livro *Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará* se deve à dedicação de todos os autores que não mediram esforços para garantir a qualidade técnica das informações e que fazem parte de diversas instituições de pesquisa, ensino, extensão, bem como de empresas privadas, como: Embrapa Amazônia Oriental, Superintendência Federal de Agricultura, Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Universidade Estadual do Maranhão, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), Universidade Federal do Pará (UFPA), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-PA), Federação da Agricultura no Estado do Pará (Faepa), Biopalma da Amazônia, Agropecuária Milênio, Yara Fertilizantes, Agropalma, Fattoria Piave - Empreendimentos Rurais Sustentáveis, Sococo Agroindústria da Amazônia, Hidroponia Cultivo e Comércio de Hortaliças Ltda.

Um importante aspecto que facilitará a utilização dos conhecimentos contidos nesta publicação é que, além dos exemplares impressos, esta segunda edição será disponibilizada on-line, no portal da Embrapa, de forma totalmente gratuita. Assim, esperamos que esta obra possa contribuir decisivamente para o desenvolvimento do setor agropecuário e florestal do estado do Pará.

*Os Editores Técnicos*

# Prefácio à 1ª Edição

Com a expansão da fronteira agrícola do País nos últimos anos, extensas áreas da Amazônia passaram a ser incorporadas ao processo produtivo agropecuário nacional. No entanto, tem sido preocupante o processo de desflorestamento acelerado e a ocupação desordenada da terra que tem ocorrido na região. Nesse cenário, permeiam as incertezas associadas às perdas irreversíveis do patrimônio ambiental que ainda é pouco conhecido, com possíveis impactos socioambientais no meio e reflexos nas mudanças climáticas globais do planeta.

Embora o Pará se apresente como um dos estados mais vocacionados ao desenvolvimento agropecuário da região, em decorrência das grandes extensões de áreas aptas à agricultura e à pecuária, esse tipo de atividade deve ser direcionado, prioritariamente, para as áreas já alteradas do estado.

Uma das formas mais eficientes para evitar a derrubada descontrolada da Floresta Amazônica é promover o aumento da produtividade dos sistemas agrícolas e pecuários nas áreas já abertas, contribuindo para o aumento da oferta de alimentos e matérias-primas, visando atender à demanda regional e gerar excedentes exportáveis, permitindo reduzir a pressão sobre a floresta. Isso pode ser conseguido com o uso adequado das diversas práticas e insumos agrícolas, dos quais se destaca a utilização racional de corretivos e fertilizantes. Dessa forma, o estabelecimento de um programa de adubação e calagem para as principais culturas do estado representa importante ferramenta para a busca de maior rentabilidade para o produtor rural, além de contribuir para a preservação ambiental.

Neste contexto, o livro *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará* servirá de marco referencial para a agropecuária paraense, já que os atores do meio (empresários agrícolas, produtores, professores, pesquisadores, técnicos e universitários) poderão dispor de uma publicação que apresenta, de forma organizada e sistematizada, as principais informações e esclarecimentos sobre as recomendações de adubação e calagem, com base nos resultados de análise de solo e planta, para as principais culturas do agronegócio paraense.

Além de disponibilizar as recomendações para a adubação e calagem em forma de tabelas para 45 cultivos no Pará, o livro apresenta capítulos sobre aspectos gerais dos solos do Pará, amostragem de solo e planta, representação e interpretação de análises de solo, diagnose foliar, fertilizantes minerais e orgânicos, uso eficiente de fertilizantes sólidos, mistura de fertilizantes e cálculos de adubação, acidez do solo e aspectos econômicos da adubação e calagem.

Nesta oportunidade, agradecemos aos autores deste livro, pertencentes à Embrapa Amazônia Oriental, à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), à Escola Agrotécnica Federal de Castanhal, ao Banco da Amazônia, à Universidade da Amazônia (Unama), à Agropecuária Milênio e à Sococo Agroindústrias da Amazônia, sem os quais não seria possível a publicação do livro.

*Os Editores Técnicos*



# Sumário

## PARTE 1 - Aspectos gerais relacionados ao uso de fertilizantes e corretivos

### Capítulo 1 - Solos do estado do Pará, 25

José Raimundo Natividade Ferreira Gama  
Moacir Azevedo Valente  
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior  
Manoel da Silva Cravo  
Eduardo Jorge Maklouf Carvalho  
Tarcísio Ewerton Rodrigues (in memorian)

### Capítulo 2 - Amostragem do solo, 47

Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo  
Carlos Alberto Costa Veloso

### Capítulo 3 - Métodos de análise do solo e representação dos resultados, 55

Edilson Carvalho Brasil  
Sônia Maria Botelho  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Rubia Carla Ribeiro Dantas

### Capítulo 4 - Interpretação dos resultados da análise do solo, 61

Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo

### Capítulo 5 - Amostragem e diagnose foliar, 65

Carlos Alberto Costa Veloso  
Sônia Maria Botelho  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

### Capítulo 6 - Fertilizantes minerais, 73

Cícero Paulo Ferreira  
Manoel da Silva Cravo  
Eric Victor de Oliveira Ferreira

### Capítulo 7 - Fertilizantes orgânicos, 93

Sônia Maria Botelho  
Carlos Alberto Costa Veloso  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Eric Victor de Oliveira Ferreira

### Capítulo 8 - Uso e manejo eficiente de fertilizantes, 105

Ismael de Jesus Matos Viégas  
Manoel da Silva Cravo  
Eduardo César Medeiros Saldanha  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

### Capítulo 9 - Mistura de fertilizantes: cálculo e formulação, 113

Carlos Alberto Costa Veloso  
Sônia Maria Botelho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

### Capítulo 10 - Correção da acidez do solo, 121

Carlos Alberto Costa Veloso  
Sônia Maria Botelho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Arystides Resende Silva

### Capítulo 11 - Uso de gesso na agricultura, 133

Edilson Carvalho Brasil  
Eduardo do Valle Lima  
Manoel da Silva Cravo

### Capítulo 12 - Hidroponia, 147

Rafaelle Fazzi Gomes  
Welliton de Lima Sena  
Joaquim Alves de Lima Junior  
Elka Odila Leitão Pereira Sena

### Capítulo 13 - Fertirrigação, 161

Joaquim Alves de Lima Junior  
Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza  
Rossini Daniel

### Capítulo 14 - Aspectos econômicos da adubação e da calagem na Amazônia, 185

Alfredo Kingo Oyama Homma  
Fabrício Khoury Rebello

### Capítulo 15 - Legislação federal sobre fertilizantes e corretivos, 205

Breno Eduardo Nogueira Neves  
Cícero Paulo Ferreira  
Manoel da Silva Cravo

## PARTE 2 - Recomendações de calagem e adubação para culturas anuais

### Capítulo 1 - Algodão, 231

Manoel da Silva Cravo  
Austrelino Silveira Filho

### Capítulo 2 - Arroz de terras altas, 235

Manoel da Silva Cravo  
Austrelino Silveira Filho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Carlos Alberto Costa Veloso

### **Capítulo 3 - Arroz irrigado, 239**

*Altevir de Matos Lopes  
Manoel da Silva Cravo  
Carlos Alberto Costa Veloso*

### **Capítulo 4 - Amendoim, 243**

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Manoel da Silva Cravo  
Sônia Maria Botelho*

### **Capítulo 5 - Feijão-caupi, 247**

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza*

### **Capítulo 6 - Mandioca, 251**

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Eloisa Maria Ramos Cardoso  
Sônia Maria Botelho*

### **Capítulo 7 - Milho, 255**

*Manoel da Silva Cravo  
Edilson Carvalho Brasil  
José Ribamar Costa Netto  
Austrelino Silveira Filho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Carlos Alberto Costa Veloso*

### **Capítulo 8 - Soja, 259**

*Manoel da Silva Cravo  
Edilson Carvalho Brasil  
José Ribamar Costa Netto  
Austrelino Silveira Filho  
Jamil Chaar El-Husny*

### **Capítulo 9 - Sorgo granífero e forrageiro, 263**

*Carlos Alberto Costa Veloso*

## PARTE 3 - Recomendações de calagem e adubação para culturas industriais e perenes

### **Capítulo 1 - Café 'Conilon' (*Coffea canephora* L.), 267**

*Carlos Alberto Costa Veloso  
Sebastião Geraldo Augusto*

### **Capítulo 2 - Curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), 273**

*Manoel da Silva Cravo  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Rosa de Nazaré Paes da Silva*

### **Capítulo 3 - Guaranazeiro, 275**

*Manoel da Silva Cravo  
Dilson Augusto Capucho Frazão  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

### **Capítulo 4 - Palma de óleo (Dendzeiro), 279**

*Vinicius Ide Franzini  
Gilson Sergio Bastos de Matos  
Daniel Nolasco Machado  
Edwin Almeida Assunção  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sônia Maria Botelho*

### **Capítulo 5 - Pimenteira-do-reino, 283**

*Raimundo Freire de Oliveira  
Sônia Maria Botelho  
Edilson Carvalho Brasil  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

### **Capítulo 6 - Pimenteira-longa, 287**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Edilson Carvalho Brasil  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

### **Capítulo 7 - Pupunheira para produção de palmito, 289**

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Sônia Maria Botelho*

### **Capítulo 8 - Seringueira, 291**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Eurico Pinheiro (in memoriam)*

### **Capítulo 9 - Urucuzeiro, 293**

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Sônia Maria Botelho  
Carlos Alberto Costa Veloso*

## PARTE 4 - Recomendações de calagem e adubação para hortaliças

### **Capítulo 1 - Alface e outras folhosas (jambu, coentro, salsa, cebolinha, couve, rúcula, chicorinha), 297**

*Sônia Maria Botelho  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Simon Swen Cheng*

### **Capítulo 2 - Feijão-vagem e feijão-de-metro, 301**

*Sônia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão*

### **Capítulo 3 - Melancia e abóbora, 303**

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Simon Swen Cheng*

#### **Capítulo 4 - Melão, 307**

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Simon Swen Cheng*

#### **Capítulo 5 - Pimentão, 311**

*Sônia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão*

#### **Capítulo 6 - Pimenteiros (pimenta-de-cheiro - verde e doce; pimenta-de-cheiro - amarela e ardida, também chamada cumari-do-pará; murupi e malagueta), 313**

*Manoel da Silva Cravo  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Edilson Carvalho Brasil*

#### **Capítulo 7 - Tomate rasteiro, 317**

*Sônia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas*

### PARTE 5 - Recomendações de calagem e adubação para plantas frutíferas

#### **Capítulo 1 - Abacaxizeiro, 321**

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Carlos Alberto Costa Veloso  
Sônia Maria Botelho*

#### **Capítulo 2 - Açaizeiro, 323**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Manoel da Silva Cravo  
Sônia Maria Botelho*

#### **Capítulo 3 - Aceroleira, 327**

*Carlos Alberto Costa Veloso*

#### **Capítulo 4 - Bananeira, 331**

*Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo  
Antonio Jose Elias Amorim de Menezes  
José Edmar Urano de Carvalho  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

#### **Capítulo 5 - Cacaueiro, 335**

*Luiza Hitomi Igarashi Nakayama  
Manoel da Silva Cravo  
Sebastião Geraldo Augusto*

#### **Capítulo 6 - Camucamuzeiro, 341**

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

#### **Capítulo 7 - Citros (laranjeira, limoeiro e tangerineira), 343**

*Carlos Alberto Costa Veloso*

#### **Capítulo 8 - Coqueiro, 347**

*Paulo Manoel Pontes Lins  
Ismael de Jesus Matos Viégas*

#### **Capítulo 9 - Cupuaçuzeiro, 351**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Dilson Augusto Capucho Frazão  
Sônia Maria Botelho*

#### **Capítulo 10 - Goiabeira (*Psidium guajava* L), 353**

*Oduvaldo Rodrigues Oliveira*

#### **Capítulo 11 - Gravioleira, 355**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sônia Maria Botelho  
Dilson Augusto Capucho Frazão  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

#### **Capítulo 12 - Mamoeiro, 357**

*Manoel da Silva Cravo*

#### **Capítulo 13 - Mangostanzeiro, 361**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sônia Maria Botelho  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

#### **Capítulo 14 - Maracujazeiro, 363**

*Edilson Carvalho Brasil  
José Edmar Urano de Carvalho  
Ricardo Hideo Dohara*

#### **Capítulo 15 - Pupunha: fruto, 367**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Manoel da Silva Cravo*

### PARTE 6 - Recomendação de calagem e adubação para plantas ornamentais e flores tropicais

#### **Capítulo 1 - Alpinia (flores para corte), 371**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

#### **Capítulo 2 - Bastão-do-imperador (flores para corte), 373**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

#### **Capítulo 3 - Helicônia porte alto (flores para corte), 375**

*Raimundo Freire de Oliveira  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

**Capítulo 4 - Helicônia porte baixo e médio (flores para corte), 377**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

**Capítulo 5 - Gengibre ornamental (xampu ou sorvetão), 379**

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

**PARTE 7 - Recomendações de calagem e adubação de plantas forrageiras e gramados**

**Capítulo 1 - Pastagem cultivada, 383**

*Eduardo do Valle Lima  
Bruno Giovany de Maria*

**Capítulo 2 - Gramados ornamentais e jardins, 391**

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Sonia Maria Botelho*

**Capítulo 3 - Gramado esportivo, 393**

*Walter Vellasco Duarte Silvestre*

**PARTE 8 - Recomendações de calagem e adubação para espécies florestais**

**Capítulo 1 - Eucalipto, 399**

*Jonas Elias Castro da Rocha  
Marcos André Piedade Gama  
Edilson Carvalho Brasil  
Michael Douglas Roque Lima  
Udson de Oliveira Barros Junior*

**Capítulo 2 - Mogno-africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.), 403**

*Italo Claudio Falesi  
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes  
Bittencourt*

**Capítulo 3 - Parapará (*Jacaranda copaia* Aublet D. Don), 409**

*Italo Claudio Falesi  
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes  
Bittencourt  
Edilson Carvalho Brasil*

**Capítulo 4 - Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), 413**

*Edilson Carvalho Brasil  
Jonas Elias Castro da Rocha  
Marcos André Piedade Gama  
Michael Douglas Roque Lima  
Udson de Oliveira Barros Junior*

**Capítulo 5 - Teca (*Tectona grandis* L. f.), 417**

*Marcos André Piedade Gama  
Jonas Elias Castro da Rocha  
Edilson Carvalho Brasil  
Michael Douglas Roque Lima  
Udson de Oliveira Barros Junior*



# PARTE 1

Aspectos gerais  
relacionados ao uso de  
fertilizantes e corretivos



# Solos do estado do Pará

---

*José Raimundo Natividade Ferreira Gama*

*Moacir Azevedo Valente*

*Raimundo Cosme de Oliveira Júnior*

*Manoel da Silva Cravo*

*Eduardo Jorge Maklouf Carvalho*

*Tarcísio Ewerton Rodrigues (in memorian)*

## Introdução

O estado do Pará, segundo maior estado do País em superfície, apresenta uma área de 1.247.955,24 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018), caracterizando-se pela grande variação das condições climáticas, geológicas, geomorfológicas e edáficas, além de uma exuberância diversificada de flora e fauna.

É importante assinalar que o estado do Pará situa-se precisamente dentro da faixa ecológica denominada de Trópico Úmido, na qual as atividades biológicas são mais intensas e, também, a produtividade primária dos ecossistemas alcança seus valores mais elevados. Isto decorre em virtude dos fatores que favorecem, principalmente, a fotossíntese e que são abundantes nessa região: radiação solar e água.

Apesar de grande parte da área do estado ser constituída por solos de baixa fertilidade química, o desenvolvimento agropecuário em grande escala tem sido acelerado nos últimos anos. Obviamente, os conhecimentos a respeito dos solos e das alternativas de manejo, associados com as necessárias condições de infraestrutura, são os meios pelos quais se pode explorá-los e, ao mesmo tempo, conservá-los.

Este trabalho objetiva reunir informações a respeito da caracterização e distribuição dos solos e suas aptidões agrícolas, ressaltando alguns tópicos contraditórios a seu respeito e fatores limitantes ao uso da terra.

## Condições ambientais

O estado do Pará é representado, na realidade, por uma diversidade ambiental, na qual representam papel importante as variações climáticas dessa região. Para melhor compreensão, é necessário identificar as diferentes categorias existentes. A diversidade ambiental no estado é um elemento fundamental e que deve ser levado em conta especialmente na pesquisa, uma vez que essas características vão influir nas possibilidades de extrapolação de resultados, em áreas de influências climáticas e edáficas semelhantes.

Segundo Bastos (1972), o regime térmico na região é bastante diversificado, com temperaturas médias anuais entre 22 °C e 28 °C e média das máximas e mínimas anuais entre 29 °C e 34 °C e 16 °C e 24 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar dessa região é normalmente superior a 64% e se aproxima de 91% no período chuvoso. A luminosidade varia de 1.500 a 3.000 horas de radiação solar por ano, o que representa 35% a 65% de energia potencial radiante. O regime pluviométrico na região permite verificar uma distribuição bastante ampla das classes de precipitação anual, em que a pluviosidade média anual varia entre 1.000 mm e 3.600 mm, distribuída de maneira a caracterizar duas épocas de chuvas bem definidas: a mais chuvosa iniciando entre dezembro e janeiro, podendo ter duração de 5 a 6 meses, e a menos chuvosa atingindo os demais meses do ano.

O balanço hídrico determinado segundo Thornthwaite e Matter (1955), citados por Bastos (1972), evidencia amplitudes bastante elevadas para excedentes e deficiências hídricas. Os excedentes hídricos podem atingir valores em torno de 100 mm a 2.400 mm, assim como podem ser nulos em alguns locais no estado.

O estado possui clima quente e úmido, podendo ser dividido em três áreas climáticas distintas, conforme os tipos climáticos Afi, Ami e Awi da classificação de Köppen, tendo por base a análise de parâmetros meteorológicos de superfície (Bastos, 1972; Nimer, 1972; Sudam, 1984), cujas características são: o tipo climático Afi apresenta abundância de chuvas durante todo o ano, com precipitação média anual acima de 2.500 mm e, no mês de menor precipitação, as chuvas alcançam mais de 60 mm; o Ami, intermediário entre Afi e Awi, possui regime pluviométrico anual que define uma estação relativamente seca, mas com precipitação total acima de 2.500 mm anuais; e o tipo climático Awi caracteriza-se por ter índice pluviométrico anual entre 1.000 mm e 2.500 mm, com nítida estação seca.

Com base nos estudos climáticos já realizados, a temperatura, a insolação e radiação solar durante o ano inteiro não causariam impedimento à agricultura. Enquanto a pluviosidade, pelo longo período de estiagem, no tipo Awi, pode ocasionar limitações severas a determinado grupo de culturas (perenes) não adaptadas a essas condições, em que o déficit hídrico é bastante acentuado, em torno de 5 meses.

A geologia é representada por litologias que têm origem no Arqueano até o Holoceno (Schobbenhaus et al., 1984), de onde são fornecidos os materiais de origem para formação das diversas classes de solos existentes nesta região.

Do ponto de vista geomorfológico, o estado do Pará está dividido nas seguintes unidades de relevo (Vieira; Santos, 1987): altos planaltos, planaltos rebaixados, depressões e planícies fluviais.

A vegetação que recobre a Amazônia é bastante diversificada, variando de Floresta Equatorial Perenifólia (úmida) até Cerrado e Campos. Grande parte da Floresta Amazônica (Hileia) apresenta aspecto exuberante, dando a impressão, à primeira vista, de que a fertilidade química dos solos é alta. No entanto, o que ocorre é um equilíbrio no sistema solo-planta, em que as plantas vivem praticamente da ciclagem de nutrientes. O ciclo de nutrientes entre a floresta e o

solo é quase fechado e contínuo, com a maior parte dos nutrientes localizada na própria biomassa (Falesi et al., 1980; Demattê, 1988).

No Pará, são reconhecidos os seguintes tipos de vegetação: Floresta Equatorial Perenifólia/Perúmida, Floresta Equatorial Subperenifólia, Floresta Equatorial/Tropical Subcaducifólia, Floresta Tropical Caducifólia, Floresta Equatorial Perenifólia de Várzea, Cerrados, Campos, Campinaranas, Vegetação de Restinga, Manguezal e Aluvial.

## Solos

Os estudos de solos do Pará tiveram início, em caráter sistemático, no final da década de 1950, com trabalhos desenvolvidos por Day (1959), Sombroek (1966) e pela equipe de solos do Instituto Agrônômico do Norte (IAN). A partir dos anos 1970, tiveram um maior desenvolvimento com estudos realizados pela equipe de solos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), vinculado à Embrapa, em áreas estrategicamente selecionadas por interesse econômico.

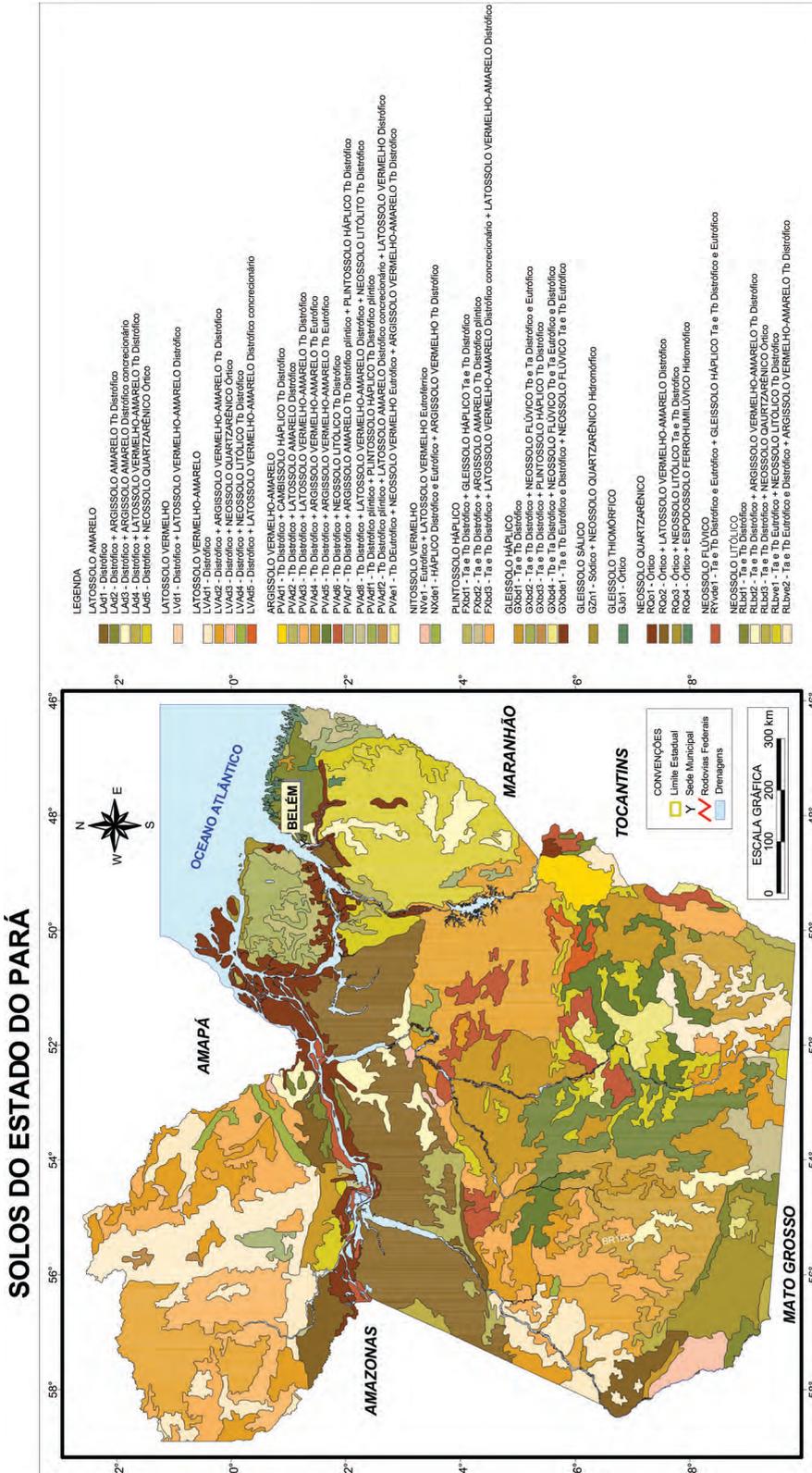
Com o advento do Projeto Radam, utilizando como base de estudo imagens de radar na escala de 1:250.000, além de outros produtos obtidos por sensores remotos, houve, num curto espaço de 10 anos, um avanço considerável na obtenção de informações, em nível exploratório, de solos, geologia, geomorfologia, clima, vegetação e uso potencial da terra, da Amazônia Brasileira, publicadas em mapas na escala de 1:1.000.000.

A multiplicidade dos levantamentos de solos, envolvendo critérios variáveis de mapeamento e classificação, torna sua compreensão complicada e sua correlação bastante difícil, o que dificulta sua plena utilização como base para recomendação agrícola.

Em 1981, com a publicação do mapa de solos do Brasil, na escala de 1:5.000.000, pela Embrapa-SNLCS (Embrapa, 1981), tornaram-se disponíveis informações abrangentes sobre os solos. No entanto, por causa da escala cartográfica empregada, as unidades mapeadas foram constituídas em associações de solos, nas quais apenas os componentes principais são indicados.

## Principais classes de solos

A distribuição das principais classes de solos contidas em diferentes unidades de mapeamento de solos do estado do Pará, com base em resultados de levantamento de solos realizados pelo Projeto Radambrasil e pela Embrapa, são apresentadas na Figura 1, e suas quantificações, bem como a porcentagem da superfície do estado ocupada por essas classes, podem ser vistas na Tabela 1. Uma descrição sucinta de cada uma dessas classes será feita a seguir, destacando-se as principais características físico-químicas e morfológicas que proporcionaram suas classificações.



**Figura 1.** Distribuição das principais classes de solos mapeadas no estado do Pará.  
Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

**Tabela 1.** Quantificação aproximada das áreas das principais classes de solos mapeadas no estado do Pará.

Classes de solos	Área	
	km <sup>2</sup>	%
<b>ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO<sup>(1)</sup></b>		
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média/argilosa (PVAd)	488.274	39,13
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura arenosa/média (PVAd)	8.470	0,68
<b>ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO</b>		
Espodossolo Ferri-Humilúvico Hidromórfico, textura arenosa (ESKg)	1.430	0,11
<b>GLEISSOLO HÁPLICO</b>		
Gleissolo Háplico Tb Distrófico, textura siltosa/argilosa (GXbd)	39.150	3,14
Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, textura siltosa/argilosa (GXve)	32.858	2,63
<b>GLEISSOLO SÁLICO</b>		
Gleissolo Sílico Sódico, textura argilosa (GZn)	1.500	0,12
<b>GLEISSOLO TIOMÓRFICO</b>		
Gleissolo Tiomórfico Órtico, textura siltosa (GJo)	3.643	0,29
<b>LATOSSOLO AMARELO</b>		
Latossolo Amarelo Distrófico, textura muito argilosa (LAd)	32.351	2,59
Latossolo Amarelo Distrófico, textura argilosa (LAd)	102.788	8,24
Latossolo Amarelo Distrófico, textura média (LAd)	126.636	10,15
Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico (LAd)	1.260	0,10
<b>LATOSSOLO VERMELHO<sup>(2)</sup></b>		
Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (LVd)	1.270	0,10
<b>LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO</b>		
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura muito argilosa (LVAd)	33.140	2,66
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura argilosa (LVAd)	144.928	11,61
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média (LVAd)	65.010	5,21
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico, textura argilosa (LVAd)	1.110	0,09
<b>NEOSSOLO FLÚVICO</b>		
Neossolo Flúvico Tb Distrófico, textura siltosa/argilosa (RYbd)	2.918	0,23
Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, textura siltosa/argilosa (RYve)	2.921	0,23
<b>NEOSSOLO LITÓLICO</b>		
Neossolo Litólico Distrófico, textura argilosa (RLd)	61.531	4,93
<b>NEOSSOLO QUARTZARÊNICO</b>		
Neossolo Quartzarênico Órtico, textura arenosa (RQo)	21.406	1,72
<b>NITOSSOLO VERMELHO</b>		
Nitossolo Vermelho Eutrófico, textura argilosa/muito argilosa (NVe)	11.100	0,89
<b>PLINTOSSOLO HÁPLICO<sup>(3)</sup></b>		
Plintossolo Háplico Distrófico, textura média/argilosa (FXd)	16.237	1,30
<b>ÁREA DAS CLASSES DE SOLOS</b>	<b>1.199.931</b>	<b>96,15</b>
<b>ÁGUAS INTERNAS</b>	<b>48.024</b>	<b>3,85</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.247.955</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Inclui os Argissolos Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo Distróficos e Eutróficos e petroplínticos.

<sup>(2)</sup> Inclui os Latossolos Vermelhos Distróficos petroplínticos.

<sup>(3)</sup> Inclui os Plintossolos Argilúvicos Distróficos e Plintossolos Pétricos Concrecionários.

## Argissolos

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B textural não plíntico, com presença ou não de horizonte E, de argila de atividade baixa ou alta, com perfis bem desenvolvidos, profundos e medianamente profundos, bem a moderadamente drenados, apresentando uma sequência de horizontes do tipo A-Bt-C ou A-E-Bt-C. Possui acentuada diferenciação de textura, cores e estrutura, usualmente com transição clara ou abrupta do horizonte A ou E para o Bt. São solos de cores variáveis, exibindo, no horizonte Bt, coloração que varia de bruno-amarelado a vermelho-escuro. Os horizontes superficiais são mais arenosos do que os subsuperficiais, quase sempre de textura argilosa, evidenciando um gradiente textural B/A normalmente superior a 1,5, mostrando evidência de iluviação de argila, pela alta relação textural e/ou revestimento das unidades estruturais, com filmes de materiais coloidais translocados (cerosidade).

De um modo geral, os Argissolos que ocorrem no estado do Pará apresentam baixa fertilidade química natural, sendo, por isso, classificados como distróficos (Santos et al., 2013). Possuem elevada acidez, com elevados teores de alumínio trocável, elevada saturação por alumínio, baixa saturação por bases trocáveis, baixa capacidade de troca de cátions e baixíssimos teores de fósforo assimilável. Todavia, atualmente, existem referências de Argissolos Eutróficos que apresentam alta fertilidade química (Relatório..., 2010; Mapas..., 2016).

Dentro da ordem dos Argissolos, o grande grupo dominante no estado é o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Mapas..., 2016). Incluem-se, também, como subdominantes dessa ordem, os grandes grupos: Argissolo Amarelo Distrófico, Argissolo Amarelo Eutrófico, Argissolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (Tabela 1).

Independentemente da cor ou da condição química, é comum ocorrer, nesses solos, o caráter concrecionário, atributo diagnóstico que indica a presença no perfil de petroplintita, na forma de nódulos ou concreções. Nesse caso, os subgrupos são classificados como petroplínticos (Santos et al., 2013).

## Cambissolos

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente ou câmbico, não plíntico, subjacente a um horizonte A; teores de silte e de argila superiores a 20% e 15%, respectivamente, na composição granulométrica; ausência de cerosidade na estrutura dos solos e presença de minerais primários menos resistentes ao intemperismo (<4%). Os Cambissolos apresentam estágio intermediário de formação, quando comparados com solos com horizonte B textural ou latossólico. São solos rasos a profundos, possuindo sequência de horizontes do tipo A-Bi-C, com diferenciação de horizontes variável.

## Espodossolos

São solos minerais hidromórficos com horizonte B espódico, subjacente a um horizonte E alvíco ou raramente, em sequência ao A, nos quais o limite superior do horizonte espódico encontra-se, normalmente, a menos de 2 m. Em geral, são

solos profundos, que possuem sequência de horizontes do tipo A-E-Bh ou A-E-Bs-Bhs-C. É comum ocorrer, na base do horizonte, uma camada dura, compacta e pouco permeável, classificada como *ortstein* (Curi et al., 1993).

A classe dominante, dentro desta ordem, é classificada no terceiro nível categórico (grande grupo) como Espodossolo Ferri-Humilúvico Hidromórfico. Normalmente ocorre associada aos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos ou Órticos.

## Gleissolos

São solos minerais pouco desenvolvidos, hidromórficos com horizonte glei iniciando a menos de 60 cm da superfície e que apresentam tipos de horizontes superficiais de solos minerais, com teores de carbono inferiores ou superiores a 4%. São formados de sedimentos aluviais depositados em áreas de várzeas, depressões e planícies aluviais, sob influência do lençol freático próximo à superfície, durante parte do ano. A alternância entre período com excesso de água e período no qual é possível o arrançamento das camadas do solo faz com que, além da forte gleização, causada pela redução do ferro em condições anaeróbicas, possam ocorrer mosqueados de cores amarelas e avermelhados, indicando oxidação do ferro.

Dentro desta ordem, a classe dominante é Gleissolo Háptico Tb Distrófico. Estes solos ocorrem ao longo das margens dos rios e igarapés de água barrenta, em praticamente todo o estado. Normalmente estão associados à classe Neossolo Flúvico Tb Distrófico. Incluem-se, também, nesta ordem as classes Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, Gleissolo Sáfico Sódico e Gleissolo Tiomórfico Órtico. Essas duas últimas classes ocorrem em ambientes sob influência de águas salinas, na região costeira do estado.

Os Gleissolos Sáficos Sódicos podem ou não ocorrer associados aos Vertissolos Hidromórficos Sáficos ou aos Planossolos Nátricos Sáficos. São solos que apresentam o caráter sódico em um ou mais horizontes, dentro de 100 cm a partir da superfície. Esse atributo diagnóstico é usado para distinguir horizontes ou camadas do solo que apresentem saturação por sódio ( $100 \text{ Na}^+/\text{T} \geq 15\%$ ).

Os Gleissolos Tiomórficos Órticos são solos que apresentam horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm a partir da superfície (Santos et al., 2013). São mal drenados, gleizados e distribuem-se nas partes baixas da orla marítima, sob influência das marés e com vegetação dominante de mangue. As áreas abrangidas por esses solos não são utilizadas agricolamente, por causa das limitações fortes quanto ao excesso de água e sais solúveis prejudiciais ao desenvolvimento vegetativo da maioria das culturas.

## Latossolos

São solos minerais profundos e muito profundos (normalmente superiores a 2 m), bem a excessivamente drenados, bastante porosos e permeáveis, com sequência de horizontes do tipo A-Bw-C pouco diferenciados. No horizonte B latossólico (Bw), os teores de argila aumentam gradativamente ao longo do perfil sem, contudo, chegar a evidenciar um horizonte do tipo B textural. Apresentam estágio avançado de intemperização e processo intenso de lixiviação, destituídos de

minerais primários facilmente intemperizáveis, formados por uma mistura em que predominam argilominerais do tipo 1:1 (caulinita), óxidos de ferro e/ou alumínio, além de quartzo e outros minerais silicatados resistente ao intemperismo.

Esses solos são desenvolvidos de material de origem retrabalhada, resultando normalmente em solos de baixa fertilidade química (distróficos). Em geral, possuem elevada acidez (com pH baixo), com elevados teores de alumínio trocável, elevada saturação por alumínio, baixa saturação por bases trocáveis, baixa capacidade de troca de cátions e baixíssimos teores de fósforo assimilável.

Dentro da ordem dos Latossolos, os grandes grupos dominantes são: Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Diferenciam-se uns dos outros, basicamente, pelo matiz dominante no perfil: 10YR para os amarelos, 2,5 YR e 10R para os vermelhos e 5YR para os vermelho-amarelos, respectivamente. Igualmente aos Argissolos, os subgrupos dos Latossolos Amarelo, Vermelho ou Vermelho-Amarelo, quando apresentam o caráter concrecionário, são classificados como petroplínticos.

Inclui-se nesta ordem, como subdominante, o Latossolo Bruno, identificado na Região de Integração do Tapajós (Mapas..., 2016). Este solo se caracteriza por apresentar fendas verticais pronunciadas e estruturas prismáticas grandes, em decorrência da exposição do perfil ao calor do sol, causando retração acentuada da massa do solo. Outras características desses solos são a presença de horizonte diagnóstico superficial A húmico ou conteúdo de carbono orgânico superior a 10 g/kg até 70 cm de profundidade, e coloração brunada na parte superior do horizonte B, predominante no matiz 7,5 YR (Santos et al., 2013).

## Neossolos

Nesta ordem ocorrem solos com características físico-químicas extremamente diferentes, como são os Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos.

Os Neossolos Flúvicos são desenvolvidos sob forte influência do lençol freático próximo à superfície. São oriundos da deposição de sedimentos aluviais de natureza muito variável, constituindo camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. São hidromórficos, rasos ou pouco profundos, com textura variável, normalmente, com dominância da fração silte na granulometria e nível de fertilidade natural variando de baixo a alto. Ocorrem em relevo plano, margeando os cursos d'água sob vegetação de Floresta Hidrófila de Várzea, normalmente associados aos Gleissolos (Relatório..., 2010). Na subordem dos Neossolos Flúvicos são dominantes os grandes grupos: Neossolo Flúvico Tb Distrófico e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico (Tabela 1).

Os Neossolos Litólicos normalmente ocorrem em áreas de relevo ondulado a forte ondulado. Apresentam horizonte A com menos de 40 cm de espessura, diretamente assentado sobre a rocha ou sobre material com 90%, ou mais, de sua massa constituída de fragmentos de rocha. Apresentam sequência de horizontes

do tipo A, C e R ou A e R. Quanto ao nível de fertilidade natural, podem ser Distróficos ou Eutróficos, dependendo da natureza das rochas das quais são originados. O grande grupo Neossolo Litólico Distrófico é a classe dominante no estado do Pará (Tabela 1).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais profundos, hidromórficos ou não hidromórficos, que apresentam classe de textura essencialmente arenosa, desenvolvidos de sedimentos areno-quartzosos, com sequência de horizontes do tipo A e C. O grande grupo Neossolo Quartzarênico Órtico é a classe dominante no estado. O Neossolo Quartzarênico Hidromórfico também ocorre com frequência.

## Nitossolos

Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural (Bt) de argila de atividade baixa, de coloração vermelha-escura a arroxeadas, com teores elevados de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (<150 g/kg de solos) e  $\text{TiO}_2$  (<15 g/kg de solos), baixo gradiente textural e forte atração das partículas pelo ímã. A estrutura é moderada a fortemente desenvolvida, com presença de cerosidade moderada a forte, no Bt, às vezes ocorrendo a partir da base do horizonte A.

São desenvolvidos a partir de rochas básicas ou ultrabásicas e, por isso, apresentam alta fertilidade química natural com baixa acidez, com pH normalmente próximo de 6,5, baixos teores de alumínio trocável e elevada saturação por bases trocáveis, sendo, por isso, classificados como solos eutróficos ( $V\% > 50$ ). No entanto, podem apresentar baixa fertilidade química natural, sendo classificados como solos distróficos ( $V\% < 50$ ). Por vezes, apresentam horizonte diagnóstico superficial A chernozêmico, sendo classificados no quarto nível categórico (subgrupos) como chernossólicos. Ocorrem mais frequentemente em relevo ondulado e apresentam alta potencialidade agrícola, porém requerem cuidados no seu manejo para evitar erosão. O grande grupo dominante no estado do Pará pertence à classe Nitossolo Vermelho Eutrófico (Tabela 1).

## Plintossolos

Compreendem solos minerais hidromórficos ou não hidromórficos, com horizonte diagnóstico plíntico dentro dos 40 cm superficiais ou a maiores profundidades, quando subjacente a horizontes E ou subsequente a horizonte(s) com mosqueados resultantes de oxirredução. A sequência de horizontes é do tipo A-Bf-C ou A-Bf-Cf, sujeitos ou não à saturação hídrica temporária. A tonalidade cinzenta é indicativa de redução; os horizontes, nos períodos secos, vão formar as plintitas. O horizonte plíntico normalmente tem espessura igual ou maior que 15 cm, com coloração variegada e 15% ou mais de plintita por volume do material constitutivo do solo. Predominantemente são solos de baixa fertilidade química, fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e atividade da fração argila também baixa.

Estão incluídos nesta classe solos que eram conhecidos anteriormente como Lateritas Hidromórficas, de modo geral. Atualmente outros solos classificados em trabalhos diversos como Concrecionários Indiscriminados, Concrecionários Lateríticos e Solos Concrecionários também são classificados como Plintossolos (Santos et al., 2013).

No estado do Pará, além da classe Plintossolo Háptico Distrófico (Gama et al., 2007), ocorre também, com muita frequência, as classes Plintossolo Argilúvico Distrófico e Plintossolo Pétrico Concrecionário (Mapas..., 2016).

## Uso atual e potencialidade

A caracterização e a avaliação da potencialidade dos recursos naturais representam importantes ferramentas para orientar o planejamento de uso e ordenamento dos recursos da terra, pela previsão e determinação da aptidão desses recursos para diferentes aplicações de uso, que consistem nos ingredientes fundamentais para quaisquer definições de desenvolvimento sustentável.

Nas atividades agropecuárias e florestais, partes do ecossistema passam a funcionar como agroecossistemas que têm seus ciclos biogeoquímicos alterados pelo homem, com o objetivo de aumentar a produtividade de alguns organismos exógenos ou nativos, de forma que os agroecossistemas e o ambiente circundante estejam continuamente trocando matéria, energia, informação e vida, nas suas diversas formas. O balanço dessas trocas é o que determina a sustentabilidade dessas atividades.

Os critérios para avaliação da potencialidade produtiva das terras, a manutenção e o melhoramento desta somente apresentam resultados positivos se o solo for considerado como parte integrante do ecossistema, envolvendo, também, informações sobre as condições do clima e da vegetação.

As pesquisas sobre os solos e a caracterização ambiental, em maiores níveis de detalhes, além de permitirem a caracterização e a classificação dos solos, proporcionam a obtenção de parâmetros importantes para avaliar as propriedades, as qualidades e a distribuição das terras, assim como uma previsão do comportamento desses solos, quando em uso, e do manejo nas atividades agropecuárias e agroflorestais.

Observa-se (Tabelas 1 e 2) uma ampla dominância dos Latossolos e Argissolos, ocupando uma superfície de aproximadamente 1.005.237 km<sup>2</sup>, correspondendo a 80,55% da área total (1.247.955 km<sup>2</sup>) do estado do Pará. Os Latossolos Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos Distróficos ocupam uma superfície de aproximadamente 508.493 km<sup>2</sup>, correspondendo a 40,75% da área total do estado (Tabela 2), com boas condições físicas e baixa fertilidade química, englobando uma boa parte da área já ocupada com uso agrícola e pecuário.

**Tabela 2.** Demonstrativo da ocupação das classes de solos dominantes no estado do Pará.

Classe	Área	
	km <sup>2</sup>	% da superfície total do estado
Latossolos	508.493	40,75
Argissolos	496.744	39,80
<b>Latossolos + Argissolos</b>	<b>1.005.237</b>	<b>80,55</b>
Outras + águas internas	242.718	19,45
<b>Total</b>	<b>1.247.955</b>	<b>100,00</b>

Os Argissolos Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos Distróficos abrangem uma superfície de, aproximadamente, 496.744 km<sup>2</sup>, representando 39,80% da área total do estado (Tabela 2), com potencial de uso em atividades agrícolas um pouco restrito, em razão de a susceptibilidade à erosão ser maior em relação aos Latossolos, pela diferença textural em profundidade, e o relevo mais acentuado das áreas de sua ocorrência.

As demais classes, somadas às águas internas, abrangem uma superfície de aproximadamente 242.718 km<sup>2</sup>, representando apenas 19,45% da área total do estado. Dessa forma, atenção especial deve ser dada às classes dos Latossolos e dos Argissolos, pois, quantitativamente, são os solos mais representativos do estado e neles são desenvolvidas as principais atividades do agronegócio paraense.

## Considerações sobre uso e manejo das principais classes de solos

### Argissolos

Sob o ponto de vista do uso, evidencia-se que suas propriedades físicas e as classes de relevo em que ocorrem devem ser levadas em consideração no momento de sua incorporação ao sistema produtivo.

Deve-se ainda considerar que torna-se imprescindível uma avaliação criteriosa quanto a algumas de suas características, a exemplo da profundidade do solo, presença de concreções ferruginosas e/ou plintita, a fim de minimizar ou impedir o uso inadequado e, ao mesmo tempo, evitar sua degradação e consequente desequilíbrio do meio ambiente.

Esta classe apresenta, quase sempre, como limitação ao uso agropecuário, baixa fertilidade química natural e elevada acidez, limitações essas que podem ser facilmente superadas com o uso adequado de corretivos e fertilizantes,

com base em resultados de análise do solo, tornando-a apta à introdução no processo produtivo.

## Cambissolos

Com relação à sua fertilidade natural, os dados disponíveis evidenciam que esta classe de solo, especialmente os de natureza distrófica, necessita de emprego maciço de corretivos e fertilizantes na sua incorporação ao sistema produtivo. Já os solos de natureza eutrófica, apesar dos altos valores de saturação por bases trocáveis (V%), são destacados especialmente pela presença dominante dos cátions  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , enquanto os valores de  $\text{K}^+$  apresentam-se relativamente baixos, evidenciando um desbalanceamento nutricional.

Suas características físicas e morfológicas, inteiradas com a natureza do seu material de origem, condições de relevo e condições climáticas, evidenciam que esta classe de solo possui uma alta fragilidade com relação à erosão. Esse fato exige da pesquisa a determinação desses parâmetros, a fim de permitir a elaboração de práticas de manejo capazes de evitar sua degradação, bem como o desenvolvimento de sistemas de produção que, além de sua adaptabilidade, condicionem uma maior proteção ao solo e ao meio ambiente no qual essa classe se insere.

## Gleissolos

De um modo geral, ainda que esta classe apresente uma grande potencialidade para utilização com culturas especiais, ecologicamente adaptadas, à exceção dos solos eutróficos, que apresentam dominância de cátions trocáveis constituídos por  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , sua fertilidade natural apresenta, quase sempre, baixos valores de  $\text{K}^+$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , necessitando de correções e adubações, de modo a buscar o equilíbrio dos nutrientes para serem utilizados. Ao mesmo tempo, devem ser utilizadas práticas de drenagem, a fim de eliminar o excesso de água a que estão condicionados, bem como o emprego de técnicas capazes de minimizar os riscos de inundações a que estão submetidos durante o período de maior queda pluviométrica na região.

A utilização racional desta classe de solo, portanto, está na dependência de estudos de ordem química e física, bem como estudos de drenagem capazes de permitir seu uso racional. Deve-se ainda salientar que estudos do comportamento do lençol freático, bem como a seleção de espécies ecologicamente adaptadas a esta classe de solo e seu monitoramento, se constituem em elementos indispensáveis à produção para sua incorporação ao sistema produtivo.

## Latosolos

Do ponto de vista nutricional, os resultados demonstram que esta classe de solo apresenta como principal limitação sua baixa fertilidade química natural, cuja melhoria depende do emprego de corretivos e fertilizantes, bem como de

métodos de manejo capazes de permitir a manutenção e/ou aumento da matéria orgânica, de modo a aumentar o número de cargas negativas no complexo de troca de cátions e, ao mesmo tempo, evitar que elementos nutricionais sejam perdidos por lixiviação.

Suas características físicas, a exemplo da permeabilidade, profundidade, aeração e porosidade, permitem afirmar que esta classe de solo tem propriedades físicas muito favoráveis ao uso agropecuário. Contudo, suas classes texturais variando entre muito argilosa, argilosa e média exigem o desenvolvimento de métodos de preparo do solo e melhoria da sua fertilidade ajustados a essas variações, de modo a torná-las mais eficientes no sistema produtivo.

Em relação aos riscos de erosão, estudos recentes têm demonstrado que esta classe de solo, dependendo do manejo a que é submetida, possui uma erosão laminar bastante acentuada, exigindo que o desenvolvimento de métodos de preparo do solo e de sistemas de produção levem em consideração textura, relevo, permeabilidade e proteção do solo, visando minimizar o impacto das gotas d'água a que são submetidos, de modo a evitar a erosão laminar acelerada e a compactação, no momento da sua introdução ao sistema produtivo.

Superados esses problemas de ordem física e química, essa classe de solo torna-se de alto potencial de uso e uma das mais importantes, pois é sobre ela que se encontra implantada a grande maioria dos empreendimentos agropecuários e florestais do estado do Pará.

## Neossolos

Em áreas mais planas, os Neossolos Flúvicos, principalmente os de maior fertilidade natural (eutróficos) e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. Os solos de baixa fertilidade natural (distróficos) e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez.

Os Neossolos Quartzarênicos (areia) apresentam restrição causada pela baixa retenção de umidade (Santos; Zaroni, 2013). O uso desses solos deve ser restringido quando estiverem próximos aos cursos d'água, por serem áreas de preservação das matas ciliares e poderem ocasionar o assoreamento dos cursos d'água, em razão de sua suscetibilidade à erosão.

Em ambientes de relevos mais declivosos, os Neossolos Litólicos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola, relacionadas à restrição a mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos. Contudo, tem-se visto no município de Monte Alegre (Oliveira Junior et al., 1999) a utilização destes solos eutróficos com alta produtividade na cultura do milho, não se prestando para a agricultura mecanizada, mas sendo de grande importância para a agricultura familiar nas áreas de assentamento que ali ocorrem durante o período das chuvas.

O manejo adequado dos Neossolos de áreas mais planas, em geral, requer correção de acidez e de adubação, de acordo com a necessidade da cultura. Para os Neossolos de encostas, além destas, há necessidade do uso de práticas conservacionistas pela forte suscetibilidade aos processos erosivos (Santos; Zaroni, 2013).

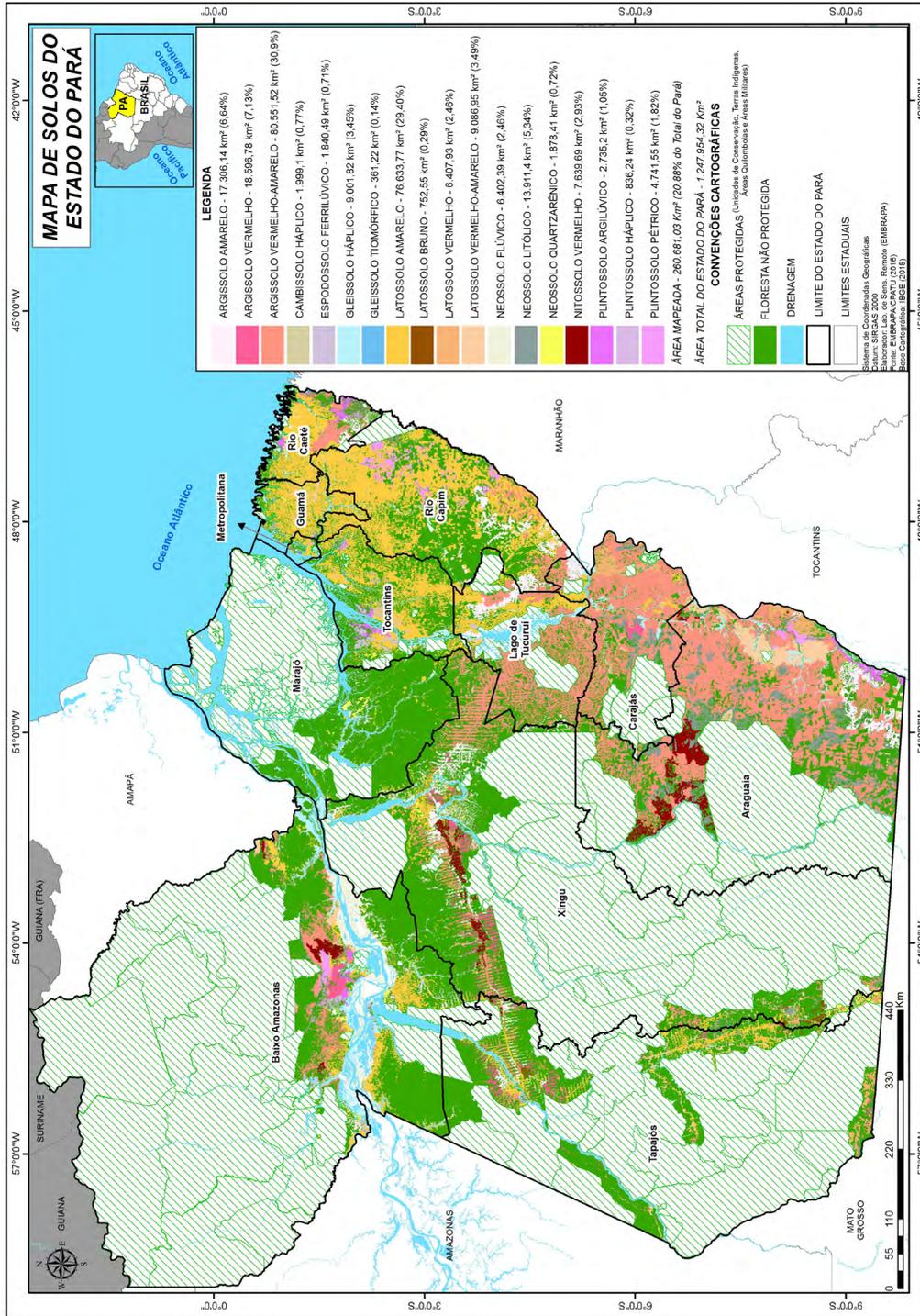
## Plintossolos

De uma maneira geral, as características intrínsecas desta classe de solo, ditadas por suas variações texturais, profundidade do horizonte plíntico, posição no relevo, fertilidade natural, relação silte/argila, drenagem interna do perfil do solo e riscos de inundação e/ou oscilação do lençol freático, se constituem nas principais limitações desta classe de solo.

Deve-se salientar que o uso indiscriminado desta classe de solo, sem um manejo adequado em relação à sua capacidade de uso, pode trazer grandes riscos de degradação, especialmente em relação à erosão laminar. Por isso, o uso agropecuário dessa classe de solo exige estudos dirigidos para a determinação dos parâmetros de física do solo, desenvolvimento de sistemas de produção com espécies ecologicamente adaptadas, bem como, maior cuidado quanto às suas limitações, visando evitar a degradação, especialmente nas áreas de relevo suave ondulado e/ou ondulado. Um bom exemplo do uso dessa classe de solo é o cultivo de arroz irrigado, no município de Cachoeira do Arari, na Ilha de Marajó, aproveitando sua excelente capacidade de retenção de água, que diminui os custos da irrigação.

## Aptidão agrícola das terras

Embora o Pará já disponha de um mapa de solos (Figura 1) que proporciona uma visão panorâmica da diversidade e distribuição espacial das principais classes e manchas de solos que ocorrem no estado, em Mapas... (2016) foi elaborado um novo mapa (Figura 2), a partir das normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2013) e da fusão dos dados contidos no Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Influência da Rodovia BR-163 (Venturieri et al., 2010) e no Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Leste e Calha Norte do Estado do Pará – Diagnóstico do Meio Físico-Biótico (Monteiro et al., 2010), com interpretação visual de imagens de radar do Projeto Topodata, com resolução espacial de 30 m e adição de resultados de análises de solos coletados em novos levantamentos de campo.



**Figura 2.** Distribuição dos solos das áreas alteradas nas diversas regiões de integração do estado do Pará.  
Fonte: Mapas... (2016).

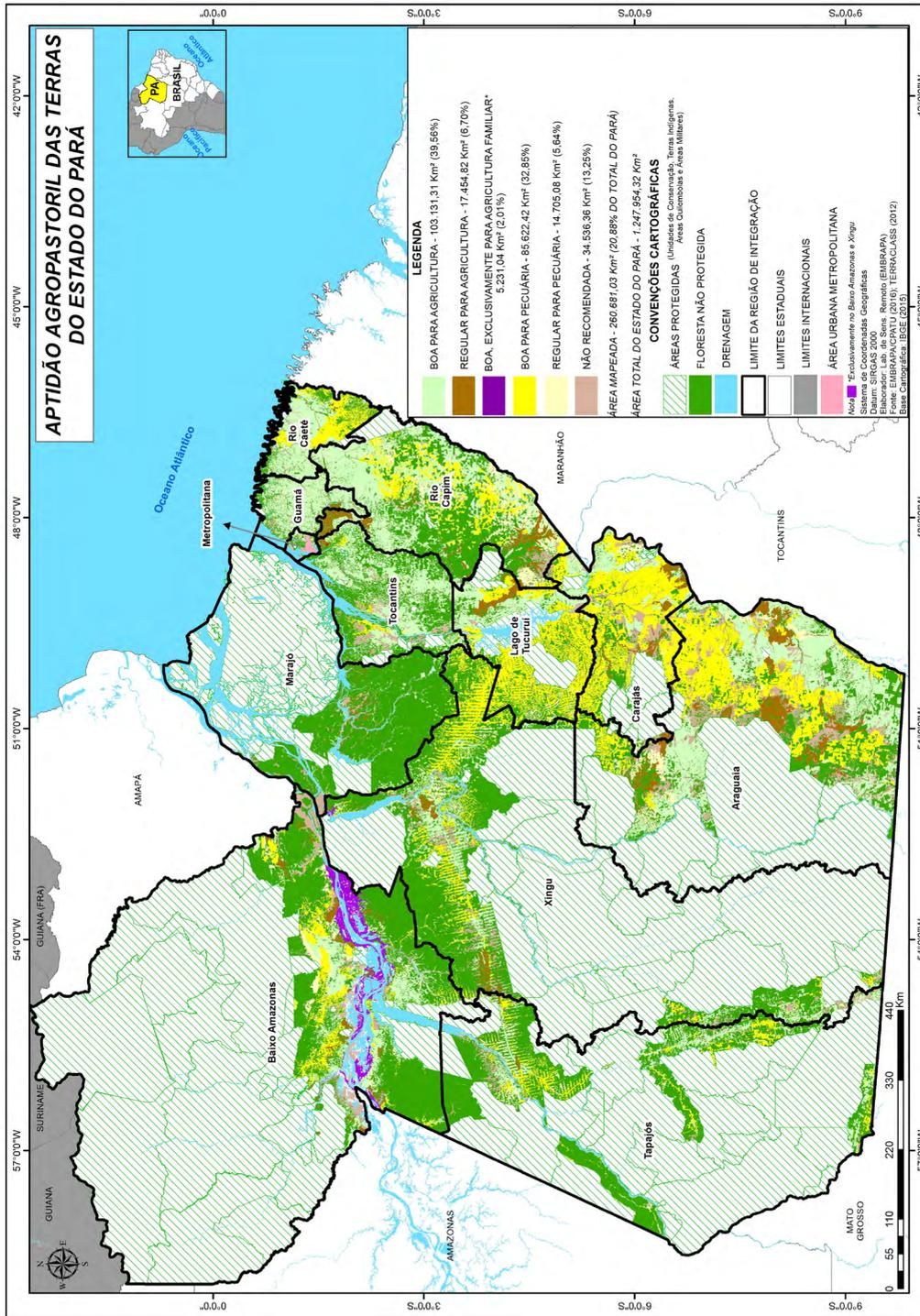
Esse novo mapa de solos contém informações estratégicas para a compreensão e avaliação do uso da terra, zoneamentos e planejamentos regionais, estaduais e municipais, além de planos setoriais, como uso e conservação dos recursos hídricos, corredores de desenvolvimento, sistemas viários, entre outros. Os autores, entretanto, buscaram realizar uma análise detalhada somente dos solos das partes que recobrem as áreas já alteradas do estado, com exceção das áreas vulneráveis de florestas e áreas protegidas, tais como Unidades de Conservação, Terras Indígenas, Terras Quilombolas e Áreas Militares que, juntas, somam cerca de 70% de toda a superfície do estado.

## Mapa de aptidão agrícola das áreas alteradas

Sobrepostas ao mapa de solos (Figura 2) foram alocadas as 12 regiões de integração em que se encontra dividido o estado (Pará, 2008, 2015), sendo feita uma avaliação da aptidão agrícola dos solos somente das áreas já alteradas de cada uma delas, criando-se, assim, o Mapa de Aptidão Agrícola do Estado do Pará (Figura 3). Esse mapa, elaborado com base no recorte de 20,89% (260.681,03 km<sup>2</sup>) da superfície do Pará, correspondente às áreas alteradas do estado (Mapas..., 2016), reúne informações objetivas aplicáveis tanto no planejamento agrícola como na avaliação da adequabilidade do uso das terras, permitindo apontar áreas que estão sub ou superutilizadas pelas atividades agropecuárias.

Objetivando otimizar o potencial produtivo do Pará, o mapa de aptidão agrícola das terras alteradas faz uma avaliação física da região, na qual analisa atributos dos solos relacionados à deficiência de fertilidade natural, à escassez e excesso de água, à facilidade de erosão e ao relevo acidentado (impedimento à mecanização), associados aos níveis de manejo para diferentes usos, que são: nível de manejo B (pouco desenvolvido), caracterizado pelo uso intermediário de tecnologia; e nível de manejo C (desenvolvido), que utiliza práticas agrícolas de alto nível tecnológico.

Adicionalmente, utilizando o artifício cartográfico, identificam-se os tipos de utilização mais intensivos das terras, ou seja, sua melhor aptidão para agricultura ou pecuária, consolidando com a definição das classes de aptidão, as quais correspondem ao grau de intensidade com que as limitações afetam as terras, classificando-as em: Boa para Agricultura (B/A), Regular para Agricultura (R/A), Boa Exclusivamente para Agricultura Familiar (B/EAF), Boa para Pecuária (B/P), Regular para Pecuária (R/P) e Não Recomendável para Atividades Agropecuárias (N/R). Por fim, resulta na avaliação da aptidão agrícola das terras de áreas alteradas do estado do Pará, cuja distribuição, por região de integração, encontra-se na Tabela 3.



**Figura 3.** Mapa de aptidão agrícola dos solos das áreas alteradas nas diversas regiões de integração do estado do Pará.  
 Fonte: Mapas... (2016).

**Tabela 3.** Áreas alteradas (km<sup>2</sup>) de cada região de integração do estado do Pará e suas aptidões agrícolas<sup>(1)</sup>.

Região de Integração	B/A	R/A	B/EAF	B/P	R/P	N/R	Área mapeada (km <sup>2</sup> )
Araguaia	24.919,5	6.568,6	0,0	22.175,6	2.829,3	12.291,5	68.784,6
Baixo Amazonas	8.163,7	2.184,2	5.128,7	6.695,3	2.728,7	4.712,0	29.612,6
Carajás	4.062,7	1.795,8	0,0	16.880,0	631,0	3.537,2	26.906,6
Guajará	224,2	0,0	0,0	2,2	23,0	97,5	346,8
Guamá	7.122,4	122,4	0,0	0,0	31,3	783,1	8.059,1
Lago de Tucuruí	4.570,0	1.147,0	0,0	12.726,7	621,5	541,9	19.606,9
Marajó	1.123,1	643,2	0,0	160,1	0,0	1.475,4	3.401,7
Rio Caeté	6.776,9	49,1	0,0	3.800,7	54,3	581,0	11.262,0
Rio Capim	20.477,6	3.010,5	0,0	7.561,2	4.810,5	1.388,8	37.248,6
Tapajós	5.271,3	253,4	0,0	4.480,4	1.546,0	2.261,7	13.812,8
Tocantins	12.366,5	152,9	0,0	784,7	0,0	2.432,1	15.736,2
Xingu	8.053,4	1.527,9	102,3	10.355,8	1.429,6	4.434,3	25.903,2
Estado do Pará	103.131,3	17.454,8	5.231,0	85.622,4	14.705,1	34.536,4	260.681,0
Áreas alteradas(%)	39,56	6,70	2,01	32,85	5,64	13,25	100,00

<sup>(1)</sup> **B/A** = Boa para Agricultura; **R/A** = Regular para Agricultura; **B/EAF** = Boa Exclusivamente para Agricultura Familiar; **B/P** = Boa para Pecuária; **R/P** = Regular para Pecuária; **N/R** = Não Recomendada para Atividades Agropecuárias.

## Descrição das classes de aptidão agrícola

### Boa para agricultura (B/A)

Incluem-se nesta classe as terras que apresentam relevo predominantemente plano, solos profundos e bem drenados de textura média. Os solos que apresentam essas características somam 103.131,3 km<sup>2</sup> – o correspondente a 39,56% do total das áreas alteradas mapeadas no estado (Tabela 3).

Na avaliação do grau de intensidade dos fatores limitantes de uso da terra, constata-se que, apesar do baixo nível de fertilidade química natural, esses solos apresentam boas propriedades físicas – o que possibilita a sua utilização em atividades agrícolas. Não apresentam limitações ao uso de máquinas e implementos agrícolas e têm baixa suscetibilidade à erosão. Apresentam potencialidades à produção econômica, com culturas de ciclo curto ou longo, adaptadas às condições climáticas da região. O uso sustentável dessas áreas requer a utilização de insumos agrícolas, especialmente de corretivos da acidez e fertilizantes e emprego de tecnologias adequadas para manejo e conservação, bem como sistemas de produção capazes de melhorar as condições físico-químicas do solo e aumentar a produtividade das culturas.

## Regular para agricultura (R/A)

Incluem-se nesta classe de aptidão agrícola as terras que apresentam relevo plano e suave ondulado, solos profundos e bem drenados de textura média. Os solos que apresentam essas características somam 17.454,8 km<sup>2</sup> – o correspondente a 6,70% do total das áreas alteradas mapeadas no estado (Tabela 3).

As principais limitações decorrem do relevo ligeiramente acidentado onde esses solos ocorrem, podendo ser incluídas como áreas aptas ao cultivo agrícola, sem uso intensivo de máquinas ou utilizando técnicas de manejo que eliminem os riscos de erosão, como o cultivo mínimo, plantio direto com cobertura morta e plantios em curvas de nível.

## Boa exclusivamente para agricultura familiar (B/EAF)

Incluem-se nesta classe de aptidão agrícola as terras que ocorrem nas margens dos rios de água barrenta da região, especialmente do Rio Amazonas e seus tributários, também de água barrenta. Os solos que apresentam essas características são classificados como Gleissolos Háplicos Distróficos e Eutróficos e Neossolos Flúvicos Distróficos e Eutróficos, somando uma área de 5.231,0 km<sup>2</sup> – o correspondente a 2,01% do total das áreas alteradas mapeadas no estado, ocorrendo principalmente na Região de Integração do Baixo Amazonas (5.128,7 km<sup>2</sup>) e em menor quantidade na Região do Xingu (Tabela 3).

Essas áreas apresentam relevo plano, solos mediamente profundos e imperfeitamente drenados, de textura variando de franco-argilosa a argilosa, com fertilidade química natural de média a alta, por receberem, frequentemente, fertilização natural pelo regime de inundação periódica, com águas barrentas ricas em sedimentos. Contudo, são ecossistemas relativamente frágeis apresentando limitações ao uso agropecuário devido, principalmente, ao excesso de água ou deficiência de oxigênio, bem como pela dificuldade de uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas e por apresentarem riscos de erosão.

Outras áreas submetidas a regime de marés, como nas margens do Rio Guamá e no Baixo Tocantins, apesar de não aparecerem no mapa (Figura 3), devido à escala de publicação, também apresentam aptidão agrícola para a agricultura familiar.

## Boa para pecuária (B/P)

Incluem-se nesta classe de aptidão agrícola as terras que apresentam restrições à utilização com lavoura, principalmente com culturas de ciclo curto, para as quais o uso de máquinas e implementos agrícolas se faz necessário em praticamente todas as fases do processo produtivo. As limitações para uso agrícola dessas áreas referem-se ao relevo suave ondulado e ondulado dessas áreas, o que não se constitui em restrições muito severas para utilização em pecuária.

Os solos que apresentam essas características somam 85.622,4 km<sup>2</sup> – o correspondente a 32,85% do total das áreas alteradas mapeadas no estado, distribuídas em todas as Regiões de Integração, com exceção da Guamá (Tabela 3).

## Regular para pecuária (R/P)

Incluem-se nesta classe de aptidão as áreas que apresentam fortes restrições à utilização com lavoura em razão do relevo muito acidentado, ocorrência de concreções ferruginosas e/ou má drenagem interna do solo. Os solos que apresentam esta classe de aptidão são os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos, Cambissolo Háptico Tb Distrófico e Plintossolo Pétrico Concrecionário, somando 14.705,1 km<sup>2</sup>, correspondente a 5,64% do total das áreas alteradas mapeadas no estado (Tabela 3). Apresentam, adicionalmente, os fatores limitantes de uso da terra com grau forte ou muito forte, de tal maneira que a atividade mais adequada para essas áreas é a pecuária, ainda assim, com a utilização de técnicas de manejo.

## Não recomendada para atividades agropecuárias (N/R)

Incluem-se nesta classe de aptidão agrícola as áreas que apresentam severas restrições a qualquer tipo de utilização agropecuária, em consequência do relevo muito acidentado e do excesso de água ou deficiência de oxigênio, o que dificulta ou impede a mecanização e as tornam suscetíveis à erosão. Ocupam uma área de 34.536,4 km<sup>2</sup> das áreas alteradas das Regiões de Integração, correspondente a 13,25% do total mapeado no Pará (Tabela 3). Essas limitações são consideradas determinantes para que essas áreas sejam destinadas à preservação ambiental e/ou áreas de conservação, em razão do alto grau de limitações que apresentam para praticamente todos os fatores analisados.

## Considerações finais

Em termos quantitativos, as principais classes de solos que ocorrem no estado do Pará são os Latossolos e os Argissolos, cobrindo mais de 80% da superfície do estado, nas quais estão assentadas as principais atividades agropecuárias.

As principais limitações dessas duas classes de solos são de natureza química e referem-se à elevada acidez, alta saturação por alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes. Entretanto, já existem tecnologias suficientes no estado que permitem eliminar essas limitações, possibilitando a introdução desses solos no processo produtivo, dentro dos padrões de sustentabilidade (Cravo et al., 2010), a exemplo do que vem ocorrendo nos polos produtores de grãos na região de Santarém, sudeste do Pará (Paragominas, Ulianópolis, Dom Eliseu, etc.) e sul do Pará, bem como a produção de dendê e coco no Baixo Tocantins.

Deve-se salientar que a maior parte da atividade pecuária do estado também se assenta nessas duas classes de solos. As limitações de natureza física à exploração agrícola das terras do Pará são pouco representativas. Apenas 10% das terras do Pará apresentam declividade superior a 20%. As limitações de caráter químico, considerando todas as classes de solos do estado, são muito expressivas, de modo que 90% das terras apresentam deficiência de fósforo, 73% apresentam toxidez de alumínio, 50% têm baixa reserva de potássio, além de larga predominância de solos distróficos.

A ampliação da fronteira agrícola, apesar da grande oferta de terras com potencial para suportar essas atividades e das tecnologias já existentes, deverá ser acompanhada do aprimoramento desses conhecimentos, bem como da

transferência de tecnologias que permitam um manejo adequado dos solos, a fim de se obter elevada produtividade das culturas, dentro dos padrões de sustentabilidade. Tal fato viabilizará o desenvolvimento sustentável do estado, tornando-se perfeitamente possível conciliar a implantação de atividades agropecuárias na região com a preservação ambiental.

Fazendo-se uma análise dos dados da Tabela 3 e considerando-se as classes de aptidão boa e regular para agricultura e pecuária, bem como a boa exclusivamente para agricultura familiar, constata-se que somente nas áreas já alteradas, nas diversas Regiões de Integração, se dispõe de 120.586,1 km<sup>2</sup>, 5.231,0 km<sup>2</sup> e 100.327,5 km<sup>2</sup>, respectivamente, para agricultura, agricultura familiar e pecuária, somando 226.144,6 km<sup>2</sup> ou 22.614.460 ha. Essas áreas com uso de tecnologias já disponíveis, que visam a melhoria de suas características físico-químicas, aliadas a técnicas de manejo que previnam a erosão do solo, podem ser utilizadas para fins agropecuários, sem a necessidade da realização de novos desmatamentos.

Para se ter uma ideia da grandiosidade dessa área, ela se aproxima da superfície do estado de São Paulo (248.209 km<sup>2</sup>) e é maior que a do estado do Paraná (199.315 km<sup>2</sup>). Sabe-se, entretanto, que grande parte dela já vem sendo utilizada na agricultura familiar e no agronegócio do estado, mas outra parte representativa se encontra abandonada, apresentando diferentes graus de degradação, porém passíveis de recuperação da capacidade produtiva, para introdução às atividades do agronegócio do estado, representando uma alternativa para evitar novos desmatamentos. Assim sendo, é importante que seja feita uma reflexão sobre a utilização racional dessas áreas, não só pela sua importância para as atividades agropecuárias nas diversas escalas, mas, também, como uma medida de preservação do remanescente florestal do estado.

## Referências

BASTOS, T. X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira. In: ZONEAMENTO Agrícola da Amazônia. **Boletim Técnico. IPEAN**, n. 54, p. 68-122, 1972.

CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará**. 1. ed. rev. e atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 262 p.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1993. 89 p.

DAY, T. H. **Guide to the classification of the Late Tertiary and Quaternary soil of Lovres Amazon Valley**. (5.1). [S.l.]: FAO: SPVEA, 1959. Mimeografado.

DEMATTÊ, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1981.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R.; DUTRA, S. **Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos da microrregião do Nordeste Paraense**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1980. 14 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa, 14).

GAMA, J. R. N. F.; CARVALHO, E. J. M.; RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A. Solos do Estado do Pará. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 19-30.

IBGE. **Áreas dos municípios**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=15>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

MAPAS de solos e de aptidão agrícola das áreas alteradas do Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147241/1/MapasSolosPara.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

MONTEIRO, M. A.; MENEZES, C. R. C.; GALVÃO, I. M. F. (Ed.). **Zoneamento ecológico-econômico da Zona Leste do Estado do Pará**. Belém, PA: Núcleo de Gerenciamento do Programa Pará Rural, 2010. v. 2.

NIMER, E. Climatologia da região Norte. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 124-153, 1972.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; VALENTE, M. A. **Zoneamento agroecológico do Município de Monte Alegre, Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 87 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 9).

PARÁ. Decreto Estadual nº 1.066, de 19 de junho de 2008. Dispõe sobre a regionalização do Estado do Pará e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**, 20 jun. 2008. Executivo 1, p. 8. Disponível em: <[http://www.ioepa.com.br/diarios/2008/06/20/2008.06.20.DOE\\_0.pdf](http://www.ioepa.com.br/diarios/2008/06/20/2008.06.20.DOE_0.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2017

PARÁ. Decreto Estadual nº 1.346, de 24 de agosto de 2015. Altera o Anexo Único do Decreto Estadual nº 1.066, de 19 de junho de 2008, que dispõe sobre a regionalização do Estado do Pará e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**, 25 ago. 2015. Executivo, p. 5. Disponível em: <[http://www.ioepa.com.br/diarios/2015/08/25/2015.08.25.DOE\\_0.pdf](http://www.ioepa.com.br/diarios/2015/08/25/2015.08.25.DOE_0.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2017.

RELATÓRIO do mapeamento de solos e aptidão agrosilvipastoril das terras da Calha Norte e Leste do Estado do Pará. In: MONTEIRO, M. A.; MENEZES, C. R. C.; GALVÃO, I. M. F. (Ed.). **ZEE: Zoneamento ecológico-econômico da zona leste e Calha Norte do Estado do Pará**. Belém, PA: Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos. Núcleo de Gerenciamento do Programa Pará Rural, 2010. v. 2, p. 123-183.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Neossolos. In: EMBRAPA. **Ageitec: Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Solos Tropicais**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_16\\_2212200611542.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html)>. Acesso em: 23 mar. 2018.

SCOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. C. **Geologia do Brasil e área oceânica incluindo depósitos minerais, Escala 1:2.500.000**. Brasília, DF: DNPM, 1984. 50 p.

SOMBROEK, W. G. **Amazon soil: a reconnaissance of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Center for Agricultural Publications and Documentations, 1966. 292 p.

SUDAM. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, PA, 1984. 125 p. (SUDAM. Publicação, 39).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

VENTURIERI, A.; MONTEIRO, M. A.; MENEZES, C. R. C. (Ed.). **ZEE: Zoneamento ecológico-econômico da Zona Oeste do Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 2 v.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. dos. **Amazônia seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416 p.

# Amostragem do solo

---

*Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo  
Carlos Alberto Costa Veloso*

A análise de solo é a técnica mais utilizada no Brasil para o diagnóstico da fertilidade do solo, cujo objetivo principal é a quantificação de atributos que beneficiam ou prejudicam o desenvolvimento das plantas, bem como a possibilidade de avaliar o nível de deficiência, excesso ou suficiência de nutrientes, servindo de base para a recomendação de corretivos e fertilizantes para as culturas. Essa técnica oferece diversas vantagens, tais como: baixo custo operacional e rápida execução, além de permitir o planejamento da recomendação de corretivos e fertilizantes antes da implantação e durante a condução da cultura.

O diagnóstico da fertilidade do solo envolve diversas ações, como: coleta do solo, preparo das amostras, extração e determinação dos teores de elementos químicos (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio, etc.) ou de frações do solo (areia, argila, etc.), de acordo com métodos preconizados, e interpretação dos resultados da análise química, conforme as tabelas de recomendação geradas a partir de experimentos de calibração, para permitir a conversão dos valores obtidos analiticamente em informações sobre as necessidades de corretivos e de fertilizantes para maior eficiência na produtividade das culturas. Em geral, um programa de avaliação da fertilidade do solo, com base na análise química do solo, compreende três etapas principais que são:

- 1) Amostragem do solo.
- 2) Análise química da amostra.
- 3) Interpretação dos resultados da análise.

Todas essas etapas possuem seu nível de importância e devem ser conduzidas dentro de critérios pré-estabelecidos. Entretanto, a amostragem de solo no campo é a etapa mais crítica de um programa de avaliação da fertilidade do solo, considerando que solos são sistemas muito heterogêneos e apresentam grande variabilidade nas propriedades químicas, mesmo em áreas aparentemente uniformes. Por essa razão, a prática de amostragem pode ser responsável por 80% a 85% do erro total desse processo, enquanto o erro restante pode ser atribuído às atividades de análise no laboratório ou a interpretações errôneas

dos resultados das análises. Dessa forma, erros que porventura possam ocorrer durante o procedimento de amostragem jamais poderão ser corrigidos pela análise dos atributos químicos de solo ou pela interpretação posterior dos resultados.

É importante frisar que, por melhor que seja a qualidade da análise realizada no laboratório, se a amostra não estiver refletindo a realidade da área amostrada, o resultado poderá levar a recomendações sub ou superestimadas, podendo ter implicações diretas nas quantidades de corretivos e fertilizantes a serem utilizados no empreendimento agrícola e, conseqüentemente, no desempenho produtivo das culturas.

## Amostragem do solo

A análise dos atributos do solo é feita em uma porção de terra proveniente do terreno onde se pretende proceder a implantação da cultura ou onde se pretende avaliar a sua fertilidade. Para isso, se faz necessário realizar a amostragem do solo, que corresponde ao processo de coleta das amostras de terra, buscando-se a máxima representatividade possível da área a ser avaliada.

Por ser uma das etapas mais importantes de um programa de fertilização do solo, a amostragem deve ser realizada com o máximo cuidado e levando em conta critérios técnicos, já que a ocorrência de falhas nessa fase pode causar prejuízos no processo produtivo. Em caso de amostragem mal conduzida, pode haver a elevação dos custos de produção pela utilização excessiva de corretivos e fertilizantes, bem como pode haver redução da produtividade pela utilização desses insumos em quantidades abaixo do que seria necessário para a aplicação no solo, visando ao pleno desenvolvimento das culturas.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, as porções de terra de tamanho reduzido são denominadas de **amostras simples** e correspondem às amostras individuais, representadas por pequenas quantidades de terra coletadas em um único ponto, ao acaso, em uma área ou gleba de característica uniforme ou homogênea. Por sua vez, a mistura de várias amostras simples, coletadas dentro de uma mesma área ou gleba, após a devida homogeneização, é denominada de **amostra composta**, a qual deve possuir as características representativas da área amostrada e corresponde à amostra que será enviada ao laboratório para a realização de análise química.

Para dar uma ideia da dimensão que a amostra representa no processo de amostragem, quando se faz análise no laboratório em uma porção de terra de 10 cm<sup>3</sup>, retirada de uma amostra composta de 500 g, coletada em área de 10 ha, a uma profundidade de 20 cm, essa porção representa uma parte em 2 bilhões de partes do volume total do solo amostrado. Por essa razão, a amostragem mal feita é considerada a maior fonte de erro em um programa dessa natureza.

Portanto, o procedimento de amostragem requer o estabelecimento de um plano de amostragem para uma determinada propriedade agrícola, envolvendo uma sequência de ações, tais como: separação da área a ser amostrada em subáreas homogêneas; escolha da ferramenta adequada para a coleta; processamento da coleta de solo; identificação e embalagem das amostras e envio ao laboratório.

## Separação de subáreas homogêneas

Como forma de minimizar a influência da heterogeneidade do solo e, assim, obter maior representatividade da amostra, o primeiro passo no processo de amostragem deve ser a divisão da área de interesse em subáreas homogêneas que correspondem às unidades de amostragem e, dependendo da uniformidade do terreno e do manejo do solo, sugere-se não exceder a 10 ha.

Para a demarcação das áreas homogêneas, alguns aspectos devem ser levados em consideração, tais como: cobertura vegetal ou cultura (anterior e atual); textura do solo (argiloso ou arenoso); relevo (plano ou ondulado); cor do solo; condições de drenagem; manejo do solo (forma de preparo da área, adubação e calagem); produtividade e histórico da área.

Sempre que houver variação em um ou mais desses aspectos, há necessidade de subdivisão da área, de modo a obter glebas mais uniformes. Áreas com culturas distintas (por exemplo, culturas anuais, semiperenes e perenes) e dentro de áreas com a mesma cultura em idades diferentes devem ser amostradas em separado, já que o manejo destas pode ser diferenciado e isso pode ocasionar variações na fertilidade do solo.

A textura do solo pode ser determinada pela análise granulométrica e, em alguns casos, pode ser identificada pelo tato das mãos com a terra, no caso de técnicos que possuem experiência nessa forma de identificação. A cor do solo é uma das características mais fáceis de serem percebidas, podendo dar indicativo de tipos diferenciados de solo existentes na área. Nos solos predominantes no estado do Pará (Latosolos e Argissolos), a cor pode dar um indicativo da textura, já que aqueles com coloração amarelada, geralmente, possuem maior teor de argila (argiloso), enquanto aqueles com coloração mais esbranquiçada possuem textura com maior teor de areia (arenoso) e, assim, podem ser separados na amostragem.

O relevo está fortemente relacionado à gênese do solo e, assim, pode diferenciar os tipos de solos na paisagem. Além disso, dependendo da posição do solo no relevo, a exposição aos processos erosivos pode variar, influenciando diretamente na fertilidade dos solos. Então, no caso de áreas com topografia acidentada, devem ser separadas áreas do topo, do meio e da base do relevo.

Dependendo do tipo do solo, as características químicas podem ser diferentes, havendo a necessidade de separação. Outro aspecto importante na demarcação de subáreas se refere às condições de drenagem do solo, áreas encharcadas devem ser amostradas separadamente de áreas sem essa característica.

A forma com que o solo vem sendo manejado, nos anos anteriores, pode ter grande impacto na sua fertilidade e, por isso, o histórico de utilização da área deve ser conhecido para facilitar o procedimento de amostragem. Por essa razão, áreas com diferenciação, em anos anteriores, no sistema de preparo, que tenham recebido calagem e adubação, devem ser amostradas separadamente. Áreas com uma mesma cultura mas com produtividades diferentes também devem ser amostradas separadamente.

Áreas ou manchas de solo não representativas e com aspecto muito diferente do restante da gleba não devem ser amostradas, tais como: depressões alagadas, manchas de depósitos de calcário ou fertilizantes, estradas antigas, carregadores e trilheiros feito por animais, sulcos de erosão, formigueiros e cupinzeiros, currais, pocilgas, cinzas decorrentes da queima da vegetação, etc.

No caso de áreas com culturas perenes, devem ser ainda consideradas diferenças de cultivares ou espécies, além das características do sistema de produção, a idade dos plantios e o espaçamento empregado entre linhas de plantio e entre plantas.

Sempre que possível, é recomendável identificar essas glebas de maneira definitiva, elaborando um mapa das diferentes áreas homogêneas demarcadas para o acompanhamento da fertilidade do solo ao longo do tempo.

## Ferramentas e materiais para coleta

A necessidade de realizar a coleta do solo de modo uniforme, em volume e profundidade, pode ser facilitada pela utilização de ferramentas apropriadas para tal prática.

Conforme o nível de eficiência requerido e a disponibilidade no local de amostragem, diversas ferramentas podem ser usadas para a coleta de solo, tais como: enxada; enxadeco; pá reta e draga ou cavador. Além dessas, quando se deseja fazer a amostragem em áreas muito extensas, deve-se lançar mão de ferramentas que propiciem maior rapidez na coleta das amostras e menor volume de terra, como é o caso dos trados de amostragem, sendo os mais utilizados o trado meia-lua ou calador, o trado holandês e o trado do tipo sonda.

Além dessas ferramentas, é necessária a utilização de baldes de plástico e sacos de plástico devidamente etiquetados. Quando se pretende realizar análise de micronutrientes, deve ser evitada a utilização de balde de metal galvanizado, dando preferência para o uso de trado de aço.

Para garantir resultados confiáveis, deve ser minimizada a interferência de contaminantes nas amostras. Para isso, os materiais a serem utilizados no processo de amostragem (ferramentas, baldes e embalagens) devem estar limpos, isentos de restos de terra e resíduos, especialmente de adubos e corretivos de acidez.

## Procedimento de coleta de solo

Mesmo que seja realizada corretamente a divisão da propriedade em subáreas homogêneas, é importante notar que dentro dessas subáreas, aparentemente uniformes, ainda poderão existir variações nos atributos químicos do solo que devem ser levadas em conta para que se tenha uma adequada avaliação da fertilidade do solo. Como forma de minimizar essa variabilidade e obter maior representatividade, durante o procedimento de coleta de solo, devem ser retiradas diversas amostras simples (subamostras), para uma avaliação adequada da área por meio da amostra composta que será obtida.

Assim, cada subárea homogênea deve ser percorrida em zigue-zague, coletando-se entre 15 e 20 amostras simples de mesmo volume, para a formação de uma amostra composta. As amostras simples devem ser retiradas uniformemente, procurando cobrir toda a extensão da subárea. Esse número de amostras simples deve ser considerado, mesmo para o caso de amostragem em parcelas experimentais, nos experimentos de adubação.

Independentemente do tipo de ferramenta a ser utilizada, antes de efetuar a coleta propriamente dita, em cada um dos pontos de amostragem, devem ser removidos os detritos e restos vegetais (folhas, ramos e pedras) da superfície do solo.

No caso da coleta das amostras com enxada, enxadeco ou pá reta, alguns procedimentos adicionais são necessários. Em cada ponto de amostragem, deve-se cavar uma cova, na profundidade de 20 cm ou naquela indicada para a cultura de interesse. Em uma das paredes laterais da cova, efetuar o corte de uma fatia de aproximadamente 5 cm de espessura e remover as bordas laterais dessa fatia com o auxílio de um canivete, deixando-se apenas a parte central, que deve ser colocada no balde, constituindo a amostra simples.

Quando a ferramenta utilizada for draga ou cavador, retirar um cilindro de terra, conforme a profundidade indicada, procedendo-se dois cortes longitudinais em “X”, utilizando uma faca ou canivete bem afiado, separando-o em quatro partes. Remover uma das partes do cilindro e colocar no balde, constituindo a amostra simples.

Dentro de cada subárea homogênea, esse procedimento deve ser repetido em todos os pontos de amostragem, até atingir toda a extensão da área a ser amostrada. Ao final, a terra contida no balde deve ser rigorosamente destorroada e homogeneizada para, em seguida, retirar-se em torno de 300 g a 500 g de terra, constituindo uma amostra composta, que pode ser colocada em saco de plástico para envio ao laboratório. A amostra pode ser identificada com as seguintes informações: nome do proprietário, nome da propriedade, município, número e nome da subárea amostrada e data de amostragem.

Em locais onde a cultura já se encontra implantada, os pontos de amostragem deverão ser definidos previamente, conforme a cultura existente. No caso de culturas anuais (milho, arroz, feijão-caupi, soja, etc.) e de pastagem, a coleta deve ser realizada em toda a extensão da área. Em áreas cultivadas com culturas perenes que recebem aplicações localizadas e frequentes de fertilizantes, como fruteiras, pimenteira-do-reino e cafeeiro, a amostragem deve ser realizada nas áreas adubadas e naquelas que não receberam qualquer aplicação de adubos, de modo a obter a média da fertilidade dessas áreas.

## Profundidade de amostragem

Em geral, para a análise de rotina, a amostra deve ser retirada da camada superficial, na profundidade de 0 cm a 20 cm, por ser a camada do solo onde se concentra o maior volume de raízes da maioria das plantas cultivadas. Entretanto, determinadas situações exigem uma amostragem em outras profundidades, a fim de se conhecer limitações que podem afetar a produtividade.

No caso de abertura de novas áreas ou de capoeira para incorporação ao processo produtivo, ou quando se deseja obter informações sobre a movimentação de nutrientes no perfil ou mesmo para verificar a existência de barreiras químicas no subsolo, a amostragem pode ser efetuada em camadas mais profundas, podendo ir até 60 cm, dependendo da necessidade, ou seja, 0 cm a 20 cm, 20 cm a 40 cm e 40 cm a 60 cm. Essa prática é de interesse para avaliar problemas de toxidez de alumínio e deficiência de cálcio e magnésio no perfil do solo e, ainda, para a separação de áreas com maior ou menor potencial para aprofundamento do sistema radicular das plantas cultivadas, inclusive sendo um indicativo para a prática da gessagem.

Amostragem em camadas profundas é altamente recomendável em áreas experimentais, notadamente em estudos que envolvam enxofre, pelo fato de, muitas vezes, níveis de sulfato nas camadas subsuperficiais serem suficientes para mascarar respostas, em solos com baixos níveis de S-sulfato na camada de 0 cm a 20 cm.

Em áreas com culturas perenes, por ocasião da implantação, a amostragem, além da superficial, deve ser realizada em maior profundidade, para verificar a existência de problemas nutricionais nas camadas mais profundas que possam comprometer o desenvolvimento do sistema radicular das culturas. Neste caso, recomenda-se a coleta de amostras nas profundidades de 0 cm a 20 cm e também de 20 cm a 40 cm, antes da implantação da cultura.

Na implantação de novas áreas de pastagem a amostragem deve seguir os procedimentos indicados para a abertura de novas áreas, conforme já mencionados anteriormente. No caso de áreas com pastagem já estabelecida, o procedimento de amostragem pode ser realizado na profundidade de 0 cm a 20 cm, podendo-se retirar amostras até 40 cm, se houver necessidade de avaliação de impedimentos químicos em maiores profundidades. No ato da coleta de solo, deve-se evitar áreas com resíduos de fezes dos animais.

Para culturas anuais, quando cultivadas no sistema convencional, normalmente, é suficiente amostrar na camada de 0 cm a 20 cm.

## **Frequência de amostragem**

A retirada de amostras de solo pode ser realizada em qualquer período do ano, devendo-se evitar o período seco, pela dificuldade de coleta das amostras simples, assim como no período de intensas chuvas. A frequência de amostragem deve ser definida de acordo com a intensidade de adubação, manejo da propriedade, número de culturas de ciclo curto consecutivas, ou seja, a sucessão de cultura adotada, ou estágio de desenvolvimento, no caso de culturas perenes. Em áreas com culturas que recebem grandes aplicações de fertilizantes, em geral, convém fazer a amostragem com maior frequência, sendo recomendada a coleta anual das amostras, pois, nesse caso, o produtor deve pensar não apenas em uma única cultura de forma isolada, mas no sistema como um todo.

Em glebas cultivadas com culturas anuais e mantidas em pousio no período seco, a amostragem deve ser realizada pelo menos a cada 3 anos. Para culturas perenes, a partir da fase reprodutiva, a amostragem deve ser realizada

anualmente e, de preferência, no final da estação chuvosa, principalmente quando são aplicadas doses mais elevadas de fertilizantes. No caso de culturas temporárias, as amostras devem ser retiradas pelo menos 1 mês antes do plantio (no início do período chuvoso), para que, a partir dos resultados da análise de solo, seja possível realizar o planejamento de compra dos corretivos e fertilizantes e também haja tempo para reação do calcário após a sua aplicação durante o preparo convencional do solo.

## Amostragem em áreas sob sistema plantio direto

Áreas cultivadas sob sistema plantio direto (SPD) possuem certas características que são decorrentes da forma de manejo utilizada e, por isso, a amostragem segue um caso à parte. Nesse sistema, há aumento na variabilidade espacial do solo, com variações no sentido vertical e horizontal, ocasionadas por uma combinação de fatores que promovem a formação de gradientes de fertilidade, tais como: não revolvimento do solo, acúmulo da palhada das plantas de cobertura e resíduos culturais na superfície do solo, aplicação superficial de calcário e aplicação de fertilizantes a lanço e em sulcos de semeadura. Essa sistemática de manejo promove alterações em atributos do solo, tais como: matéria orgânica (MO), pH, alumínio ( $Al^{3+}$ ), mobilidade de nitrogênio (N), do fósforo (P) e de outros nutrientes.

Esses aspectos exigem a necessidade de adoção de determinados cuidados nos procedimentos de amostragem, para a obtenção de maior representatividade da área. Dessa forma, em áreas sob sistema plantio direto com cultivos anuais, deve-se considerar alguns aspectos importantes para uma adequada amostragem do solo, como forma de evitar possíveis erros na interpretação da fertilidade do solo.

Antes da implantação do SPD, recomenda-se utilizar o mesmo procedimento de amostragem adotado para o sistema convencional, coletando-se de 15 a 20 amostras simples, na profundidade de 0 cm a 20 cm, para a obtenção de uma amostra composta. Nessa ocasião, deve-se realizar, também, a coleta na profundidade 20 cm a 40 cm, para identificar possíveis barreiras químicas que possam restringir o desenvolvimento radicular das plantas e, para fornecer subsídios ao uso ou não de gesso.

Durante a fase de estabelecimento do SPD (primeiros 5 a 7 anos de adoção), recomenda-se realizar a amostragem na camada de 0 cm a 20 cm, ao longo das linhas de semeadura da cultura anterior, percorrendo-se toda a extensão da área, em zigue-zague. Nessa fase, devem-se coletar as amostras simples em, no mínimo, 25 pontos. Em cada ponto de coleta devem-se retirar amostras na linha de semeadura (onde foram aplicados os adubos) e transversalmente na entrelinha, para posteriormente misturar as amostras simples e formar a amostra composta.

Nessa amostragem recomenda-se utilizar a pá de corte, retirando-se uma fina fatia de solo, de aproximadamente 5 cm de espessura, posicionando a pá em sentido transversal à linha de semeadura, de modo que a amostra seja retirada de ambos os lados da entrelinha. Pode-se utilizar, também, o trado calador, procedendo-se de forma similar, retirando-se pontos na linha de semeadura e transversalmente a

esta, coletando-se amostras de ambos os lados da entrelinha. Esse procedimento e o número de amostras simples se justificam pela grande variação horizontal, especialmente dos teores de fósforo e potássio no solo, decorrente da forma de aplicação da adubação que, geralmente, é feita nos sulcos de semeadura.

Em áreas já estabelecidas sob SPD, deve-se proceder a amostragem na profundidade de 0 cm a 10 cm, coletando-se de 20 a 25 amostras simples para uma amostra composta, utilizando-se o mesmo procedimento descrito anteriormente.

## Literatura recomendada

AMOSTRAGEM de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagem e capineiras. Londrina: IAPAR, 1996. 28 p. (IAPAR. Circular, 90).

CHITOLINA, J. C. **Contribuição de alguns fatores nos resultados da análise química de terra e seus efeitos nas recomendações de adubação e calagem**. 1982. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GRIEBELER, G.; SILVA, L. S. da; CARGNELUTTI FILHO, A.; SANTOS, L. S. Avaliação de um programa interlaboratorial de controle de qualidade de resultados de análise de solo. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, p. 371-379, 2016.

LOPES, A. S.; WIETHOLTHNER, S.; GUIMARÃES, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 115 p.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá de corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação na linha, no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n. 69, p. 22-28, maio/jun. 2002.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

# Métodos de análise do solo e representação dos resultados

---

*Edilson Carvalho Brasil*

*Sônia Maria Botelho*

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

*Rubia Carla Ribeiro Dantas*

## Métodos de análise de solo

A qualidade da diagnose da fertilidade do solo, além da amostragem e coleta adequada, também depende, necessariamente, do método de análise utilizado, que tem influência direta na definição das quantidades de corretivos e fertilizantes a serem aplicadas para as diferentes culturas. A análise dos atributos químicos do solo para ser implementada como ferramenta de avaliação e monitoramento da fertilidade do solo deve envolver diversas fases fundamentais para conseguir o sucesso desejado, cujos métodos requerem procedimentos que precisam ser realizados dentro de padrões técnicos e fiscalizáveis.

Em geral, os procedimentos analíticos para fins de fertilidade do solo visam à quantificação das bases trocáveis [cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ )], de fósforo (P) disponível e enxofre (S), além dos atributos ligados à acidez do solo [pH em água ou  $\text{CaCl}_2$ , alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) e hidrogênio ( $\text{H}^+$ )], cujos resultados podem variar em função dos métodos utilizados pelos laboratórios que prestam esse tipo de serviço. Portanto, um atributo de solo específico pode ser determinado por diferentes métodos analíticos e os resultados também diferem, em decorrência da natureza do procedimento analítico adotado. Independentemente do método utilizado para a determinação de um atributo químico de solo, a credibilidade do laboratório depende da garantia de qualidade que pode ser oferecida aos usuários. Nesse contexto, deve chamar atenção a qualificação da mão de obra envolvida e a qualidade dos equipamentos e reagentes empregados, que, neste último caso, necessariamente, sempre devem estar dentro da validade.

Desta forma, os laboratórios que prestam serviços de análise dos atributos químicos do solo para fins de diagnóstico da fertilidade do solo devem, obrigatoriamente, participar de programas de controle de qualidade das análises, para promover a melhoria das análises de solo a serem realizadas, bem como a uniformização de métodos e procedimentos utilizados pelos laboratórios, garantindo maior credibilidade dos resultados. Atualmente, existem cinco grandes programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solo no Brasil, os quais congregam laboratórios que utilizam metodologias afins e são os seguintes: Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas do Paraná (Cela-PR); Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análise

de Solo para Fins Agrícolas; Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade – Método da Embrapa Solos (PAQLF); Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de de Solo de Minas Gerais (Profert); Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Rolas). As metodologias que integram esses programas de controle de qualidade são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Métodos de análise química para os atributos de fertilidade do solo adotados pelos programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solo existentes no Brasil.

Atributos	PAQLF	Profert	Rolas	Cela	IAC
pH	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol/L (1:2,5)
Al <sup>3+</sup>	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L
Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup>	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	KCl 1 mol/L	Resina
H + Al	Acetato de Ca 0,5 mol/L pH 7,0 ou SMP	Acetato de Ca 0,5 mol/L pH 7,0 ou SMP	SMP	Acetato de Ca 0,5 mol/L pH 7,0	SMP
P disponível	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	Resina
K <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup>	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	Resina
S	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 mg/L	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 mg/L em HOAc	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 mg/L	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 mg/L	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 mg/L em H <sub>2</sub> O
Fe, Mn, Cu, Zn	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	Mehlich 1	DTPA ou Resina
B	Água quente	Água quente	Água quente	Água quente	Água quente
Matéria orgânica	C oxidável por dicromato titulometria ou calorimetria	C oxidável por dicromato titulometria ou calorimetria	C oxidável por dicromato calorimetria	Matéria orgânica por incineração	C oxidável por dicromato titulometria ou calorimetria

Considerando as variações metodológicas entre os diversos programas de controle de qualidade, para os diferentes atributos químicos do solo, nos casos de monitoramento da fertilidade do solo em áreas agrícolas de determinadas regiões do País, deve-se realizar as análises químicas em laboratórios credenciados ao mesmo programa de controle de qualidade, visando garantir maior consistência comparativa dos valores gerados.

As informações sobre recomendações de corretivos e fertilizantes para as culturas, constantes nesta publicação foram estabelecidas por meio de estudos de calibração, com base nos procedimentos analíticos adotados pelo PAQLF, que utiliza o método Embrapa e possui abrangência em quase todo o território nacional.

A determinação da disponibilidade de P no solo tem sido realizada por diversos métodos analíticos que quantificam o teor do nutriente no solo. Um dos métodos mais utilizados no Brasil para determinação do P disponível é o Mehlich-1, adotado por vários dos programas nacionais de controle de qualidade de análise de solos. Esse método apresenta algumas desvantagens, já conhecidas desde o início de sua utilização no País, como: a) extração preferencial de compostos de cálcio, superestimando os teores disponíveis de P em solos que receberam aplicação de fosfatos naturais ou que possuem fosfatos de cálcio, como mineral primário; b) em solos argilosos o extrator Mehlich-1 subestima os teores de P, extraíndo quantidades menores, do que as realmente disponíveis para as plantas.

Considerando que o extrator apresenta sensibilidade ao poder tampão do solo, a recomendação de adubação fosfatada, com base nesse método, pode ser compatibilizada com a capacidade tampão de fosfato nos solos, a qual corresponde à capacidade que o solo possui em manter o equilíbrio da concentração do nutriente entre a solução e os colóides do solo. A quantidade de matéria orgânica, o teor de argila e a mineralogia da fração argila são características do solo que possuem forte interação com o poder tampão do solo e necessitam ser considerados para a adequada avaliação do P disponível por esse método.

Um método que tem sido usado para avaliar a capacidade tampão de fosfatos do solo é a determinação do fósforo remanescente (P-rem), por apresentar estreita correlação com essa característica e também com a capacidade máxima de adsorção de P no solo. O P-rem corresponde à quantidade de P que permanece na solução de equilíbrio, após certo tempo de contato com os constituintes do solo, em resposta à adição ao solo de uma determinada quantidade de P (Novais et al., 2007). Assim, quanto maior for o P-rem, menor será a adsorção de fosfatos no solo. Além disso, o P-rem pode ser usado em substituição à análise textural do solo na recomendação da adubação fosfatada. Por ser um método simples e rápido, permitindo estratificar com maior segurança a interpretação das análises de solo e as recomendações de adubação fosfatada, o P-rem passou a ser adotado no estado de Minas Gerais, como critério auxiliar no estabelecimento de classes dos níveis de tamponamento de solos, na definição de doses de fertilizantes fosfatados. Nesse caso, utiliza-se um fator de correção dependente do poder tampão do solo, que varia em função de classes de teores de P-rem.

## Representação dos resultados de análise de solo

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) passou a adotar as unidades do Sistema Internacional (SI) em 1993, por ocasião do *XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, realizado em Goiânia, GO, visando uniformizar a linguagem na representação dos resultados das análises utilizadas, principalmente em química e fertilidade do solo. Por essa razão, os resultados de análise de solo são representados com base em volume ( $\text{dm}^3$  ou L) e em massa de terra (kg), de acordo com a forma da medida da subamostra na análise considerada.

A unidade que expressa a quantidade de matéria deve ser representada por mol de carga ( $\text{mol}_c$ ) ou milimol de carga ( $\text{mmol}_c$ ) e a que expressa quantidade de massa deve ser representada por grama (g) ou miligrama (mg). O milimol de carga corresponde ao valor absoluto da antiga unidade expressa por equivalente-miligrama (meq).

Com base nas unidades do SI, na representação dos resultados de análises dos atributos químicos do solo devem ser utilizadas as unidades de medida apresentadas a seguir.

### a) Para fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes:

Esses nutrientes, que eram representados em partes por milhão (ppm) ou microgramas por mililitro de solo ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), são expressos em miligramas por

decímetro cúbico de solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ). Na conversão dessas unidades não há necessidade de transformação de valores, já que possuem a mesma grandeza.

**b) Para cátions trocáveis (Ca, Mg), acidez potencial (H+Al), soma de bases e capacidade de troca de cátions (CTC):**

Para essas determinações, os resultados que eram expressos em equivalente-miligrama por cem mililitros de solo ( $\text{meq}/100 \text{ mL}$ ) passaram a ser apresentados por milimol de carga por decímetro cúbico de solo ( $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ ). Neste caso, a conversão dessas unidades exige que os valores da representação antiga ( $\text{meq}/100 \text{ mL}$ ) sejam multiplicados por 10, para se obter o valor em  $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ . Para evitar problemas de interpretação dos resultados de análise do solo, laboratórios de vários estados do País optaram pela utilização da unidade centimol de carga por decímetro cúbico de solo ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ), aceita pelo SI e também pela SBCS, que apresenta os mesmos valores numéricos da antiga unidade ( $\text{meq}/100 \text{ mL}$ ), sem a necessidade de transformação.

**c) Para saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%):**

Esses atributos não sofreram qualquer alteração nas suas unidades e continuam sendo expressos em termos de porcentagem. Deve-se ressaltar que, assim como a CTC, V% e m% são atributos do solo não determinados diretamente de forma analítica, ou seja, dependem de vários outros resultados analíticos para que a sua expressão numérica seja calculada.

**d) Para matéria orgânica e carbono orgânico:**

Esses atributos, que eram representados em porcentagem, atualmente são apresentados em  $\text{g}/\text{dm}^3$  ou  $\text{g}/\text{kg}$ . Para conversão dessas unidades, há necessidade de multiplicar por 10 o valor da antiga unidade (%). Também por questão de facilidade de interpretação dos resultados, tem sido aceita a unidade decigrama por decímetro cúbico ( $\text{dag}/\text{dm}^3$ ) ou decigrama por quilograma ( $\text{dag}/\text{kg}$ ), que apresenta equivalência numérica com os valores de porcentagem.

## Conversão de unidades

A adoção do Sistema Internacional de Unidades implica em alterações nas representações e nos valores de parte dos resultados. As representações antigas podem ser convertidas naquelas atualmente adotadas pela SBCS, considerando as relações indicadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Fatores para conversão de unidades antigas para o Sistema Internacional de unidades.

Unidade antiga	Fator multiplicativo de conversão	Unidade do Sistema Internacional
%	10	$\text{g}/\text{kg}$ , $\text{g}/\text{dm}^3$ , $\text{g}/\text{L}$
ppm	1	$\text{mg}/\text{kg}$ , $\text{mg}/\text{dm}^3$ , $\text{mg}/\text{L}$
$\text{meq}/100 \text{ cm}^3$	10	$\text{mmol}_c/\text{dm}^3$
$\text{meq}/100 \text{ g}$	10	$\text{mmol}_c/\text{kg}$
$\text{meq}/100 \text{ cm}^3$	1	$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$
$\text{meq}/100 \text{ g}$	1	$\text{cmol}_c/\text{kg}$

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Unidade antiga	Fator multiplicativo de conversão	Unidade do Sistema Internacional
meq/L	1	mmol <sub>c</sub> /L
mg/dm <sup>3</sup> de K	0,0026	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,437	P
K <sub>2</sub> O	0,830	K
CaO	0,715	Ca
MgO	0,602	Mg

## Referência

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. 1017 p.

## Literatura recomendada

ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfato e para ensaios de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 14, n. 1, p. 49-55, 1990.

AMOSTRAGEM de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagem e capineiras. Londrina: IAPAR, 1996. 28 p. (IAPAR. Circular, 90).

BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A.; PÉREZ, D. V.; MENEGUELLI, N. A. Analytical quality program of soil fertility laboratories that adopt embrapa methods in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 15/18, p. 2661-2672, 2002.

CANTARELLA, H.; MONIZ, A. C. Unidades do sistema internacional em publicações da SBCS. **Boletim Informativo da SBCS**, v. 20, n. 2, p. 82-84, 1995.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, A. H.; ALVAREZ V., V. H.; KER, J. C.; FONTES, M. P. F. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1785-1791, 2008.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

NOVAIS, S. V.; MATTIELL, E. M.; VERGUTZ, L.; MELO, L. C. A.; FREITAS, I. F.; NOVAIS, R. F. Loss of extraction capacity of mellich-1 and Monocalcium phosphate as a variable of remaining P and its relationship to critical levels of soil phosphorus and sulfur. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1079-1087, 2015.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p.



# Interpretação dos resultados da análise do solo

---

*Edilson Carvalho Brasil  
Manoel da Silva Cravo*

A interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos do solo envolve uma avaliação agrônômica e econômica da relação entre o teor do nutriente no solo, obtido por um método analítico, e a resposta da planta ao nutriente.

Em vista da natureza subjetiva do processo de recomendação, diferentes metodologias têm sido desenvolvidas e, atualmente, possuem uso difundido no meio técnico-científico. As duas mais comuns para culturas agrícolas são: a) construção rápida e manutenção da fertilidade do solo; e b) manutenção do nível de suficiência dos nutrientes. Ambas são mais comumente usadas para nutrientes considerados pouco móveis no solo, como fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

O procedimento de construção rápida e manutenção da fertilidade sugere que a fertilidade do solo seja construída até um nível ótimo, tão rápido quanto possível. Após essa fase inicial de formação, aplicações de manutenção de nutrientes devem ser realizadas anualmente a taxas pelo menos iguais às quantidades removidas pelas colheitas das culturas. Embora essa metodologia de recomendação ainda seja bastante utilizada, questões de ordem econômica e ambiental sobre a sua adequabilidade têm sido suscitadas nos últimos anos.

A recomendação mais usada atualmente é a do nível de suficiência, que pressupõe a ideia da existência de um nível mensurável por meio da análise de solo - o nível crítico - abaixo do qual respostas à adição de fertilizantes são esperadas e acima do qual essas respostas são pouco prováveis. Nesse procedimento, os nutrientes somente são recomendados quando seus valores, na análise dos atributos químicos do solo, encontram-se abaixo desse nível crítico, definido pelo método analítico, e as aplicações são feitas proporcionalmente para cada classe de teores.

Em termos quantitativos, a análise de solo fornece as bases para a elaboração de programas de aplicação de calcário e adubação, buscando não somente manter os teores dos nutrientes em níveis adequados no solo, mas, também, obter o máximo retorno econômico possível. Como o potencial de resposta pode variar em função de vários fatores (solo, clima, cultura, variedades, produção esperada, nível de manejo, etc.), tabelas regionais de interpretação dos teores de nutrientes a partir da análise de solo têm sido elaboradas para dar suporte às recomendações de adubação em diversos estados do País.

Os primeiros estados a desenvolverem tabelas de interpretação que classificam os resultados das análises de solo em faixas de teores foram São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. No entanto, outros estados, como Acre, Ceará, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Pernambuco, Paraná e Rondônia, também já possuem suas tabelas de recomendação de adubação, a partir das classes de interpretação dos valores dos resultados da análise do solo.

No estado do Pará, por ocasião da elaboração da primeira edição da tabela de recomendações de adubação e calagem, ainda eram poucos os resultados de trabalhos de calibração para os atributos da fertilidade do solo que possibilitassem a fundamentação de recomendações de adubação e calagem para as diversas culturas de interesse do agronegócio.

Por essa razão, naquela edição lançada em 2007, os critérios adotados levaram em consideração a disponibilidade de resultados de pesquisa existentes para fundamentar as recomendações de calagem e adubação para as diversas culturas. Em relação às culturas para as quais ainda não existiam resultados, foram adotados os critérios que vinham sendo utilizados pelo Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, compatibilizados com critérios empregados em outras regiões do País que apresentam características edafoclimáticas mais próximas das encontradas no estado do Pará.

A seguir, serão apresentados os critérios e faixas de interpretação dos resultados de análises dos principais atributos do solo a serem utilizados nesta edição.

## Nitrogênio

As recomendações de adubação nitrogenada normalmente são baseadas em curvas de respostas para as diversas culturas. Entretanto, em virtude dos poucos dados de pesquisa existentes com nitrogênio (N) no estado e pelo fato de não haver, até o momento, um método consistente para determinação das quantidades de N disponíveis no solo, para a maioria das culturas, devem ser considerados os conhecimentos existentes sobre o histórico de uso das áreas de plantio para interpretação da disponibilidade do nutriente no solo.

Observações de ordem prática na região têm indicado maior frequência de respostas à adubação nitrogenada em solos com uso mais intensivo e que estejam sendo cultivados por vários anos, sem adubação orgânica ou adubos verdes. Em áreas recém-desmatadas, o teor de carbono orgânico pode ser um bom indicativo do estoque de N no solo e, dependendo da capacidade de troca de cátions, pode ser esperada maior retenção do nutriente no complexo de troca, em formas amoniacais, recém-mineralizadas, cuja disponibilidade geralmente é maior nos primeiros anos após o desmatamento, permitindo sua liberação gradual nos primeiros anos de exploração agrícola (Wadt; Cravo, 2005).

## Fósforo

As classes de disponibilidade de fósforo (P) foram definidas em função da resposta de diversas culturas à adubação fosfatada e do teor de argila do solo, uma vez que os resultados têm mostrado que a disponibilidade de P no solo, extraído por Mehlich 1 (0,05 N HCl + 0,025 N de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), varia em virtude desse atributo

físico do solo. As classes de interpretação de P, para fins de recomendação de adubação fosfatada, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de interpretação da disponibilidade de fósforo (P) no solo definidas de acordo com a textura do solo.

Textura/teor de argila (%)	Disponibilidade de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			
	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Argilosa (> 35)	≤ 5	6 - 10	11 - 15	>15
Média (15 - 35)	≤ 8	9 - 15	16 - 20	>20
Arenosa (< 15)	≤ 10	11 - 18	19 - 25	>25

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Potássio

As classes de disponibilidade de potássio (K) foram definidas com base nos teores de K disponíveis no solo, determinados pelo extrator Mehlich 1 e em relação às respostas das culturas ao nutriente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classes de interpretação da disponibilidade de potássio (K) no solo.

Disponibilidade de K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			
Baixa	Média	Alta	Muito alta
≤ 40	41-60	61-90	>90

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Cálcio, magnésio, enxofre e alumínio

As classes de teores para cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), enxofre (S) e alumínio (Al<sup>3+</sup>) foram estabelecidas com base nos critérios de interpretação adotados no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental e em informações existentes na literatura (Tabela 3). Do ponto de vista nutricional, os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S indicados enquadram-se nas quantidades mínimas e suficientes, em termos de exigências, para as principais culturas. Com relação aos teores de Al<sup>3+</sup> trocável, embora sejam apresentadas faixas variando de baixo a alto, a partir de 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> alerta-se para a necessidade de correção da acidez do solo, especialmente em condições de baixos teores de cálcio e magnésio.

**Tabela 3.** Classes de interpretação para cálcio, magnésio, enxofre e alumínio no solo.

Elemento	Faixa de teores (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		
	Baixa	Média	Alta
Cálcio + Magnésio <sup>(1)</sup>	≤ 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0
Magnésio <sup>(1)</sup>	≤ 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
Alumínio <sup>(1)</sup>	≤ 0,3	0,3 - 1,0	> 1,0
Enxofre <sup>(2)</sup>	≤ 4,0	5,0 - 10,0	> 10,0

<sup>(1)</sup> Extrator KCl 1 mol/L.

<sup>(2)</sup> Extrator Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) em ácido acético 2,0 N.

## Micronutrientes

Em decorrência da pouca disponibilidade de informações de pesquisa no estado sobre respostas das culturas aos micronutrientes, o estabelecimento das classes de teores foi baseado em informações existentes na literatura. Para Cu, Fe, Mn e Zn disponível, as classes foram estabelecidas de acordo com os teores extraídos do solo pelo extrator Mehlich 1, enquanto para o boro (B) disponível, foi considerado o método de extração com água quente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classes de interpretação da disponibilidade para boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

Nutriente	Disponibilidade de micronutrientes (mg/dm <sup>3</sup> )		
	Baixa	Média	Alta
Boro	< 0,35	0,35-0,90	>0,90
Cobre	< 0,70	0,70-1,80	>1,80
Ferro	< 18	18-45	>45
Maganês	< 5	5-12	>12
Zinco	< 0,9	0,9-2,2	>2,2

Fonte: Adaptada de Lopes (1999) e Ribeiro et al. (1999).

## Referências

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofia de aplicação e eficiência agrônômica.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 72 p. (ANDA. Boletim técnico, 8).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

WADT, P. G. S.; CRAVO, M. S. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 245-252.

## Literatura recomendada

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2016. 375 p.

LIMA, E.; COSTA, A.; PARRA, M. S.; CHAVES, C. S.; PAVAN, M. A. Recomendação para as principais culturas do Estado do Paraná. In: PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo.** 2. ed. Curitiba, 1994. p. 85-104.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; MOREIRA, A.; COSTA, A.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná.** Curitiba: SBCS: NEPAR, 2017. 482 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1997. 285 p.

# Amostragem e diagnose foliar

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*Sônia Maria Botelho*

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

A análise de solo é insuficiente para garantir um acompanhamento adequado do estado nutricional das plantas. A existência no solo de um nutriente, mesmo que supostamente em quantidades disponíveis suficientes, não garante o suprimento das plantas, visto que muitos fatores podem influir na absorção.

Assim, a análise química de folhas é uma das melhores técnicas disponíveis para avaliar o estado nutricional de plantas e para orientar programas de adubação, junto com as informações advindas da análise de solo. O princípio da diagnose foliar é comparar a concentração de nutrientes nas folhas com valores padrões correspondentes a variedades e/ou espécies análogas de alta produtividade e de bom desenvolvimento vegetativo (Malavolta et al., 1997).

## Diagnose foliar

É um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta. A diagnose foliar procura associar e relacionar os teores foliares e a produção das culturas.

Quatro são as etapas que devem ser cumpridas em um programa que utiliza a diagnose foliar na avaliação do estado nutricional das plantas:

- 1) Coleta de amostra de folhas.
- 2) Preparo da amostra.
- 3) Análise química de tecido vegetal.
- 4) Interpretação dos resultados.

## Coleta e amostragem foliar

A coleta é a etapa mais crítica, pois os nutrientes não existem nas diversas partes da planta em quantidades iguais, variando de acordo com diversos fatores, dentre os quais a idade da planta e a variedade considerada. Os resultados da análise foliar somente serão eficientes se a amostragem for bem feita e representativa da lavoura.

Quanto ao órgão da planta, em geral, é analisada a folha recém-madura, mas, em algumas culturas, podem ser analisadas porções do caule ou de ramos. Na folha, a análise pode ser feita nela inteira, somente na lâmina ou somente no pecíolo. Quando se analisa a lâmina, às vezes a nervura principal é excluída, como acontece na diagnose foliar para cana-de-açúcar, dendezeiro e coqueiro. Em culturas perenes, como cafeeiro e citros, a composição da folha pode ser modificada pela presença ou ausência de frutos nos ramos. Em geral, as folhas recém-maduras são os órgãos da planta que melhor refletem o estado nutricional da cultura, razão pela qual são os mais indicados como amostra.

Como a composição de diferentes partes das plantas difere e o estágio de crescimento pode influir na concentração de nutrientes, há necessidade não só de estabelecer as partes das plantas que devem ser amostradas, mas também a melhor época para realizar a coleta do material. Por causa dessas variações, a amostragem deve ser realizada de acordo com as recomendações indicadas para o sucesso da diagnose foliar (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recomendações de amostragem para diagnose foliar de algumas culturas.

Cultura	Época	Tipo de folha	Nº de planta por hectare
Abacateiro	Meio do período chuvoso, 3 e 4 meses após a brotação	Folhas de ramos frutíferos, quatro folhas por árvore nos quatro quadrantes a meia altura da planta	20
Abacaxizeiro	Meio do período chuvoso	Quarta folha a partir do ápice da planta, folha "D", recém-madura, em um ângulo de 45°	25
Aceroleira	Início do florescimento	Folhas recém-maduras, retiradas de ramos frutíferos a meia altura nos quatro quadrantes	50
Algodoeiro herbáceo	Início do florescimento	Limbo de folhas maduras próximas das maçãs	30
Algodoeiro arbóreo	Início do florescimento	Folhas recém-maduras	30
Arrozeiro	Meio do perfilhamento	Folha Y (posição ocupada em relação à folha mais nova desenrolada acima)	50
Bananeira	Meio do período chuvoso	Folha III (abaixo e oposta às flores); porção mediana (10 cm de largura) clorofilada	50
Cacaueiro	Meio do período chuvoso	Terceira folha a partir da ponta, lançamento recém-maduro, plantas a meia sombra	25
Cafeeiro	Meio do período chuvoso	Terceiro e quarto pares de folhas, a partir da ponta, ramos a meia altura e produtivos	30
Cajueiro	Florescimento	Folhas recém-maduras, na parte mediana de ramos do ano nos quatro quadrantes	30
Cana-de-açúcar	Seis meses após a germinação para cana-planta ou 4 meses após o corte para cana-soca	Folha +3, na região de inserção da bainha do colmo. Utilizar os 20 cm centrais da folha, eliminando-se a nervura central	30
Cenoura	Início do florescimento	Nervura principal de folhas recém-maduras	40
Citros	Meio do período chuvoso	Folhas de ciclo do inverno, de ramos frutíferos, frutos com 2 cm a 4 cm de diâmetro, terceira ou quarta folha a partir do fruto nos quatro quadrantes	25

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Cultura	Época	Tipo de folha	Nº de planta por hectare
Coqueiro	Meio do período chuvoso	Coletar três folíolos de cada lado da parte central da folha 14, em plantas adultas, ou na folha 9 em plantas jovens	15
Cupuaçuzeiro	Meio do período chuvoso	Terceira folha a partir da ponta, lançamento recém-maduro plantas a meia sombra	25
Dendezeiro	Final do período chuvoso	Folíolos na folha 17 em plantas adultas ou na folha 9 em plantas jovens, retirando três folíolos de cada lado na parte central da folha, em um total de 100 a 150 folíolos	20
Eucalipto	Meio do período chuvoso	Folhas recém-maduras, ramos primários	20
Feijoeiro	Início do florescimento	Primeira folha madura a partir da ponta do ramo	30
Goiabeira	Meio do período chuvoso ou 1 mês após terminar o crescimento de ramos	Quarto par, retirados de ramos terminais sem frutos nos quatro quadrantes	30
Guaranazeiro	Meio do período chuvoso	Folhas recém-maduras, retirados de ramos a meia altura nos quatro quadrantes	25
Gramíneas	Meio do período chuvoso	Folhas recém-maduras ou toda a parte aérea	30
Leguminosas	Florescimento	Folhas retiradas de todas as posições na parte aérea	30
Mamoeiro	Florescimento	Folha "F" na axila com primeira flor completamente expandida	20
Mandioca	Três a quatro meses de idade	Primeira folha recém-madura a partir do ápice da haste	30
Maracujazeiro	Final do período chuvoso, florescimento	Quarta folha a partir da ponta dos ramos medianos	25
Melancia	Primeiro fruto	Pecíolo da sexta folha a partir da ponta	30
Melão	Floração ou primeiro fruto	Pecíolo da sexta folha a partir da ponta	30
Milho	Aparecimento da inflorescência feminina (cabelo)	Folha oposta e abaixo da espiga, retirando-se o terço central (30 cm)	30
Pepino	Primeiro fruto	Pecíolo da sexta folha a partir da ponta	40
Pimenteira-do-reino	Meio do período chuvoso	Primeira folha madura, com pecíolo, a partir do broto terminal dos ramos de frutificação, localizados na parte média da planta, nos quatro quadrantes	30
Pimentão	Primeiros frutos	Pecíolo da sexta folha a partir da ponta	40
Pinus	Meio do período chuvoso	Folhas recém-maduras de ramos primários	20
Pupunheira	Meio do período chuvoso	Coletar folíolos do quinto central de folhas mediana, 2 a 3 meses antes do corte	30
Repolho	Formação da cabeça	Nervura principal da folha envolvente	30
Seringueira	Meio do período chuvoso	Quatro folhas recém-maduras à sombra, na base do terço superior da copa, nos quatro quadrantes	20

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Cultura	Época	Tipo de folha	Nº de planta por hectare
Soja	Florescimento pleno	Coletar os trifólios terceira ou quarta folha com pecíolo a partir do ápice da haste central	30
Sorgo	Emborrachamento ou 9 semanas	Folhas +4, a partir do ápice na posição mediana da planta, eliminando-se a nervura central	30
Tomateiro	Florescimento pleno ou primeiros frutos	Primeira folha sem pecíolo abaixo do segundo cacho floral	40

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997) e Raji (1991).

Procedimentos da coleta de amostra de material vegetal (Malavolta et al., 1997):

- 1) Divida a lavoura em talhões homogêneos, conforme a distribuição e o cultivo estabelecido na propriedade, se possível, que apresente uniformidade, em idade, variedade, espaçamento, solo e manejo da lavoura.
- 2) Em cada talhão, caminhando em zigue-zague, retire a folha indicada conforme a cultura desejada.
- 3) Faça a coleta entre 7h e 11h, de preferência quando não tenha chovido nas últimas 24 horas.
- 4) Em cada talhão, colete folhas de pelo menos 25 plantas e misture para formar uma amostra composta para enviar para o laboratório. Para culturas perenes, retirar quatro folhas por planta nos quatro quadrantes da planta, amostrando a meia altura da planta.
- 5) Coloque todas as amostras em sacos de papel bem limpos. Nunca coloque a amostra em saco usado ou sujo.
- 6) Identifique as amostras colocando uma etiqueta correspondente ao talhão.
- 7) Envie as amostras imediatamente para o laboratório. Caso isto não seja possível, coloque em isopor com capacidade de, aproximadamente, 50 L, contendo uma lâmpada de 150 W, durante 72 horas, para realizar a pré-secagem.
- 8) Nunca faça amostragem após uma adubação foliar ou pulverização; colete as amostras após um período de 30 dias, evitando o efeito de resíduos de fertilizantes.
- 9) Envie as amostras em sacos de papel, evitando que o material demore mais de 48 dias entre a coleta e o processamento no laboratório.

## Análise química de planta

A análise foliar consiste em avaliar a planta usada como solução extratora do solo. Os resultados das análises de folhas ou materiais vegetais mostram os teores

totais dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que são expressos no laboratório em gramas por quilo (g/kg), e dos micronutrientes boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), em miligramas por quilo (mg/kg).

## Teores e interpretação dos resultados

Nos resultados da análise de tecido vegetal, é usado grama por quilo (g/kg) ou decagrama por quilo (dag/kg), para os macronutrientes, ao invés de porcentagem (%). Porcentagem é igual a decagrama por quilo, mas é dez vezes maior que grama por quilo. Já para micronutrientes, é usado miligrama por quilo (mg/kg) em vez de partes por milhão (ppm), sendo os valores equivalentes em ambas as unidades. Nas Tabelas 2 e 3, são apresentadas as faixas de teores adequados de macro e micronutrientes para algumas culturas.

**Tabela 2.** Faixa de teores adequados de macronutrientes para algumas culturas.

Cultura	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	(g/kg)					
Abacateiro	16,0-20,0	0,8-2,5	7,0-20,0	10,0-30,0	2,5-8,0	2,0-6,0
Abacaxizeiro	15,0-17,0	0,8-1,2	22,0-30,0	8,0-12,0	3,0-4,0	2,0-3,0
Aceroleira	20,0-24,0	0,8-1,2	15,0-20,0	15,0-25,0	1,5-2,5	4,0-6,0
Algodoeiro herbáceo	35,0-40,0	2,0-2,5	14,0-16,0	30,0-40,0	4,0-5,0	2,0-3,0
Algodoeiro arbóreo	26,0-33,0	2,0-3,0	24,0-27,0	15,0-38,0	18,0-23,0	6,0-12,0
Arrozeiro	27,0-35,0	1,8-3,0	13,0-30,0	2,5-10,0	1,5-5,0	1,4-3,0
Bananeira	27,0-36,0	1,8-2,7	35,0-54,0	3,0-12,0	3,0-6,0	2,5-8,0
Cacaueiro	20,0-25,0	1,8-2,5	13,0-23,0	8,0-12,0	3,0-7,0	1,6-2,0
Cafeeiro	26,0-32,0	1,2-2,0	18,0-25,0	10,0-15,0	3,0-5,0	1,5-2,0
Cajueiro	20,0	2,1	17,0	2,0	1,0	1,5
Cana-de-açúcar	18,0-25,0	1,5-3,0	10,0-16,0	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
Capim-colonião	15,0-25,0	1,0-3,0	15,0-30,0	3,0-8,0	1,5-5,0	1,0-3,0
Capim-napier	15,0-25,0	1,0-3,0	15,0-30,0	3,0-8,0	1,5-4,0	1,0-3,0
Capim-gordura	12,0-22,0	1,0-3,0	12,0-30,0	3,0-7,0	1,5-4,0	0,8-2,5
Capim Brizantha	13,0-20,0	0,8-3,0	12,0-30,0	3,0-6,0	1,5-4,0	0,8-2,5
Cenoura	20,0-30,0	2,0-4,0	40,0-60,0	25,0-35,0	4,0-7,0	4,0-8,0
Citros	23,0-27,0	1,2-1,6	10,0-15,0	35,0-45,0	2,5-4,0	2,0-3,0
Coqueiro - folha 14	22,0	1,2	14,0	-	2,0	1,5
Dendezeiro - folha 17	24,0-28,0	1,5-1,8	9,0-12,0	5,0-7,5	2,5-4,0	2,5-3,5
Eucalipto	14,0-16,0	1,0-1,2	10,0-12,0	8,0-12,0	4,0-5,0	1,5-2,0
Feijão-caupi	18,0-22,0	1,2-1,5	30,0-35,0	50,0-55,0	5,0-8,0	1,5-2,0
Feijão-comum ( <i>Phaseolus</i> )	30,0-50,0	2,0-3,0	20,0-25,0	15,0-20,0	4,0-7,0	5,0-10,0
Goiabeira	22,0-26,0	1,5-1,9	17,0-20,0	11,0-15,0	2,5-3,5	3,0-3,5

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Cultura	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	(g/kg)					
Guaranazeiro	45,0-50,0	3,0-4,0	10,0-15,0	3,0-5,0	2,0-3,0	1,5-2,0
Girassol	33,0-35,0	4,0-7,0	20,0-24,0	17,0-22,0	9,0-11,0	5,0-7,0
Mamoeiro - limbo	45,0-50,0	5,0-7,0	25,0-30,0	20,0-22,0	10,0	4,0-6,0
Mangueira	12,0-14,0	1,0-1,5	6,5-10,0	28,0-40,0	2,5-5,0	0,9-1,8
Mandioca	51,0-58,0	3,0-5,0	13,0-20,0	7,5-8,5	2,9-3,1	2,6-3,0
Maracujazeiro	40,0-50,0	4,0-5,0	35,0-45,0	15,0-20,0	3,0-4,0	3,0-4,0
Melancia	25,0-50,0	3,0-7,0	25,0-40,0	25,0-50,0	5,0-12,0	2,0-3,0
Melão	25,0-50,0	3,0-7,0	25,0-40,0	25,0-50,0	5,0-12,0	2,0-3,0
Milho	27,0-35,0	2,0-4,0	17,0-35,0	2,5-8,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Pepino	45,0-60,0	3,0-12,0	35,0-50,0	15,0-35,0	3,0-10,0	4,0-7,0
Pimenteira-do-reino	34,7	3,2	19,5	17,6	5,8	2,8
Pimentão	30,0-60,0	3,0-7,0	40,0-60,0	10,0-35,0	3,0-12,0	-
Pinus	12,0-13,0	1,4-1,6	10,0-11,0	3,0-5,0	1,5-2,0	1,4-1,6
Pupunheira	35,0	2,0	11,0	4,0	3,0	2,0
Repolho	30,0-50,0	4,0-7,0	30,0-50,0	15,0-30,0	4,0-7,0	3,0-7,0
Seringueira	26,0-35,0	1,6-2,3	10,0-14,0	7,6- 8,2	1,7-2,4	1,8-2,6
Soja	45,0-55,0	2,6-5,0	17,0-25,0	4,0-2,0	3,0-10,0	2,5
Sorgo	25,0-35,0	2,0-4,0	14,0-25,0	2,5-6,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Tomateiro	40,0-60,0	4,0-8,0	30,0-50,0	14,0-40,0	4,0-8,0	3,0-10,0

Fontes: Magat (1991), Raji (1991), Raji et al. (1996), Malavolta et al. (1997), Veloso et al. (1998a) e Fairhurst e Hardet (2003).

**Tabela 3.** Faixa de teores adequados de micronutrientes para algumas culturas.

Cultura	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Molibdênio	Zinco
	(mg/kg)					
Abacateiro	50,0-100,0	5,0-15,0	50,0-200,0	30,0-100,0	0,05-1,0	30,0-100,0
Abacaxizeiro	20,0-40,0	5,0-10,0	100,0-200,0	50,0-200,0	-	5,0-15,0
Aceroleira	25,0-100,0	5,0-15,0	50,0-100,0	15,0-50,0	-	30,0-50,0
Algodoeiro herbáceo	20,0-30,0	30,0-40,0	60,0-80,0	20,0-40,0	1,0-2,0	10,0-15,0
Arrozeiro	4,0-25,0	3,0-25,0	70,0-200,0	70,0-400,0	0,1-0,3	10,0-50,0
Bananeira	10,0-25,0	6,0-30,0	80,0-360,0	200,0-2.000,0	-	20,0-50,0
Cacaueiro	30,0-40,0	10,0-15,0	150,0-200,0	150,0-200,0	0,5-1,0	50,0-70,0
Cafeeiro	50,0-80,0	10,0-20,0	50,0-200,0	50,0-200,0	0,1-2,0	10,0-20,0
Cana-de-açúcar	15,0-50,0	8,0-10,0	200,0-500,0	100,0-250,0	0,15-0,30	25,0-50,0
Capim-colonião	10,0-30,0	4,0-14,0	50,0-200,0	40,0-200,0	-	20,0-50,0
Capim-napier	10,0-25,0	4,0-17,0	50,0-200,0	40,0-200,0	-	20,0-50,0
Capim Brizantha	10,0-25,0	4,0-12,0	50,0-250,0	40,0-250,0	-	20,0-50,0
Capim-gordura	10,0-25,0	4,0-12,0	50,0-250,0	40,0-250,0	-	20,0-50,0

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Cultura	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Molibdênio	Zinco
	(mg/kg)					
Cenoura	30,0-80,0	5,0-15,0	60,0-300,0	60,0-200,0	0,5-1,5	25,0-100,0
Citros	36,0-100,0	4,0-10,0	50,0-120,0	35,0-300,0	0,1-1,0	25,0-100,0
Coqueiro	10,0	5,0	40,0	100,0	-	15,0
Dendezeiro	15,0-25,0	5,0-8,0	50,0-250,0	50,0	0,1-0,6	12,0-18,0
Eucalipto	40,0-50,0	8,0-10,0	150,0-200,0	100,0-600,0	0,5-1,0	40,0-60,0
Feijão-caupi	150,0-200,0	5,0-7,0	700,0-900,0	400,0-425,0	0,2-0,3	40,0-50,0
Goiabeira	20,0-25,0	10,0-40,0	50,0-150,0	180,0-250,0	-	25,0-35,0
Girassol	35,0-100,0	25,0-100,0	80,0-120,0	10,0-20,0	-	30,0-80,0
Mamoeiro - limbo	20,0-30,0	4,0-10,0	25,0-100,0	20,0-150,0	-	15,0-40,0
Mangueira	70,0-100,0	>10,0	>50,0	>50,0	-	30,0-50,0
Mandioca	30,0-60,0	6,0-10,0	120,0-140,0	50,0-120,0	-	30,0-60,0
Maracujazeiro	40,0-100,0	10,0-15,0	120,0-200,0	40,0-250,0	1,0-1,2	25,0-60,0
Melancia	30,0-80,0	10,0-15,0	50,0-300,0	50,0-250,0	-	20,0-60,0
Melão	30,0-80,0	10,0-15,0	50,0-300,0	50,0-250,0	-	20,0-100,0
Milho	10,0-25,0	6,0-20,0	30,0-250,0	20,0-200,0	0,1-0,2	15,0-100,0
Pepino	25,0-60,0	7,0-20,0	50,0-300,0	50,0-300,0	0,8-1,3	25,0-100,0
Pimenteira-do-reino	34,0	11,0	261,0	100,0	-	53,0
Pimentão	30,0-100,0	8,0-20,0	50,0-300,0	30,0-250,0	-	30,0-100,0
Pinus	20,0-30,0	5,0-8,0	50,0-100,0	200,0-300,0	0,10-0,30	34,0-40,0
Pupunheira	30,0	9,0	126,0	142,0	-	23,0
Repolho	25,0-75,0	8,0-20,0	40,0-200,0	35,0-200,0	0,5-0,8	30,0-100,0
Seringueira	20,0-70,0	10,0-15,0	70,0-90,0	15,0-40,0	1,5-2,0	20,0-30,0
Soja	21,0-55,0	10,0-30,0	50,0-350,0	20,0-100,0	1,0-5,0	20,0-50,0
Sorgo	4,0-20,0	5,0-20,0	65,0-100,0	10,0-190,0	0,1-0,3	15,0-50,0
Tomateiro	30,0-100,0	5,0-15,0	100,0-300,0	50,0-250,0	0,4-0,8	30,0-100,0

Fontes: Magat (1991), Raji (1991), Raji et al. (1996), Malavolta et al. (1997), Veloso et al. (1998b) e Fairhurst e Hardet (2003).

Os limites de interpretação para a diagnose foliar basearam-se na literatura existente das fontes citadas. As tabelas de interpretação visam servir de subsídio para o acompanhamento dos resultados da adubação. A diagnose foliar é usada para avaliar se as adubações estão sendo adequadas e pode ser usada para alterar as rotinas de adubação.

## Referências

FAIRHURST, T. H.; HARDTER, R. (Ed.). **Oil palm**: management for large and sustainable yields. Singapore: PPI: PPIC: IPL, 2003. 384 p.

MAGAT, S. S. Fertilizer recommendations for coconut based on soil and leaf analyses. **Philippine Journal of Coconut Studies**, v. 16, n. 2, p. 25-29, 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. de. Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1889-1896, 1998a.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. de. Deficiências de micronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1883-1888, 1998b.

# Fertilizantes minerais

---

*Cícero Paulo Ferreira  
Manoel da Silva Cravo  
Eric Victor de Oliveira Ferreira*

As plantas necessitam, para seu crescimento e desenvolvimento, além de carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H), fornecidos pelo ar e pela água, de determinados elementos minerais, sem os quais seu ciclo de vida não é completado. Por isso, esses elementos são denominados de nutrientes essenciais.

As necessidades nutricionais das culturas variam de acordo com as quantidades requeridas para seu pleno desenvolvimento. Por essa razão, os nutrientes são divididos em macronutrientes, que são exigidos em maiores quantidades, e micronutrientes, exigidos em menores quantidades pelas plantas. Deve ser ressaltado que essa classificação é meramente quantitativa, pois a importância de cada nutriente para as plantas é igual, tanto para os macro como para os micronutrientes.

São considerados macronutrientes os elementos nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e, como micronutrientes, boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Os macronutrientes ainda são divididos, pela legislação brasileira, em primários (N, P, K) e secundários (Ca, Mg e S).

Há ainda os denominados “elementos benéficos” que, de acordo com Furlani (2004), são aqueles que estimulam o crescimento das plantas, embora não se caracterizem como essenciais ou sejam essenciais apenas para algumas espécies de plantas, ou ainda essenciais apenas sob condições específicas. São eles o sódio (Na), o silício (Si), o selênio (Se) e o cobalto (Co). Pela atual legislação brasileira para fertilizantes, Co e Si são considerados nutrientes, porém o Ni não, uma divergência ainda a ser resolvida em relação à nutrição mineral de plantas.

Com exceção do N, o solo é a principal fonte de nutrientes para as plantas. Porém, nos solos tropicais intemperizados e ácidos, o suprimento de nutrientes é insuficiente ao adequado desenvolvimento da maioria dos vegetais cultivados. Assim, a prática da fertilização torna-se essencial para atender à demanda das culturas agrícolas, objetivando produtividades economicamente viáveis e uma alimentação animal e humana de qualidade. O manejo da fertilidade do solo, por meio do uso eficiente de corretivos e fertilizantes, é responsável por cerca de 50% de aumento na produtividade das culturas (Lopes; Guilherme, 2007).

Os fertilizantes são fontes minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, de um ou mais nutrientes às plantas (Alcarde, 2007). Existe atualmente uma vasta gama de fertilizantes no mercado, os quais variam não somente na concentração de seus nutrientes, mas também em seus atributos de qualidade que influem na eficiência da fertilização das culturas, tornando primordial o conhecimento destes, para embasar a escolha da melhor fonte para cada situação. A eficiência média da fertilização, em condições tropicais, é de 60% para N, 30% para P e 70% para K (Lopes; Guilherme, 2007), indicando a necessidade de um correto manejo, com objetivo de elevar esses índices. Do ponto de vista químico, os fertilizantes são classificados como minerais, orgânicos e organominerais.

Foco deste capítulo, os fertilizantes minerais são aqueles constituídos de compostos inorgânicos, orgânicos sintéticos (por exemplo, ureia) ou, ainda, na forma de quelatos.

## Fertilizantes com macronutrientes

### Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio é o nutriente que, normalmente, as plantas utilizam em maior quantidade, encontrando-se, quase na sua totalidade, dentro da planta, em formas orgânicas, representadas principalmente pelas proteínas e aminoácidos. Seus efeitos na coloração das plantas são visíveis. Plantas bem nutridas têm coloração verde intenso, são bem desenvolvidas, com abundante perfilhamento (como o arroz, por exemplo) e alcançam altas produtividades, caso os outros fatores de produção estejam em condições adequadas (incluindo os demais nutrientes).

Quando mal supridas em N, as plantas apresentam amarelecimento das folhas, iniciando pelas mais velhas, e, como principal consequência, ocorre a diminuição da produtividade. O fornecimento de N em excesso também causa problemas às plantas, como desequilíbrio nutricional com outros elementos, predisposição ao acamamento (arroz) e ao ataque de pragas e doenças, como também contribui para o atraso no período de maturação das culturas (milho), por promover maior crescimento vegetativo nas plantas.

Os fertilizantes nitrogenados, orgânicos ou minerais, são os fornecedores desse nutriente às plantas, requerendo grandes cuidados no seu manejo, considerando-se que o N é um elemento muito móvel no solo, podendo ser perdido facilmente por diversos processos, tais como: lixiviação (infiltração para camadas profundas do solo), erosão (arraste pelo escoamento superficial das águas), volatilização e desnitrificação (perdas gasosas). Em razão dessas possibilidades de perdas, o manejo de fertilizantes nitrogenados deve ser feito com critério, para melhorar a eficiência de utilização do N pelas plantas e diminuir possíveis perdas.

Dos principais fertilizantes nitrogenados minerais comercializados no Brasil (Tabela 1), a ureia [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] e o sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] são os mais utilizados no Pará. A ureia por ser mais concentrada e diminuir o custo por unidade de N transportada e o sulfato de amônio por se tratar também de uma fonte de S, cuja carência está se acentuando em solos da região, devido ao sistema de manejo a que são submetidos, sem uso desse nutriente.

**Tabela 1.** Principais fertilizantes minerais nitrogenados simples encontrados no comércio paraense, com suas concentrações mínimas e formas de N, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento<sup>(1)</sup>.

Fertilizante	N		Forma	Outros nutrientes
	(%)	(g/kg)		
Ureia	44	440	Amídica (NH <sub>2</sub> )	
Sulfato de amônio	20	200	Amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	22% a 24% de S
Nitrocálcio	27	270	Nítrica (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2,8% a 3,5% de Ca e 1,2% a 1,8% de Mg
Nitrato de amônio	32	320	Nítrica e amoniacal	-
Fosfato diamônico (DAP)	16	160	Amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	45% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fosfato monoamônico (MAP)	9	90	Amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	48% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

<sup>(1)</sup> Brasil (2013, 2016).

O N pode estar nas formas amídica (ureia), amoniacal ou nítrica, consideradas solúveis em água. Em geral, para a maioria das espécies cultivadas (com exceção do eucalipto), as plantas não devem absorver mais do que 20% do N na forma amoniacal, visto que não haverá esqueletos de C suficientes para a assimilação do N. No pH do citosol (próximo à alcalinidade), o amônio é convertido à amônia (composto fitotóxico). Todavia, uma vez no solo, em poucas semanas, a maior parte do N amídico ou amoniacal passa, via nitrificação, para a forma nítrica (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), pouco retida no complexo de troca e mais sujeita a perdas por lixiviação. Estimativas de movimentação de nitrato no solo, indicam valores de 0,5 mm/mm de chuva para solos argilosos e mais de 3 mm/mm de chuva para solos arenosos (Raij et al., 1996).

Para minimizar perdas por lixiviação, principalmente em regiões de alta precipitação, como ocorrem no Pará, as aplicações dos fertilizantes nitrogenados devem ser parceladas, de modo que as plantas os recebam nos períodos em que o N possa ser prontamente absorvido. Para as culturas perenes, a dose de N a aplicar deve ser parcelada e aplicada em três a cinco vezes no período das chuvas. Nas culturas anuais, o N normalmente é parcelado em duas ou três vezes, sendo uma pequena parte da dose total recomendada no plantio, dependendo do ciclo da cultura e do tipo de solo, e o restante nos períodos de maior exigência das culturas.

A ureia, quando aplicada na superfície, está sujeita a perdas de amônia (gás), mesmo em solos ácidos, visto que na sua hidrólise há aumento do pH do solo em torno do grânulo e, assim, maior taxa de conversão do amônio à amônia. As perdas no campo são variáveis, mas estima-se que possam chegar a 20% ou mais do N aplicado, se as condições favorecerem a volatilização (exposição ao sol, excesso de calor e falta de incorporação do fertilizante ao solo).

A distribuição da ureia a lanço e mantida em superfície tem sido uma das principais causas da menor eficiência deste fertilizante, sendo suas perdas estimadas em 40% (Ceretta et al., 2007). Portanto, o enterrio ou cobertura da ureia, com cerca de 5 cm de solo, normalmente é suficiente para reduzir essas perdas. Uma cobertura morta, principalmente nos locais de aplicação do N em culturas perenes, também ajuda a diminuir essas perdas. Entretanto, em áreas manejadas

em sistema de plantio direto, as perdas de N na forma gasosa, quando a ureia é utilizada sem incorporação ou irrigação, são potencializadas, em virtude da presença da enzima urease, responsável pela sua hidrólise, nos resíduos vegetais (Ceretta et al., 2007).

Em culturas agrícolas, cultivadas em áreas extensas, como grãos (milho), normalmente a prática de cobrir ou enterrar o fertilizante é inviável tecnicamente, o que pode resultar em grandes perdas de ureia na forma de amônia, pelo processo de volatilização.

Em solos de várzea, que permanecem inundados durante parte ou todo o ciclo da cultura, não se deve aplicar fertilizantes com N na forma nítrica. As condições redutoras do solo provocam rápida desnitrificação, que resulta na produção de  $N_2$  ou  $N_2O$ , que são perdidos por volatilização. Para esses solos, recomenda-se a utilização de fertilizantes contendo N amoniacal ou amídico. Em sistemas agrícolas, as perdas de N somente por desnitrificação podem chegar a 30% do N aplicado como fertilizante (Cantarella, 2007).

No Pará, as fontes orgânicas de N mais utilizadas são esterco de galinha, esterco de gado, torta de mamona e farinha de osso, cujas características principais são apresentadas em outro capítulo deste livro. Esses fertilizantes trazem vantagens tanto sobre os efeitos condicionadores de solo (aumento da capacidade de troca de cátions, da agregação das partículas, da aeração e da capacidade de retenção de água, etc.) como sobre os nutrientes (aumento da disponibilidade pela mineralização; diminuição da fixação de nutrientes no solo, especialmente do P; aceleração da solubilização de minerais do solo pelos ácidos orgânicos e fornecimento de nutrientes para os microrganismos do solo, aumentando a sua fauna).

Seu uso ainda é restrito às hortas, jardins e preparo de covas para o plantio de culturas semiperenes e perenes, determinado principalmente por dois fatores: baixa oferta na região e elevado custo de transporte e aplicação no campo, considerando-se que as quantidades a serem aplicadas no solo são muito elevadas em função de suas baixas concentrações de nutrientes. Adicionalmente, com aplicabilidade ainda restrita, há os fertilizantes organominerais, resultantes da mistura dos minerais e orgânicos, os quais aumentam o teor de nutrientes dos orgânicos e a eficiência dos minerais (Alcarde, 2007).

Existem também no mercado os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, denominados de liberação lenta, controlada ou estabilizados, que, apesar de ainda em uso restrito para certas culturas de maior valor agregado e condições edafoclimáticas específicas, tem atualmente o seu consumo aumentado. Essas fontes nitrogenadas possuem em seus grânulos o recobrimento com polímeros orgânicos ou S elementar, de forma a propiciar menores perdas do nutriente pela sua liberação gradual e em maior sincronia com o crescimento e taxa de absorção pelas plantas.

Também há aqueles com a presença de inibidores de urease ou de nitrificação, denominados fontes estabilizadas, que podem reduzir as perdas de N, por diminuir a atividade da enzima urease ou das bactérias *Nitrosomonas*, respectivamente. Ureia formaldeído (UF), ureia recoberta com S elementar

(SCU), ureia + NBPT (inibidor de urease) e ureia + DMPP (inibidor de nitrificação) são alguns exemplos de tais fertilizantes. Uma revisão atual sobre o assunto é apresentada por Guelfi (2017).

## Fertilizantes fosfatados

O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das plantas nos solos da região, uma vez que há predominância de solos intemperizados, normalmente com baixos teores disponíveis desse nutriente, em razão da grande capacidade de retenção de P nos colóides desses solos. Algumas das principais funções do fósforo nas plantas são: acelerar a formação de raízes; aumentar a frutificação; acelerar a maturação dos frutos; aumentar o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; e auxiliar na fixação simbiótica do nitrogênio (Universidade Federal do Ceará, 1993) e nos processos fotossintéticos.

A recomendação de adubação fosfatada, neste livro, será feita em termos de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ), já que essa representação é a mais utilizada no meio agrônomo, no comércio de fertilizantes, e a considerada pela legislação em vigor.

Os principais fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil são apresentados na Tabela 2 e a caracterização desses materiais é feita de duas maneiras: a) no caso dos fosfatos solúveis em água, são indicados os teores de P solúvel em citrato neutro de amônio + água e o teor solúvel apenas em água; b) para os fosfatos insolúveis em água, indica-se o teor total e o teor solúvel em ácido cítrico a 2% (20 g/L). As exigências mínimas de teores de P, obtidos em cada uma dessas recomendações, variam com a natureza do fosfato. Assim, os teores apresentados (Tabela 2) são as garantias mínimas exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), o que não impede que a comercialização se dê com garantias superiores (Osaki, 1991).

**Tabela 2.** Principais fertilizantes fosfatados simples encontrados no comércio paraense, com as concentrações mínimas de  $P_2O_5$  e de P, exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.<sup>(1)</sup>

Fertilizante	Teores de fósforo				Outros nutrientes
	CNA <sup>(2)</sup> + água		Água		
	$P_2O_5$ (%)	P(g/kg)	$P_2O_5$ (%)	P(g/kg)	
<b>Fosfatos solúveis em</b>					
Superfosfato simples	18	80	16	70	18% de Ca e 10% de S
Superfosfato triplo	41	180	37	160	14% de Ca
Fosfato diamônico (DAP)	45	200	38	170	16% de N
Fosfato monoamônico (MAP)	48	210	44	190	9% de N
<b>Fosfatos insolúveis em água</b>					
	Total		Ácido Cítrico		
	$P_2O_5$ (%)	P(g/kg)	$P_2O_5$ (%)	P(g/kg)	
Fosfato natural	24	100	4	20	23% de Ca
Fosfato natural reativo	27	130	10	50	30% de Ca
Termosfosfato	17	70	14	60	18% de Ca e 7% de Mg

<sup>(1)</sup> Brasil (2013, 2016); <sup>(2)</sup> Citrato neutro de amônio.

A interpretação dos teores de P em fertilizantes fosfatados varia com a sua solubilidade em água. Os chamados fosfatos solúveis (superfosfatos e fosfatos de amônio) têm a maior parte do P solúvel em água, o que significa pronta disponibilidade às plantas. Nesses casos, há também uma fração relativamente pequena de P insolúvel em água, mas solúvel em citrato de amônio, também considerado disponível, embora não imediatamente. Com o tempo, parte das formas pouco solúveis vão se transformando lentamente em formas solúveis, processo esse denominado de efeito residual dos fertilizantes fosfatados, podendo o P liberado ser absorvido pelas plantas.

Além do fosfato natural (apatitas), que representa material de origem nacional (rocha ígnea), de baixa eficiência, o hiperfosfato é um fosfato natural importado (rocha sedimentar), de maior eficiência, chamado também de fosfato natural reativo (fosforitas).

Nas adubações, aplica-se a maior parte do P por meio de fórmulas NPK, preparadas com diferentes matérias-primas, predominando os fosfatos solúveis em água. No caso das fórmulas, os cálculos de adubação devem levar em consideração os teores solúveis em citrato de amônio + água. Existem muitos fertilizantes fosfatados, mas o princípio de caracterização e de uso é similar.

Nas recomendações de adubação, as quantidades de P a aplicar dependem dos teores de P e de argila do solo determinados pela análise química, da exigência da cultura por esse nutriente e da expectativa de produtividade destas.

Considerando-se que o P possui baixa mobilidade no solo, movimenta-se principalmente em favor de um gradiente de concentração (difusão), os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados na linha de semeadura, próximo ao local de estabelecimento das raízes, diminuindo também as perdas por fixação do nutriente nos minerais de argila, em virtude da menor área de contato com o solo. Se houvesse o objetivo de saturar todos os sítios de adsorção de P no solo (0 cm a 20 cm), considerando uma média de 0,74 mg/g de P como capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) verificada em Novais e Melo (2007), seria necessária a aplicação de 3.384 kg/ha de  $P_2O_5$ , inviável economicamente na prática.

Assim, a aplicação de P a lanço em superfície, visando vantagens operacionais no plantio, somente é justificada em situações de teores de P no solo acima do nível crítico, quando as recomendações são baseadas principalmente nas quantidades exportadas pelas culturas e a probabilidade de resposta à adubação é baixa (Ceretta et al., 2007). Para as culturas perenes, deve-se aproveitar a fase de implantação da cultura para aplicar o P em profundidade no solo, nas covas ou sulcos de plantio.

Para espécies de ciclo curto, é menos aconselhável aplicar P em cobertura, a não ser que o adubo seja incorporado para facilitar a movimentação e a absorção do nutriente pelas raízes. O uso de fertilizantes fosfatados na forma de polifosfatos pode proporcionar uma razoável mobilidade desse nutriente no solo e aumentar a eficiência da fertilização em culturas perenes ou já implantadas, favorecendo o melhor aproveitamento desse nutriente pelas plantas.

Práticas conservacionistas com vistas ao maior aporte de matéria orgânica do solo (MOS), como adoção do sistema plantio direto, adubação orgânica e rotação

de culturas, podem aumentar expressivamente a disponibilidade de P para as plantas e, assim, a eficiência da adubação fosfatada. O cultivo de espécies anuais (milho e soja) em consórcio com braquiária, em relação ao monocultivo, pode dobrar a eficiência de recuperação do P (Sousa et al., 2007).

A MOS promove um recobrimento dos óxidos de Fe e Al pelo bloqueio dos sítios com cargas positivas, reduzindo a superfície de contato com o P aplicado, complexa o  $Al^{+3}$ , diminuindo a precipitação de P na forma de fosfato de Al, liga-se ao P de forma mais fraca (eletrostática), solubiliza fosfatos de Ca de menor solubilidade, além da sua mineralização contribuir com até 30% do P absorvido pelas plantas (Goedert; Oliveira, 2007).

O não revolvimento do solo também favorece o menor contato com o P aplicado e, dessa forma, menor adsorção deste. A prática da calagem, dentre vários benefícios, aumenta a disponibilidade de P às plantas, uma vez que incrementa a quantidade de cargas negativas variáveis e as hidroxilas provenientes dos corretivos promovem a dessorção do P retido aos colóides do solo. A granulometria dos fertilizantes é outro fator a influenciar na eficiência da adubação fosfatada, sendo mais indicado para aplicação de fosfatos solúveis aqueles de maior tamanho de partícula, comparativamente à forma de pó, em função da menor área superficial específica e assim menor contato com os sítios de adsorção do solo.

No preparo do solo para implantação do sistema plantio direto, a adubação fosfatada merece atenção especial, considerando-se que os fertilizantes fosfatados devem ser incorporados ao solo (preferencialmente de forma localizada no sulco de plantio) e que, nesse sistema de manejo, não se prevê o revolvimento do solo nos anos subsequentes. Desta forma, a fonte de P a ser usada na fosfatagem, preferencialmente, deve ser de baixa solubilidade, mas com possibilidade de liberação constante do P, com o passar do tempo, a exemplo dos fosfatos naturais reativos.

No preparo inicial do solo, caso se pretenda iniciar com uma cultura de ciclo curto, ao se utilizar uma fonte de P de baixa solubilidade, deve-se ter o cuidado de fornecer uma quantidade de P prontamente disponível, para atender à demanda dessa cultura, ou aplicar uma quantidade de fertilizante com P prontamente disponível em combinação com fertilizantes de solubilidade gradual.

Em áreas onde foram aplicados fosfatos naturais ou fosfatos naturais reativos, ao solicitar análise de solo, informar ao laboratório para que o mesmo utilize um extrator de P adequado para essa situação. A utilização de extratores ácidos, como o Mehlich-1, para análise de solos que receberam esses tipos de fosfatos, irá dissolver a rocha fosfatada, liberando o P que estava insolúvel e, assim, superestimar o seu teor, uma vez que os fosfatos de Ca tem solubilidade aumentada em meio ácido.

Tal fato pode levar à interpretação errônea da disponibilidade de P no solo e conseqüente equívoco na recomendação da adubação fosfatada, com reflexo negativo na produtividade das culturas. A resina trocadora de ânions é o extrator mais indicado para solos que receberam recentemente a aplicação de fosfatos naturais, uma vez que ela representa melhor a real disponibilidade de P às plantas nesta condição.

## Fertilizantes potássicos

O potássio é um dos macronutrientes exigido em maior quantidade pelas culturas, tendo como principais papéis: a) atuação na fotossíntese e na respiração das plantas; b) auxílio na formação do sistema radicular; c) aumento da tolerância às doenças e ao frio, evitando o tombamento causado pelos ventos; d) auxílio no transporte de açúcares, melhorando a qualidade dos frutos e das sementes; e) estímulo ao perfilhamento e ao enchimento dos grãos; f) atuação na fixação do N; e g) regulação da utilização da água, via controle da abertura e do fechamento estomático, aumentando a tolerância à seca.

O suprimento de K às plantas é feito com a adição ao solo dos fertilizantes potássicos. Estes, quando incorporados ao solo, podem causar perdas por lixiviação e erosão. Essas perdas serão tanto maiores quanto menor for a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo em função, principalmente, de baixos teores de argila (solos arenosos) e de MOS e da não aplicação de calcário (solos ácidos). Por essa razão, deve-se tomar cuidados, por ocasião da sua distribuição no solo, evitando que fique concentrado em uma faixa muito estreita de solo, o que poderá acarretar a saturação da CTC naquela região, favorecendo as potenciais perdas por lixiviação.

Os fertilizantes potássicos mais comuns encontrados no mercado paraense (Tabela 3) estão nas formas de cloreto ou sulfatos, sendo solúveis em água e prontamente disponíveis às plantas. As concentrações do nutriente nos fertilizantes são indicadas em porcentagem (%) de  $K_2O$ , como também em g/kg de K, atendendo às exigências da legislação em vigor. O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada na região por ser a mais concentrada e, com isso, se torna mais barata em razão do menor preço de transporte por unidade de K.

**Tabela 3.** Principais fertilizantes potássicos simples encontrados no comércio paraense e as concentrações mínimas de  $K_2O$  e K exigidas pela legislação brasileira.

Fertilizante	$K_2O$ (%)	K (g/kg)	Outros nutrientes
Cloreto de potássio	58	482	45% a 48% de Cl
Sulfato de potássio	48	400	15% de S
Sulfato de potássio e magnésio	18	150	23% de S, 4% de Mg e 2% de Cl

As tabelas de recomendação geralmente consideram a aplicação dos fertilizantes potássicos no sulco de plantio, embora também possa ser feita a lanço, antes do plantio. Em solos pobres, a aplicação no sulco é mais vantajosa, pois com doses menores é possível garantir maior quantidade de nutrientes próximo ao sistema radicular. Em solos com teores altos de K, a influência do modo de aplicação é menor.

A aplicação de altas doses de K no sulco e nas covas de plantio deve ser evitada pelo alto efeito salino do KCl e, em alguns casos, para diminuir perdas por lixiviação. O excesso de sais próximo às sementes e plântulas pode provocar-lhes a queima e morte, reduzindo o *stand* e a produção. Além disso, em solos arenosos há um maior risco de perdas por lixiviação, principalmente em regiões

de altas pluviosidades, que são comuns na Amazônia, pois a quantidade de cargas negativas nos colóides do solo, na zona de aplicação do adubo, pode não ser suficiente para reter grandes quantidades do nutriente.

Assim, para culturas anuais, recomenda-se não exceder 60 kg/ha de  $K_2O$  no sulco de plantio. O restante deve ser aplicado em cobertura no início da fase de maior desenvolvimento das plantas. Ressalta-se, também, que aplicações tardias em solos muito argilosos podem não ser eficientes para atender à demanda de K, dependendo da espécie vegetal. Para doses maiores que 100 kg/ha de  $K_2O$ , a aplicação a lanço, com incorporação antes do plantio, é uma boa alternativa.

Outra sugestão de manejo da adubação potássica é fornecida considerando-se os valores da CTC do solo, a saber: a) solos com CTC a pH 7,0 menor que 4,0  $cmol/dm^3$ ; e b) solos com CTC a pH 7,0 maior ou igual a 4,0  $cmol/dm^3$ , destacando-se que na primeira situação o potencial de perdas de K por lixiviação é grande. Nesse caso, recomenda-se o parcelamento para doses acima de 40 kg/ha de  $K_2O$  ou a sua aplicação a lanço. Doses do nutriente acima de 100 kg/ha de  $K_2O$ , independente da CTC do solo, devem ser preferencialmente parceladas ou aplicadas a lanço.

## Fertilizantes com cálcio, magnésio e enxofre

Os nutrientes Ca, Mg e S, em razão de suas menores exigências pelas plantas em comparação com N, P e K, são considerados macronutrientes secundários. Entretanto, eles possuem a mesma importância para as plantas que os demais, pois também são considerados essenciais. Isto implica que adubações somente com NPK em solos carentes em um desses nutrientes podem conduzir ao desenvolvimento inadequado e a baixas produtividades das culturas.

Uma das principais funções do Ca na planta é sua participação na formação da parede celular e das membranas plasmáticas (pectatos de Ca), influenciando diretamente na permeabilidade destas e na absorção dos outros nutrientes. Outras participações importantes do Ca na planta são seu estímulo ao desenvolvimento das raízes, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, auxílio na fixação simbiótica do N, redução do abortamento floral, aumento da tolerância às pragas e doenças, sendo também crucial ao desenvolvimento do ginóforo do amendoim, órgão responsável pela formação dos grãos. Culturas frutíferas e hortaliças apresentam elevada demanda por Ca. Dessa forma, um fator importante a ser considerado na escolha da melhor fonte fertilizante fornecedora de Ca é seu teor hidrossolúvel, pois haverá garantia de fornecimento do nutriente prontamente disponível às plantas.

O Mg também é um elemento de grande importância para o desenvolvimento vegetativo. Sua carência é normalmente mais acentuada em solos de áreas degradadas e, por isso, deve-se dar preferência aos calcários dolomíticos para calagem dessas áreas. Uma função de destaque do Mg é sua participação na formação da molécula da clorofila, mas também atua na formação de açúcares e lipídeos, funcionando como “carregador” do P nas membranas celulares e, também, no auxílio à absorção de outros nutrientes.

O calcário (carbonatos) e as cinzas das queimadas da vegetação representam as principais fontes de Ca e Mg na região. Porém, com a diminuição da prática

de derruba-e-queima e com a introdução da agricultura tecnificada na região, com o cultivo contínuo da mesma área, a principal fonte, doravante, deverá ser o calcário. A calagem, além do fornecimento de Ca e Mg às plantas, visa, dentre outros, à correção da acidez nas camadas superficiais do solo (0 cm a 20 cm).

Para suprimento de Ca (além de S) e correção de camadas mais profundas do solo, o gesso surge como uma excelente fonte do nutriente. Em função da sua solubilidade e mobilidade no perfil do solo, o gesso permite o maior aprofundamento das raízes, aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes, principalmente em regiões de déficit hídrico ou com veranicos prolongados. Os principais fertilizantes e corretivos contendo Ca e Mg que podem ser encontrados no mercado paraense são apresentados na Tabela 4. Além dos carbonatos, existem também os cloretos, hidróxidos e óxidos de Ca e Mg, como fontes alternativas desses nutrientes.

**Tabela 4.** Principais fertilizantes e corretivos que contém Ca e Mg em suas formulações.

Produto	CaO	MgO
	(% )	
Calcários calcíticos	30-48	1-5
Calcários dolomíticos	30-48	> 5
Fosfatos naturais	42-46	-
Superfosfato simples	26-28	-
Superfosfato triplo	18-20	-
Termosfosfatos	25-32	18
Gesso	28-30	-
Cinzas	5-20	-
Farinha de osso	30-38	-
Sulfato de magnésio	-	16-17
Sulfato de potássio e magnésio	-	18-19
Nitrato de cálcio	27	-

O S desempenha papel fundamental na formação da parte vegetativa e na frutificação das plantas, nos teores de óleos, gorduras e proteínas, além de favorecer (constituente da ferredoxina) a fixação simbiótica do N pelas leguminosas e contribuir para o aumento da produtividade das culturas. Os aminoácidos cistina, cisteína e metionina tem S na sua constituição. Ademais, o S participa diretamente da assimilação do N nas plantas, pois faz parte da redutase do nitrito, enzima que faz a conversão do nitrito a amônio, com posterior incorporação em aminoácidos e proteínas.

O S é um elemento cuja falta, até bem pouco tempo, não vinha prejudicando o rendimento das culturas na região, provavelmente em função de seu maior acúmulo na matéria orgânica de solos de áreas recém-desmatadas, que é o principal reservatório de S às culturas. Entretanto, com o cultivo contínuo dessas áreas, sem o devido uso de fertilizantes contendo esse nutriente em suas formulações, bem como pela diminuição das queimadas na região, cujos gases supriam parte de suas plantações, vem sendo notada sua deficiência em plantios comerciais, denotada pelo amarelecimento uniforme das plantas e pela diminuição da produtividade das culturas.

Para evitar esse problema e tendo em vista a dificuldade de análise de S em laboratórios de rotina da região, para diagnóstico da sua carência, uma boa estratégia a utilizar, para garantir o fornecimento desse nutriente às plantas, é usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples (separadamente, pois são incompatíveis) nas adubações de NPK. Essa estratégia é quase sempre a mais econômica, uma vez que as necessidades de S para as culturas são geralmente pequenas, correspondendo, em geral, entre 10% e 15% da necessidade de N, porém isso não o faz menos relevante que os demais nutrientes.

Nas tabelas desta publicação, geralmente as recomendações de S não estão associadas aos resultados da análise do solo, pois poucos laboratórios fazem a determinação desse nutriente em solo na região. No entanto, os resultados da análise de S-sulfato no solo têm sido usados com relativo sucesso para prever a disponibilidade desse nutriente às plantas em outras regiões, de tal forma que, se disponíveis, podem ser usados. Entretanto, salienta-se que, para a correta avaliação e interpretação da disponibilidade de S no solo, deve-se amostrar camadas mais profundas (20 cm a 40 cm ou 30 cm a 60 cm), uma vez que esse nutriente é muito móvel no perfil e predomina no subsolo.

Os principais fertilizantes minerais contendo S já foram apresentados (Tabelas 1, 2 e 3). Em quase todas as fontes o S está na forma de sulfato, prontamente disponível, mesmo na forma de sulfato de Ca, de solubilidade relativamente baixa, presente no gesso e no superfosfato simples. O S elementar (SO) é outra opção de fonte de S às plantas, de custo relativamente mais baixo, em função da alta concentração do nutriente (95%). Esse fertilizante é indicado para correção de solos alcalinos, visto que na sua oxidação no solo há liberação de íons H<sup>+</sup>, promovendo o abaixamento do pH e propiciando também maior solubilização de fosfatos naturais (Vitti et al., 2015).

## Fertilizantes com micronutrientes

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades (da ordem de alguns miligramas por quilograma de matéria seca da planta). Isso se deve ao fato de eles não participarem de estruturas da planta, mas da constituição de enzimas, ou então atuarem como seus ativadores. A deficiência de qualquer micronutriente pode provocar problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas, repercutindo na qualidade e quantidade da produção (Dechen; Nachtigall, 2006). Em solos originalmente férteis, sintomas de deficiência são pouco frequentes, apenas ocorrendo quando estes são submetidos a cultivos intensivos, sem utilização de fertilizantes que contenham esses micronutrientes, com obtenção de produtividades elevadas, decorrente da exportação intensa de micronutrientes pelas colheitas.

No Pará, há predominância de solos altamente intemperizados, caracterizados como de baixa fertilidade química natural, elevada acidez e naturalmente pobres em micronutrientes. Como agravante, por terem sido submetidos, por longo período, ao sistema de cultivo itinerante, com a prática de corte-e-queima, deixando as áreas degradadas, as deficiências em micronutrientes nesses solos

têm sido observadas com maior frequência, acusadas pelo baixo rendimento produtivo das culturas e por sintomas visuais de deficiência nutricional nas plantas. Devido a este fato, há necessidade de monitoramento de micronutrientes, por meio de análise de solo e de plantas nas áreas a serem submetidas a cultivos, pois, na maioria dos casos, há necessidade de aplicação desses elementos.

Alguns fatores podem influenciar na disponibilidade dos micronutrientes no solo, dentre os quais se pode destacar o pH, a quantidade de MOS e a textura. A aplicação de calcário em doses acima do necessário, caracterizada como “supercalagem”, elevando o pH a valores acima de 6, pode causar a diminuição da solubilização e absorção pelas plantas de micronutrientes catiônicos, causando a deficiência de Cu, Fe, Mn e Zn. Solos com elevado teor de MOS são aqueles que, com mais frequência, apresentam deficiências de um ou mais micronutrientes principalmente em razão da baixa disponibilidade ou de elevada fixação.

Em solos com textura arenosa, pode ocorrer com maior frequência a baixa disponibilidade de B, Cu, Mn, Mo e Zn, por esses elementos serem lixiviados com maior facilidade (Dechen; Nachtigall, 2006). O uso contínuo de uma mesma área sem a devida reposição de micronutrientes, a atividade microbiana, a drenagem do solo, a erosão do solo, as condições de oxidação-redução e a exportação pelas colheitas são outros fatores que também contribuem para o empobrecimento dos solos em micronutrientes.

Sais e óxidos inorgânicos, silicatos fundidos e quelatos são usados como fontes de micronutrientes, isoladamente ou incorporados em formulações com macronutrientes. Na Tabela 5 são apresentados os principais produtos comercializados no Brasil, com os teores mínimos exigidos pelo Mapa, sendo a solubilidade ou não em água, um dos principais atributos utilizados para orientar o modo de aplicação dessas fontes.

**Tabela 5.** Principais fontes de micronutrientes utilizadas no Brasil, com os teores mínimos exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Nutriente	Fertilizante	Garantia mínima (concentração do nutriente)		Solubilidade em água (g/L)
		%	g/kg	
Boro	Bórax	11	110	20
	Ácido bórico	17	170	63
	Silicato	1	10	Insolúvel
Cobre	Sulfato	13	130	316
	Óxido cúprico (CuO)	75	750	Insolúvel
	Silicato	1	10	Insolúvel
Cloro	Quelato	5	50	Variável
	Cloreto de potássio	40	400	340
Ferro	Sulfato ferroso	19	190	156
	Sulfato férrico	23	230	4.400
	Quelato	5	50	Variável

Continua...

**Tabela 5.** Continuação.

Nutriente	Fertilizante	Garantia mínima (concentração do nutriente)		Solubilidade em água (g/L)
		%	g/kg	
Manganês	Sulfato manganoso	26	260	742
	Óxido manganoso	41	410	Insolúvel
	Silicato	2	20	Insolúvel
	Quelato	5	50	Variável
Molibdênio	Molibdato de sódio	39	390	562
	Molibdato de amônio	54	540	430
	Silicato	0,1	1	Insolúvel
Zinco	Sulfato de zinco	20	200	965
	Óxido	50	500	Insolúvel
	Silicato	3	30	Insolúvel
	Quelato	5	50	Variável

Os chamados silicatos, conhecidos como fritas ou Fritted Trace Elements (FTE), são obtidos por fusão de silicatos com os micronutrientes. Eles são comercializados com grande diversidade de nutrientes (mínimo dois) e com os teores mínimos apresentados na Tabela 5. Apresentam a desvantagem de serem fontes insolúveis em água e que demandam tempo para serem disponibilizados às culturas, após a aplicação ao solo. Devido à insolubilidade em água, as fritas são mais eficientes quando aplicadas na forma de pó fino, a lanço com incorporação, em solos mais arenosos e sujeitos a altos índices pluviométricos (Abreu et al., 2007).

Os quelatos são produtos solúveis que mantêm os metais neles contidos fortemente complexados, em muitos casos protegendo os elementos de reações que poderiam reduzir sua disponibilidade no solo. Há uma tendência crescente de incorporação dos micronutrientes em formulações NPK, principalmente por causa da dificuldade de aplicação das pequenas quantidades, normalmente necessárias às adubações, como é o caso dos fertilizantes organominerais, que também objetivam manter uma alta disponibilidade dos nutrientes às plantas, bem como minimizar as suas perdas no solo.

As recomendações de adubação de micronutrientes, quando indicadas nas tabelas de adubação das culturas, são para aplicações localizadas no sulco para culturas anuais ou em covas para culturas perenes, ou mesmo na superfície do solo, exceto naqueles casos em que é prescrita a aplicação foliar. Em aplicações localizadas, as formas solúveis em água (cloretos, nitratos, sulfatos e quelatos) são mais prontamente disponíveis, principalmente para culturas de crescimento rápido. As fontes insolúveis em água (silicatos e óxidos) são favorecidas pelo maior contato com o solo, propiciado por incorporação em área total, ou nos sulcos ou covas, devendo ser aplicadas em conjunto com os macronutrientes, como os fosfatos, para facilitar a distribuição em toda a área.

A aplicação foliar pode ser utilizada para os micronutrientes, com solução de sais inorgânicos solúveis em água. Nos casos em que há essa recomendação, as concentrações preconizadas são dadas nas tabelas de adubação. Para diversas culturas perenes e hortaliças, a pulverização foliar com micronutrientes é uma

rotina, aproveitando a aplicação de defensivos, para diminuir os custos. Para culturas anuais extensivas, a adubação foliar com micronutrientes normalmente só é feita em situações de emergência. Porém, mais recentemente, o uso de micronutrientes via foliar vem se tornando uma prática muito comum em plantios comerciais de culturas como feijão-caupi, soja e milho, por ocasião da aplicação de defensivos para o controle de pragas e doenças das culturas.

A adubação foliar proporciona alto índice de utilização dos nutrientes pelas plantas, pois, como as doses em geral são menores, as respostas das plantas são rápidas, além de ser uma forma mais eficiente de correção de deficiência de Fe em solos alcalinos (Abreu et al., 2007). Mesmo com as vantagens oferecidas pela aplicação foliar, sempre que possível, as aplicações de micronutrientes, especialmente de Mn e Zn, devem ser feitas via solo, de preferência antes do plantio. Se não for associada a tratamentos fitossanitários, várias aplicações foliares podem ter custo elevado, inviabilizando sua adoção. Além disso, o efeito residual é baixo e pode apresentar problemas decorrentes de antagonismos entre nutrientes na absorção (Abreu et al., 2007).

Um ponto relevante relacionado à adubação com micronutrientes e que deve ser considerado no programa de adubação é o fato de o nível de suficiência estar muito próximo ao nível de toxicidade. Dessa forma, as aplicações de micronutrientes devem ser orientadas apenas pelos resultados de análises de solos ou de plantas e somente fazer uma reaplicação caso seja detectada nova necessidade, para evitar riscos de toxidez com conseqüente redução de produtividade da lavoura.

No mercado paraense já existe uma grande variedade de produtos comerciais de diversos fabricantes contendo micronutrientes. Contudo, suas recomendações devem tomar como base os resultados de análise de solo ou foliar, a cultura e os elementos necessários e, sempre, sob a orientação de um agrônomo ou técnico em agropecuária, com bastante experiência na área de fertilidade do solo e nutrição de plantas.

## Fertilizantes para fertirrigação

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser feita após avaliação dos atributos de qualidade dos produtos, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação, às exigências das plantas e às condições edafoclimáticas do local. As fontes fertilizantes empregadas devem apresentar alta solubilidade em água, para que a concentração final do nutriente na solução seja, de fato, a calculada, como também para não causar entupimento dos emissores, principalmente dos gotejadores.

### Características de fertilizantes utilizados em fertirrigação

Os fertilizantes sólidos aplicados via água de irrigação devem ser altamente solúveis. Os fertilizantes nitrogenados são os mais solúveis, notadamente aqueles na forma de nitrato. Apresentam-se em quatro formas químicas: nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), nítrica e amoniacal ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) e amídica [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ]. Todas essas fontes são solúveis em água e adequadas à fertirrigação, inclusive em sistemas de gotejamento.

As fontes potássicas sólidas são bastante utilizadas via água de irrigação, principalmente o cloreto e o nitrato, pois apresentam maior solubilidade. A aplicação de KCl requer cuidados, especialmente em sistemas de irrigação por gotejamento. O KCl vermelho contém o elemento Fe como pigmento (impureza). Assim, há o risco de formação de precipitados, com a consequente geração de crostas nas paredes internas da tubulação de irrigação, podendo provocar obstruções nos emissores. Desse modo, em caso de utilização do KCl, recomenda-se a sua versão branca, que não contém Fe em sua composição.

## Fertilizantes nitrogenados

O N é o nutriente mais aplicado em fertirrigação, pois o parcelamento de suas doses é recomendado em razão dos seguintes aspectos: alta mobilidade no solo (principalmente nos arenosos), alto índice salino dos fertilizantes que o contém e, em geral, altas doses, mas baixa exigência inicial das culturas. O N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), após ser absorvido pela raiz ou sofrer oxidação biológica no processo de nitrificação, promove a acidificação do solo.

Para manter o equilíbrio eletroquímico, ao absorver o N na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), as plantas liberam na rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos que resultam na elevação do pH do solo. De forma resumida, as fontes nitrogenadas podem ter tanto efeito alcalino ( $\text{NO}_3^-$ ) como ácido ( $\text{NH}_4^+$ ), com maior destaque para este último na utilização do sulfato de amônio.

De modo geral, as fontes nitrogenadas mais empregadas apresentam alta solubilidade, garantias de outros nutrientes e índice salino elevado (Tabela 6). Para espécies frutíferas e hortaliças, tem sido prática usual e altamente recomendada o uso da fonte nitrato de cálcio, por ser um produto de elevada pureza e 100% solúvel em água, fornecendo N nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) associado ao Ca, nutriente fundamental ao crescimento e estruturação das plantas, como também para garantir qualidade aos frutos colhidos.

**Tabela 6.** Características de fertilizantes nitrogenados utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	Concentração dos nutrientes (g/kg)		Solubilidade em água a 20 °C (g/L)	Índice salino <sup>(1)</sup>
	N	Outros		
Nitrato de amônio	340	-	1.900	105
Nitrato de cálcio	150	190 de Ca	1.200	61
Nitrato de magnésio	110	93 de Mg	710	-
Nitrato de potássio	120	450 de $\text{K}_2\text{O}$	315	74
Ureia	450	-	1.000	75

<sup>(1)</sup>Em relação ao valor do índice salino do nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ) considerado como padrão (100%).

## Fertilizantes fosfatados

Em razão da baixa mobilidade do P no solo e da quase inexistente lixiviação pela água de percolação em solos minerais intemperizados, a aplicação de fertilizantes fosfatados, via água de irrigação, tem sido pouco utilizada. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a irrigação localizada por gotejamento pode aumentar o movimento de P no solo, quando comparada à aplicação direta via solo.

O movimento do P é maior daquela forma, provavelmente em razão do próprio movimento da água de irrigação, como também por sua maior concentração em uma faixa estreita de solo, o que pode levar à saturação dos sítios de adsorção do nutriente, próximos ao ponto de aplicação dos fertilizantes. O movimento de P no solo aumenta com a sua taxa de aplicação e também com o raio de molhamento.

Os fertilizantes fosfatados mais utilizados em sistemas de fertirrigação são o fosfato monoamônico (MAP), o fosfato monopotássico (MKP) e o ácido fosfórico (Tabela 7). Este último, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, é empregado também para desentupir e desencrustar os emissores (50 mL em 50 L de água para 500 m de tubulação).

**Tabela 7.** Características de fertilizantes fosfatados utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	Concentração dos nutrientes (g/kg)		Solubilidade em água a 20 °C (g/L)	Índice salino <sup>(1)</sup>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Outros		
Fosfato monoamônico (MAP)	480	90 de N	360	30
Fosfato monopotássico (MKP)	520	340 de K <sub>2</sub> O	230	8
Ácido fosfórico	610	-	460	-

<sup>(1)</sup> Em relação ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO<sub>3</sub>) considerado como padrão (100%).

Quando se aplicam fontes de P via fertirrigação, existe alto risco de precipitação de fosfatos, como fosfato tricálcico, se a água possuir Ca e o pH for superior a 6,5. Nesses casos, pode-se utilizar o ácido fosfórico concentrado para provocar a redução do pH. Também não é recomendado o uso de fontes de fertilizantes fosfatados no mesmo reservatório em que se utilizam fertilizantes que contenham Ca durante o preparo da solução nutritiva.

## Fertilizantes potássicos

A aplicação de K junto com N, via água de irrigação, é prática bastante utilizada pelos agricultores. Além disso, a aplicação do K por meio da fertirrigação praticamente não apresenta problemas, em virtude da alta solubilidade da maioria dos sais desse nutriente.

Uma questão técnica de grande importância diz respeito à mobilidade do K no solo que, em solos arenosos, pode resultar em perdas consideráveis por lixiviação. Assim, é de fundamental relevância planejar os parcelamentos, de modo a minimizar as possíveis perdas e atender às demandas nutricionais das culturas, em relação à curva de absorção desse nutriente.

O cloreto de potássio é a fonte mais utilizada, por ser normalmente a fonte mais barata por unidade de K<sub>2</sub>O e por apresentar maior solubilidade. Salienta-se que, em fertirrigação, é mais recomendável a aplicação do KCl branco, uma vez que este apresenta menor risco de entupimento das tubulações, em relação ao vermelho (precipitação do Fe). O sulfato de K, apesar do baixo potencial salino, apresenta menor solubilidade (Tabela 8).

**Tabela 8.** Características de fertilizantes potássicos utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	Concentração dos nutrientes (g/kg)		Solubilidade em água a 20 °C (g/L)	Índice salino <sup>(1)</sup>
	K <sub>2</sub> O	Outros		
Cloreto de potássio	600	480 de Cl	340	115
Sulfato de potássio	500	170 de S	124	46

<sup>(1)</sup> Em relação ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO<sub>3</sub>) considerado como padrão (100%).

## Fertilizantes com micronutrientes

Para aplicação de micronutrientes via água de irrigação, deve-se considerar a compatibilidade, a solubilidade e a mobilidade do fertilizante no solo. Os micronutrientes podem ser encontrados na forma de sais e quelatos (Tabela 9). Micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitações e entupimentos. Por isso, em muitos casos, esses micronutrientes são aplicados como quelatos, a exemplo dos produtos organominerais existentes no mercado.

**Tabela 9.** Características de fertilizantes com micronutrientes utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)	Solubilidade em água a 20 °C (g/L)
Ácido bórico	160 de B	50
Molibdato de sódio	390 de Mo	560
Sulfato de cobre	250 de Cu	220
Sulfato de ferro	190 de Fe	240
Sulfato de manganês	280 de Mn	1050
Sulfato de zinco	220 de Zn	750

A quelatização protege os micronutrientes catiônicos da indisponibilização para a absorção pelas plantas, mantendo-os dissolvidos na solução nutritiva. Além disso, reduz as chances de ocorrência de fitotoxicidade e perdas por lixiviação, aumenta a mobilidade dos micronutrientes no interior da planta, além de manter a estabilidade em diferentes faixas de pH da água usada no preparo da solução nutritiva.

Os fertilizantes têm diferentes valores de pH em solução (Tabela 10) e esse parâmetro também é importante para a seleção de fontes de alta solubilidade, como as utilizadas em sistema de fertirrigação. Em determinadas situações, pode ser necessária a seleção de fertilizantes de reação ácida ou, em outros casos, de reação alcalina, em razão da qualidade da água que será utilizada para o preparo da solução nutritiva.

A condutividade elétrica (Tabela 10) é uma medida indireta da concentração de sais, ou seja, quanto maior a concentração salina maior será o seu valor. Assim, o conhecimento dessa característica é fundamental na escolha dos fertilizantes mais adequados a cada situação de clima, solo e cultura que se pretende trabalhar no sistema de fertirrigação. Em soluções nutritivas de cultivos comerciais, na faixa de concentração de sais usada normalmente, a condutividade elétrica varia entre 2 mS/cm e 4 mS/cm (Martinez; Clemente, 2011).

**Tabela 10.** Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) de fertilizantes utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	pH (solução de 1 g/L a 20 °C)	CE (g/L a 20 °C) (mS/cm)
Ácido fosfórico	2,5	1,80
Cloreto de potássio	5,6	1,80
Fosfato monoamônico (MAP)	5,6	0,70
Fosfato monopotássico (MKP)	4,5	0,70
Nitrato de amônio	5,2	1,60
Nitrato de cálcio	6,0	1,20
Nitrato de magnésio	6,5	0,88
Nitrato de potássio	8,0 - 9,0	1,30
Sulfato de potássio	5,6	1,60
Ureia	5,7	0,01

## Referências

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 645-736.
- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 737-768.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 53, de 23 de outubro de 2013. **Diário Oficial da União**, 24 out. 2013. Seção 1, p. 4-10.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 4, de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**, 11 mar. 2016. Seção 1, p. 6.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 376-449.
- CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 851.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 327-354.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 992-1015.
- GUELFI, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações agronômicas**, n. 157, mar. 2017.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 1-64.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 76 p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 133-204.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2. ed. Curitiba, 1991. 503 p.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

SOUSA, D. M. G. de; MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L. Adubação fosfatada. In: MARTHA JUNIOR, G. B. de; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 145-177.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 247 p.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. Manejo do enxofre na agricultura. **Informações Agronômicas**, n. 152, dez. 2015.



# Fertilizantes orgânicos

---

*Sônia Maria Botelho*

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Eric Victor de Oliveira Ferreira*

A utilização de materiais orgânicos naturais remonta aos primórdios da agricultura. Embora apresentem características comuns, esses materiais constituem um grupo bastante diversificado, com taxas de decomposição e liberação de nutrientes bastante variáveis (Maynard; Lorenz, 1979). O emprego de fertilizantes orgânicos é uma prática essencial, pois a adubação mineral, por mais completa que seja, não consegue manter a produtividade do solo sem que haja a reposição da matéria orgânica degradada pelos cultivos (Primavesi, 1980). Os materiais orgânicos (naturais), mesmo quando usados em excesso, não causam grandes prejuízos ao solo, ao passo que a aplicação dos fertilizantes minerais, em doses muito elevadas, podem prejudicar as culturas e os solos por muitos anos (Seabrook, 1981).

A sustentabilidade da agricultura moderna passa por uma transição da utilização exclusiva de fertilizantes minerais para uma adoção combinada com fertilizantes orgânicos e rotação com leguminosas. Assim, se por um lado os fertilizantes minerais são tidos como melhoradores das características químicas do solo, os orgânicos atuam mais como condicionadores físicos do solo, de modo que ambos se complementam. Nessa linha, existem também os fertilizantes organominerais, resultantes da mistura física ou combinação química dos orgânicos e minerais, com o objetivo de aumentar a concentração de nutrientes dos orgânicos e melhorar a eficiência dos minerais.

Os fertilizantes orgânicos são produtos de natureza essencialmente orgânica, compostados ou não, obtidos a partir de matéria-prima de origem natural (vegetal ou animal), industrial (rural ou urbana) ou domiciliar, enriquecidos ou não com outros compostos. Os fertilizantes orgânicos devem atender às especificações da legislação vigente (Brasil, 2004), que descreve as garantias mínimas e máximas, tais como umidade, carbono orgânico, nitrogênio, relação C/N, pH e capacidade de troca catiônica (CTC).

Assim, eles devem promover melhorias nas características dos solos e aumento na produtividade das culturas, todos com aplicação segura na agricultura. Recomenda-se, sempre que possível, fazer a compostagem dos resíduos orgânicos visando à obtenção de produtos mais estabilizados, maior concentração de nutrientes, menor umidade, textura mais uniforme e livre de sementes viáveis de plantas daninhas e patógenos, propiciando um maior efeito condicionador ao solo.

Entre os inúmeros fertilizantes orgânicos, encontram-se os esterco de animais, o lixo urbano e os resíduos de esgoto tratados, as turfas, os adubos verdes, as tortas de sementes de plantas oleaginosas e os resíduos da agroindústria. Os resíduos domésticos também têm sido estudados visando sua conversão em adubo, mediante tratamento envolvendo moagem, homogeneização e fermentação para eliminar microrganismos patogênicos, apresentando composição igualmente variável. Os resíduos de esgotos municipais, após tratamento, resultam em um material sólido que, depois de seco e moído, pode ser utilizado como fertilizante.

A turfa é constituída por restos vegetais decompostos sob condições deficientes de oxigênio, ocorrendo em áreas alagadas ou anteriormente ocupadas por pântanos. A adubação verde é realizada por meio do cultivo de plantas herbáceas visando sua incorporação ao solo. As tortas de sementes de plantas oleaginosas constituem adubos nitrogenados, cujo nitrogênio encontra-se na forma proteica. O elevado custo das tortas, porém, tem limitado seu emprego à alimentação animal (Malavolta; Romero, 1975).

Outros adubos orgânicos incluem farinhas de cascos, chifres, ossos e sangue de animais, soro de leite (caseína), algas marinhas, serragem, lignina, guano e resíduos de celulose (Maynard; Lorenz, 1979). Destaca-se que, no caso de fertilizantes orgânicos oriundos de resíduos (industriais ou domésticos), a sua aplicação proporciona, além dos benefícios aos cultivos, um destino correto a esses materiais, tornando-os passivos ambientais e possibilitando maior sustentabilidade às atividades agroindustrias.

## Tipos de fertilizantes orgânicos

### Esterco de animais

Os esterco de animais são formados por excrementos sólidos e líquidos dos animais, misturados com materiais usados para cama, como palhas e capins, com uma composição muito variável (Tabela 1). O esterco de bovino e a cama de frango de corte são os fertilizantes orgânicos mais utilizados no estado do Pará, principalmente na produção de hortaliças e mudas de fruteiras (Teixeira et al., 2006).

**Tabela 1.** Teores de macro e micronutrientes em torta, esterco e resíduos da cultura de palma de óleo (dendê).

Resíduos	C/N	N	P	Ca	Mg	K	S	Na	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		g/kg							mg/kg				
Torta de mamona	6	55	8,74	54	6,0	11,6	-	207	-	1.420	55,0	80,0	141
Esterco de galinha	14	21	7,87	49	4,0	13,3	-	6.210	-	838	23,0	23,0	298
Esterco bovino	13	15	2,19	0,8	3,0	9,9	-	1.700	-	3623	196	8,0	57
Composto orgânico	22	8,0	1,31	40	2,0	7,5	-	6.000	-	-	-	-	1.000
Cachos vazios (peso seco)		10	1,1	8,4	2,6	16,4	1,1		15	431	42	15	28

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Resíduos	C/N	N	P	Ca	Mg	K	S	Na	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		g/kg							mg/kg				
Efluente natural (g/m <sup>3</sup> )		28	13,5	365	335	1.157	166	970	-	-	2,3	1,0	1,3
Efluente centrifugado - fase líquida (kg/m <sup>3</sup> )				3,0	3,6	2,3	-	-	-	-	28,0	5,0	6,6
Efluente centrifugado - fase sólida				4,0	1,0	2,2	-	-	-	-	14,6	20,8	6,6
Manipueira		25	1,31	2,0	4,0	24,9	-	0,3	-	-	-	-	-

Fonte: adaptado de Ferreira et al. (1998, 2001); Teixeira et al. (2006).

Os esterco são bons fornecedores de nutrientes, tendo K e P quase tão disponíveis quanto em outras fontes de adubo mineral. Já o teor e a disponibilidade de N dependem da facilidade de degradação dos compostos nitrogenados. As camas influem de várias maneiras na formação dos esterco e, antes de tudo, têm a função de absorver a parte líquida, evitando perdas e tornando a massa mais maleável. Elas também diluem os materiais de excrementos, tornando mais lento os processos de transformação, não havendo, por isso, grande elevação na temperatura durante a decomposição.

O esterco fresco deve ser colocado em esterqueiras, que devem ser cobertas e possuir um piso impermeabilizado e em declive. Esses cuidados evitam a exposição às intempéries e contribuem para manter a pilha úmida, ajudando a evitar a perda de amônia, que é apreciável, quando o esterco seca. Deve ser espalhada uma camada de terra sobre a pilha, para absorver a amônia que volatiliza, cobrindo com plástico, de modo a proteger as bordas da esterqueira, para evitar as perdas pela permeabilidade do solo ou pela chuva.

O esterco recém-produzido pelos animais da fazenda nunca é totalmente aproveitado, pois cerca de um terço se perde. Para se calcular a quantidade produzida e, posteriormente, aplicada, deve-se considerar apenas dois terços. As doses de esterco empregadas dependem, além da demanda nutricional da cultura, da quantidade disponível, variando, em geral, de 10 t/ha a 15 t/ha, conforme a composição química (Malavolta, 1981).

Apesar das vantagens, o uso do esterco poderá causar alguns inconvenientes, como a disseminação de agentes patogênicos e de plantas daninhas pelas sementes que passam inalteradas pelo trato digestivo dos animais. Salienta-se que tais problemas são minimizados com a realização da compostagem dos esterco (processo de decomposição biológica). Quando doses elevadas são utilizadas, pode haver efeito de salinidade ou mesmo de toxicidade de amônio, além do acúmulo de K poder induzir deficiências de Mg.

## Composto orgânico

Composto é qualquer material orgânico enleirado que pode ser reduzido em tamanho por pequenos animais e decomposto pelos organismos nele presentes

ou que estão no solo. Esse processo ocorre há milhões de anos, na serapilheira das florestas ou em outros lugares onde há acúmulo de material orgânico. A compostagem é um processo de decomposição da matéria orgânica pela ação de fungos, bactérias e outros microrganismos, que, agindo em ambiente aeróbio, na presença de água, transforma o material em húmus. É um método capaz de acelerar, em condições controladas, o processo natural de putrefação, resultando num produto com boas características químicas, podendo ser usado em jardins, viveiros e na agricultura, de modo geral.

Para preparar um composto, deve ser levada em consideração a relação C/N adequada. Como os organismos necessitam de 30 partes por peso de C para cada parte de N usada, devem ser usados resíduos que tenham inicialmente relação C/N próxima de 30. Na prática, uma relação entre 25 e 30 é suficiente para os microrganismos começarem a agir (Kiell, 2002). Resíduos com relações C/N muito altas, além de aumentarem o tempo da compostagem, favorecem a imobilização temporária de N. Já relações C/N baixas aceleram as perdas de amônia.

Geralmente, em uma compostagem utiliza-se uma mistura de resíduos (animal e vegetal) com valores de C/N complementares para se atingir a C/N inicial de 30/1. O processo de compostagem mais usual é o de leira por revolvimento periódico manual ou com pá carregadeira, para facilitar a oxigenação, resultando numa decomposição mais uniforme do material.

Sua função de fornecedor de nutrientes, como de quase todos os outros resíduos, depende basicamente do material empregado no preparo. Se for um material pobre, o composto terá um valor fertilizante baixo; se, ao contrário, for rico, o composto poderá suprir, de forma adequada, diversos nutrientes às plantas. Deve ser destacado que o efeito do composto como agente condicionador do solo, melhorando suas características físicas (retenção de água, plasticidade, aeração, porosidade e agregação), físico-químicas (efeito tampão e capacidade de troca de cátions) e biológicas (atividade da macro, meso e microfauna) talvez seja mais importante que seu efeito fertilizante. Aplicações cumulativas de 22 L/m<sup>2</sup> de composto orgânico de lixo são suficientes para elevar os teores de macronutrientes no solo a níveis capazes de atender às necessidades nutricionais de plantas de alface, proporcionando aumentos significativos na produção dessa hortaliça (Teixeira et al., 2006).

## Resíduos industriais e óleos vegetais

### Resíduos da agroindústria do dendê

As usinas de beneficiamento do dendê, além do óleo, geram resíduos sólidos (cachos vazios e fibras do mesocarpo) e líquidos (efluentes) em grande escala, que vão se acumulando e, por suas características, tornam-se constante ameaça poluidora ao meio ambiente. Entretanto, várias pesquisas já comprovaram que esses materiais contêm macro e micronutrientes em sua composição (Tabela 1) e, após um tratamento adequado, podem ser utilizados como fertilizantes orgânicos para os diversos cultivos da região.

### Cacho vazio

Também chamado engaçó ou vassoura, o cacho vazio é um resíduo sólido gerado durante o processo de beneficiamento dos frutos de dendê. É bastante fibroso e serve de suporte para os frutos, correspondendo de 22% a 25% do peso do cacho fresco, ou seja, cada 100 t de cachos processados geram 22 t a 25 t de engaços, que são depositados nas áreas adjacentes às usinas. Apresentam, em média, 66% de água e 34% de sólidos, sendo K o nutriente encontrado em maior quantidade, seguido do N e do Ca (Ferreira et al., 1998; Furlan Júnior et al., 2003).

A recomendação de aplicação dos cachos vazios é de 200 kg por planta na base seca (cerca de 30 t/ha) para dendezaís com até 6 anos de idade, colocados, anualmente, superficialmente entre duas plantas, substituindo parcialmente as adubações minerais potássicas (Teixeira et al., 2000). Dendezaís com idades entre 5 e 7 anos, adubados com engaços, têm mostrado incrementos médios de produtividade de cerca de 7% (Furlan Júnior et al., 2000). Já estão sendo recomendadas comumente aplicações anuais de 30 t/ha a 60 t/ha ou de 80 t/ha, em ciclos de 18 a 24 meses. Porém, da mesma forma que na utilização de fertilizantes minerais, a adubação orgânica deve ser baseada em resultados de análises de solos e das folhas para que possa satisfazer às necessidades nutricionais das plantas, resultando em incrementos de produtividade.

### Efluente ou palm oil mill effluent

O efluente, também conhecido por palm oil mill effluent (Pome), é o resíduo formado, principalmente, pela água condensada usada no processo de esterilização dos cachos de dendê e clarificação do óleo. Sua composição média é de 95% de água, 4% de sólidos (orgânicos e minerais) e 1% de óleo, sendo produzido na razão de 0,6 m<sup>3</sup> por cada tonelada de cachos frescos processados. O manejo desse material é um dos grandes desafios das indústrias extratoras de óleo de palma.

As usinas, geralmente, produzem dois tipos de efluente: o efluente natural também chamado de efluente cru ou puro e o efluente centrifugado, ambos com apreciáveis quantidades de nutrientes. Sua caracterização química mostrou que K é o nutriente encontrado em maior quantidade, com valores da ordem de 115,7 g/m<sup>3</sup> no caso do efluente natural (Tabela 1), equivalente a 2,3 kg/m<sup>3</sup> de KCl (Tabela 2), (Ferreira et al., 1998). Além disso, apresenta quantidades significativas de outros macro e micronutrientes, o que lhe confere potencial para ser utilizado como substituto parcial de fertilizantes minerais no próprio dendezal.

**Tabela 2.** Quantidade equivalente de fertilizantes minerais contida em 1 m<sup>3</sup> de efluente natural e centrifugado e em 1 t de resíduos sólidos gerados na agroindústria do dendê.

Produto	Efluente natural	Efluente centrifugado (fase líquida)	Cacho vazio		Fibras da polpa	
			Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco
			(kg/m <sup>3</sup> )		(kg/t)	
Cloreto de potássio (60% K <sub>2</sub> O)	2,3	4,7	28,7	9,6	9,4	3,1

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Produto	Efluente natural	Efluente centrifugado (fase líquida)	Cacho vazio		Fibras da polpa	
			Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco
Sulfato de magnésio (16% MgO)	3,5	10,4	26,1	8,7	18,2	6,1
Sulfato de magnésio (13% MgO)	1,3	-	8,5	2,8	8,5	2,8
Carbonato de cálcio (50% CaO)	1,0	8,4	23,2	7,7	21,1	7,0
	(g/m <sup>3</sup> )					
Ureia (45%N)	62,2	-	18,0	6,0	26,9	9,0
Superfosfato triplo (45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	68,7	-	5,6	1,9	9,7	3,2
	(g/t)					
Borax (11% B)	22,7	-	137,8	45,9	151,1	50,4
Sulfato de cobre (24% Cu)	4,2	20,8	57,1	19,0	95,8	31,9
Sulfato de manganês (25% Mn)	9,2	112,0	189,5	63,2	101,2	33,7
Sulfato de zinco (21% Zn)	6,2	31,4	148,0	49,3	93,8	31,3

Fonte: Ferreira et al. (1998).

A matéria orgânica contida no efluente é um fator decisivo na redução dos teores de Al trocável e aumento dos teores de P disponível e de Ca, Mg e K trocáveis (Ferreira; Botelho, 2002). Entretanto, deve-se ter cuidado em relação à quantidade e frequência de aplicação do Pome, de modo a conseguir retorno financeiro e não influenciar negativamente o meio ambiente. A recomendação de adubação com o efluente líquido para a cultura do dendezeiro é de 350 L por planta ao ano, parcelados em duas aplicações (Viégas; Botelho, 2000).

### Cascas e fibras do mesocarpo

As cascas representam, em média, 5% dos frutos do dendezeiro, sendo bastante utilizadas como *mulching* nos sacos de produção de mudas. Essa prática reduz a lavagem do solo e a perda de fertilizantes durante as irrigações, diminui o crescimento das ervas daninhas e mantém a umidade do solo nos sacos.

A fibra do mesocarpo, fibra da polpa ou fibra do dendê constitui o resíduo sólido gerado durante o processo de cozimento e prensagem do fruto, representando cerca de 12% do cacho fresco, com uma média de 40% de água e 60% de sólidos. Em sua composição química, o nutriente predominante é o N, seguido do Ca e do K. O teor de B é bastante razoável (16,6 g/t), sendo significativos também os teores de Cu, Mn e Zn (Ferreira et al., 1998). Em virtude das características químicas, as fibras do mesocarpo são consideradas como um fertilizante orgânico nitrogenado, bastante rico em macro e micronutrientes, podendo ser usado para complementar a adubação mineral do dendezeiro, que no estado representa em torno de 60% do custo de produção da cultura.

### Cinza de caldeira

No processo de geração de vapor para extração de óleo dos frutos, as fibras do mesocarpo são utilizadas nas caldeiras alimentadas por biomassa, gerando grande quantidade de cinzas, que corresponde a 12% da massa fresca dos cachos (Furlan Júnior et al., 2003). Assim, pode-se estimar que, em uma usina que processe 30 mil toneladas de cachos por ano, sejam gerados 3,6 mil toneladas de fibras de mesocarpo, cuja queima resultará em 144 t de cinzas. Esse resíduo, se não aproveitado corretamente, pode se transformar em problema ambiental, pelo seu acúmulo, de modo inadequado, a céu aberto.

As cinzas, além de apresentarem uma quantidade significativa de nutrientes em sua composição química, o que lhes confere qualidade de fertilizante orgânico, também podem atuar como corretivos, em razão de suas bases (carbonatos e hidroxilas) serem capazes de neutralizar a acidez do solo. Efeitos dessa natureza são altamente benéficos em solos da região amazônica que, predominantemente, são de baixa fertilidade natural, com acidez elevada e que respondem à aplicação de corretivos e fertilizantes. Pelas suas características químicas, a cinza da agroindústria do dendê pode ser usada para substituir até dois terços da quantidade de K requerida para a adubação dos dendezeiros, além de contribuir para a diminuição da acidez dos solos.

### Folhas podadas e estipes

Cada planta de dendezeiro adulta produz de 20 a 30 folhas por ano (cerca de 10 t/ha de matéria seca), que são removidas durante a colheita e nas rondas de poda realizadas uma a três vezes por ano e depositadas dentro da área de cultivo. As folhas podadas constituem uma parte importante da ciclagem de nutrientes em dendezeiros adultos, por possuírem grande quantidade de nutrientes que podem ser liberados e reutilizados pelas plantas. As quantidades de N e K assim cicladas representam uma significativa proporção do total desses nutrientes requerido pela cultura (Viégas, 1993).

A localização adequada para aplicação das folhas no campo é sobre as entrelinhas, formando uma cobertura do solo que ajuda a reduzir os efeitos de lavagem da superfície pelas chuvas, conservar a umidade do solo, diminuir o crescimento de ervas daninhas e minimizar a erosão do solo. Além disso, contribui para o fornecimento de nutrientes às plantas.

Na época de remoção dos plantios velhos, as estirpes e as folhas também podem fornecer grandes quantidades de nutrientes. A matéria seca total de 1 ha de dendezeiro pode fornecer 75 t de estipes e 15 t de folhas que, se utilizados como fertilizantes orgânico e após sua mineralização, equivalem a 400 kg de N, 40 kg de P, 500 kg de K e 90 kg de Mg (Furlan Júnior et al., 2003). Entretanto, apesar de sua riqueza em nutrientes, esse material deve ser empregado com bastante cuidado, pois, em vez de benefícios, poderá causar problemas com pragas e doenças, sendo necessário um cuidado redobrado na fiscalização das condições sanitárias no campo.

## Resíduos da agroindústria da mandioca

No estado do Pará, a mandioca (*Manihot esculenta*) representa o principal alimento produzido pela agricultura familiar, sendo matéria-prima de múltiplos usos na alimentação. A farinha de mesa é o principal produto da mandioca, estimando-se que 4 milhões de toneladas de raízes produzidas são direcionadas para atender a esse mercado.

A agroindústria da mandioca, tanto de fabricação de farinha de mesa como de fécula (amido), gera resíduos sólidos (casca marrom, entrecasca, descarte, crueira) e líquidos (manipueira ou tucupi) que, quando dispostos indevidamente, tornam-se transtorno ao produtor, pelo risco de contaminação do ambiente. Entretanto, são resíduos ricos em nutrientes, podendo ser utilizados como fertilizante orgânico, tanto para o cultivo da própria mandioca como para outras culturas. Já foi observado em áreas de produtores que a manipueira pode controlar ervas daninhas e pragas, como paquinhas, principalmente em canteiros de produção de hortaliças.

### Manipueira fermentada

A manipueira ou tucupi é o líquido residual gerado na prensagem da massa ralada para confecção da farinha de mesa ou extração do amido. Quando a mandioca utilizada é de coloração amarela, a manipueira é conhecida como tucupi, sendo utilizada na culinária regional, e quando é proveniente de raízes brancas, é descartada. É produzida na razão de 300 L de manipueira concentrada ou 1,3 mil litros de manipueira diluída para cada tonelada de raízes processadas.

No Pará, já existem casas de farinha que processam até 200 t por dia de raízes, gerando diariamente em torno de 6 m<sup>3</sup> de resíduo concentrado, com elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO = 14 mil mg/L a 34 mil mg/L) e com alto teor de ácido cianídrico, muito tóxico aos animais (Ponte, 1999), sendo considerado um dos resíduos agroindustriais mais agressivos ao meio ambiente. Por esse motivo, antes de ser empregado como fertilizante orgânico, há necessidade de se prevenir contra reações adversas que possam prejudicar o estabelecimento ou desenvolvimento das culturas.

Assim, recomenda-se um tratamento prévio da manipueira, pela fermentação mista, durante 15 a 20 dias, antes da adição ao solo, para reduzir a carga orgânica, evitando, dessa forma, que a fermentação ocorra na rizosfera, o que pode causar a morte das plantas. Esse processo pode ser realizado em recipiente (caixa-d'água de fibra de vidro) aberto durante o dia e tampado durante a noite e em momentos de chuva, com agitação diária. Após 15 a 20 dias, a manipueira já pode ser aplicada ao solo, sem causar danos às plantas (Ferreira et al., 2001).

A manipueira é um resíduo muito rico em macronutrientes, principalmente K e N (Tabela 1). Já foi comprovado que a aplicação de 48 m<sup>3</sup>/ha de manipueira, parcelados aos 30 e 60 dias, após o plantio da mandioca, pode ser comparada a uma adubação mineral equivalente a 267 kg/ha de ureia, 400 kg/ha de superfosfato triplo e 200 kg/ha de cloreto de potássio. Trabalhos de pesquisa mostraram também que a manipueira pode ser utilizada como adubação orgânica

no sistema de cultivo do jambu. A dose recomendada para uso na agricultura familiar é de 9 L/m<sup>2</sup> de canteiro, aplicada ao solo dois dias antes do transplântio.

Como a manipueira é um resíduo que, usualmente, é descartado, o seu emprego como adubo, a custo reduzido, além de reduzir custos de produção, possibilita aumento da produtividade para níveis iguais ou maiores do que aqueles proporcionados pela adubação convencional e melhora as características físicas do solo, pela adição de matéria orgânica. Ademais, seu uso evita o despejo direto e sem controle no meio ambiente, diminuindo a poluição dos mananciais, bem como reduz a exaurimento de nutrientes do solo, aumentando o número de cultivos sucessivos na mesma área e contribuindo para diminuir a necessidade de desmatamento.

## Torta de sementes de oleaginosas

### Torta de Mamona

A torta de mamona é um subproduto da indústria de extração de óleo de mamona. É usada com eficiência em várias culturas, principalmente na horticultura, recomendando aproximadamente 2 kg/m<sup>2</sup> a 4 kg/m<sup>2</sup>, pois libera nitrato disponível para as plantas com rapidez, desde que haja condições adequadas para que ocorra o processo de nitrificação (pH, aeração e umidade). É rica em Cu e Zn, se comparada a outros resíduos. Apesar de ser um resíduo industrial, sua composição química não varia muito (Tabela 1).

Tortas da extração de óleo de algodão, amendoim e soja são pouco utilizadas como material fertilizante, pois se destinam, principalmente, à fabricação de ração para animal.

## Outros resíduos

Serão descritos, resumidamente, alguns resíduos das mais variadas origens, cuja importância pode ter interesse local:

- a) Resíduos das indústrias de café solúvel são utilizados, após a devida fermentação, diretamente na horticultura e, também, em mistura com outros vegetais, na produção do composto.
- b) Palhas de café e casca de arroz são aproveitadas, após decomposição, como fertilizantes orgânicos, embora de maneira precária.
- c) O uso de lixo urbano como fertilizante é uma antiga prática adotada em países europeus, asiáticos e norte-americanos. No Brasil, já é antigo o uso de lixo in natura como fertilizante e, atualmente, vem aumentando com as usinas de compostagem do lixo. O aproveitamento do lixo doméstico recolhido nas cidades está condicionado às características locais. A adoção de um processo de tratamento depende do volume coletado, do seu destino e do mercado consumidor, sendo o volume total um dos principais fatores para escolha do método de tratamento.

Os adubos orgânicos têm grande influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando a agregação, a estabilidade estrutural, a

capacidade de retenção e drenagem da água, aumentando a CTC e diminuindo os efeitos da erosão hídrica. Como consequência, promovem aumentos na produção das culturas e se caracterizam como uma prática imprescindível à recuperação de solos erodidos e dos solos ácidos existentes no estado do Pará. Em virtude das condições tropicais e subtropicais, o material orgânico é rapidamente consumido no solo e sua perda pode resultar na queda de produtividade das espécies vegetais.

Portanto, um suprimento adequado de matéria orgânica deve ser mantido no solo, por meio da utilização de palhada oriunda das culturas, rotação de culturas com leguminosas, adubos verdes ou ainda pela adição regular de fertilizantes orgânicos. A calagem e a adubação mineral também podem contribuir para a elevação dos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que tais práticas propiciam maior produção de biomassa das culturas favorecendo maior retorno de resíduos aos solos. Assim, a sustentabilidade da agricultura moderna depende da associação de práticas de forma a integrar seus benefícios, como o uso das adubações orgânica e mineral.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº 10, de 28 de outubro de 2004. **Diário Oficial da União**, 4 nov. 2004. Seção 1, p. 3-11.
- FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M. **Efeito da aplicação do efluente da agroindústria do dendê sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo álico, textura média**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11).
- FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M.; VILAR, R. R. L. **Composição química dos subprodutos da agroindústria do dendê**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: Palmasa, 1998. 18 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 119).
- FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C. **Manipueira: um adubo orgânico em potencial**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2001. 21 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 107).
- FURLAN JÚNIOR, J.; TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; DANTAS, R. **Compostagem de engaços de dendê em processo natural**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: Palmasa, 2003. 1 folder.
- FURLAN JÚNIOR, J.; TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de. **Uso de engaços como fonte de nutrientes na cultura do dendezeiro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 13 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 8).
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3. ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2002. 171 p.
- MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. (Coord.). **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. 356 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.
- MAYNARD, D. N.; LORENZ, O. A. Controlled release fertilizers for horticultural crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural review**. West Port: BV, 1979. p. 79-140.

PONTE, J. J. de. **Cartilha da manipeira**: uso do composto como insumo agrícola. Fortaleza: Secretaria da Ciência e Tecnologia, 1999. 53 p.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1980. 541 p.

SEABROOK, P. **Manual prático e completo de horticultura**. São Paulo: Círculo do Livro, 1981. 117 p.

TEIXEIRA, L. B.; FURLAN JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, R. F. de; BASTOS, J. B. **Pesquisas sobre o uso de engaço de dendê em dendezeiros adultos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 24 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 71).

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; FURLAN JÚNIOR, J.; CAMPOS, P. I. de F.; GERMANO, V. L. C. **Compostagem**: lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria do açaí. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 85 p.

VIÉGAS, I. de J. M. **Crescimento do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico em Tailândia, Pará**. 1993. 217 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VIÉGAS, I. de J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MULLER, A. A. (Ed). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 228-273.



# Uso e manejo eficiente de fertilizantes

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Manoel da Silva Cravo  
Eduardo César Medeiros Saldanha  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

O uso de fertilizantes envolve aspectos relacionados com o conhecimento dos solos (características físicas, químicas e histórico de uso da área), da planta (necessidades nutricionais e curvas de resposta a nutrientes) e das relações solo-planta-atmosfera.

Como o uso de fertilizantes constitui alto investimento em qualquer cultura, torna-se importante e necessário utilizá-los com máxima eficiência. Dentro desse contexto, é imprescindível considerar aspectos de relevante importância, para atingir esse objetivo, tais como: a escolha da fonte correta dos fertilizantes, a quantidade a aplicar (a dose certa), a localização dos fertilizantes, a frequência e época de aplicação. O simples ato de aplicar os fertilizantes sem o conhecimento desses aspectos pode resultar no insucesso de uma adubação e, conseqüentemente, do empreendimento agrícola, com grandes prejuízos para o produtor.

## Escolha dos fertilizantes

No Brasil, a escolha das fontes de nutrientes contidos nos fertilizantes se baseia principalmente no aspecto econômico. São poucas as pesquisas realizadas com o objetivo de determinar a fonte mais adequada, do ponto de vista da eficiência técnica. Atualmente vem sendo feitos alguns esforços no sentido de avaliar cientificamente fontes nitrogenadas, sobretudo as de maior eficiência agrônômica, tais como as que têm como base o nitrato de amônio.

Vários tipos de fertilizantes nitrogenados estão disponíveis no mercado brasileiro, dentre os quais a ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio estabilizado, sendo os mais usados nas culturas. Contudo, existem poucos estudos comparativos sobre o comportamento e os efeitos desses adubos na planta e no solo para as condições do estado do Pará.

Um dos elementos mais limitantes nos solos do estado do Pará é o fósforo (P) e, de modo geral, as culturas implantadas nesses solos têm apresentado respostas positivas à sua aplicação, elemento esse fornecido com o objetivo de acelerar o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas.

Até recentemente, a fonte mais usada na adubação das culturas no estado era o superfosfato triplo, por ser o mais concentrado, o que diminuía o custo

de transporte por unidade de  $P_2O_5$ . Contudo, atualmente, essa fonte vem sendo menos utilizada, uma vez que as unidades misturadoras trabalham mais com o fosfato monoamônico (MAP) e com o superfosfato simples para a oferta do mercado. Por outro lado, fontes como os polifosfatos têm ganhado cada vez mais espaço no mercado, em razão dos benefícios associados à disponibilidade de P.

Em algumas culturas perenes e de ciclo longo, como coqueiro, cultivadas em solos ácidos, as fontes de P mais apropriadas são os fosfatos naturais reativos, os quais são provenientes de depósitos recentes de origem sedimentar e de natureza não cristalina. No caso específico da palma de óleo (dendê), vem sendo diminuído cada vez mais o uso de fosfatos reativos, em razão da necessidade de P de solubilidade mais elevada. Por isso, os técnicos têm optado por fontes de P granuladas, não só para facilitar a aplicação, como também por serem fontes de disponibilidade total de P mais alta após aplicação.

Apesar de estarem disponíveis no mercado algumas opções de fontes de potássio (K), nos programas de adubação das culturas no Pará, o cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada, certamente pela sua maior concentração de  $K_2O$  e por apresentar menor custo de transporte por unidade de  $K_2O$  posto na propriedade.

Fertilizantes com a tecnologia “NPK no grão” (mistura granulada) começam a surgir no mercado da região Norte, principalmente no Pará. Esses produtos se caracterizam pela presença de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de outros macronutrientes secundários e micronutrientes, em um único grânulo do fertilizante. As vantagens desses tipos de fertilizantes estão associadas ao fato de possuírem todos os nutrientes no mesmo grânulo, elevada uniformidade granulométrica e resistência dos grânulos aos impactos, diminuindo os riscos de quebra e geração de pó durante a aplicação, além de alta fluidez e homogeneidade para uma boa aplicação em campo. Esse tipo de tecnologia traz ainda a vantagem da ausência de segregação e garantia de distribuição homogênea dos nutrientes para as culturas.

Vale destacar também a importância dos fertilizantes organominerais que, além de usar a tecnologia “NPK no grão”, apresentam os nutrientes agregados a uma base orgânica, formando complexos organominerais, o que garante maior disponibilidade dos nutrientes às plantas e minimizam as perdas por volatilização, adsorção e lixiviação.

Diversas regiões no Brasil e do mundo têm adotado esses tipos de fertilizantes, sendo, assim, opções a mais para os agricultores.

## Critérios de diagnóstico

É importante salientar que o uso eficiente de fertilizantes exige um diagnóstico correto dos possíveis problemas de fertilidade do solo e nutrição de plantas, antes da ação da adubação ou correção do solo. Nesse contexto, a utilização das seguintes “ferramentas” de diagnose constitui o primeiro passo para determinar o uso inteligente dos fertilizantes e corretivos agrícolas:

- 1) **Análise de solo** - a análise do solo é uma das principais ferramentas de diagnose para se determinar quais fertilizantes ou corretivo aplicar e em que quantidades. Ela deve ser a mais detalhada possível, incluindo, além das análises de rotina (pH, P, K, Ca, Mg, Na, Al), também as análises de  $S-SO_4^{2-}$ , B, Cu, Fe, Mn, Zn, H+Al, além dos cálculos da capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva, da porcentagem de saturação por Al, da soma de bases trocáveis, CTC a pH 7,0, porcentagem de saturação por bases da CTC a pH 7,0 e matéria orgânica. Com esses dados, é possível calcular, também, uma série de relações (Ca/CTC, Mg/CTC, K/CTC, Ca/K, Ca + Mg/K, etc.) que são importantes para a interpretação dos resultados. A determinação da textura do solo também é muito importante, uma vez que é um atributo do solo útil nas recomendações de adubação, calagem e gessagem. A análise de solo, dessa forma, é considerada a base de um programa envolvendo o uso e manejo eficiente de fertilizantes e corretivos.
- 2) **Análise foliar** - a análise foliar tornou-se um importante instrumento de diagnose de problemas nutricionais nos últimos anos, não só em culturas perenes, mas também em culturas anuais. A comparação de dados de análise foliar, de áreas com baixa, média e alta produtividade, constitui-se em um instrumento extremamente importante na avaliação do estado nutricional das culturas, para o estabelecimento de doses e fontes diferenciadas de corretivos e fertilizantes. Vários laboratórios em operação no Brasil já fazem análise foliar como rotina de seus trabalhos.
- 3) **Testes de tecidos** - os testes rápidos, ou testes de tecidos, são bastante difundidos nos Estados Unidos e Europa, sendo ainda pouco utilizados no Brasil. A grande vantagem desse tipo de teste, mais comum para a avaliação do estado nutricional da planta, quanto a N, P e K, é que ele é feito no campo e permite, se adequadamente conduzido, uma diagnose imediata de possíveis problemas.
- 4) **Sintomas de deficiência de nutrientes** - a identificação dos sintomas de deficiência de nutrientes nas plantas ajuda a diagnosticar possíveis problemas no campo. A técnica de identificar sinais indicativos de fome de nutrientes é indispensável para sua imediata correção, a fim de se obter uma produção mais lucrativa das culturas. Para isso, é sempre recomendável que o técnico tenha à mão a descrição dos sintomas, inclusive com fotos coloridas, para as culturas mais importantes na sua respectiva área de atuação.
- 5) **Fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes** - é muito importante o conhecimento desses fatores, principalmente para a tomada de decisão sobre micronutrientes, cujos níveis para interpretação de análises de solos e foliar não estão totalmente definidos para muitas culturas.
- 6) **Histórico da área** - o conhecimento do histórico de uso da área a ser cultivada é de extrema importância para maximizar a eficiência dos fertilizantes. A utilização dessa ferramenta, aliada às demais já mencionadas, é um complemento indispensável, pois a tomada de decisão,

baseada em dados reais da área, fornece mais segurança ao técnico do que a utilização apenas de parâmetros analíticos. Pontos importantes a considerar sobre histórico da área incluem: doses e épocas de aplicação de corretivos e fertilizantes utilizados; produções obtidas; práticas de preparo de solo; época de plantio; quantidade de chuva, etc.

## Métodos de aplicação de fertilizantes

Para se utilizar com mais eficiência os fertilizantes, o conhecimento do método de aplicação desses insumos se reveste de grande importância. A determinação da zona de aplicação dos fertilizantes no solo, para que as raízes das plantas possam melhor absorver os nutrientes, é tão importante quanto a dose a ser utilizada para as plantas. Os fertilizantes devem ser distribuídos no solo, de modo que as plantas possam aproveitá-los ao máximo, implicando em diferentes modos de aplicação. A distribuição dos fertilizantes pode ser manual ou mecânica.

### Aplicação manual dos fertilizantes

#### Aplicação manual a lanço

A distribuição manual é mais utilizada em pequenas áreas, na agricultura familiar, onde o custo da mão de obra não é contabilizado. As aplicações de calcário, de esterco e de fosfatos naturais podem ser realizadas a lanço, manualmente e, posteriormente, incorporados.

#### Aplicação manual em linha no plantio

Em culturas dispostas em fileiras como milho, arroz, algodão, feijão e outras, é recomendado aplicar parte dos fertilizantes por ocasião da semeadura, aplicando-os em sulcos abertos em um dos lados das fileiras, afastados de 5 cm a 10 cm da fileira e um pouco abaixo do nível das sementes. Esse procedimento elimina o perigo de “queimar” as plantas, além de colocar os nutrientes mais próximos do sistema radicular. A distribuição manual também pode ser em círculo em volta da planta ou semicírculo.

#### Aplicação manual em covas

É realizada principalmente por ocasião do plantio, especialmente em culturas perenes. Em terrenos acidentados, é conveniente esse modo de aplicação.

#### Aplicação manual em culturas perenes e semiperenes

No preparo das covas para plantios de culturas perenes e semiperenes, os fertilizantes orgânicos e minerais (fósforo e micronutrientes) e o calcário (caso seja decidido aplicar nas covas) devem ser aplicados em mistura com a terra preta da cova, com uma antecedência mínima de 10 dias do plantio, para evitar que uma possível reação possa prejudicar o sistema radicular das plantas.

Em culturas perenes já estabelecidas, como fruteiras, por exemplo, os fertilizantes devem ser aplicados em volta das plantas, de acordo com a expansão das suas copas, porém a uma certa distância dos seus troncos, onde não se aplicam os

fertilizantes. Na cultura do dendezeiro, os fertilizantes devem ser aplicados em torno da planta.

Para dendezeiros com idade de até 1 ano, recomenda-se aplicar os fertilizantes a partir de 10 cm da base do estipe, numa faixa circular de 10 cm de largura. Em dendezeiros com idade entre 1 e 2 anos, aplicar os fertilizantes a partir de 20 cm do estipe, numa faixa circular de 1 m. Em dendezeiros de 3 a 6 anos de idade, a aplicação deve ser efetuada a partir de 50 cm da base do estipe, numa faixa circular de 1 m, enquanto em dendezeiros maiores de 6 anos, a partir de 1 m da base do estipe, numa faixa circular de 3 m.

Para seringais em formação e produção, também já existe o método mais adequado para a aplicação de fertilizantes, assim como, para a cultura da pimenteira-do-reino, gravioleira, coqueiro e cacauieiro. Esses métodos estão descritos nos capítulos de recomendação de calagem e adubação para cada uma dessas culturas.

## Aplicação mecânica dos fertilizantes

### Aplicação no fundo do sulco

Por ocasião do preparo da área para culturas perenes, são abertos sulcos com uso de arado, sendo os fertilizantes aplicados diretamente no fundo do sulco e cobertos por uma camada de terra, sendo posteriormente realizado o plantio das mudas.

### Aplicação a lanço em culturas perenes

Os fertilizantes são aplicados na superfície do solo, de maneira uniforme, podendo ser incorporados ou não através da aração ou gradagem. Em plantações comerciais de culturas perenes, como o dendezeiro na idade adulta, é comum a prática da adubação mecanizada, sendo os fertilizantes aplicados na superfície das entrelinhas ou em faixas laterais ao longo das linhas de plantio das palmeiras.

### Aplicação em linha para culturas anuais

A aplicação dos fertilizantes em linha nas culturas anuais pode ser realizada através de máquinas semeadoras/adubadoras, que realizam tanto a adubação como a semeadura numa mesma operação, calibradas para aplicar a quantidade desejada de fertilizantes para uma determinada cultura. Há máquinas que distribuem os fertilizantes na forma de filete contínuo ao longo da linha, ao lado e abaixo das sementes, deixando uma camada de terra livre entre a semente e os fertilizantes, eliminando o perigo de “queimar” as sementes.

Nas adubações de cobertura, as máquinas devem ser calibradas para que a distribuição dos adubos seja feita ao lado das linhas de plantios (espaçamentos maiores) ou entre as linhas de plantio, em culturas com espaçamentos estreitos, como é o caso do arroz e feijão.

## Frequência de aplicação

Estudos realizados na Malásia, em solos arenosos e franco-arenosos, mostraram

que a utilização de altas doses de fertilizantes nitrogenados e potássicos, na cultura da seringueira, sem o devido parcelamento, provocou perdas por lixiviação superiores a 50%. Isto sugere que se deve adotar, como regra geral, aplicações parceladas desses nutrientes em solos de textura média a arenosa. Portanto, em culturas perenes, atenção especial deve ser dada ao parcelamento de adubos, especialmente em regiões chuvosas e/ou épocas de chuvas pesadas, mesmo para solos de textura argilosa.

Para culturas anuais cultivadas no início do ano, quando ocorre o período de maior precipitação no estado do Pará, a adubação deve ser parcelada em duas ou mais vezes, podendo ser adotado o seguinte esquema:

- a) Para o milho, obtém-se bons resultados quando as adubações são feitas aplicando-se um terço da dose recomendada na semeadura e o restante no período fisiológico correspondente à folha V6, ou metade da dose recomendada após a germinação e a outra metade aos 45 dias após o plantio.
- b) Para o arroz, as adubações também podem ser parceladas em duas ou três aplicações. Para duas aplicações, metade da dose é aplicada após a germinação e o restante aos 40 dias após o plantio. Para três aplicações, um terço é aplicado após a germinação, um terço aos 20 a 25 dias e um terço aos 40 dias após o plantio.

Todas as aplicações, tanto para milho como para arroz, devem ser feitas em sulcos abertos ao longo das linhas de plantio, para diminuir as perdas provocadas pelas fortes chuvas que são frequentes no período.

- c) Para o feijão-caupi, em razão de o plantio ser feito no final do período chuvoso, a adubação pode ser feita toda no plantio ou dividida em duas parcelas iguais, sendo uma após a germinação e outra aos 30 a 35 dias após a germinação.
- d) Para mandioca, doses elevadas de K devem ser parceladas e aplicadas metade aos 3 meses e o restante aos 6 meses após o plantio.

Em todos os casos, a dose de K recomendada deve ser aplicada de uma vez, por ocasião da primeira aplicação dos demais fertilizantes.

## Época de aplicação

A aplicação de fertilizantes em época inadequada pode comprometer todo o sucesso do programa de adubação de uma determinada cultura. A época de adubação está estreitamente relacionada com as características climáticas, as quais influenciam não só na absorção dos nutrientes pelas plantas, como também no melhor aproveitamento dos fertilizantes, em razão das melhores condições de umidade do solo. Para se ter uma ideia da importância da melhor época da adubação, em condições de viveiro e/ou jardim clonal de seringueira, deve-se evitar o uso de adubos pelo menos 45 dias antes da enxertia, para evitar a redução da capacidade de soldadura da placa do enxerto.

Para qualquer fase do cultivo de qualquer cultura, não se deve aplicar fertilizantes,

sem que o solo apresente umidade suficiente, para melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. De um modo geral, para culturas perenes na Amazônia, recomenda-se a aplicação parcelada de N e K, quando fornecidos de modo individual, metade no início e o restante no final das chuvas. Portanto, é de suma importância se conhecer a distribuição da precipitação pluviométrica da região onde serão efetuados os plantios.

Deve-se também levar em consideração as épocas de maior exigência de nutrientes das plantas, principalmente nas adubações de cobertura. A cultura do arroz, por exemplo, demanda a maior quantidade de nutrientes por ocasião do perfilhamento, que normalmente inicia aos 20 dias após a germinação, e por ocasião da diferenciação dos primórdios florais, que ocorre por volta dos 40 dias após a germinação, sendo o período no qual as adubações de cobertura devem ser realizadas. Para a cultura do milho, uma boa estratégia é realizar as adubações de cobertura aos 20 a 30 dias após a germinação, para um bom desenvolvimento do sistema radicular, e aos 45 a 50 dias após a germinação, para ajudar na formação das espigas e no enchimento dos grãos.



# Mistura de fertilizantes: cálculo e formulação

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*Sônia Maria Botelho*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

## Introdução

A maior parte dos fertilizantes comercializados no Brasil está na forma de misturas. As misturas ou fórmulas concentradas são, em geral, preparadas com ureia, superfosfato triplo (SFT), monofosfato de amônio (MAP) e cloreto de potássio (KCl). As misturas com quantidades similares dos adubos não podem satisfazer as necessidades de todas as plantas cultivadas nos mais diversos tipos de solo, sendo necessário que elas sejam preparadas com quantidades adequadas para atender às exigências reais da adubação.

O agricultor deve estar ciente da economia no transporte e no armazenamento e de que a aplicação de um formulado concentrado poderá não ser conveniente se não possuir enxofre (S), quando o solo for deficiente nesse elemento. A adubação adequada, além de aumentar o rendimento da lavoura, melhora a nutrição das plantas, tornando-as mais resistente ao ataque de pragas ou doenças.

O resultado da mistura de dois ou mais fertilizantes simples é denominado de fertilizante misto ou mistura de fertilizantes. As misturas de adubos são formuladas para proporcionar nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas aos diferentes tipos de solos e às necessidades de cada espécie e seu estágio de desenvolvimento. Essas quantidades são determinadas por meio de pesquisas de campo em diversos tipos de solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. Não se pode misturá-los sem preocupações específicas, por causa das reações químicas que podem ocorrer, prejudicando a eficiência da mistura de adubos.

As misturas de fertilizantes, que contêm nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ), podem ser realizadas na propriedade agrícola ou adquiridas na indústria de fertilizantes, sendo apresentadas em diversas formas: pó, farelado, grânulos (separado para cada elemento ou dentro do próprio grânulo) e granulada. Os adubos granulados são obtidos somente na indústria, enquanto as demais misturas podem ser preparadas tanto pela indústria como pelo produtor, sendo preparadas a partir de adubos simples, com densidade e granulometria semelhante, resultando na mesma eficiência para uso.

Existe no comércio de fertilizantes um grande número de formulados para atender às exigências das culturas nas diferentes condições de solo e clima. Muitas vezes,

as quantidades de adubo usadas no plantio são complementadas por adubações de cobertura, nas quais se utilizam adubos nitrogenados, potássicos ou ambos. O uso prolongado das mesmas fórmulas, sem o acompanhamento de engenheiro-agrônomo, pode provocar desequilíbrios nutricionais, além de não ser a maneira mais adequada de utilizar adubos.

As fórmulas ou misturas de fertilizantes simples podem conter dois elementos, sendo chamadas de binárias, ou três elementos, sendo chamadas de ternárias, podendo ainda conter micronutrientes e enxofre. A apresentação das quantidades dos nutrientes é indicada em termos de porcentagem. Assim, por exemplo, a fórmula 10-28-20 possui 10% de N, 28% de  $P_2O_5$  e 20% de  $K_2O$ . Segundo a legislação brasileira de fertilizantes e corretivos, para a comercialização de fórmulas, a soma dos nutrientes deve ser no mínimo de 24%. Os adubos nitrogenados e potássicos presentes devem ser solúveis em água. Já o teor de  $P_2O_5$  no fertilizante que entra na mistura deve corresponder ao teor solúvel em ácido cítrico a 2% ou em citrato neutro de amônio mais água.

Se a mistura possuir macronutrientes secundários como cálcio (Ca), magnésio (Mg) ou enxofre (S), então poderão apresentar o seu teor indicado obedecendo essa ordem. Para os micronutrientes, quando o teor é garantido, deve ser obedecida a ordem alfabética dos nutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

## Como se misturam os adubos ou fertilizantes

Quando se pretende fazer a mistura de fertilizantes na propriedade, o primeiro passo é conhecer as porcentagens de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  na formulação. O segundo passo é saber a compatibilidade entre os adubos e se estes podem ser misturados.

Tendo em vista a compatibilidade ou não entre os adubos, na Tabela 1 são apresentadas as misturas possíveis, mostrando as limitações existentes e quais fertilizantes podem ser misturados. Pode ser observado que algumas das incompatibilidades são relativas, como é o caso resultante da mistura de sais amoniacais com calcário. Se a quantidade do calcário não for suficiente para elevar o pH acima de 7,0, em consequência, ocorre o perigo do deslocamento e a perda de amônia é evitada (Malavolta; Romero, 1975).

**Tabela 1.** Recomendações para as misturas de fertilizantes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1						X										X
2																
3						X	O	O			X					
4						X					X					X
5						X					O					O
6	X		X	X	X		X	X	X							
7			O			X					X					X
8			O			X					X	O				X
9						X					O					X
10																
11	X		X	X	O		X	X	O							
12								O								
13																
14																
15	X			X	O		X	X	X							

- Adubos que podem ser misturados
- 0 Adubos que só podem ser misturados um pouco antes da aplicação
- X Adubos que não podem ser misturados

- 1- Sulfato de amônio
- 2- Nitrato de sódio e nitrato de potássio, salitre do Chile e salitre duplo
- 3- Nitrocálcio
- 4- Nitrato de amônio e sulfonitrato
- 5- Ureia
- 6- Calciocianamida
- 7- Superfosfato simples e triplo
- 8- Fosfatos de amônio
- 9- Fosfato bicálcio
- 10- Farinha de ossos
- 11- Escórias e termofosfatos
- 12- Fosfatos naturais
- 13- Cloreto de potássio
- 14- Sulfato de potássio
- 15- Calcário

Fonte: Malavolta e Romero (1975).

**Exemplos:**

Ureia não é compatível com nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) por causa da alta higroscopicidade resultante dessa mistura, o que fará com que se umedeça facilmente em condições normais de armazenamento.

Sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] não pode ser misturado com termofosfato, em razão da perda de amônio causada pela reação de alcalinidade do silicato do termofosfato. O  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , em contato com produtos que contenham Ca, perde nitrogênio pela volatilização do amônio.

Cloretos não podem ser misturados com cal (CaO), pois podem formar pedras em virtude da desidratação ou se transformar em pasta, o que prejudicará a distribuição do adubo. O  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  também requer os mesmos cuidados mencionados.

Superfosfatos em contato com nitratos ou sais potássicos, durante um certo tempo, liberam ácidos que, em determinadas condições, provocam explosões.

Aubos com CaO não podem ser misturados com adubos orgânicos, pois podem provocar um elevado aumento de temperatura.

Algumas reações que ocorrem no preparo das misturas podem estar presentes na escolha das matérias-primas, a fim de que o produto obtido tenha as características desejadas. As reações mais importantes são de neutralização, em que:



A reação pode prosseguir até a formação do fosfato de cálcio insolúvel. O calcário com teor inferior a 12% de óxido de magnésio (MgO) pode diminuir a solubilidade dos superfosfatos em citrato de amônio durante o armazenamento. Em algumas condições, o fosfato diamônico pode reagir com os superfosfatos numa reação de amonização incipiente.

## Cálculo de adubação

### Exemplo 1

Considerando uma situação hipotética em que o resultado da análise química do solo determinou que, em virtude dos teores dos nutrientes no solo encontrados, recomenda-se a adubação de plantio para uma determinada cultura nas quantidades de 80 kg de N, 160 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 40 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  por hectare. Então, deve-se colocar no solo a fórmula 80-160-40, a qual corresponde à relação básica entre os nutrientes N, P e K, que, se dividida pelo menor número, obtém-se 2:4:1.

A primeira alternativa seria procurar no comércio de fertilizantes uma fórmula que apresentasse a mesma relação entre os nutrientes. Sendo assim, o agricultor encontrou no mercado local a formulação 10-20-5 (os valores correspondem a porcentagem de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente), que possibilita obter as quantidades de adubo da seguinte maneira:

Nitrogênio =  $(80 \div 10) \times 100 = 800$  kg/ha da fórmula 10-20-5

Fósforo =  $(160 \div 20) \times 100 = 800$  kg/ha da fórmula 10-20-5

Potássio =  $(40 \div 5) \times 100 = 800$  kg/ha da fórmula 10-20-5.

Exemplo de formulações encontradas no mercado do estado do Pará:

Fórmulas	Relações
4-16-8	1:4:2
10-10-10	1:1:1
20-5-20	4:1:4
4-20-20	1:5:5

Fórmulas	Relações
----------	----------

18-18-18		1:1:1
----------	--	-------

10-28-20		1:2,8:2
----------	--	---------

10-20-5		2:4:1
---------	--	-------

No cálculo das quantidades de fertilizantes simples para compor uma formulação, pode-se utilizar o exemplo a seguir:

Preparação de 1 t da mistura 10-20-10 (valores correspondentes à porcentagem de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , respectivamente) utilizando os fertilizantes: ureia (com 45% de N), superfosfato triplo (com 43% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (com 60% de  $K_2O$ ).

1) Cálculo da quantidade de ureia:

Na formulação, pretende-se utilizar 10% de N. Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 100 kg de N. Como a ureia possui 45% de N, então 100 kg terá 45 kg de N. Assim, para obter 100 kg de N necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de ureia:

$$X = 100 \times 100 \div 45 = 222 \text{ kg de ureia}$$

2) Cálculo da quantidade de superfosfato triplo:

Na formulação, pretende-se utilizar 20% de  $P_2O_5$ . Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 200 kg de  $P_2O_5$ . Como o superfosfato triplo (SFT) possui 43% de  $P_2O_5$ , então 100 kg terá 43 kg de  $P_2O_5$ . Assim, para obter 200 kg de  $P_2O_5$  necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de superfosfato triplo:

$$X = 100 \times 200 \div 43 = 465 \text{ kg}$$

3) Cálculo da quantidade de cloreto de potássio

Na formulação, pretende-se utilizar 10% de  $K_2O$ . Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 100 kg de  $K_2O$ . Como o cloreto de potássio (KCl) possui 60% de  $K_2O$ , então 100 kg terá 60 kg de  $K_2O$ . Assim, para obter 100 kg de  $K_2O$  necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de cloreto de potássio:

$$X = 100 \times 100 \div 60 = 167 \text{ kg}$$

Somando-se as quantidades dos três adubos, temos:

Ureia = 222 kg

SFT = 465 kg

KCL = 167 kg

Total = 854 kg

Para 1 t, que equivale a 1.000 kg, faltam:

$$1.000 - 854 = 146 \text{ kg}$$

Esses 146 kg podem ser adicionados como material inerte ou de enchimento, chamado carga, utilizando de preferência torta oleaginosa fermentada.

### Exemplo 2

Considerando que se pretende fazer 1 t da fórmula 4-14-8, usando sulfato de amônio (20% de N), superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ), seguindo o mesmo raciocínio do exemplo anterior. Para se obter a quantidade de adubo, observa-se a porcentagem do elemento na mistura e o teor desejado. Como o teor de N no sulfato de amônio (SA) é 20%, então a fórmula deve ter 200 kg de SA. Com procedimento semelhante, serão necessários 700 kg de superfosfato simples (SFS) com 20% de  $P_2O_5$  e 133 kg de cloreto de potássio (KCl) com 60% de  $K_2O$ .

Somando-se as quantidades dos três adubos, temos:

$$\begin{aligned} \text{SA} &= 200 \text{ kg} \\ \text{SFS} &= 700 \text{ kg} \\ \text{KCl} &= 133 \text{ kg} \\ \text{Total} &= 1.033 \text{ kg} \end{aligned}$$

Para 1 t, que equivale a 1.000 kg, sobram 33 kg, que podem ser deduzidos, sem prejuízo, proporcionalmente das três fontes de adubo ou substituir uma das fontes por um adubo mais concentrado. No caso da fonte de P, pode ser usado o SFT, que é mais concentrado, possui de 40% a 45% de  $P_2O_5$ . Então, a quantidade seria 326 kg, assim a soma das fontes seria:  $200 + 326 + 133 = 659$  kg. Logo:  $1.000 - 659 = 341$  kg, o restante seria completado com enchimento de material inerte.

A segunda alternativa seria adquirir adubos minerais simples e fazer a mistura. Neste caso, poderiam ser adquiridos ureia (45% N), SFT (43%  $P_2O_5$ ) e KCl (60% de  $K_2O$ ) e os cálculos seriam:

$$100 \text{ kg de ureia} \quad \text{—————} \quad 45 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg de ureia} \quad \text{—————} \quad 80 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg de ureia} = 100 \times 80 \div 45 = 178 \text{ kg de ureia}$$

$$100 \text{ kg de SFT} \quad \text{—————} \quad 43 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ kg de SFT} \quad \text{—————} \quad 160 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ kg de SFT} = 100 \times 160 \div 43 = 372 \text{ kg de SFT}$$

$$100 \text{ kg de KCl} \quad \text{—————} \quad 60 \text{ kg de } K_2O$$

$$X \text{ kg de KCl} \quad \text{—————} \quad 40 \text{ kg de } K_2O$$

$$X \text{ kg de KCl} = 100 \times 40 \div 60 = 67 \text{ kg de KCl}$$

Mistura de fertilizante a ser aplicada por hectare:

178 kg ureia + 372 kg SFT + 67 kg KCl = 617 kg/ha.

Opção A = 800 kg/ha da fórmula 10-20-5.

Opção B = 617 kg/ha da mistura.

Se o produtor tiver em mãos uma tabela de recomendação que sugere 60 kg/ha de N, correspondendo à aplicação de 300 kg de SA em adubação de cobertura, mas o adubo disponível na propriedade for a ureia (45% N), que cálculos deverá efetuar para saber a quantidade necessária de ureia a ser aplicada?

Solução: 100 kg de ureia ————— 45 kg de N

X kg de ureia ————— 60 kg de N

$X = 100 \times 60 \div 45 = 133 \text{ kg/ha de ureia}$

Cálculo de aplicação por unidade de área

Se a adubação calculada na opção A for utilizada na cultura do café, então será necessário determinar a quantidade de adubos por cova/planta, supondo que a cultura do café tem um espaçamento de 3,0 m x 1,50 m = 4,5 m<sup>2</sup>.

Considerando que 1 ha possui 100 m x 100 m = 10.000 m<sup>2</sup>.

Número de covas por hectare =  $10.000 \text{ m}^2 \div 4,5 \text{ m}^2 = 2.222 \text{ covas}$ .

Então,  $800.000 \text{ g} \div 2.222 \text{ covas} = 360 \text{ g por cova}$ .

Se a cultura a ser adubada for a do milho, com espaçamento de 0,90 m x 0,20 m = 0,18 m<sup>2</sup>. Então  $10.000 \text{ m}^2 \div 0,18 \text{ m}^2 = 55.555 \text{ covas}$ .

Então,  $800.000 \text{ g} \div 55.555 \text{ covas} = 14,4 \text{ g por cova}$ .

Se a cultura a ser adubada for a da soja, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. Então,  $10.000 \text{ m}^2 \div 0,50 \text{ m} = 20.000 \text{ m de sulco}$ .

Então,  $800.000 \text{ g} \div 20.000 \text{ m} = 40 \text{ g/m de sulco}$ .

## Referência

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. 346 p.

## Literatura recomendada

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 737-768.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1989. 35 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

OSAKI, F. Prática da Adubação. In: OSAKI, F. **Calagem e Adubação**. 2. ed. rev. e amp. Curitiba: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. Cap. 8, p. 191-310.

# Correção da acidez do solo

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*Sônia Maria Botelho*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Arystides Resende Silva*

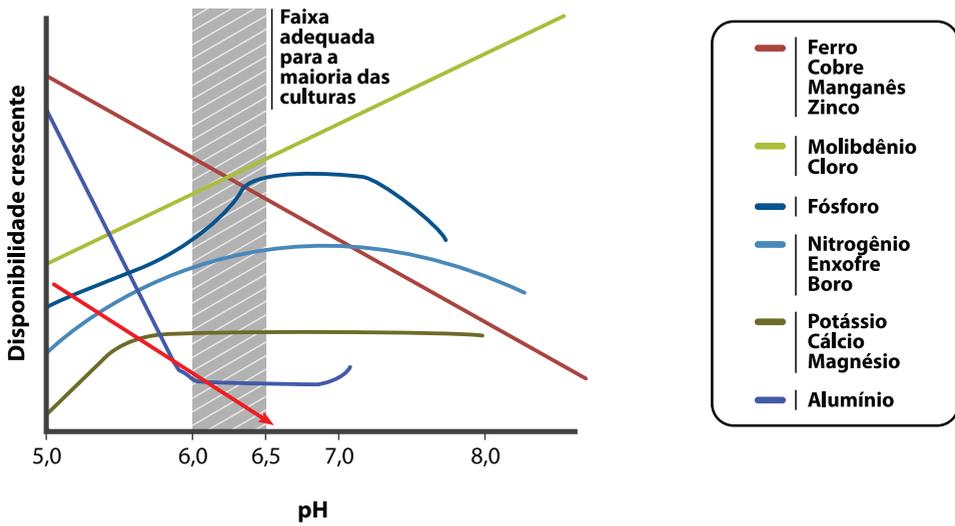
## Acidez do solo

Os solos tropicais são, normalmente, ácidos, seja pela ocorrência de precipitação elevada, causando lixiviação de quantidades apreciáveis de bases trocáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários, responsáveis pela reposição das bases. O próprio cultivo tende a acentuar o problema, por causa da absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons hidrogênio. Adicionalmente, a atividade biológica, produzindo ácidos, e a aplicação de fertilizantes amoniacais e ureia, resultando na acidificação pela acumulação de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) ou ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), presentes em sua constituição, contribuem para aumento da acidez dos solos.

A reação do solo depende do conteúdo de hidrogênio ionizável, do alumínio em diferentes formas dissociáveis e, em menor grau, dos íons de manganês e ferro, todos em equilíbrio com a solução do solo, em que ocorrem as várias reações de hidrólise. Nos solos situados em regiões sob clima tropical e subtropical, normalmente predominam os Latossolos (Oxisolos) que, em geral, apresentam elevada acidez (pH 3,2-5,5), altos teores de alumínio trocável ( $> 1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), manganês ( $> 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), ferro ( $> 12 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), além de baixos teores de cálcio ( $< 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e magnésio ( $< 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ).

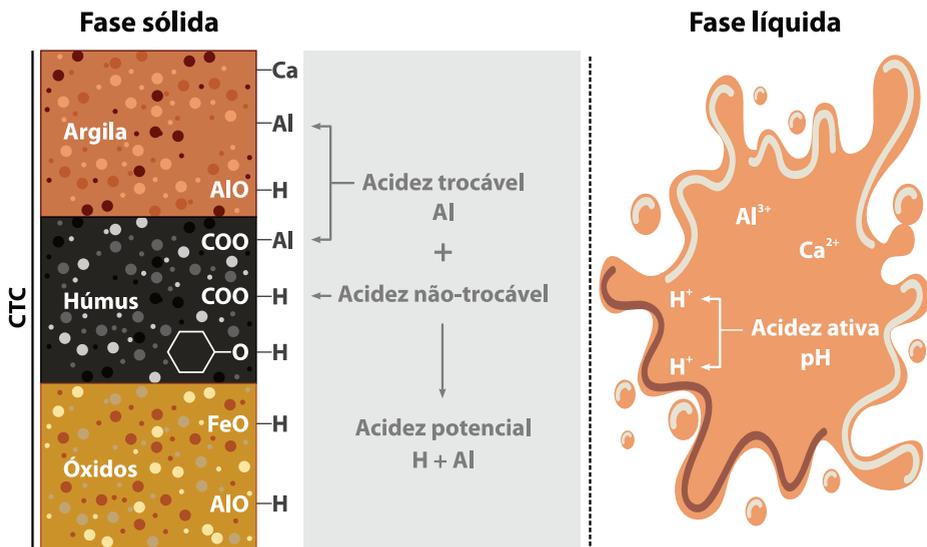
Diversos trabalhos como os de Dematte (1988) e Viera (1987), dentre outros relacionados ao tema, relatam que 75% dos solos da Amazônia são considerados de alta acidez, condicionando-os à necessidade de corretivos quando se deseja obter melhores produtividades.

Os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, tais como o valor do pH, que é a medida da concentração de íons hidrogênio na solução do solo. Assim, em solos com pH excessivamente ácido, ocorre diminuição na disponibilidade de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio e aumento da solubilização de íons como zinco, cobre, ferro, manganês e alumínio que, dependendo do manejo do solo e da adubação utilizados, podem atingir níveis tóxicos para as plantas (Figura 1).



**Figura 1.** Influência do pH na dinâmica dos nutrientes.  
Fonte: Malavolta (1989).

A acidez dos solos pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial. A acidez ativa é a fração ou parte do hidrogênio que está dissociada na forma de  $H^+$ , na solução do solo, e é expressa em valores de pH, exercendo grande influência na vida das plantas. A acidez potencial está relacionada ao hidrogênio e ao alumínio que permanecem na fase sólida, na forma não dissociada. Pode ser dividida em acidez trocável, referente ao alumínio trocável que está ligado por força eletrostática à superfície dos colóides, podendo ser extraído com solução de cloreto de potássio, e acidez não trocável, que se refere ao hidrogênio ligado aos colóides. O hidrogênio, nessa forma, não é trocável, sendo dissociado somente com a elevação do pH do meio (Raij, 1991) (Figura 2).



**Figura 2.** Tipos de acidez do solo.  
Fonte: Lopes e Guilherme (1990) e Quaggio (2000).

## Correção da acidez do solo

A correção da acidez dos solos por meio da calagem é considerada uma prática fundamental para o uso eficiente dos fertilizantes pelas plantas, especialmente para as culturas sensíveis às condições de solos ácidos. Tem como objetivo elevar o pH do solo até determinado valor (pH 5,5–6,5), visando neutralizar ou reduzir os efeitos tóxicos do alumínio e/ou do manganês do solo, bem como melhorar o ambiente radicular para as plantas absorverem os nutrientes essenciais disponíveis. Em geral, os solos com maior teor de alumínio, matéria orgânica e argila requerem maiores quantidades de calcário, por representarem as principais fontes de acidez no solo e de tamponamento do pH.

A calagem deve promover condições benéficas para um ótimo desempenho da fauna e da flora, particularmente na rizosfera. No caso de leguminosas, essas condições de ambiente promovem infecção e nodulação nas raízes com rizóbio e facilitam a absorção dos nutrientes requeridos para produção ótima.

Embora seja uma prática comum, existe a necessidade de critério para definição das doses, devendo ser considerados os seguintes fatores:

- 1) Quantidade necessária de calcário para diminuir a porcentagem de saturação de alumínio a um nível adequado para crescimento das plantas.
- 2) Qualidade do calcário.
- 3) Método de aplicação.

Portanto, cuidados neste sentido devem ser tomados ao se formular um programa de exploração do solo. No Brasil, têm sido desenvolvidos trabalhos de pesquisa sobre calagem em vários solos, com resultados que demonstram melhoria de características químicas de grande importância, como pH, capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, saturação por bases, saturação por alumínio, além de significativos aumentos da produção das culturas.

Na Amazônia, são poucos os estudos sobre calagem, destacando-se o de Bastos e Smyth (1984), que obtiveram resultados significativos do efeito do calcário em Latossolo Amarelo muito argiloso, na redução da saturação de alumínio de 42% para 16% e na produção de grãos de milho. Também Alfaia et al. (1988) encontraram resultados similares para saturação de alumínio, pesquisando o efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia, utilizando a soja como planta teste e observando que a calagem de forma isolada não foi satisfatória comparativamente à calagem associada a micronutrientes, que apresentou aumento significativo na produção de soja.

Em decorrência da elevada acidez e da baixa fertilidade natural dos solos da Amazônia, principalmente no estado do Pará, e também pelos benefícios que o uso do calcário promove, fica evidente que a calagem de solos propicia melhores produtividades das culturas, permitindo, assim, a exploração continuada dos solos.

## Calagem

É o processo que consiste em incorporar cálcio e magnésio para neutralizar a acidez do solo, isto é, para que o pH atinja o nível ideal para o desenvolvimento normal das plantas. Essa prática também reduz o teor de alumínio e de manganês no solo.

### O calcário no solo

Quando se aplica calcário ao solo, ele pode ter os seguintes destinos:

1) Transformação em bicarbonato de cálcio solúvel:



A rapidez do processo depende da solubilidade relativa (grau de moagem), umidade e concentração suficiente de gás carbônico.

2) Adsorção – após a transformação em bicarbonato, o cálcio é adsorvido aos colóides do solo, neutralizando sua acidez.

3) Absorção pelas plantas – o cálcio pode ser absorvido pelo sistema radicular das plantas tanto no estado solúvel como no adsorvido.

## Efeitos benéficos da calagem

### Efeitos químicos

Neutraliza a acidez do solo, aumenta os teores de cálcio e magnésio, eleva o pH e aumenta a disponibilidade do fósforo.

### Efeitos físicos

Melhora as propriedades físicas do solo, tornando-o mais arejado, mais poroso e menos compactado, melhorando o desenvolvimento das plantas.

### Efeitos biológicos

Aumenta a atividade microbiana, dando condições favoráveis aos microrganismos, como bactérias, permitindo maior fixação do nitrogênio.

## Necessidade de calcário

A estimativa correta da quantidade de calcário a ser aplicado é fator básico para o sucesso de qualquer programa de correção dos solos, pois indica a necessidade de corretivo para elevar o pH dos solos ou neutralizar a acidez do solo, de uma condição inicial até outra desejada (Raij, 1991). A quantidade de calcário a usar é determinada por vários processos de laboratório, que se baseiam no calcário necessário para neutralizar a acidez na camada arável do solo.

A recomendação de corretivos é feita por diversos métodos, cuja escolha depende do comportamento do solo, e a quantidade requerida de corretivo depende da capacidade tampão do solo, que é a resistência à mudança de pH. Métodos recentes para recomendação da quantidade de calcário levam em consideração também a necessidade de cálcio e magnésio como nutrientes. Outros fatores que devem ser levados em consideração são a cultura, o sistema de produção a ser utilizado e o retorno econômico.

## Cálculo da necessidade de calcário

Comparando alguns métodos rápidos para determinação da necessidade de calcário em solos, consideram-se dois grupos: o primeiro baseia-se na utilização de calcário para elevar o pH até uma faixa pré-fixada (método SMP, saturação por bases); enquanto, no segundo grupo, o calcário é aplicado para neutralizar o alumínio trocável e assegurar um suprimento adequado de cálcio e magnésio, não importando o pH final alcançado (método do alumínio trocável).

No Brasil, em uso nos laboratórios de rotina de análise de solo, existem três métodos e algumas variações locais destes, sendo os mais adotados os da saturação por bases, do alumínio trocável e do SMP.

### Método da saturação por bases

O método da saturação por bases é baseado na correlação entre o pH e a saturação por bases (Raij; Sacchetto, 1968; Sousa et al., 1989). Para o uso desse método, existe a necessidade da determinação da soma de bases (K, Ca, Mg, Na), da acidez potencial (H + Al) e da CTC.

Uma condição importante para a utilização da metodologia é a determinação da relação entre pH e saturação por bases para cada região. Contudo, a limitação é a necessidade de determinar H + Al, com acetato de cálcio, um processo bastante oneroso.

A necessidade de calcário por esse método pode ser estimada pela fórmula:

$$NC = CTC (V2 - V1) / 100 \times f$$

Sendo:

NC = necessidade de calcário, expressa em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>).

f = 100/PRNT.

V1 = saturação por bases atual do solo.

V2 = saturação por bases que se pretende alcançar para a cultura a ser implantada  
V=100 SB/CTC.

SB = soma de base = (Ca + Mg + K + Na) = cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

Na Tabela 1, são apresentadas as faixas de saturação por bases consideradas adequadas para algumas culturas.

**Tabela 1.** Faixas de valores de saturação por bases consideradas adequadas para algumas culturas.

Tipo de cultura	Cultura	Faixa de V%
<b>Cereais</b>	Arroz	40- 50
	Milho	50- 60
	Sorgo	50- 60
<b>Frutíferas</b>	Abacateiro	50- 60
	Abacaxizeiro	40- 50
	Bananeira	50- 60
	Citrus	60- 70
	Goiabeira	60- 70
	Mangueira	50- 60
	Maracujazeiro	60- 70
<b>Leguminosas</b>	Feijão	60- 70
	Soja	60- 70
<b>Hortaliças</b>	Folhosas	60- 70
	Tuberosas	50- 60
	Solanáceas	60- 70
	Bulbos	60- 70
<b>Estimulantes</b>	Cacaueiro	60- 70
	Cafeeiro	60- 70
<b>Fibrosas</b>	Algodoeiro	60- 70
<b>Sacarinas e Amido</b>	Cana-de-açúcar	50- 60
	Mandioca	30- 40
<b>Industriais</b>	Coqueiro	40- 50
	Dendezeiro	40- 50
	Pimenteira-do-reino	40- 50
	Seringueira	30- 40
<b>Ornamentais</b>	Herbáceas	50- 60
<b>Essências florestais</b>	Pinus	40- 50
	Eucalipto	40- 50

Fontes: Malavolta (1989) e Rajj (1991).

### Método SMP

O método SMP, cuja sigla se refere aos seus criadores, Shoemaker, MacLean e Pratt, é o mais comum em uso nos laboratórios de análise de solos em rotina dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, por sua rapidez e simplicidade, apresentando um diagnóstico para recomendação de calcário (Tabela 2). As vantagens do método são a facilidade de execução no laboratório e o bom fundamento teórico.

**Tabela 2.** Necessidade de calagem (NC) de solos de acordo com o  $\text{pH}_{\text{SMP}}$  (relação 10:10:5, solo, água, solução-tampão).

$\text{pH}_{\text{SMP}}$	NC para $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$		
	5,5	6,0	6,5
	t/ha de $\text{CaCO}_3$		
4,5	12,5	17,3	24,0
5,0	6,6	9,9	13,3
5,5	3,7	6,1	8,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,5	0,4	1,1	2,1

Fonte: Tedesco et al. (1995).

No Rio Grande do Sul, Kaminski e Bohnen (1976), trabalhando com amostras de solos, verificaram alta correlação entre o  $\text{pH}_{\text{SMP}}$  e a necessidade de corretivo da acidez. A mesma correlação foi obtida por outras pesquisas realizadas com solos de Santa Catarina (Ernani; Almeida, 1986) e solos dos cerrados (Sousa et al., 1989). No Pará, ainda não se dispõe de resultados de pesquisa com esse método e, para sua adoção, existe a necessidade de se fazer estudos de correlação e calibração para os solos do estado.

### Método do alumínio trocável

O método do alumínio trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio objetiva a neutralização do alumínio trocável. Nesse método, é utilizado o alumínio trocável como um critério para recomendação de calagem, e a dose de calcário é calculada multiplicando-se o teor de alumínio pelo fator 1,5 ou 2,0, de acordo com a sensibilidade da cultura (Kamprath, 1970).

Uma variação deste método utiliza, além da neutralização do alumínio trocável, a elevação dos teores de cálcio e magnésio a um mínimo de  $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , sendo calculado da seguinte forma:

$$\text{NC} = 2 \times \text{Al}^3 + [2 - (\text{Ca}^2 + \text{Mg}^2)] \times \text{fator}$$

$$\text{Fator} = \text{PRNT}/100$$

Para determinar a quantidade de calcário que deve ser recomendada para os solos do Pará, podem ser usados dois métodos bastante difundidos e aceitos em outros estados do Brasil, sendo utilizados por técnicos e especialistas em fertilidade do solo, os quais são:

- 1) Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio.
- 2) Saturação por bases.

## Tipos de corretivos de acidez do solo

Os materiais que podem ser usados na correção da acidez dos solos são aqueles que contêm como “constituente neutralizante” ou “princípio ativo” os óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou de magnésio. Os calcários representam quase a totalidade dos corretivos de acidez utilizados no Pará.

Segundo Malavolta (1989), os corretivos de acidez passaram a ser comercializados de acordo com as suas características e com os valores mínimos constantes na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características químicas dos corretivos de acidez.

Materiais corretivos de acidez	Poder de neutralização (% em CaCO <sub>3</sub> )	% CaO + % MgO
Calcários	67	38
Cal virgem agrícola	125	68
Cal hidratada agrícola	94	50
Escórias	60	30
Calcário calcinado agrícola	80	43
Outros	67	38

Fonte: Malavolta (1989).

## Critérios para a escolha do calcário

Na escolha do calcário ou corretivo, devem ser levados em consideração critérios técnicos (qualidade do calcário) e econômicos, procurando maximizar os benefícios e minimizar os custos em relação ao transporte do material a ser colocado na propriedade.

Quanto às características dos corretivos de acidez dos solos relacionadas com a qualidade do calcário, as mais importantes para a neutralização da acidez do solo são o poder de neutralização (PN), a reatividade (RE) do material, que considera sua natureza geológica, a granulometria e os teores de cálcio e magnésio.

A eficiência neutralizante do corretivo é dada pelo conteúdo de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) e pela granulometria, determinada pelas peneiras ABNT nº 10 (2 mm), nº 20 (0,84 mm) e nº 50 (0,30 mm). Esses dois parâmetros podem ser englobados num valor único, que define a qualidade do corretivo denominado poder relativo de neutralização total (PRNT), representado pela seguinte expressão:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{Equivalente CaCO}_3 \times (A \times 0,0 + B \times 0,2 + C \times 0,6 + D \times 1,0)}{100}$$

Sendo:

Eq. CaCO<sub>3</sub> = Poder de Neutralização (PN) = % CaO x 1,79 + % MgO x 2,48.

A = % de calcário que fica retido na peneira 10.

B = % de calcário que fica retido entre as peneiras 10 e 20.

C = % de calcário que fica retido entre as peneiras 20 e 50.

D = % de calcário que passa pela peneira 50.

Os calcários agrícolas apresentam classificações de acordo com as concentrações de MgO, em:

- 1) Calcítico - menos de 5%.
- 2) Magnesiano - de 5% a 12%.
- 3) Dolomítico - acima de 12%.

As faixas de PRNT podem apresentar a seguinte classificação:

- A - PRNT entre 45% e 60%
- B - PRNT entre 60,1% e 75%
- C - PRNT entre 75,1% e 90%

O PRNT pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{PRNT (\%)} = (\text{PN}) \times \text{RE} / 100.$$

O PN é determinado em laboratório por método analítico da legislação em vigor. A RE corresponde ao percentual do corretivo que reage no solo dentro de um período de 3 meses e é avaliada pela granulometria das partículas do corretivo: a reatividade é zero para a fração retida na peneira ABNT nº10, reatividade 20% para a fração que passa na peneira nº 10 e fica retida na peneira nº 20, reatividade 60% para a fração que passa na peneira nº 20 e fica retida na peneira nº 50 e reatividade 100% para a fração que passa na peneira nº 50.

Assim, para entendimento do cálculo da RE, apresentamos o seguinte exemplo: de uma amostra de 500 g de calcário, ficaram retidos 5% na peneira nº 10, 10% na peneira 20, 20% na peneira 50 e o restante (65%) passou na peneira nº 50. O cálculo de RE é:

$$\text{RE} = \frac{(5 \times 0) + (10 \times 20) + (20 \times 60) + (65 \times 100)}{100} = 79\%$$

Tendo os valores de RE e PN, calcula-se o PRNT do corretivo, por meio da equação:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{RE} \times \text{PN}}{100}$$

Segundo a legislação brasileira de corretivos em vigor, o valor mínimo para PN é 67 e para PRNT é 45% para comercialização do calcário.

Considerando o Sistema Internacional de Unidades, a tendência atual é expressar os teores de Ca e de Mg, no calcário, na forma elementar. Assim, análises dos corretivos, realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Amazônia Oriental, apresentam os resultados de PN, RE e PRNT em porcentagem (%), e de Ca, Mg, CaO e MgO em dag/kg.

## Época e modo de aplicação do calcário

Quando se deseja a neutralização da acidez do solo em curto prazo, é recomendável a incorporação de todo o calcário em uma só época, pois a maior parte da aplicação tem surtido efeito quando não se fraciona o material. O que pode ocorrer quando se fraciona o calcário é uma menor elevação do rendimento

nos primeiros anos, que onera a aplicação, em consequência da necessidade de maior número de operações. Nesse caso, sugere-se aplicar todo o calcário de uma só vez e gradear de forma cruzada.

Como o calcário não é muito solúvel, não tem reação imediata no solo, por isso sua aplicação, no estado do Pará, deve ser feita, pelo menos, 20 a 30 dias antes do plantio, para que possa reagir e proporcionar o efeito desejado. A reação do calcário depende da umidade do solo e das suas próprias características. Em períodos de muita chuva e calor, as reações se processam com mais rapidez. Para as leguminosas que, em geral, são muito sensíveis à acidez, é sugerido realizar a calagem pelo menos 60 dias antes do plantio. No caso de não ser possível aplicar o calcário com a antecedência necessária, podem ser utilizados produtos com maior PRNT.

O calcário, seja dolomítico (>12% MgO) ou calcítico (<5% MgO), deve ser distribuído uniformemente sobre o terreno e incorporado à maior profundidade possível (no mínimo 20 cm), para permitir melhor contato do corretivo com as partículas do solo. É necessário fazer uso de boas práticas de manejo do solo, adubações adequadas e cultivares selecionadas para cada tipo de solo, sem as quais o produtor não alcançará os resultados desejados. Portanto, a calagem de forma isolada não tem capacidade de promover altas produtividades para as culturas.

Na implantação de culturas perenes, além da calagem na área total durante o preparo do solo, recomenda-se adicionar, por ocasião do plantio, cerca de 100 g por cova de calcário, a quantidade deve ser misturada à terra de enchimento da cova e tem por objetivo condicionar melhor o solo no local de plantio. Nos cultivos já formados, o calcário pode ser distribuído a lanço ou em faixas, sendo a dose proporcional à área e à profundidade de incorporação.

Quando a dose de calcário a ser utilizada é relativamente alta, em geral acima de 4 t/ha, surge a preocupação de que, aplicando de uma só vez, poderá prejudicar a cultura. Isto ocorrerá somente se o calcário for aplicado sem a devida antecedência e sem incorporação. Portanto, a ausência de incorporação do calcário implica na redução da dosagem, exigindo correções posteriores para neutralizar a acidez do solo.

O efeito do calcário no solo é duradouro e persiste por vários anos, usualmente acima de 5 anos. Assim, as doses necessárias, nos anos seguintes, para mantê-lo corrigido são, geralmente, pequenas e devem ser monitoradas por meio da análise química do solo.

## Referências

ALFAIA, S. S.; MAGALHÃES, F. F. M.; YUYAMA, K. Efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 18, n. 3/4, p. 13-25, 1988.

BASTOS, J. B.; SMYTH, T. J. **Efeito do calcário em Latossolo Amarelo muito argiloso na produção de culturas anuais**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1984. 5 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Pesquisa em andamento, 61).

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmido da região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade dos solos de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 2, p. 143-150, 1986.

KAMINSKI, J.; BOHNEN, H. Métodos para indicação da quantidade de corretivos da acidez em solos do Rio Grande do Sul. **Revista da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, v. 1, n. 2, p. 85-98, 1976.

KAMPRATH, E. J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 34, p. 252-254, 1970.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes**: aspectos agronômicos. São Paulo: ANDA, 1990. 60 p. (ANDA. Boletim técnico, 4).

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; SACCHETTO, M. T. D. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, v. 27, n. 17, p. 193-200, 1968.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 193-198, 1989.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. J. **Amazônia**: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416 p.

## Literatura recomendada

POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1989. 177 p.



# Uso de gesso na agricultura

---

*Edilson Carvalho Brasil  
Eduardo do Valle Lima  
Manoel da Silva Cravo*

## Importância do gesso na agricultura

O gesso é um produto que possui aplicação em uma série de atividades econômicas. Na agricultura, pode ser empregado como fornecedor de nutrientes – cálcio (Ca) e enxofre (S) –, condicionador de subsuperfície, minimizando os efeitos da acidez de subsolo, além de atuar na correção de solos sódicos. Conforme a legislação brasileira, o gesso é classificado como corretivo de sodicidade e condicionador de solo (Brasil, 2006).

Por ser um sal solúvel em água (sulfato de cálcio dihidratado –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), após sua aplicação no solo, o gesso pode liberar cálcio e enxofre, já que o produto apresenta, em média, 19% de cálcio e 15% de enxofre, representando uma importante fonte desses nutrientes para as culturas.

O produto tem sido classificado como condicionador do solo por promover alterações químicas no solo, principalmente nas camadas subsuperficiais, favorecendo o desenvolvimento das raízes em profundidade, estimuladas pela absorção de água e nutrientes em camadas mais profundas do solo. Essa condição confere maior tolerância às plantas, em ocasiões de déficit hídrico no solo, durante a ocorrência de veranicos e nos períodos de safrinhas, quando há redução dos índices pluviométricos, com menor disponibilidade de água no solo.

A redução da acidez do subsolo pode ocorrer em decorrência da movimentação de cátions, especialmente Ca, potássio (K) e magnésio (Mg) ao longo do perfil do solo, promovendo o aumento dos teores desses nutrientes no subsolo e a redução da saturação por alumínio, com diminuição dos efeitos tóxicos decorrentes de elevados teores do elemento.

Em solos sódicos, a aplicação de gesso fornece cálcio para a solução do solo, que substituirá o sódio no complexo de troca, o qual sofre o processo de lixiviação pela água de drenagem, na forma de sulfato de sódio. Nesses solos, os elevados teores de sódio causam a dispersão da argila, afetando fortemente as propriedades físicas do solo (porosidade, estrutura e condutividade hidráulica). Como o gesso possui efeito floculante no solo, a sua aplicação promove a redução da dispersão da argila, com o aumento da permeabilidade do solo, favorecendo a melhoria das propriedades físicas.

Em solos arenosos que possuem baixa fertilidade e reduzidos teores de matéria orgânica, as quantidades a serem aplicadas de gesso devem ser criteriosamente definidas, já que acima de 5 t/ha podem causar efeitos danosos para o desenvolvimento das culturas, em decorrência de uma remoção preferencial de Mg e K da camada superficial do solo para camadas mais profundas, fora do alcance das raízes. Em alguns tipos de solos, esse efeito de lixiviação de cátions pode ocorrer com doses inferiores a 2 t/ha. Portanto, nessas condições, a preocupação seria evitar a aplicação excessiva do produto para prevenir lixiviação.

Um aspecto importante é que o gesso não deve ser usado como um corretivo de acidez do solo, em razão de sua natureza química. Além disso, a sua adição em mistura com corretivos de acidez pode reduzir o poder relativo de neutralização total (PRNT) do produto final, em decorrência de não apresentar efeito neutralizante da acidez do solo. Portanto, a sua utilização não deve ser feita de forma indiscriminada, mas seguindo critérios técnicos para condições específicas dos diferentes tipos de solo e das culturas desejadas.

## Origem do gesso

Gesso é um termo genérico que tem sido usado como sinônimo de gipsita, gesso agrícola, fosfogesso e gesso propriamente dito.

A gipsita é um sulfato de cálcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) de origem mineral, abundante na natureza, geralmente ocorrendo associado à anidrita, que é o sulfato de cálcio anidro ou desidratado e possui pouca expressão econômica. Portanto, a gipsita é o termo mais adequado ao mineral em estado natural, o qual possui uma característica peculiar, que é a facilidade de desidratação e rehidratação.

Em sua forma natural, a gipsita tem sido bastante usada no setor industrial, no qual possui grande aplicação na fabricação do cimento, como retardador do tempo de pega, quando adicionado ao clínquer, que é um material sinterizado e peletizado empregado no fabrico do cimento Portland.

Por ser um mineral de baixa dureza, quando submetido a temperaturas em torno de 160 °C, a gipsita desidrata-se parcialmente, perdendo até 25% de água combinada, originando um hemidrato, conhecido comercialmente como “gesso” ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ). Essa forma possui seu maior mercado na construção civil, como estruturas pré-moldadas (placas de forro, blocos de divisória, placas de gesso acartonado e decoração) e opções de revestimento para paredes, bem como em indústrias diversas (fundição de cerâmicas e metalúrgicas, aglomerante do giz, moldes na ortopedia, prótese dental, obras artísticas e fabricação de plásticos, isolante térmico e acústico em mistura com outros materiais).

Na agricultura, a gipsita recebe a denominação de gesso agrícola, cuja utilização como corretivo de solos alcalinos possui registros muito antigos na Europa, remontando ao início do século 18. O primeiro registro da utilização do gesso como condicionador do solo foi o estudo publicado por Lavoisier, em um experimento na Suíça, no ano de 1768, em que foram observados benefícios no crescimento do trevo.

Atualmente, a gipsita tem sido extraída em diversos países do mundo, com produção mundial de 160 milhões de toneladas, em 2013, da qual o Brasil participou com 11%. Os principais depósitos de gipsita no Brasil ocorrem associados às bacias sedimentares conhecidas como Bacia Amazônica (Amazonas e Pará); Bacia do Meio Norte ou Bacia do Parnaíba (Maranhão e Tocantins); Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte); Bacia do Recôncavo (Bahia) e Bacia Sedimentar do Araripe (Piauí, Ceará e Pernambuco), sendo esta última considerada o principal polo produtor de gesso do País.

No Pará, as reservas descobertas, ainda na década de 1970, estão concentradas no município de Aveiro, na bacia hidrográfica do Rio Tapajós, representando 21,9% das reservas medidas do Brasil. Porém, o seu aproveitamento ainda é muito incipiente, correspondendo a 0,2% da produção nacional de gipsita no ano de 2013.

O gesso também pode ser obtido como subproduto de processos industriais de produção dos ácidos fosfórico, fluorídrico e cítrico. O produtor recebe a denominação particular de fosfogesso, quando originado do processo de produção de ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes fosfatados concentrados (superfosfato simples), por conter, em sua constituição, uma pequena quantidade de fósforo (0,5% a 0,8% de  $P_2O_5$ ), oriunda da rocha fosfatada original. Por ser um produto bastante utilizado na agricultura, o fosfogesso também tem sido denominado de gesso agrícola.

Durante o processo de produção de fertilizantes fosfatados concentrados, inicialmente, ocorre a etapa de acidulação da rocha fosfática (apatita), cuja decomposição se dá por meio de ataque com o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que acontece em dois estágios. No primeiro, o ácido sulfúrico reage com parte do minério fosfático, havendo a liberação do cálcio que se liga ao enxofre, originando o sulfato de cálcio (fosfogesso), enquanto o hidrogênio (H) do ácido sulfúrico interage com o composto fosfático, formando o ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Nesse processo, ainda, há a produção de ácido fluorídrico em menor quantidade. No segundo estágio, o ácido fosfórico, produzido na primeira etapa, ataca o mineral fosfático não reagido, formando fosfato monocálcico (superfosfato simples), gesso e ácido fluorídrico.

Produção de ácido fosfórico:



Produção de superfosfato simples:



Para cada tonelada de  $P_2O_5$  produzida, obtêm-se a ordem de 4 t a 5 t de gesso agrícola, que, há alguns anos, era um resíduo indesejável e comumente doado pelas indústrias do setor. Contudo, atualmente, este mesmo gesso, derivado da indústria do fosfato como subproduto da fabricação do adubo químico superfosfato simples, vem sendo comercializado como mais um insumo agrícola. O fosfogesso apresenta solubilidade de 2,4 g/L, que é muito maior do que a do calcário. O gesso tem solubilidade em água 22,7 vezes maior do que o carbonato de magnésio ( $MgCO_3$ ) e 172 vezes maior do que o carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ). Isto influenciará de maneira substancial na sua velocidade de reação de hidrólise ao ser aplicado no solo.

A maior parte do gesso agrícola utilizado no estado do Pará tem sido comercializada na forma de gipsita natural, originária de jazidas do Maranhão, município de Grajaú e, em menor proporção, do estado do Ceará. Por sua vez, o fosfogesso tem sido pouco comercializado no Pará, em decorrência das grandes distâncias das fontes produtoras, que são as indústrias de fertilizantes fosfatados, localizadas em Cubatão, SP, Uberaba, MG, e Catalão, GO.

## Ação do gesso agrícola no solo

A ação do gesso no solo pode variar em função do teor de matéria orgânica, da natureza da mineralogia da fração argila e do teor de argila no solo, sendo governada pelas propriedades eletroquímicas do solo.

Como o gesso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) é um sal solúvel em água, com a sua aplicação no solo em presença de umidade, inicia o processo de hidrólise do sulfato de cálcio, com a perda de suas moléculas de água. Nessa fase, aproximadamente 50% do gesso agrícola aplicado dissocia-se nos íons resultantes cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), que podem participar da troca iônica na superfície dos coloides do solo, atuando como fontes de cálcio e de enxofre para as plantas, conforme o esquema a seguir.



Além dos íons cálcio e sulfato, há a formação do complexo solúvel neutro de sulfato de cálcio ( $CaSO_4^0$ ), cuja eletroneutralidade possibilita a fácil movimentação ao longo do perfil do solo. Nesta forma, o sulfato de cálcio tem uma lixiviação livre no perfil, atingindo camadas mais profundas, podendo chegar até a 1 m de profundidade.

O íon sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) dissociado na superfície do solo, dependendo das condições e quantidades aplicadas, pode se associar a íons metálicos presentes na solução do solo, formando pares iônicos ( $MgSO_4^0$ ,  $K_2SO_4^0$  e  $MnSO_4^0$ ) que se movimentam para as camadas mais profundas, favorecendo a elevação dos teores desses cátions em profundidade, principalmente o cálcio, promovendo a melhoria das características químicas do subsolo.

No processo de troca iônica, o cálcio presente em maiores quantidades na solução do solo, pela aplicação de gesso agrícola, pode deslocar os íons de alumínio trivalente ( $Al^{3+}$ ) da superfície dos colóides para a solução do solo e os íons sulfato promovem a complexação do alumínio, formando a espécie química  $AlSO_4^+$ , que possui menor atividade na solução do solo e menor toxicidade para as plantas. A diminuição da atividade do íon  $Al^{3+}$  (tóxico às plantas) na solução do solo e no complexo de troca minimiza os efeitos de inibição do crescimento radicular e favorece o aprofundamento das raízes.

Portanto, o gesso não tem a função de corrigir a acidez e nem diminuir o  $Al^{3+}$  trocável do solo, mas de alterar a forma iônica do Al trivalente, que é mais tóxica, para uma forma menos tóxica. A ação do gesso na redução da acidez do solo tem sido relacionada à diminuição da saturação por alumínio, decorrente do aumento do teor de cálcio em profundidade, melhorando o ambiente radicular.

O íon sulfato ainda pode ser adsorvido por minerais de argila e óxidos de ferro e alumínio, dificultando a sua movimentação para as camadas mais profundas, já que as condições de eletroneutralidade da solução do solo exigem que os cátions sejam acompanhados por ânions, na forma de complexos ou de íons livres. A adsorção de sulfato favorece a redução da fixação de fósforo, uma vez que compete pelos mesmos sítios de adsorção do fosfato.

Quando aplicado em grandes quantidades na camada superficial (0 cm a 20 cm) do solo, o gesso promove o enriquecimento de  $Ca^{2+}$ , podendo ocasionar o desbalanço em relação às quantidades dos demais cátions presentes no solo, especialmente Mg e K. Na prática, os maiores problemas têm sido observados com relação ao  $Mg^{2+}$ , em que a aplicação de gesso pode favorecer a movimentação do nutriente para camadas mais profundas, ocasionando o seu desbalanço, em relação aos demais nutrientes. Com isso, maiores cuidados deverão ser tomados durante a calagem, dando-se preferência para materiais corretivos que contenham Mg na sua composição, como forma de aumentar os teores do nutriente no solo e reduzir as possibilidades de desbalanço nutricional.

Em relação ao  $K^+$ , apesar de haver a possibilidade de lixiviação, não são constatadas perdas substanciais por lixiviação excessiva desse nutriente, pois este possui a forma monovalente, isto é, só tem uma carga positiva disponível, enquanto o Ca e o Mg são bivalentes e o Al tóxico é trivalente. Assim sendo, ao dissociar-se do  $Ca^{2+}$ , o  $SO_4^{2-}$  terá preferência inicialmente pelo  $Al^{3+}$ , em função da maior força de ligação e depois pelo  $Mg^{2+}$ , ficando em último grau de associação o  $K^+$ .

No sistema de plantio direto (SPD), o efeito do calcário aplicado na superfície do solo tem menor influência na correção da acidez do subsolo, já que não há revolvimento do solo para a incorporação do calcário, como se verifica no sistema convencional. Nesse caso, a aplicação de gesso possui efeito complementar à calagem, promovendo a melhoria dos atributos químicos do subsolo e melhorando o ambiente radicular de camadas mais profundas do solo. Além disso, no SPD, o manejo químico de plantas daninhas tem gerado um acúmulo de grande volume de “palhada” sobre o solo. Isto vem promovendo o enriquecimento natural da superfície do solo, com a deposição de resíduos vegetais constituídos, basicamente, por gramíneas que possuem maiores teores de potássio.

Com a aplicação de gesso também haverá um maior volume radicular em profundidade, propiciando elevada reciclagem de K, que será disponibilizado, em grande quantidade, todas as vezes que se fizer o manejo da “palhada”, aumentando o K nas camadas superficiais do solo, mesmo que haja alguma lixiviação desse elemento em função do gesso aplicado. É bastante corriqueiro, em áreas de SPD, ou onde se efetue o manejo da “palhada” de gramíneas, constatar elevação gradual do K na profundidade de 0 cm a 20 cm, mesmo com a aplicação de gesso.

Além da melhoria dos atributos químicos do solo, o gesso pode promover melhorias nas características físicas, já que o produto possui efeito floculante das partículas do solo, favorecendo a agregação e reduzindo a dispersão da argila. O processo de floculação ou granulação aumenta a porosidade do solo, com elevação da permeabilidade e da capacidade de retenção de água, favorecendo o maior crescimento radicular, pela redução do estresse hídrico.

Alguns trabalhos têm demonstrado os efeitos positivos do gesso, no impedimento do encrostamento superficial, ou na redução do adensamento de camadas do subsolo, além de influir, de forma favorável, na condutividade hidráulica de solos.

## Importância do gesso para as culturas

O gesso deve ser considerado como um condicionador que será aplicado ao solo para resolver problemas específicos e em situações distintas, principalmente em profundidade, em que o calcário não consegue ter ação efetiva, na maioria dos casos. Portanto, o gesso não pode ser considerado um corretivo da acidez do solo. De modo geral, deve-se utilizar gesso porque os solos tropicais, em geral, são pobres em Ca e têm elevados teores de alumínio na camada arável e em subsuperfície. Neste sentido, a aplicação de gesso visa suprir as plantas com Ca e S na camada superficial do solo, como também elevar o teor de Ca da solução do solo em horizontes subsuperficiais.

O gesso, após hidrólise em profundidade, também tem como efeito adicional, em função do  $\text{SO}_4^{2-}$  que foi dissociado, diminuir a ação do  $\text{Al}^{3+}$ , como elemento tóxico para as raízes, reduzindo a principal fonte geradora de mais íons  $\text{H}^+$  em subsuperfície. Apesar de todos os benefícios, o gesso não soluciona o problema de acidez do solo. Então, o produtor deve trabalhar de forma integrada com a calagem e a gessagem, visando à melhoria do ambiente radicular para o aumento da produtividade.

O cálcio disponível em profundidade é fundamental para o crescimento e aprofundamento radicular, pois esse macronutriente secundário funciona como um ativador de crescimento para as raízes. É importante considerar que as raízes só crescem se o cálcio estiver concentrado próximo do ápice radicular, já que nessa região de crescimento ocorre a divisão e o alongamento celular. Com isto, as plantas podem apresentar um maior desenvolvimento radicular, tendo acesso a um maior volume de água e, conseqüentemente, usar de maneira mais eficiente os nutrientes adicionados ao solo pelas adubações.

Quando for necessário elevar a concentração de cálcio na solução do solo da camada arável, sem elevar o pH, o gesso pode ser utilizado como se fosse uma

espécie de condicionador do solo. Este seria o caso, principalmente, de culturas que são altamente exigentes em cálcio, mas devem ser cultivadas em solos ácidos, evitando a incidência de algumas doenças bacterianas.

Portanto, com a aplicação de gesso, as plantas aumentam o desenvolvimento do sistema radicular, buscando água em camadas mais profundas, reduzindo o estresse hídrico e, conseqüentemente, aumentando a produtividade. Esses efeitos benéficos do gesso já podem ser constatados no ano agrícola de aplicação para diferentes culturas.

## Aspectos gerais sobre o manejo do gesso no solo

Na utilização de gesso agrícola como um insumo para a construção e manutenção da fertilidade de solos tropicais, visando ganhos de qualidade e produtividade, algumas precauções devem ser tomadas quando a utilização for feita em conjunto com o calcário. Deve-se considerar a escolha do calcário a ser utilizado, a época da aplicação do gesso em relação à da aplicação do calcário e quando e como utilizar o gesso, em função do cultivo a ser realizado.

Neste caso, por ocasião do preparo de área, deve-se utilizar o calcário dolomítico, em decorrência da presença de Ca e Mg na constituição do corretivo, já que são conhecidos os problemas de desbalanço em relação ao Mg. Alguns problemas de desbalanço de molibdênio (Mo) têm sido relatados, em função da aplicação de gesso, em decorrência da inibição promovida pelo sulfato, havendo a necessidade de aplicação do micronutriente, via foliar, dependendo da cultura.

Deve-se evitar a aplicação de calcário e gesso ao mesmo tempo, pois haverá diminuição substancial do efeito do calcário como corretivo da acidez, já que a rápida dissolução do gesso irá saturar a solução do solo com cálcio, reduzindo ainda mais o tempo de hidrólise do corretivo. Não é recomendável, também, efetuar a aplicação de gesso antes do calcário, pelo fato de o gesso dissociar-se mais rapidamente e favorecer a retenção de cálcio de sítios de troca, além de manter grande quantidade do nutriente na solução do solo na forma de íon  $\text{Ca}^{2+}$ .

Outro aspecto importante diz respeito ao íon sulfato que ficará em grande parte adsorvido aos coloides do solo, pois não houve correção da acidez e elevação do pH. Dessa forma, a lixiviação do sulfato como íon acompanhante de cátions trocáveis (principalmente Ca e Mg) para camadas mais profundas será bem menor do que com a aplicação do calcário antes do gesso.

A aplicação do calcário deve ser realizada de 60 a 90 dias antes da aplicação do gesso, desde que haja umidade suficiente no solo (Borkert et al., 1987). Assim, o  $\text{Ca}^{2+}$  do carbonato de cálcio e magnésio ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) do calcário dolomítico irá ocupar a maior parte dos coloides, havendo aumento do pH do solo com a correção da acidez pelo íon carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Após essas reações, na aplicação do gesso, tanto o  $\text{Ca}^{2+}$ , como o  $\text{SO}_4^{2-}$ , ficarão em maior quantidade na solução do solo. Como houve a elevação anterior do pH pelo corretivo, ocorrerá menor adsorção de sulfato, que poderá lixiviar, carregando consigo notadamente Ca e Mg que se encontrem dissolvidos na solução do solo.

Em culturas anuais e produtoras de grãos, a aplicação do gesso, a lancha e em superfície, antes do calcário, deve ser efetuada anteriormente ao plantio,

mais especificamente durante o preparo de área, que deve necessariamente coincidir com o início das primeiras chuvas (fim do período seco), ainda quando o período chuvoso realmente não se estabeleceu. Dessa forma, considerando um planejamento mais amplo, anteriormente à própria aplicação do gesso, deve estar prevista a coleta de solo para análise simples de fertilidade, em que, além de importantes informações, como CTC, teor de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , a análise textural se faz necessária, para determinação do teor de argila que será necessário para os cálculos da necessidade de gesso.

Deve-se atentar para o fato de que o efeito do período seco, sobre as culturas, será mais severo nos solos arenosos, em razão da baixa capacidade de retenção de água. Mesmo assim, o gesso propicia uma melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade, proporcionando um melhor aproveitamento da água e dos nutrientes disponíveis.

A aplicação de gesso objetiva evitar que os produtores corram grande risco de perdas de produtividade, devido ao período seco, pois as raízes tendem a crescer somente onde o calcário foi incorporado, tendo um volume pequeno e superficial de solo para explorar água disponível. Com a aplicação de gesso, para as culturas produtoras de grãos em “safrinha”, haverá uma diminuição dos riscos climáticos por falta de água suficiente em momentos cruciais para a definição da produtividade.

Em culturas perenes recém-transplantadas, ainda no seu primeiro ano na área definitiva, a gessagem pode ser uma grande aliada, no intuito de acelerar o desenvolvimento das raízes das mudas no campo, elevando o vigor para transpor o primeiro período de seca e aumentando o número de mudas efetivamente estabelecidas. Da mesma forma, para culturas perenes já estabelecidas, a aplicação de gesso a lanço e em superfície reveste-se de importância para atuar no aumento de Ca e Mg em subsuperfície, permitindo um maior aprofundamento do sistema radicular, tendo-se um menor déficit hídrico no período seco do ano e maior eficiência na absorção dos nutrientes, acompanhado de ganhos reais em termo de produtividade.

Na abertura de uma área nova para implantação de pastagem, o gesso pode ser incorporado ao solo. Caso haja problema para incorporá-lo, não incorpore, pois, pelo fato de a camada arável ter recebido aplicação de calcário e adubos fosfatados, o gesso, ao se dissolver na água, passa pelo perfil do solo, ficando retido em até 1 m de profundidade, dependendo da dose aplicada.

## **Critérios de recomendação da necessidade de gesso**

A definição da quantidade de gesso a ser utilizada está diretamente relacionada à sua finalidade de uso. Conforme já mencionado anteriormente, o gesso pode ser utilizado como fonte de Ca e S, na correção de deficiências desses nutrientes na camada superficial do solo, visando suprir as necessidades nutricionais das plantas, bem como para a correção de camadas subsuperficiais de solos com baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e elevados teores de  $\text{Al}^{3+}$ , como forma de melhorar o ambiente radicular das plantas.

A utilização de gesso como fonte de Ca e S para as plantas deve levar em conta as necessidades nutricionais das plantas, além das quantidades desses nutrientes existentes nos solos. Nesse caso, a análise química da camada superficial do solo é muito importante para indicar os teores em que esses nutrientes encontram-se no solo e suas faixas de classificação (baixo, médio ou alto), conforme indicado anteriormente, no Capítulo 4 da Parte 1 deste livro.

O uso de gesso agrícola para a correção de deficiência de S deve levar em conta o resultado da análise do solo. A aplicação de 500 kg/ha a 1.000 kg/ha de gesso seria suficiente para suprir as deficiências desse nutriente na maioria das plantas cultivadas, já que correspondem a quantidades equivalentes de 75 kg/ha a 150 kg/ha de S. Considerando essa utilização, a textura do solo deve ser considerada, já que o teor disponível do nutriente possui influência da capacidade tampão de sulfatos dos solos, como ocorre com os fosfatos, porém com menor intensidade. Assim, solos com maiores teores de argila tendem a possuir maior capacidade de adsorção de sulfatos, exigindo a aplicação de maiores quantidades, para manter o S em teores disponíveis e adequados para as culturas.

O fornecimento de gesso pode ser uma alternativa interessante para atender às necessidades de Ca das plantas, especialmente para culturas altamente exigentes, como amendoim, batata, tomate, maçã, café, citros e manga. A aplicação de mil quilos de gesso agrícola (20% de umidade) por hectare corresponde ao fornecimento de 200 kg/ha de Ca, o que pode elevar o teor do nutriente no solo em  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ .

Para a correção de camadas subsuperficiais, visando à melhoria do ambiente radicular das plantas, o gesso agrícola pode ser aplicado como condicionador de solo e a necessidade de aplicação deve ser determinada com base nos resultados da análise de solo, a partir de amostragem feita em subsuperfície.

A avaliação da camada superficial do solo (0 cm a 20 cm) pode servir de indicativo para uma investigação em maior profundidade. Portanto, se o valor de saturação por alumínio na camada superficial encontrar-se acima de 10%, haverá grande possibilidade de que os valores sejam maiores em profundidade, indicando a necessidade de nova coleta de amostra de solo em subsuperfície, já que valores dessa ordem podem ser prejudiciais ao crescimento radicular das plantas.

Para efeito de avaliação da necessidade de gesso, a amostragem de solo deve ser feita na profundidade de 20 cm a 40 cm, para culturas anuais, e de 60 cm a 80 cm, para culturas perenes. Caso haja dificuldade na amostragem indicada, pode-se fazer somente na camada de 30 cm a 50 cm. A utilização de gesso agrícola somente deve ser recomendada quando a análise química do solo nessas profundidades apresentar valores de saturação por  $\text{Al}^{3+}$  maior que 20% ou de  $\text{Ca}^{2+}$  menor que  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$  ou saturação por bases menor que 35%.

Após a constatação da necessidade de proceder a aplicação de gesso agrícola para a definição da quantidade a ser aplicada ao solo, deve-se utilizar algum critério de recomendação para a estimativa da necessidade de gessagem. Os principais critérios para a recomendação de gesso agrícola levam em consideração o teor de argila do solo (Alvarez et al., 1999; Sousa et al., 2005), o

P remanescente (Alvarez et al., 1999), a saturação por bases (V%) e a CTC das camadas subsuperficiais (Vitti et al., 2008). Além disso, a recomendação pode ser feita, ainda, com base na determinação da necessidade de calcário (Alvarez et al., 1999). Os critérios mais usados para a recomendação de gesso agrícola serão apresentados a seguir.

## Recomendação com base na textura do solo

Os principais critérios de recomendação de gessagem, com a finalidade de melhoria do ambiente radicular em subsuperfície, são aqueles baseados na textura do solo, em que utiliza-se o teor de argila, em porcentagem (%) ou grama por quilo (g/kg). Portanto, nesse caso, há necessidade de ter disponível o teor de argila da camada que se pretende corrigir.

Por esse critério, dois métodos podem ser usados para estimar a necessidade de gessagem. O primeiro é o método descrito por Souza et al. (2005), que estima a quantidade de gesso agrícola utilizando-se as seguintes equações:

a) Culturas anuais:

$$NG \text{ (kg/ha)} = 50 \times \text{Argila (\%)} \text{ ou } NG = 5,0 \times \text{Argila (g/kg)}$$

Em que, NG = necessidade de gesso.

b) Culturas perenes:

$$NG \text{ (kg/ha)} = 75 \times \text{Argila (\%)} \text{ ou } NG = 7,5 \times \text{Argila (g/kg)}$$

Com base nessas equações, as recomendações de doses de gesso podem ser definidas em função da classificação textural do solo, conforme descrito na Tabela 1 (Sousa et al., 2005).

**Tabela 1.** Recomendação de gesso agrícola em função da classe textural do solo, para culturas anuais e perenes.

Textura do solo	Dose de gesso agrícola	
	Culturas anuais (kg/ha)	Culturas perenes (kg/ha)
Arenosa (< 15% argila)	no máximo 700	no máximo 1.125
Média (16% a 35% argila)	800 até 1.750	1.200 até 2.625
Argilosa (36% a 60% argila)	1.800 até 3.000	2.700 até 4.500
Muito argilosa (> 60% argila)	a partir de 3.050	a partir de 4.575

Fonte: Sousa et al. (2005).

As doses de gesso recomendadas na Tabela 1 apresentam efeito residual de, no mínimo, 5 anos, podendo se estender até 15 anos, dependendo do solo, não sendo necessário reaplicá-lo em igual período. Com relação ao possível desbalanço com molibdênio, para as culturas mais exigentes quanto a esse nutriente, recomenda-se a aplicação, via foliar, de 100 g/ha de Mo (Cabrera, 2014).

O segundo método de recomendação da necessidade de gesso é o descrito por Alvarez et al. (1999), que estima a quantidade de gesso agrícola a partir do teor

de argila de uma camada subsuperficial de 20 cm de espessura. Nesse caso, a quantidade pode ser definida pela seguinte equação:

$$NG \text{ (t/ha)} = 0,00034 - 0,002445X^{0,5} + 0,0338886X - 0,00176366X^{1,5}$$

Em que:

X = teor de argila da camada subsuperficial, em porcentagem.

NG = necessidade de gesso.

Faz-se importante ressaltar que a quantidade de gesso obtida por essa equação deve ser utilizada em uma camada de 20 cm de espessura. No caso de camadas com maior espessura, a quantidade final de gesso deve ser corrigida utilizando-se a equação a seguir:

$$QG \text{ (t/ha)} = NG \frac{EC}{20}$$

Em que:

QG = quantidade de gesso a ser aplicada.

NG = necessidade de gesso.

EC = espessura da camada a ser corrigida.

## Recomendação com base na determinação da necessidade de calcário

Esse critério tem como base de cálculo a necessidade de calcário (NC), determinada pelo método de saturação por bases ou do  $Al^{3+}$  e  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ , cujos atributos foram obtidos pela análise do solo efetuada em amostras da camada que se deseja corrigir. O critério preconiza que o ambiente das raízes das plantas pode ser melhorado quando se efetua a aplicação de gesso agrícola na dose de 25% da necessidade de calcário, calculada na camada subsuperficial (Alvarez et al., 1999). Desse modo, a necessidade de gesso pode ser calculada pela expressão:

$$NG \text{ (t/ha)} = 0,25 \text{ NC (t/ha)}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário calculado pelo método de saturação por bases ou do  $Al^{3+}$  e  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  (ver capítulo 10), determinados na camada a ser corrigida.

Para espessura de camada maior que 20 cm, utilizar a expressão:

$$QG \text{ (t/ha)} = NG \frac{EC}{20}$$

## Recomendação em função da saturação por bases e da capacidade de troca catiônica

Esse critério considera as alterações nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  do solo a partir da aplicação de quantidades determinadas de gesso agrícola. Considerando que a aplicação de 1 t/ha de gesso eleva o teor de bases (Ca) do solo em  $5,0 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ , conforme a seguinte equação (Vitti et al., 2008):

$$\text{NG} = \frac{(\text{V2} - \text{V1}) \text{ CTC}}{50}$$

Em que:

NG = necessidade de gesso (t/ha).

V2 = saturação por bases esperada (50%).

V1 = saturação por bases atual do solo na camada de 20 cm a 40 cm ou 25 cm a 50 cm (em %).

CTC = capacidade de troca catiônica na camada de 20 cm a 40 cm ou 25 cm a 50 cm (em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ).

Na literatura, há diversos outros critérios para calcular a necessidade de gesso, cujos princípios se fundamentam em aspectos comuns. No entanto, todos os critérios disponíveis até o momento possuem fundamentos empíricos, que atendem condições muito específicas para o meio em que foram desenvolvidos, não havendo estudos comparativos conclusivos, do ponto de vista econômico, abrangendo a eficiência para diferentes culturas, tipo de solo, clima e sistemas de manejo do solo.

## Referências

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; LANTMANN, A. F. **Considerações sobre o uso de gesso na agricultura**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 5 p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado técnico, 40).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006. Normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, 12 jul. 2016. Seção 1. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-correctivos.pdf/view>>. Acesso em: 12 maio 2019.

CABRERA, R. **Uso de gesso agrícola na agricultura brasileira**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=OsTmakn1mAc>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 32).

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. de E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: ESALQ/GAPE, 2008. 104 p.

## Literatura recomendada

BRASIL, E. C.; COSTA, S. D. A. da; DANTAS, R. C. R.; HUNGRIA, L. C. da. Influência da aplicação de gesso sobre atributos químicos do solo e produção de milho e soja sob sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 36., 2017, Belém, PA. **Amazônia e seus solos: peculiaridades e potencialidades**. Belém, PA: SBCS, 2017.

COSTA, S. D. A. da. **Uso combinado de calcário e gesso sobre atributos químicos do solo, nutrição e produção de milho**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronomia Ceres, 1979. 255 p.

PAVAN, M. A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, 1983, Londrina. [**Anais**]. Londrina: IAPAR: ANDA: PPI: IPI, [1983?]. p. 47-63.

SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S. Aluminum and calcium constraints to continuous crop production in a Brazilian Amazon Oxisol. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 5, p. 843-850, 1992.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. [**Anais**]. São Paulo: IBRAFOS, 1992. p. 139-158.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. **Revista Visão Agrícola**, n. 09, p. 30-34, jul./dez. 2009.



# Hidroponia

---

*Rafaelle Fazzi Gomes  
Welliton de Lima Sena  
Joaquim Alves de Lima Junior  
Elka Odila Leitão Pereira Sena*

## Importância

O termo hidroponia vem do grego (*hidro*, que significa água, e *ponos*, trabalho), ou seja, “trabalho na água” ou cultivo sem solo. Apesar de ser uma técnica relativamente antiga, o termo hidroponia só foi utilizado em 1953, pelo americano Dr. Willian F. Geriche, da Universidade da Califórnia, conhecido por muitos como o pai da hidroponia.

A hidroponia é uma técnica de cultivo protegido no qual o solo é substituído por uma solução nutritiva que circula entre as raízes, contendo todos os minerais necessários para o pleno desenvolvimento da planta, como macronutrientes e micronutrientes. Essa técnica de cultivo permite produzir hortaliças, frutos e flores (Graves, 1983; Jensen; Collins, 1985; Resh, 1997; Gomes et al., 2012). Na hidroponia, as raízes podem estar em meio líquido ou apoiadas em substrato sólido inerte (areia lavada e casca de arroz carbonizada, por exemplo).

No Brasil, essa técnica entrou em expansão no início da década de 1990, em São Paulo, tendo como pioneiros Shiguero Ueda e Takanori Sekine, que trouxeram a técnica do Japão (Rodrigues, 2002).

No Pará, segundo Lopes et al. (2001), a produção comercial hidropônica começou em 1994, na colônia de Apeú, município de Castanhal, localizada a 63 km de Belém. A atividade teve início com a produção de alface em bancadas com telhas de amianto, recobertas com cascalho. No interior do estado, já é possível, em virtude da ousadia e coragem de alguns produtores, encontrar hidrocultores bem sucedidos, utilizando cultivares e sistemas hidropônicos com métodos já adaptados para a região, como nas cidades de Altamira, Marabá e Santarém, que abastecem os mercados e feiras locais (Silva, 2009).

Atualmente, essa técnica está difundida em diversos municípios do estado, produzindo, além de alface, coentro, rúcula, jambu, alface-roxa e agrião, em que o sistema hidropônico utilizado é a técnica do fluxo laminar de nutrientes (nutrient film technique - NFT). Esse sistema consiste basicamente de um reservatório de solução nutritiva, um sistema de bombeamento, bancadas de cultivo e um sistema de retorno ao tanque. Com isso, a solução nutritiva é levada do reservatório até os perfis de cultivo por bombeamento, escoando por gravidade e formando uma lâmina de solução que abastece as raízes.

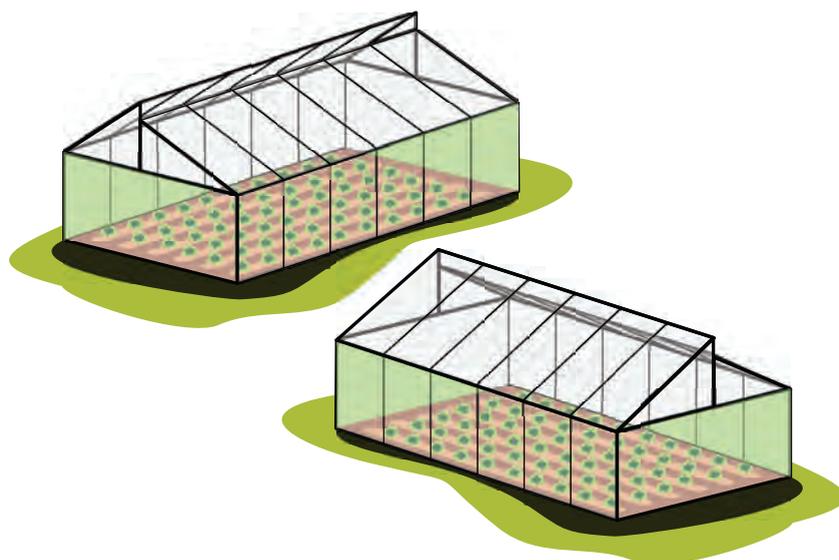
A hidroponia apresenta resultados satisfatórios aos produtores, em razão de uma maior produtividade, se comparado aos sistemas tradicionais, o que se deve a múltiplos fatores, tais como: o aumento da proteção da cultura contra fitopatógenos (quando aliado ao emprego do cultivo protegido), consequente diminuição no uso de produtos fitossanitários, uso racional da água, podendo ser 70% mais econômico do que outros sistemas, diminuição no uso de insumos e possibilidade de plantio fora de época.

Como principal desvantagem temos o alto custo de implantação, pela necessidade de bancadas, mesas, sistemas hidráulicos, elétricos, geradores de energia e construção de estruturas, no caso do uso de cultivo protegido. Eventuais falhas, em alguma das partes dessa infraestrutura, podem representar grandes perdas na produção, já que o sistema depende do bom funcionamento desses fatores e, por essa razão, se faz necessária a constante manutenção do sistema.

## Tipos de sistemas hidropônicos

A baixa produção de hortaliças na Amazônia se deve, em parte, à dependência dos fatores climáticos, como temperaturas elevadas e alta precipitação pluviométrica (Lopes et al., 2001), dificultando a adaptação de diversas variedades de espécies olerícolas. Por causa dessas dificuldades, a técnica de cultivo protegido de hortaliças é uma alternativa promissora, com o controle parcial dos fatores climáticos, possibilitando aos olericultores produzir durante as entressafras, obter produtos de qualidade, aumentar a produção e diminuir o uso de defensivos.

Por se tratar de um cultivo protegido, o sistema hidropônico normalmente é feito em casas de vegetação, com formato em arco e em capela, devendo levar em consideração as condições climáticas do estado do Pará. Portanto, recomenda-se altura mínima de pé direito de 3,5 m a 4,0 m (Purqueiro; Tivelli, 2006), com o semilanternim para a saída do ar quente, conforme Figura 1.

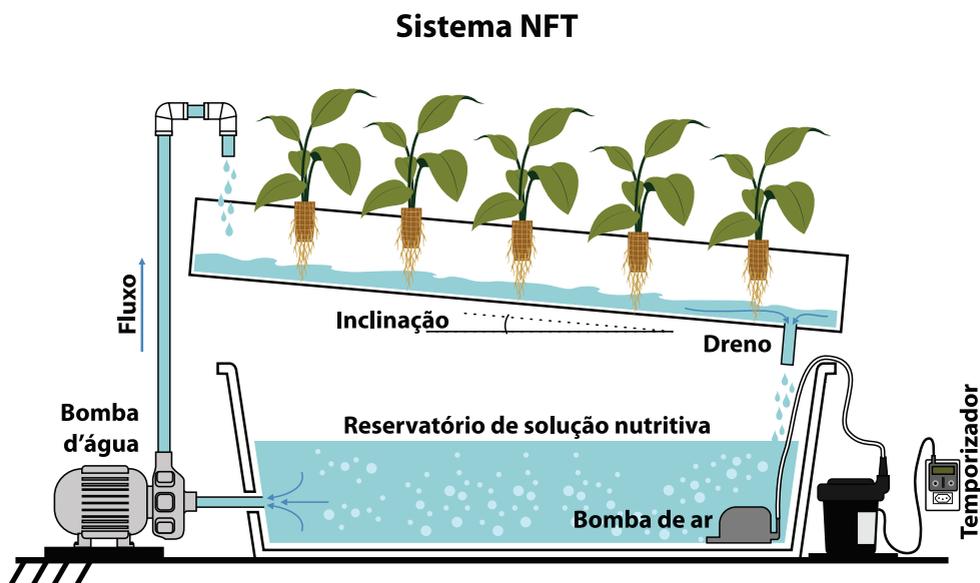


**Figura 1.** Modelo de casa de vegetação tipo capela, com semilanternim, para cultivo protegido hidropônico. Ilustração: Vitor Lôbo

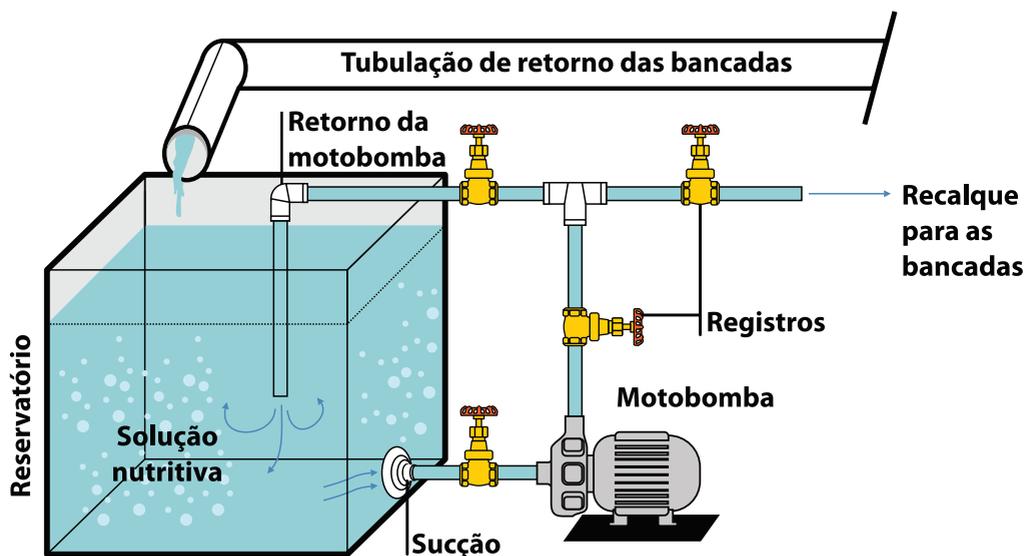
Devido à abundância de madeiras na região, predominam, ainda, casas de vegetação construídas no modelo de capela. No entanto, alguns produtores da região sul do estado possuem sistemas hidropônicos a céu aberto, com ou sem sombrite.

Dessa forma, os modelos de sistema hidropônico classificam-se pela forma de aproveitamento da solução nutritiva, sendo eles de circulação aberta e de circulação fechada. Nas hidroponias de circulação aberta, a solução nutritiva não retorna ao reservatório após ter contato com o ambiente radicular das plantas. Exemplos desse tipo de sistema são os cultivos em substratos sólidos (vermiculita, fibra de coco, casca de arroz). Nos modelos de circulação fechada da solução nutritiva, os nutrientes são reaproveitados após circular pelo sistema radicular das plantas, havendo três modelos: técnica do fluxo laminar de nutrientes (nutrient film technique - NFT), técnica da lâmina profunda (deep film technique - DFT) e aeroponia.

A técnica predominante do cultivo sem solo no estado do Pará é o NFT, em que as plantas são transplantadas para bancadas contendo tubos em polietileno ou PVC (Figura 2), com diâmetros de 50 mm a 75 mm, conforme a arquitetura da planta. Esse sistema é composto basicamente de um reservatório de solução nutritiva, um sistema de bombeamento, o setor de automação, as bancadas de cultivo e um sistema de retorno ao tanque. As bancadas podem apresentar largura de 1,5 m a 2,0 m, com comprimento variando de 6 m a 24 m, com declividade variando de 2% a 3%, representado na Figura 3.



**Figura 2.** Esquema do sistema NFT de cultivo hidropônico.  
Ilustração: Vitor Lôbo



**Figura 3.** Detalhamento do esquema do sistema hidropônico NFT: reservatório, motobomba, alimentação e retorno.

Fonte: Adaptado de Furlani et al. (1999).

Ilustração: Vitor Lôbo

Nesse sistema, a solução nutritiva é levada do reservatório até os perfis de cultivo por bombeamento, escoando por gravidade e formando uma lâmina de solução que abastece as raízes. A arquitetura de montagem promove oxigenação na saída da solução para a bancada, na coleta da solução, após passar pelas raízes e no retorno ao depósito.

Outro mecanismo que promove oxigenação na solução nutritiva são interrupções de fluxo em curtos espaços de tempo. Geralmente são programados 15 minutos de bombeamento, intercalados com 15 minutos de interrupção na circulação da solução. Já durante o período noturno, o sistema de bombeamento só é ligado duas vezes (às 2h e às 4h da manhã), mantendo as raízes úmidas, funcionando por 15 minutos.

Outra técnica de cultivo hidropônico é a técnica da lâmina profunda ou *floating* (DFT), em que são construídas bancadas em forma de tanques rasos ou piscinas, nos quais a solução nutritiva é depositada e permanece com uma lâmina constante de 5 cm a 20 cm de profundidade, sendo a cultura inserida em placas flutuantes de poliestireno. Nesse sistema, as raízes ficam permanentemente submersas, sendo a solução renovada periodicamente. Não é muito indicada para nossa região, em razão das condições climáticas de altas temperaturas, que ocasionam problemas na oxigenação do sistema radicular.

Temos ainda o sistema hidropônico em aeroponia, no qual a pulverização da solução nutritiva ocorre diretamente no sistema radicular da planta, por meio de microaspersores ou nebulizadores, com frequência e turnos programados. Nesse sistema as plantas se desenvolvem em tubos ou placas de PVC dispostos

em posição vertical ou inclinada, ocupando o espaço em sentido vertical, de modo que as raízes ficam em presença do ar e a solução nutritiva é aspergida em intervalos de curto tempo.

Vários autores na literatura relacionam algumas vantagens e desvantagens desses sistemas de cultivo, principalmente quanto aos aspectos de qualidade e controle fitossanitário (Castellane; Araújo, 1995; Resh, 1997) das plantas. Além disso, por serem estabelecidos dentro de casas de vegetação, recebem os efeitos de proteção contra chuvas, fator de extrema importância para o cultivo de hortaliças na Amazônia (Martins et al., 1999). Com isso, normalmente são compensados os custos de implantação da atividade. Os produtos hidropônicos também vêm alcançando o dobro do preço de venda, em relação ao produto cultivado de forma tradicional.

## Produção de mudas

Como etapa decisiva para o sucesso de qualquer cultivo, a produção de mudas contribui para a eficiência do sistema hidropônico, como precocidade e aspectos sanitários, eficiência operacional, bem como a qualidade do produto final.

As mudas para cultivo hidropônico são formadas em bandejas de poliestireno expandido ou polietileno, de 128, 200 ou 288 células, ou ainda em espuma fenólica. Algumas opções interessantes de substratos, quando utilizando bandejas, são os seguintes: vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada.

Porém, atualmente, a mais recomendada é a espuma fenólica, pela praticidade e por ser mais higiênica, além de prover um bom apoio para a muda pequena, sendo altamente higroscópica, o que propicia a manutenção ideal da umidade. Com o uso da espuma, é dispensado o uso de bandejas na construção do *floating*, pois, após a emergência, as mudas são transplantadas diretamente para os canais de crescimento (Silva Júnior et al., 1995).

De acordo com Makishima et al. (1998), os produtores hidropônicos podem produzir suas próprias mudas ou adquiri-las de viveiros idôneos que produzam mudas saudáveis e com garantia de qualidade. No caso de se optar por produzir as próprias mudas, os produtores devem adquirir sementes de firmas idôneas e escolher as variedades adaptadas à região.

Uma vez produzida, a muda será transplantada para as bancadas de cultivo, obedecendo os mesmos espaçamentos utilizados no sistema convencional. Para alface, 0,25 m x 0,25 m ou 0,25 m x 0,30 m; jambu 0,2 m x 0,2 m a 0,2 m x 0,25 m; rúcula 0,15 m x 0,20 m a 0,20 m x 0,20 m; coentro 0,10 m x 0,15 m.

É importante ressaltar que, além das folhosas, espécies como tomate, pepino, melão, minimelancia, ou seja, hortaliças frutos, são perfeitamente conduzidas nesse sistema hidropônico NFT.

## Solução nutritiva

Segundo Resh (1992), um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como sobre sistemas de cultivo sem solo (hidroponia), é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita. Assim, a solução nutritiva,

em um sistema hidropônico, deve atender às necessidades da planta, estando devidamente ajustada às relações entre os nutrientes (macros e micros), de tal forma que estes possam proporcionar o pleno desenvolvimento da planta.

Os nutrientes em sistemas hidropônicos devem ser fornecidos de forma balanceada, conforme o ciclo de desenvolvimento das culturas, evitando-se perdas, deficiências e excessos.

De acordo com Furlani et al. (1999), a solução nutritiva é, talvez, a parte mais crítica de toda a instalação de um sistema hidropônico, tendo o produtor a possibilidade de utilizar kits prontos ou fazer a própria dosagem para a solução.

Muitas fórmulas de soluções nutritivas têm sido usadas e avaliadas quanto à produtividade. Em geral, as soluções nutritivas utilizadas têm como base a solução proposta por Hoagland e Arnon, em 1938, na qual os macronutrientes e os micronutrientes muito se assemelham aos atualmente preconizados.

Na Tabela 1 encontram-se recomendações de soluções nutritivas de Castellane e Araújo (1995), Furlani et al. (1999) e Basso e Bernardes (1993), para hortaliças folhosas, como, alface, agrião, rúcula, jambu e coentro.

**Tabela 1.** Recomendações de soluções nutritivas para hortaliças folhosas.

Fonte de macronutrientes (g/1.000 L)	A	B	C
Nitrato de cálcio Hydro	1.200	950	750
Nitrato de potássio	900	500	260
Fosfato de potássio	272	-	-
Sulfato de magnésio	246	400	500
Monoamônio fosfato (MAP)	-	150	150
Cloreto de potássio	-	150	250
Fonte de micronutrientes (g/L) <sup>(1)</sup>	A	B	C
Sulfato de manganês	1,70	1,15	1,66
Cloreto de manganês	-	1,17	-
Bórax	2,85	-	-
Ácido bórico	-	1,50	2,86
Sulfato de zinco	1,15	0,50	0,22
Sulfato de cobre	0,19	0,15	0,08
Molibdato de sódio	0,12	0,15	0,025
Fe-EDTA 6% (ferrilene)	-	30	-

<sup>(1)</sup>Usar 1 L da mistura para cada mil litros de solução de cultivo.

Fonte: Adaptado de (A) Castellane e Araújo (1995); (B) Furlani et al. (1999); (C) Basso e Bernardes (1993).

Segundo Furlani et al. (1999), no preparo da solução nutritiva existe uma sequência correta de adição de sais. Os compostos devem ser pesados individualmente, identificados e ordenados próximo ao reservatório onde será preparada a solução nutritiva. Essa operação deve ser cuidadosa, pois qualquer engano nessa etapa poderá comprometer todo o sistema.

Nas embalagens estão as misturas de macronutrientes, com exceção do nitrato de cálcio, haja vista que este, segundo Steijn (1997), forma compostos insolúveis com fosfatos e sulfatos. A mistura é dissolvida em um recipiente com água e

depois adicionada no reservatório. Ao colocar a mistura no reservatório, ele já deverá estar cheio pela metade.

O nitrato de cálcio deve ser dissolvido separadamente e adicionado em seguida, depois vem a mistura de micronutrientes, que poderá ser preparada em maior quantidade e armazenada. As misturas de micronutrientes não contêm ferro, basta medir a quantidade certa e adicionar no tanque. Após acrescentar os micronutrientes, completa-se o nível da solução no reservatório e mistura-se bem (Soares, 2002). Em seguida, acrescenta-se o ferro, pois ele é pouco solúvel e deve ser colocado na forma complexada com EDTA para ficar dissolvido e disponível para as plantas.

Após a adição dos sais, é necessário fazer a medição do pH, que deverá ficar na faixa de 5,5 a 6,5. Se o pH estiver acima do valor indicado, recomenda-se adicionar ácido sulfúrico ou ácido clorídrico, ou até mesmo o vinagre (ácido acético), para reduzi-lo. Por sua vez, pode ser utilizado o hidróxido de sódio (NaOH) para elevar o pH. O ácido deve ser misturado com um pouco de água e depois colocado aos poucos no reservatório. Mistura-se bem e mede-se de novo o pH, até chegar ao valor certo. Se o pH estiver abaixo de 5,5, faz-se a correção com hidróxido de potássio, hidróxido de sódio ou cal virgem (Soares, 2002). Essa avaliação precisa ser realizada diariamente, com auxílio de um peagâmetro, para manter uma faixa ideal de absorção dos nutrientes.

Uma outra opção de formulação para solução nutritiva, dessa vez para hortaliça fruto, é a recomendação de Furlani et al. (1999), apresentada na Tabela 2 a seguir. Essa recomendação já foi utilizada nas condições de Belém, PA, para cultivo de minimelancia, em sistema NFT.

**Tabela 2.** Recomendação de solução nutritiva para hortaliça fruto.

Fertilizante	Quantidade (g/100 L)
Macronutrientes	
Nitrato de potássio	277,0
Nitrato de cálcio	805,0
Fosfato monoamônico	155,0
Sulfato de magnésio	240,0
Cloreto de potássio	238,0
Micronutrientes	
Fe-EDTA 6% (ferrilene)	36,00
Sulfato de manganês	3,54
Sulfato de cobre	0,12
Ácido bórico	3,60
Molibdato de sódio	0,12
Sulfato de zinco	1,15

Fonte: Furlani et al. (1999).

Vale ressaltar que ainda não existe uma recomendação específica de soluções nutritivas utilizadas para folhosas como jambu, que é muito produzido e consumido no Pará, utilizando-se, para seu cultivo, adaptações das recomendações de folhosas como alface e rúcula.

Culturas como o tomate costumam ter quantidades diferentes de alguns fertilizantes, em função da fase de desenvolvimento, ou seja, fase vegetativa e fase reprodutiva. De acordo com Castellane e Araújo (1995), temos a seguinte recomendação para tomate (Tabela 3).

**Tabela 3.** Solução nutritiva para a cultura do tomateiro.

Fertilizante	Solução A <sup>(1)</sup>	Solução B <sup>(2)</sup>
Macronutrientes (g/1.500L)		
Nitrato de potássio	300	300
Sulfato de magnésio	750	750
Fosfato de potássio	405	405
Sulfato de potássio	150	150
Nitrato de cálcio	750	1020
Micronutrientes (g/1.500L)		
Ferro EDDHMA 6,5%	37,50	37,50
Ácido bórico	7,50	7,50
Sulfato de manganês	6,75	6,75
Sulfato de cobre	0,37	0,37
Molibdato de sódio	0,15	0,15
Sulfato de zinco	1,18	1,18

<sup>(1)</sup>Recomendação para fase vegetativa; (2) Recomendação para a fase de floração e frutificação.  
Fonte: Castellane e Araújo (1995).

## Manejo da solução nutritiva

Por estar em constante circulação pelo sistema radicular, o monitoramento da solução torna-se de extrema importância nos sistemas hidropônicos fechados. O monitoramento visa identificar e corrigir essas modificações para que o produto final possa ser de boa qualidade. No monitoramento da solução nutritiva são observadas mudanças que ocorrem no volume, temperatura, oxigenação, pH e condutividade elétrica.

O volume da solução tende a diminuir, em razão da absorção pelas plantas e, também, pela evapotranspiração. Assim, a água deve ser repostada quando necessário e só depois de completar o volume do reservatório é que devem ser realizadas as demais operações de monitoramento. Geralmente a reposição do volume é feita uma vez ao dia.

As plantas têm melhor desenvolvimento quando o ambiente radicular apresenta temperatura em torno de 28 °C. A elevação da temperatura da solução nutritiva para níveis superiores a 32 °C deve ser evitada, pois, à medida que a temperatura da solução aumenta, o ponto de saturação do oxigênio diminui, resultando em redução da atividade radicular e no aparecimento de lesões nas raízes. Outro problema provocado pela alta temperatura é a incidência de *Pythium* sp. Logo, escolher locais sombreados e enterrar o recipiente no solo ajudaria no resfriamento da solução.

Para avaliar a concentração de sais na solução nutritiva, mede-se a condutividade elétrica, considerando-se como adequados valores de aproximadamente 1,6 mS/cm, para hortaliças folhosas, e de 3,5 mS/cm para hortaliças fruto. Para

esse monitoramento, é utilizado um aparelho chamado de condutivímetro. No caso de condutividade acima de 2,2 mS/cm para folhosas e de 4,0 mS/cm para hortaliças fruto, as correções devem ser feitas com acréscimo de água ao reservatório. Já para o caso de reposição de nutrientes, ou seja, adição dos sais, são considerados valores de condutividade elétrica de 1,0 mS/cm para folhosas e 3,0 mS/cm para hortaliças fruto. Vale ressaltar que periodicamente é necessário realizar a troca de toda a solução nutritiva.

## Custos de implantação

De acordo com Furlani (1998), o custo médio de implantação apenas de uma estufa simples, dependendo da largura, do material utilizado na construção, da altura e do plástico para cobertura, pode variar de R\$ 5,00 a R\$ 20,00 por metro quadrado.

No Pará, em trabalho realizado por Lopes et al. (2001), foi possível avaliar os custos de implantação dos diferentes modelos de estruturas de ambiente protegido para cultivo hidropônico na Amazônia, visando servir de referência aos produtores da região. Nesse estudo, o modelo de casa de vegetação tipo capela apresentou um custo de R\$ 8,78 por metro quadrado, enquanto o modelo capela com semilanterim apresentou um valor de R\$ 10,01 por metro quadrado. Vale ressaltar que esses valores são referentes apenas à estrutura de cultivo protegido.

Em levantamento realizado atualmente pelo engenheiro-agrônomo Welliton Sena, para um projeto de implantação de casa de vegetação com três bancadas de cultivo hidropônico NFT (Tabela 4), o custo médio ficou em torno de R\$ 102,41 por metro quadrado. É importante ressaltar que os custos do material podem sofrer variações entre as diferentes regiões do Pará.

**Tabela 4.** Projeto de implantação de uma casa de vegetação de 6,0 m x 8,0 m, contendo três bancadas de 1,50 m x 6,0 m, com cano PVC de 75 mm, para produção de 540 plantas por mês.

Casa de vegetação	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Esteio 10 cm x 10 cm x 4 m	unidade	6	60,00	360,00
Pernamanca 5 m	dezena	3	100,00	300,00
Pernamanca 4 m	dezena	10	80,00	800,00
Ripa 4 m	dezena	10	30,00	300,00
Filme agrícola 8 m x 150 micras	m	10	3,50	350,00
Pregos 3 x 9	kg	1,5	9,00	13,50
<b>Bancadas</b>				
Pernamanca 4 m	dezena	1,5	80,00	120,00
Tubos de PVC 75 mm	unidade	18	45,00	810,00
Prego 3 x 9	kg	2	9,00	18,00
<b>Reservatório solução nutritiva</b>				
Caixa-d'água 1.000 L	unidade	1	350,00	350,00
<b>Sistema elétrico</b>				
Bomba 1/3 cv	unidade	1	796,20	796,20

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

Casa de vegetação	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Temporizador digital	unidade	1	230,00	230,00
Cabo elétrico 2,5 mm	m	20	1,20	24,00
<b>Tubulação de recalque</b>				
Tubos PVC 25 mm	unidade	2	16,00	32,00
Registros 25 mm	unidade	3	7,00	21,00
Conexões 25 mm	unidade	15	0,70	10,50
<b>Tubulação de retorno</b>				
Tubos PVC 75 mm	unidade	2	25,00	50,00
Conexões 75 mm	unidade	15	0,70	10,50
<b>Mão de obra</b>	Homem/dia	8	40,00	320,00
<b>Total</b>				4.915,70
<b>Total por m<sup>2</sup></b>				<b>102,41</b>

## Resultados de pesquisa

Nos últimos anos, vários foram os trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra), sob orientação do Prof. Dr. Sergio Antônio Lopes de Gusmão, a respeito do cultivo hidropônico, no sistema NFT, com as mais diversas espécies de olerícolas, ressaltando alface, jambu, melão, pepino, minimelancia e tomate.

Experimentos realizados com a cultura do jambu, por Torres et al. (2008a), na Ufra, avaliando o uso de concentrações de solução nutritiva para o sistema NFT, com 100% e 50% da recomendação proposta por Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas, mostram que a solução mais concentrada apresentou uma boa adaptação, comprovada pelo bom desenvolvimento vegetativo, e consequente produção de matéria fresca, com uma produtividade média de 179 g por célula de jambu.

Essa concentração indicada mostra que a manutenção da condutividade elétrica em níveis mais altos favorece o desenvolvimento vegetativo do jambu nas nossas condições climáticas. No entanto, é importante ressaltar que existe um valor máximo de condutividade elétrica a ser considerado, haja vista que podem ocorrer outros problemas, em função de uma concentração muito elevada de sais.

Outro fator importante a ser considerado nos cultivos hidropônicos na região amazônica é a temperatura, que influencia na absorção de nutrientes. De acordo com Furlani et al. (1999), em regiões de clima quente e no verão, recomenda-se trabalhar com soluções diluídas (50%), com condutividade entre 1,0 mS/cm e 1,5 mS/cm, pois sabe-se que proporcionalmente as plantas absorvem mais água que nutrientes, em razão de sua alta atividade fisiológica.

Outra linha de pesquisa desenvolvida foi o manejo da solução nutritiva, visando à reposição de nutrientes, havendo vários métodos descritos na literatura. No entanto, as informações sobre o desempenho desses métodos são escassas.

Segundo Furlani et al. (1999), inicialmente, procurava-se renovar periodicamente a solução nutritiva. Entretanto, essa prática ocasionava desperdícios, além do efeito poluente. Por isso, foi substituída pela adição de sais, proporcional ao volume de água consumida pelas plantas, usando-se como critério os valores de evapotranspiração. Esse critério provocava aumento nas concentrações de nutrientes em menores quantidades. Por essa razão, foi substituído pelo controle da concentração salina da solução nutritiva, mediante monitoramento com condutivímetro portátil.

A leitura fornecida pelo condutivímetro, entretanto, não discrimina os nutrientes, podendo também ocasionar desequilíbrios nutricionais, razão pela qual é necessária a troca periódica da solução. Por isso, Resh (1997) considera que a solução nutritiva não deveria ser utilizada por um período superior a 3 meses, recomendando a renovação completa após esse período. Santos (2000) recomenda que o período máximo de utilização contínua de uma solução seja de 60 a 90 dias.

Com base nessas recomendações da literatura, Torres et al. (2008b) avaliaram diferentes manejos de reposição para a solução nutritiva, com base na condutividade elétrica, em três cultivares de alface (Regina, Verônica e Kaeser), nas condições de Belém, PA. Foram realizados os seguintes manejos: reposição feita somente com água; reposição feita com 50% da formulação inicial, toda vez que a condutividade apresentava valores abaixo de 1,4 mS/cm; e, por último, a reposição feita diariamente, utilizando o critério da manutenção da condutividade elétrica em 2,0 mS/cm, mediante a adição de soluções de ajuste.

Os resultados obtidos mostraram que o tratamento baseado na recomendação de Furlani et al. (1999) para reposição de solução (reposição feita diariamente, utilizando o critério da manutenção da condutividade elétrica em 2,0 mS/cm) obteve resultado superior em todas as características avaliadas, sendo, portanto, recomendado para o cultivo de alface nas condições de Belém, PA.

Além desses trabalhos com folhosas, também foram avaliadas outras culturas com relação à produtividade, em sistema hidropônico na Amazônia Oriental. Lima et al. (2008) avaliaram o desenvolvimento de tomate em sistemas hidropônico e fertirrigado, obtendo bom desempenho das plantas de tomate cultivadas em sistema hidropônico e demonstrando melhor adaptação da cultura a esse sistema. Por outro lado, Melo et al. (2008) avaliaram a produção e qualidade de frutos de duas cultivares de melão rendilhado, submetidas a três alturas de ponto de fixação do fruto, em sistema NFT, observando bons resultados de produção nesse sistema hidropônico.

Recentemente, Silva et al. (2012) avaliaram o comportamento de híbridos de minimelancia no sistema hidropônico NFT nas condições do Pará, tutorados e conduzidos com poda de ramos laterais, em duas épocas de cultivo, observando-se superioridade na qualidade dos frutos da cultivar Beni Kodama.

Apesar da realização dos trabalhos de pesquisa citados anteriormente, ainda existe um vasto caminho a percorrer, em busca das mais variadas informações quanto ao cultivo de hortaliças nesse tipo de sistema de cultivo na Amazônia, onde a produção comercial de diversas hortaliças em hidroponia já vem se mostrando um campo bastante promissor.

## Referências

- BASSO, E. N.; BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia**: técnicas de implantação comercial do cultivo de alface. Piracicaba, 1993. 49 p. Apostila.
- CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 43 p.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (IAC. Boletim técnico, 168).
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (IAC. Boletim técnico, 180).
- GOMES, R. F.; SILVA, J. P.; FARIAS, V. D. S.; MONTEIRO, T. P. B.; SOUZA, G. T.; GUSMÃO, S. A. L. **Produção hidropônica de hortaliças na Amazônia**. Belém, PA: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012. 72 p.
- GRAVES, C. J. The nutrient film technique. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. Westport: AVI Publishing, 1983. v. 5, cap. 1, p. 1-44.
- JENSEN, M. H.; COLLINS, W. L. Hydroponic vegetable production. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. Westport: AVI Publishing, 1985. v. 7, cap. 10, p. 483-558.
- LIMA, R. T.; GUSMÃO, S. A. L.; TORRES, G. I. O. P. S.; MELO, D. M.; SILVA, S. P.; PEDROSO, A. J. S. Produção de tomate em função do sistema de cultivo, nas condições da Amazônia Oriental. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 1387-1391, 2008. Suplemento.
- LOPES, P. R. A.; SANTANA, A. C.; RODRIGUES, R. C. Situação e perspectiva da cadeia produtiva de alface hidropônica na região metropolitana de Belém. **Horticultura Brasileira**, v. 19, jul. 2001. Suplemento.
- MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. **Cultivo protegido do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998. 18 p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 13).
- MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 15-23, set./dez. 1999.
- MELO, D. M.; TORRES, G. I. O. P. S.; LIMA, R. T.; SILVA, S. P.; GUSMÃO, S. A. L. Condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema NFT na produção de cultivares de alface na Amazônia oriental. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 2239-2243, 2008. Suplemento.
- PURQUEIRO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Campinas: IAC, 2006. 11 p.
- RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**: nuevas técnicas de producción. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 509 p.
- RESH, H. M. **Hydroponic tomatoes for the home gardener**. California: Woodridge, 1992. 142 p.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.
- SANTOS, O. S. Soluções nutritivas para alface. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 90-101.
- SILVA, C. M.; GUSMÃO, S. A. L.; SILVA, G. B.; LIMA, G. C. Efeito da poda de ramos laterais na qualidade e produção de frutos de mini melancia em cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 4, p. 304-314, 2012.

SILVA, S. P. **Produtividade e concentração de nitrato em cultivares de alface conduzidas em sistema hidropônico nos municípios de Altamira e Belém, no Estado do Pará.** 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

SILVA JÚNIOR, A. A.; MACEDO, S. G.; STUKER, H. **Utilização de esterco de peru na produção de mudas de tomateiro.** Florianópolis: EPAGRI, 1995. 28 p. (EPAGRI. Boletim técnico 73).

SOARES, I. **Alface:** Cultivo hidropônico. Fortaleza: Editora UFC, 2002. 50 p.

STEIJN, B. **Soilless cultivation of vegetables.** Wageningen: IAC: IPC: LIAC, International Course on Protected Cultivation: glasshouse and polvhouse crop production, 1997. 67 p.

TORRES, G. I. O. P. S.; MELO, D. M.; LIMA, R. T.; SILVA, S. P.; SILVA FILHO, J. R. R.; GUSMÃO, S. A. L. Concentração da solução nutritiva no cultivo de jambu em sistema hidropônico NFT na Amazônia Oriental. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 5789-5792, 2008a. Suplemento.

TORRES, G. I. O. P. S.; SILVA, S. P.; MELO, D. M.; LIMA, R. T.; ALBUQUERQUE, M. P. F.; GUSMÃO, S. A. L. Produtividade de cultivares de alface submetida a diferentes reposições da solução nutritiva em sistema NFT na Amazônia Oriental. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 5783-5787, 2008b. Suplemento.

## Literatura recomendada

ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T.; LUZ, G. L.; COGO, C. M.; BORTOLOTTI, O. C. Concentração da solução nutritiva no crescimento e produtividade de plantas de alface em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, ago. 2005. Suplemento. Edição dos resumos publicados em CD-ROM: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45.; Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 15.; Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, 2., 2005,...

FEIJIN, A.; PRESSMAN, E.; IMAS, P.; MILTAU, O. Combined effects of KNO<sub>3</sub> and salinity on yield and chemical composition of lettuce and chinese cabbage. **Irrigation Science**, v. 12, p. 223-230, 1991.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil.** Berkeley: Agricultural Experiment Station, 1950. 31 p. (Circular, 347).

MAKISHIMA, N. **Cultivo de hortaliças.** Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1992. 26 p.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura.** Guaíba: Editora Agropecuária, 1995. 344 p.

SILVA JUNIOR, A. A.; VISCONTI A. Recipiente e substrato para a produção de mudas de tomate. **Agropecuária Catarinense**, v. 4, n. 4, p. 20-23, 1991.



# Fertirrigação

---

*Joaquim Alves de Lima Junior*

*Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza*

*Rossini Daniel*

## Importância

Na região Norte do Brasil, em razão da necessidade eminente de reversão do processo de degradação dos recursos naturais e de geração de renda para a população, é notória a importância do desenvolvimento de uma agricultura tecnificada, produtiva e eficiente.

Dentre os estados da região Norte, o Pará possui uma posição de destaque no agronegócio. Entretanto, de uma forma geral, quando se compara o perfil do agricultor e as técnicas de produção, pode-se considerar que, no Pará, predomina uma agricultura de baixo nível tecnológico. Para um melhor entendimento desse cenário, pode-se observar os dados do censo agropecuário 2006. Segundo IBGE (2009), o estado do Espírito Santo possuía 11.857 tratores agrícola e 209.801 ha irrigados. Já o estado do Pará, segundo IBGE (2009), possuía 9.244 tratores agrícolas e 29.333 ha de área irrigada. Ou seja, mesmo com uma área 27 vezes maior do que o Espírito Santo, o Pará possui piores índices de tecnificação.

Notadamente, dentre as tecnologias agrícolas, a irrigação destaca-se como uma ferramenta que oferece ao produtor a possibilidade de um elevado aumento de produtividade, melhorando o aproveitamento do uso da terra, a produção na entressafra e a diminuição dos riscos, o que favorece a produção de culturas com alto valor agregado.

Apesar dos altos índices pluviométricos do estado do Pará, em virtude da extensa dimensão territorial, as precipitações não são igualmente distribuídas ao longo do ano. Grande parte do estado possui períodos de deficit hídrico com duração entre 4 e 6 meses. Diante desse cenário, verifica-se que a irrigação é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de uma agricultura eficiente no estado. Além disso, pode-se considerar que o contexto para o crescimento da agricultura irrigada no estado é favorável. O Pará localiza-se, quase em sua totalidade, na Região Hidrográfica Amazônica e na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que são as duas maiores do País.

Além das vantagens da utilização das técnicas de irrigação já citadas anteriormente, pode-se destacar como uma das principais a fertirrigação. Segundo Hernandez (1994), a fertirrigação pode ser definida como a introdução

e a aplicação simultânea de água e fertilizantes no solo, por meio de um sistema de irrigação.

Segundo Marouelli e Sousa (2011), a irrigação, principalmente quando associada à fertirrigação, é provavelmente a prática agrícola que permite maior aumento de produtividade na agricultura, viabilizando ainda a produção de frutas e hortaliças em regiões com baixa disponibilidade hídrica e, até mesmo, em solos arenosos e de pouca fertilidade.

A fertirrigação, quando bem manejada, possibilita a redução do custo de adubação, o melhor aproveitamento dos fertilizantes e o melhor desempenho da cultura. No contexto do Pará, a importância da fertirrigação é potencializada em razão das características dos solos. Segundo Junk e Mello (1990), na região amazônica, os solos, na sua maioria, podem ser considerados como ácidos e de baixa fertilidade.

Segundo Villas Bôas et al. (2001), a fertirrigação vem sendo utilizada em todo o Brasil e o Nordeste é uma das regiões pioneiras na técnica. Segundo o mesmo autor, a fertirrigação vem sendo utilizada principalmente para a produção de frutas (melão, manga, uva, goiaba, citros, maçã, pêssego e outras), cana-de-açúcar, hortaliças, flores, plantas ornamentais, café e pastagem. No estado do Pará, o uso da fertirrigação ainda é restrito. Além disso, percebe-se uma carência de informações científicas sobre a utilização da técnica nas culturas regionais e nas condições edafoclimáticas do estado.

A fertirrigação teve um papel importante no desenvolvimento da agricultura em diversas regiões do País. No estado do Pará, a difusão do uso sustentável da fertirrigação será importante para o crescimento da produção de culturas como a pimenta-do-reino, cacau, açaí, banana, coco, mamão, acerola, abacaxi, citros, além de outras fruteiras, pastagens, dendê e hortaliças. Entretanto, a obtenção de resultados positivos com a utilização da técnica de fertirrigação depende da elevada uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação e do conhecimento técnico do irrigante, para que seja possível realizar o manejo adequado.

Os desafios para que se desenvolva no estado uma agricultura fertirrigada são grandes, pois, conforme Souza et al. (2012), em 41% das áreas irrigadas no estado do Pará, são utilizados sistemas de irrigação (outros métodos ou molhação) que não se enquadram dentro dos principais métodos. Segundo o mesmo autor, embora o aumento expressivo da área irrigada seja benéfico para o estado, a concentração das áreas irrigadas em regiões que possuem problemas históricos de uso da terra, a utilização significativa de sistemas de irrigação que possuem baixa eficiência e a insatisfatória assistência técnica para a maioria dos produtores são fatores que indicam a necessidade de um maior monitoramento do crescimento da agricultura irrigada e da utilização dos recursos hídricos. Dessa forma, o crescimento em larga escala da fertirrigação nessas condições pode acelerar o processo de degradação dos recursos naturais.

O crescimento da fertirrigação no Pará pode sim contribuir de forma decisiva para o desenvolvimento de uma agricultura eficiente e para a melhoria de renda da população, desde que planejada e manejada de acordo com critérios técnicos.

Pesquisas contextualizadas sobre fertirrigação devem ser priorizadas, a fim de gerar informações técnicas que precisam ser repassadas aos extensionistas rurais, para permitir o máximo aproveitamento dessa importante técnica.

## Vantagens e limitações da fertirrigação

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação apresenta inúmeras vantagens em relação ao sistema convencional (Villas Boas et al., 2006). Dentre suas vantagens, podemos destacar:

- Melhor aproveitamento do sistema de irrigação.
- Economia no custo de aplicação de fertilizantes, pois economiza máquinas e mão de obra.
- Aplicação dos adubos nas doses e momento exatos exigidos pelas culturas.
- Maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes.
- Menos compactação do solo e danos físicos às culturas.

Algumas limitações podem ser consideradas:

- Exige cálculos precisos para quantificar concentrações e doses dos adubos.
- Necessita de adubos mais puros.
- Pode promover entupimento do sistema de irrigação, quando utilizado de forma incorreta.
- Pode levar à salinidade pelo uso excessivo de adubo.
- Necessita de mudança de mentalidade do produtor.

## Aspectos básicos para implantação da fertirrigação

Todos os sistemas de irrigação podem conduzir fertilizantes até o sistema radicular das plantas. No entanto, a escolha daquele que possui maior uniformidade de distribuição de água proporcionará maior eficiência na distribuição dos agroquímicos.

Dentre os sistemas de irrigação mais utilizados para tal fim, destaca-se o gotejamento e a microaspersão, por aplicar água com o mínimo de perdas e distribuí-la com maior eficiência, na área irrigada próximo do sistema radicular das plantas. A injeção do fertilizante na água de irrigação torna mais eficiente o aproveitamento, pelas plantas, dos nutrientes aplicados.

Considerando o sistema de irrigação adotado na lavoura, torna-se de suma importância realizar uma avaliação hidráulica do sistema, antes de implantar uma técnica de injeção de fertilizantes, via água de irrigação. Esses testes devem ser feitos em campo, para determinar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (Equação 1) e o coeficiente de distribuição (CUD) (Equação 2). Essas metodologias de execução dos testes foram propostas por American Society of Agricultural Engineers (1997) e Merriam e Keller (1978), respectivamente.

$$\text{CUC} = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - x|}{n \cdot x} \right] \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

$x_i$  = lâmina coletada (mL).

$x$  = média das lâminas coletadas (mL).

$n$  = número de amostras coletadas.

$$\text{CUD} = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

CUD = coeficiente de distribuição (%).

$q_{25}$  = média das 25% menores vazões coletadas (L/h).

$q_a$  = média das vazões coletadas (L/h).

Nas duas metodologias, o valor limite de 80% é considerado bom pelos autores. Neste sentido, resultados abaixo desse valor proporcionarão distribuição de água e fertilizantes de forma irregular e, conseqüentemente, inaceitável para aplicação de fertilizantes, via água de irrigação.

Dentro desse aspecto, deve-se considerar o perfeito funcionamento do sistema de filtragem, utilizado no sistema de irrigação, já que este garantirá uma boa distribuição de fertilizantes, mantendo os emissores desobstruídos.

Um outro aspecto bastante relevante diz respeito à qualidade da água utilizada na irrigação, pois todas as partículas que possam causar problemas de obstruções nos emissores devem ser eliminadas ou desativadas, ainda no cabeçal de controle. Neste caso, torna-se fundamental a coleta de água do manancial de captação e envio para o laboratório de análise de água mais próximo, para verificar os teores de ferro, cálcio, sódio e manganês. De posse dessa análise, pode-se realizar o tratamento para reduzir os teores ou converter em uma forma não danosa para o sistema, com uso de um sistema de aeração e aplicação de ácidos.

Após considerar a eficiência de aplicação e a qualidade da água, torna-se fundamental a escolha do injetor de fertilizante, de acordo com a situação de cada empreendimento agrícola. Diferentes tipos de injetores estão disponíveis

no mercado especializado em fertirrigação, que podem variar quanto a forma de energia de funcionamento (elétrica ou hidráulica), capacidade de injeção, preço, etc.

Dentre os diversos métodos de injeção de fertilizantes, via água de irrigação, os principais podem ser agrupados em cinco categorias: a) diferencial de pressão; b) pressão negativa; c) transformação de energia (venturi); d) pressão positiva (bombas volumétricas ou de deslocamento positivo); e) método combinado ou composto (Costa et al., 1986; Costa; Brito, 1994). Na sequência, são apresentadas as formas de injeção mais comuns.

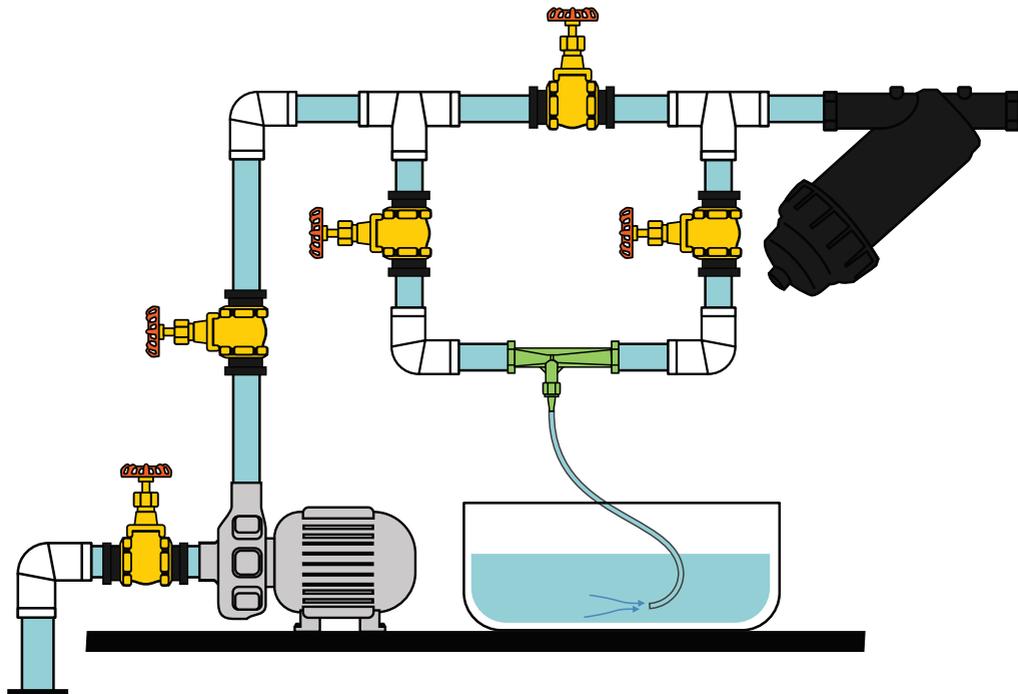
O método diferencial de pressão baseia-se na utilização da pressão negativa, ocorrida no corpo da bomba centrífuga e/ou no aproveitamento da própria energia positiva gerada pelo sistema de bombeamento. As duas formas clássicas de utilização desse método são os tanques de derivação de fluxo e os sistemas que injetam a solução de fertilizantes diretamente na sucção da bomba centrífuga do sistema de irrigação (Almeida et al., 2011).

Os tanques consistem de recipientes hermeticamente fechados, em metal, para suportar pressão, em média, de 300 kPa, sendo o mesmo conectado em dois pontos, na tubulação condutora de água, ao sistema de irrigação. Com isso, a água, ao passar pelo tanque, solubiliza e arrasta o fertilizante. A capacidade volumétrica varia de 20 L a 200 L e o dimensionamento pode ser calculado, segundo Keller e Karmeli (1975).

A forma de injeção de fertilizante utilizando pressão negativa proporcionada pelo conjunto moto-bomba na canalização de sucção não será abordada neste capítulo, em razão da corrosão dos componentes do sistema de irrigação em contato com a solução e das limitações no que se refere ao aspecto ambiental. A ocorrência de entrada de ar na tubulação de sucção, originando parada repentina do bombeamento, poderá ocasionar retorno da solução para o manancial de captação.

Um dos métodos mais usados para aplicação de fertilizantes, pelo seu baixo preço e facilidade de instalação e manuseio, é o venturi (Figura 1). Trata-se de um dispositivo de polipropileno, PVC ou metálico, que consiste numa gradual seção convergente, seguida de uma gradual transição divergente, para igual diâmetro da tubulação principal. O princípio físico que rege esse processo é descrito pela equação de continuidade e pelo teorema de Bernoulli (Brito; Pinto, 2008). Apesar de seu baixo custo, o venturi, quando instalado, origina uma perda de carga entre 20% e 30% da pressão, referente à pressurização do sistema de irrigação.

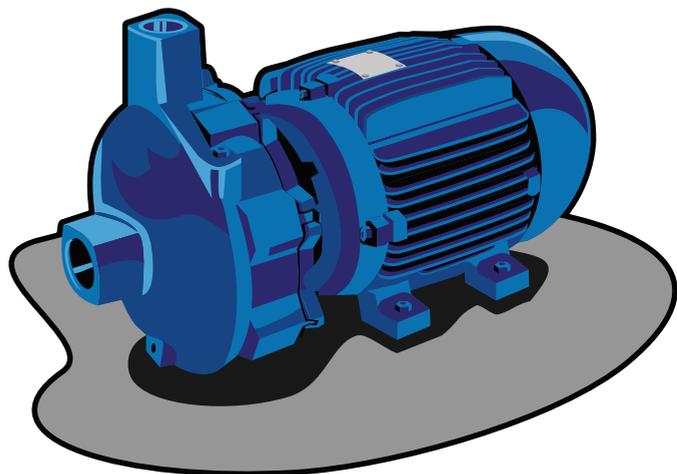
Com intuito de minimizar essa perda de carga, recomenda-se a utilização de uma bomba auxiliar, no próprio cavalete do venturi, antes do mesmo. A forma de dimensionamento está descrita em Almeida et al. (2011).



**Figura 1.** Esquema de montagem do injetor venturi.

Ilustração: Vitor Lôbo

Uma outra forma de injeção da solução de fertilizantes é a utilização de bombas injetoras (Figura 2). Estas injetam a solução de fertilizantes, em concentração constante, com pressão superior à da água de irrigação, por meio de uma bomba elétrica ou hidráulica. Consiste de bombas de deslocamento positivo, que podem ser de pistão ou de membrana, acionadas por motor elétrico de baixa potência (0,25 kw a 1 kw) e fabricadas com materiais não corrosivos (Brito; Pinto, 2008).



**Figura 2.** Bomba injetora centrífuga de fertilizantes com motor elétrico.

Ilustração: Vitor Lôbo

Como exposto anteriormente, existe grande variedade de formas de injeção de fertilizantes na tubulação de irrigação. Deve-se considerar a especificidade de cada caso, para que a tomada de decisão seja a correta. Considerando a escolha, alguns critérios devem ser pontuados durante a escolha do equipamento injetor, tais como: fonte de energia disponível, volume e capacidade do sistema e necessidade de automação.

## Características dos fertilizantes utilizados em fertirrigação

O uso de fertilizantes, juntamente com a água de irrigação, deve ser realizado de forma que haja um melhor aproveitamento do nutriente pela cultura. Essa técnica traduz o uso racional de fertilizantes em agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de uso dos fertilizantes, reduz mão de obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo fracionar as doses recomendadas, conforme a necessidade da cultura.

Para que a utilização de um produto, via água de irrigação, seja adequada, é necessário fazer a escolha do fertilizante a ser aplicado. Essa escolha estará baseada na avaliação das características do fertilizante, para que apresente uma adequação ao tipo de sistema de irrigação, às características do solo e às exigências da cultura.

Uma das maiores vantagens da fertirrigação é a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de forma parcelada. A frequência de aplicação de nutrientes ou parcelamento de nutrientes deve ser feita de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura, nos seus diferentes estádios de desenvolvimento. Dessa forma, para efetuar um bom manejo da fertirrigação é necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura.

A escolha adequada dos fertilizantes a serem utilizados via fertirrigação depende das características intrínsecas de cada fertilizante. Dentre os fatores de maior influência, destacam-se:

- Solubilidade.
- Pureza.
- Compatibilidade.
- Salinidade.
- pH da água.
- outros.

### Solubilidade e pureza dos fertilizantes

Uma das características mais importante para o sucesso da fertirrigação é a escolha de um fertilizante de alta solubilidade. Essa seleção diz respeito, principalmente, à formação de precipitados em decorrência do baixo nível

de diluição do fertilizante, que pode causar problemas de entupimento dos emissores e até interferir na concentração real da solução. Ainda, a solubilidade está diretamente relacionada com a temperatura da água de irrigação e a pureza dos fertilizantes. A solubilidade normalmente é determinada a partir de produtos puros. Sendo assim, devemos considerar que os valores constantes da Tabela 1 são os máximos e podem ser aplicados apenas a fertilizantes com alto grau de pureza. Para fertilizantes comerciais, o limite de solubilidade normalmente é mais baixo.

**Tabela 1.** Solubilidade dos produtos recomendados para uso via fertirrigação.

Produto	Solubilidade (g/L de H <sub>2</sub> O)		
	10 °C	20 °C	30 °C
Ureia	450	510	570
Nitrato de amônia	610	660	710
Sulfato de amônia	420	430	440
Nitrato de cálcio	950	1.200	1.500
Fosfato monoamônico	290	370	460
Fosfato monopotássico	180	230	290
Nitrato de potássio	210	310	450
Multi K + Mg	230	320	460
Multi + NPK	210	330	480
Magnisal (Mg-nitrato)	2.200	2.400	2.700
Sulfato de potássio	80	100	110

Fonte: Montag e Sheneck (1998).

Vieira e Ramos (1999) recomendam que, no preparo de soluções na fazenda, mesmo os fertilizantes solúveis em água, tais como os nitrogenados, fosfatados e potássicos, devem respeitar o limite de 75% de solubilidade, visto que as solubilidades indicadas geralmente foram obtidas em condições ótimas e com produto puro. Diante desse aspecto, sempre que possível, evitar fertilizantes que contenham condicionadores, óleos e parafina, argilas e outras impurezas que diminua o grau de pureza dos fertilizantes comerciais.

## Compatibilidade dos fertilizantes

A escolha incorreta dos fertilizantes, na produção de uma solução, pode ocasionar a formação de precipitados originários da incompatibilidade entre nutrientes e, conseqüentemente, problemas de obstrução dos emissores e diminuição da concentração dos adubos comerciais. Para evitar problemas no preparo da solução, pode-se consultar a Figura 3.

	Ureia	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato de amônio	Fe, Zn, Cu e Mn sulfato	Fe, Zn, Cu e Mn quelato	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Ureia	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nitrato de amônio	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de amônio	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nitrato de cálcio	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nitrato de potássio	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Cloreto de potássio	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de potássio	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Incompatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Fosfato de amônio	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Fe, Zn, Cu e Mn sulfato	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Fe, Zn, Cu e Mn quelato	Compatível	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de magnésio	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Ácido fosfórico	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Ácido sulfúrico	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Ácido nítrico	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível

Incompatível     
  Solubilidade reduzida     
  Compatível

**Figura 3.** Compatibilidade entre os fertilizantes empregados na fertirrigação.  
Fonte: Adaptado de Burt et al. (1995), Landis et al. (1989) e Montag (1999).

Pode-se também realizar o teste da jarra, que é o mais indicado, com a própria água de irrigação da fazenda. De acordo com a metodologia proposta por Vieira e Ramos (1999), mistura-se os fertilizantes em uma jarra transparente contendo água da irrigação e considerando-se a mesma diluição (água/fertilizantes) que será aplicada na lavoura. Deixar a solução em repouso por 2 horas e observar a presença de precipitados no fundo do recipiente. Caso isto ocorra, a melhor opção é recorrer a outros fertilizantes comerciais que atendam às exigências nutricionais da cultura e que não produzam formação de precipitados.

No preparo de soluções, algumas regras básicas devem ser seguidas para o sucesso da injeção dos fertilizantes. Segundo Medeiros et al. (2011), dentre essas regras, incluem-se:

- 1) Sempre encher o recipiente de água com 50% a 75% da quantidade de água necessária à dissolução dos fertilizantes sólidos.
- 2) Sempre adicionar primeiro os fertilizantes líquidos à água no recipiente de mistura e depois adicionar os fertilizantes sólidos.
- 3) Não misturar soluções concentradas de fertilizantes diretamente com solução também concentrada.
- 4) Não misturar compostos contendo sulfato com outros que contenham cálcio.
- 5) Muitos problemas de incompatibilidade tendem a desaparecer se os fertilizantes forem aplicados em pequenas concentrações ou separadamente.
- 6) Não misturar fertilizantes contendo fósforo com outro fertilizante que contenha cálcio ou magnésio, sem fazer um teste primeiro.
- 7) Altos teores de cálcio e/ou magnésio na água podem combinar com o fosfato e formar substâncias de baixa solubilidade.
- 8) Não misturar ácido fosfórico com sulfato de ferro, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de manganês.
- 9) Não misturar sulfato de amônia com cloreto de potássio. Haverá formação de sulfato de potássio, que é de mais baixa solubilidade do que os dois fertilizantes isolados.
- 10) Não misturar hipoclorito de sódio ou de cálcio com fertilizantes contendo nitrogênio. Pode haver formação de cloroamida, que é tóxico.

## Salinidade e pH em água

Na região amazônica, dificilmente encontraremos problemas de salinidade natural, em decorrência dos altos volumes de chuva precipitados durante o ano. No entanto, em razão das irregularidades da distribuição temporal e espacial da chuva, deve-se atentar na escolha dos fertilizantes durante as épocas de menor precipitação durante o ano. Os problemas decorrentes do acúmulo de sais próximo ao sistema radicular das plantas estão diretamente relacionados à diminuição da absorção de água e à toxidez do sistema radicular.

De acordo com o ambiente de cultivo, esse problema poderá ser intensificado. Em cultivo em ambiente protegido, no qual a única entrada de água é via irrigação, a salinidade do solo aumenta de acordo com o cultivo em escala. Neste caso, é recomendada a aplicação de uma lâmina de água para drenagem, sempre que o índice salino do solo estiver acima do recomendado.

Segundo Borges e Silva (2011), o efeito do pH do solo pode ser observado por meio do caráter ácido ou básico dos fertilizantes. Isto se deve à própria

natureza química dos componentes, capazes de doar ou receber prótons, ou a reações secundárias que ocorrem com os produtos de dissociação desses componentes no solo. O emprego de fontes que tenham caráter ácido, no caso dos nitrogenados (Tabela 2), principalmente em fertirrigação por gotejamento, em que o fertilizante encontra-se em zona restrita de solo molhado, gera um efeito de acidificação mais intenso e pode promover a redução do pH, em um único ciclo da cultura (Borges; Silva, 2011). Segundo Papadopoulos (1999), a água de irrigação com a condutividade elétrica (CE ou EC) superior a 1,44 mS/cm e 2,88 mS/cm apresenta riscos de salinização moderada e alta, respectivamente.

**Tabela 2.** Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade e pH de fertilizantes comerciais.

Fertilizante	Índice salino <sup>(1)</sup>	Condutividade elétrica <sup>(2)</sup>	Índice de acidez e alcalinidade <sup>(3)</sup>	pH em água (1:10)
Nitrato de amônio	105	1,5	+ 62	5,6
Ureia	75	-	+ 71	7,3
Sulfato de amônio	69	2,1	+110	4,2
Nitrato de cálcio	52	1,2	+ 20	-
Nitrato de sódio	100	-	+29	9,6
Uran	-	1,1	+57	-
Fosfato monoamônico	30	0,8	+58	4,5
Fosfato diamônico	34	-	+75	7,5
Fosfato de ureia	-	1,2	-	2,7
Ácido fosfórico (54% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	-	1,7	+110	2,6
Cloreto de potássio	116	1,7	0	5,8
Sulfato de potássio	46	1,4	0	5,7
Nitrato de potássio	74	1,3	0	6,5
Sulfato de potássio e magnésio	43	-	0	5,3
Salitre potássico	92	-	+29	-
Fosfato monopotássico (MKP)	8	0,7	0	4,5

<sup>(1)</sup>Índice relativo ao nitrato de sódio (valor 100).

<sup>(2)</sup>Determinada na concentração de 1 g de fertilizante por litro de água.

<sup>(3)</sup>Sinal + (acidez): quilo de CaCO<sub>3</sub> necessário para neutralizar 100 kg de fertilizante.

Fonte: Trani et al. (2011).

## Fertilizantes utilizados em fertirrigação

### Fertilizantes nitrogenados

Os fertilizantes nitrogenados são os mais utilizados em fertirrigação, no entanto, o parcelamento da recomendação é fundamental, em virtude de o nitrogênio apresentar alta mobilidade no solo e alto índice salino. O nitrogênio presente nos fertilizantes comerciais pode se apresentar, basicamente, nas formas químicas amoniacal (NH<sub>3</sub> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nítrica (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e orgânica. Dentre as formas químicas, a única orgânica é a amídica (R-NH<sub>2</sub>).

Segundo a forma química do nitrogênio, podem-se separar os fertilizantes nitrogenados em:

- Nítricos: nitrato de cálcio -  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; nitrato de potássio -  $\text{KNO}_3$ .
- Amoniacais: soluções nitrogenadas -  $\text{NH}_3 \cdot \text{NH}_4\text{H}_2\text{O}$ ; DAP -  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; MAP -  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; sulfato de amônio -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
- Nítricos amoniacais: nitrato de amônio -  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ ; nitrocálcio -  $\text{NO}_3\text{NH}_4 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ .
- Amídico: ureia -  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Nítrico-amoniacal-amídico: solução de Uran -  $\text{NO}_3\text{NH}_4 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$

De acordo com Borges e Silva (2011), os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são a ureia, o sulfato de amônio, o nitrato de amônio e a solução líquida uran. Geralmente as fontes nitrogenadas mais empregadas apresentam alta solubilidade, elevado índice salino, alto índice de acidez e, muitas vezes, ausência de macronutrientes secundários. A ureia, que é a fonte mais empregada, em razão do menor preço, apresenta menor índice salino por unidade do nutriente, entre as fontes mais empregadas, e o sulfato de amônio, apesar do macronutriente secundário (S), conta com índice superior ao do nitrato de amônio e maior potencial para acidificar o solo. Na Tabela 3, são apresentadas as concentrações de cada fertilizante comercial.

**Tabela 3.** Concentração dos fertilizantes nitrogenados utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)	
	N	Outros
Nitrato de amônio	340	-
Ureia	450	-
Sulfato de amônio	200	240 de S
Nitrato de cálcio	140	280 de Ca
Nitrato de sódio	160	-
Nitrato de magnésio	70-110	100-160 de MgO
Uran	320	-
Fosfato monoamônico (MAP)	110	440-600 de $\text{P}_2\text{O}_5$
Fosfato diamônico (DAP)	170	400 de $\text{P}_2\text{O}_5$
Nitrato de potássio	130	460 de $\text{K}_2\text{O}$
MAP + ureia	125	125 de $\text{P}_2\text{O}_5$
Magnita - L	70	100 de MgO

Fonte: Frizzone e Botrel (1994) e Vitti et al. (1994).

## Fertilizantes potássicos

Os fertilizantes mais comuns encontrados no comércio como fonte de  $\text{K}_2\text{O}$  são o cloreto, o nitrato e o sulfato de potássio. Segundo Borges e Silva (2011), o cloreto é a fonte mais utilizada por ser a mais barata por unidade de  $\text{K}_2\text{O}$  e por apresentar maior solubilidade (Tabela 4). Além disso, nas culturas exigentes em enxofre, o sulfato de potássio apresenta vantagens, quando comparado com outras fontes, até mesmo por ser a fonte de potássio que apresenta o mais baixo potencial salino por unidade de  $\text{K}_2\text{O}$ , mas a que apresenta mais

baixa solubilidade. Segundo os mesmos autores, o nitrato de potássio tem sido utilizado por apresentar alta solubilidade e potencial salino inferior ao do cloreto de potássio. Por outro lado, o emprego do sulfato de potássio pode levar à precipitação de sulfato de cálcio, além de, em razão da sua menor solubilidade, haver necessidade de aquecimento da água para aumentar a solubilidade.

**Tabela 4.** Concentração dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)	
	K <sub>2</sub> O	Outros
Cloreto de potássio	600	480 de Cl
Nitrato de potássio	440	140 de N
Sulfato de potássio	520	170 de S
Nitrato de sódio e potássio	140	140 de N
Sulfato de potássio e magnésio	220	200 de S + 110 de Mg
Fosfato monopotássico	340	520 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Fonte: Coelho (1994) e Vitti et al. (1994).

## Fertilizantes fosfatados

Dentre os fertilizantes utilizados na fertirrigação, os fosforados são os menos usuais, em virtude das características peculiares do fósforo, que apresenta baixa mobilidade no solo, baixa solubilidade e facilidade de precipitação, causando entupimento nos sistemas de irrigação, características estas que restringem o uso desses fertilizantes em fertirrigação. Além disso, fatores como a textura do solo, taxa de aplicação e quantidade de água aplicada afetam o seu movimento.

Os fertilizantes fosfatados mais utilizados, via água de irrigação, são o fosfato monoamônico (MAP), o fosfato diamônico (DAP), o fosfato monopotássico (MKP) e o ácido fosfórico (460 g/L a 760 g/L de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Este, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, é empregado também para desentupir e desencrustar os emissores. Quando se aplicam fontes de fósforo via fertirrigação, existe um alto risco de precipitação de fosfatos, como o fosfato tricálcico, se as águas contiverem cálcio e o pH for superior a 6,5. Portanto, deve haver critérios na escolha da fonte e sua concentração na água de irrigação (Borges; Silva, 2011).

## Fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre

Geralmente, na fertirrigação, restringe-se o uso da aplicação de cálcio, pelo alto risco de provocar precipitações. Caso se opte por aplicar cálcio, o nitrato de cálcio é a fonte mais solúvel, podendo ser usado, também, o cloreto de cálcio e as formas quelatizadas. Na escolha do nitrato, recomenda-se adicionar ácido nítrico na base de 0,3 L por quilo de nitrato de cálcio, quando o pH da água de irrigação for superior a 6,5.

Na escolha de produtos que apresentam magnésio em sua composição, recomenda-se utilizar o sulfato como fonte de magnésio, dada a sua boa solubilidade. Como regra geral da fertilidade, tanto o cálcio como o magnésio devem ser aplicados antes do plantio, por meio da calagem, e apenas

complementados pela fertirrigação. No caso da aplicação de enxofre, pode-se utilizar o sulfato de amônio. Outras fontes de enxofre disponíveis que podem ser utilizadas são o sulfato de potássio e o sulfato de magnésio. No entanto, deve-se tomar cuidado com a incompatibilidade do sulfato com o cálcio.

## Fertilizantes contendo micronutrientes

Os quelados e sulfatos são as formas mais usadas para corrigir deficiência originada por micronutrientes (Tabela 5). Na escolha, deve-se considerar a solubilidade, a compatibilidade e a mobilidade do nutriente no solo. Com intuito de diminuir problemas de precipitação e entupimentos dos emissores, quando se opta por aplicar micronutrientes via irrigação, torna-se fundamental realizar análise da água de irrigação, pois micronutrientes como zinco, ferro, cobre e manganês podem reagir com sais dessa água. Devido a isso, a melhor forma de aplicação se dá via quelados.

**Tabela 5.** Concentração dos fertilizantes com micronutrientes utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)	Solubilidade (g/L)
Sulfato de cobre	250 de Cu	220
Sulfato de manganês	280 de Mn	1.050
Molibdato de sódio	390 de Mo	560
Sulfato de zinco	220 de Zn	750
Ácido bórico	160 de B	50
Quelado de ferro (NaFeEDDHA)	60 de Fe	140
Hydroplus TM Micro	30 de B + 120 de Cu + 38 de Fe-EDTA + 32 de Fe-DTPA + 120 de Mn + 41 de Mo + 140 de Zn	-
Tenso Cocktail	5,2 de B + 25,7 de Ca-EDTA + 5,3 de Cu-EDTA + 21 de Fe-EDTA + 17,4 de Fe-DTPA + 25,7 de Mn-EDTA + 1,3 de Mo + 5,3 de Zn-EDTA	Alta

Fonte: Villas Boas et al. (1994) e Vitti et al. (1994).

## Manejo da fertirrigação

Para que a fertirrigação possa ser realizada de forma eficiente e a cultura expresse todo o seu potencial produtivo, é importante que o manejo do sistema seja realizado com base em critérios técnicos. Considerando o cenário agrícola do estado do Pará (baixo grau de tecnificação da agricultura irrigada), o sucesso da implementação de um programa de fertirrigação estará diretamente relacionado com a atenção especial que deve ser dada à uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação e à capacitação dos fertirrigantes. Segundo Souza et al. (2012), em 41% das áreas irrigadas no estado do Pará são utilizados sistemas que podem ser classificados como molhação.

Embora a aplicação de fertilizantes via água de irrigação possa ser realizada com qualquer método, segundo Sousa et al. (2011), os sistemas pressurizados, especialmente a irrigação localizada, são os mais eficientes. Nos sistemas de

irrigação localizada, a aplicação de água é realizada na região próxima ao sistema radicular da cultura, com alta frequência e baixas doses, o que facilita a aplicação de nutrientes, aumenta a eficiência do sistema e diminui a incidência de ervas daninhas.

Entretanto, uma atenção especial deve ser dada ao sistema de irrigação localizada, com relação ao risco de entupimento. Normalmente os sistemas localizados já possuem um risco elevado de entupimento, quando comparados com os outros métodos, e nos sistemas fertirrigados esse risco é potencializado. Portanto, cuidados específicos devem ser tomados com relação à avaliação da qualidade de água, seleção do sistema de filtragem e limpeza periódica dos filtros e tubulações.

Recomenda-se que os filtros (de tela, disco ou área) sejam instalados após o sistema de injeção de fertilizantes, para evitar que possíveis precipitados decorrentes da solução de fertilizantes obstruam os emissores.

A qualidade da água é um aspecto importante para a fertirrigação. Conforme Silva et al. (2011), a qualidade da água a ser utilizada na fertirrigação deve ser um dos primeiros fatores observados durante a implantação de um sistema de fertirrigação. Segundo os mesmos autores, além do entupimento e corrosão, o uso da água com qualidade não adequada pode ocasionar queda do rendimento das culturas. Além disso, o conhecimento da concentração iônica da água a ser utilizada na fertirrigação permite economizar na aplicação de fertilizantes e planejar técnicas de manejo apropriadas, visando minimizar danos ao sistema e impactos ao ambiente.

A avaliação da qualidade da água para a irrigação pode ser realizada por meio dos indicadores recomendados por Ayres e Westcot (1991). Tendo em vista que a aplicação do fertilizante será realizada pelo sistema de irrigação, é importante que o produtor tenha conhecimento e aplique as técnicas de manejo da irrigação. A recomendação é: “aprenda a irrigar para depois fertirrigar”.

A utilização correta da fertirrigação passa pelo conhecimento técnico do usuário, que necessita conhecer os seus fundamentos. Conforme Talens (2009) os princípios básicos da fertirrigação são: a) a água é o principal alimento e veículo, fora e dentro da planta; b) equilíbrio hídrico e nutricional, pois, segundo o estado fenológico e o período vegetativo, as exigências são diferentes e as doses deverão ser aplicadas conforme a programação da fertirrigação, que deve contemplar as necessidades anuais e dos ciclos vegetativos; c) as análises foliares devem ser realizadas periodicamente, para que sejam feitas as devidas correções na programação da fertirrigação; e d) as análises de água e solo são boas referências para o controle da salinidade.

A aplicação dos fertilizantes, via água de irrigação, deve ser realizada por um sistema de fertirrigação. A seleção do sistema de fertirrigação, do método de manejo, do equipamento de injeção, dos fertilizantes e das dosagens dependerão das características da cultura, do solo e da água. Segundo Papadopoulos (2001), um sistema de fertirrigação possui equipamento de injeção, tanque de fertilizantes, válvula de retenção, sistema de filtragem e hidrômetro. Em função do método de injeção de fertilizante, podem ser necessários outros equipamentos.

Segundo Almeida et al. (2011), qualquer sistema de fertirrigação necessita de um reservatório adequado para conter produtos químicos com capacidade entre 50 L e 1.000 L e um sistema de agitação. Segundo os mesmos autores, o volume mínimo do reservatório deve ser suficiente para a fertirrigação de uma subunidade, com a aplicação do fertilizante começando após a estabilização da pressão do sistema de irrigação e terminando um quarto do tempo antes do fim da irrigação e não menos do que 15 minutos antes que a água deixe de sair pelo emissor.

Para o cálculo do volume do reservatório, utiliza-se a Equação 3 (Almeida et al., 2011).

$$V = \frac{n \cdot Q \cdot A}{\text{sol}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

V - volume do reservatório (m<sup>3</sup>).

n - número de aplicações entre recargas.

Q - quantidade de fertilizantes (kg/ha).

A - área a fertirrigar (ha).

sol - solubilidade do fertilizante (kg/kg).

De acordo com Sousa et al. (2011), no manejo da fertirrigação é importante que sejam considerados os seguintes aspectos: 1) necessidade de nutrientes da cultura; 2) frequência de aplicação e distribuição de nutrientes; 3) preparo e aplicação da solução nutritiva; e 4) monitoramento da fertirrigação.

## Necessidade de nutrientes da cultura

A necessidade de nutrientes da cultura deve ser determinada com base em informações técnicas. Conforme Papadopoulo (2001), os principais elementos para a formulação e avaliação da fertirrigação são as necessidades de nutrientes da cultura para uma determinada produção, os nutrientes disponíveis no solo e eventualmente na água, o volume de solo ocupado pelo sistema radicular e o método de irrigação.

Segundo Sousa et al. (2011), a necessidade de nutrientes para a cultura pode ser determinada pela Equação 4:

$$Dn = \frac{Q_{\text{nex}} - Q_{\text{nfs}}}{\text{Eff}} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

Dn - dose do nutriente (kg).

Q<sub>nex</sub> - quantidade de nutriente exportada pela planta (kg).

Q<sub>nfs</sub> - quantidade de nutriente a ser fornecida pelo solo (kg).

Eff - eficiência de fertirrigação (decimal).

Para uma melhor exemplificação, pode-se observar na Tabela 4 a quantia aproximada de N, P e K retiradas do solo pela manga, pelo citrus e pela banana, segundo Papadopoulos (2001).

**Tabela 6.** Nutrientes necessários para a formação da parte aérea e produção de frutos.

Cultura	N	P	K	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Banana</b>					
Parte aérea (kg/ha)	250,00	26,00	800,00	60,00	1.000,00
Frutos (kg/ha)	2,00	0,22	5,00	0,50	6,00
<b>Citrus</b>					
Parte aérea (kg/ha)	85,00	8,00	90,00	18,00	108,00
Frutos (kg/ha)	1,44	0,19	1,53	0,44	1,84
<b>Manga</b>					
Parte aérea (kg/ha)	70,00	6,00	108,00	14,00	130,00
Frutos (kg/ha)	1,35	0,19	1,65	0,44	1,98

Fonte: Papadopoulos (2001).

## Frequência de aplicação e distribuição de nutrientes

O uso da técnica de fertirrigação possibilita a aplicação parcelada dos nutrientes. Para que seja possível elaborar uma boa receita de fertirrigação, é necessário conhecer a marcha de absorção de nutrientes e o hábito de crescimento da cultura.

Segundo Dourado Neto et al. (2001), as recomendações gerais, com relação ao manejo da fertirrigação, são:

- Aplicar fertilizantes verificando a marcha de absorção dos diferentes nutrientes.
- Aplicar fertilizantes que contenham nitrogênio, potássio, zinco e boro. Fósforo também pode ser utilizado em casos em que haja o cuidado da lavagem do sistema de irrigação. Cálcio não deve ser colocado como prática rotineira, em razão do elevado risco de entupimento.
- Para a aplicação de micronutrientes, levar em consideração a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, pois esses elementos podem passar da situação de deficiência para fitotoxidez, se não for verificada a oscilação dos valores de lâminas aplicadas em torno da lâmina média.

De uma forma geral, segundo Sousa et al. (2011), a frequência de fertirrigação depende do tipo de fertilizante, solo, cultura, salinidade e sistema de irrigação. Segundo os mesmos autores, para gotejamento em solo arenoso, a fertirrigação deve ser realizada no período de 1 a 2 dias e, no caso de solos de textura média e argilosa, o período deve ser de 2 a 7 dias.

## Preparo e aplicação da solução nutritiva

A preparação da solução de fertilizantes consiste na determinação das quantidades de nutrientes, conforme as concentrações recomendadas para a

cultura em cada fase de desenvolvimento. Segundo Medeiros et al. (2011), os seguintes aspectos devem ser considerados na preparação das soluções:

- 1) As soluções podem ser simples e compostas (vários fertilizantes). Nas soluções compostas é necessário verificar a compatibilidade entre os fertilizantes.
- 2) O preparo da solução deve levar em consideração o seu pH e a solubilidade dos adubos. O pH da solução deve ser mantido entre 5,5 e 6,0.
- 3) Não existe uma recomendação padrão para a concentração de nutrientes. Em cada caso deve ser avaliada a demanda da cultura e a disponibilidade de nutrientes no solo e na água.
- 4) A condutividade elétrica da água de irrigação, após a adição da solução de fertilizantes, não deve ultrapassar 2,0 dS/m.

A aplicação da fertirrigação deve ser realizada quando o sistema de irrigação estiver funcionando de forma estável e totalmente pressurizado. Segundo Sousa et al. (2011), as recomendações para operação do sistema de fertirrigação são:

- Iniciar a aplicação da solução após o funcionamento de 25% do tempo de irrigação.
- Realizar a aplicação da fertirrigação em 50% do tempo de irrigação.
- Utilizar o restante do tempo de irrigação para a lavagem da tubulação.

Em geral, deve-se evitar tempo reduzido de aplicação de fertilizantes para não comprometer a uniformidade de distribuição de fertilizantes. Oliveira e Villa Bôas (2008), trabalhando com um tempo de aplicação de 25 minutos, concluíram que não houve variação significativa da uniformidade de distribuição de nitrogênio e de potássio em sistema de irrigação por gotejamento e que, tempos mais prolongados de funcionamento de sistemas de irrigação, quando em operação de fertirrigação, possibilitam melhores uniformidades de distribuição do fertilizante.

## Monitoramento da fertirrigação

Assim como na irrigação, é importante que seja adotado um método de manejo para o monitoramento de quanto e quando irrigar. Na fertirrigação, o monitoramento deve ser feito para verificar o desempenho do processo de aplicação e distribuição dos fertilizantes. O controle deve ser realizado por meio do monitoramento da concentração da solução, na injeção e na saída dos emissores, da distribuição espacial dessa concentração e do monitoramento dos nutrientes no solo.

Segundo Coelho et al. (2007), o monitoramento da solução do solo é importante a fim de verificar se há elevação da condutividade elétrica a níveis indesejáveis para as plantas. Para tanto, pode-se retirar amostras de solo e levá-las a um laboratório, para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação, ou pode-se usar extratores para retirada da solução do solo para avaliação da condutividade elétrica com um condutivímetro portátil. Na Figura 4 pode-se observar o extrator de solução.



**Figura 4.** Extração de solução do solo

Fonte: Santos (2019).

Com relação à frequência do monitoramento, Dimenstein e Farias Neto (2008) recomendam efetuar coletas periódicas, por meio do extrator de solução, na frequência de 1 a 2 vezes por semana, em até 3 profundidades, para análise da solução do solo.

## Resultados de pesquisa

Embora ainda sejam escassos os trabalhos científicos sobre fertirrigação no estado do Pará, pode-se considerar que a literatura técnica e científica já disponível seja uma grande fonte de informações sobre o manejo da fertirrigação. A seguir, apresentamos alguns exemplos:

- Pinto et al. (2001) avaliaram doses de nitrogênio e potássio, aplicados via fertirrigação, na cultura da bananeira (Pacovan), no Submédio São Francisco. Os autores concluíram que o nitrogênio influenciou o peso dos cachos e da penca e o número de frutos por penca, sendo a melhor dose 340 kg/ha de nitrogênio. O potássio apenas influenciou o número de frutos por penca.

- Coelho et al. (2001) avaliaram o efeito de cinco doses de nitrogênio e cinco doses de potássio aplicados via fertirrigação no mamoeiro (Sunrise Solo), no Recôncavo Baiano. Os autores concluíram que a máxima produtividade física do mamoeiro correspondeu às doses de 490 kg/ha de N e 490 kg/ha de  $K_2O$ , o que equivale a uma relação N/ $K_2O$  de 1:1.

- Ramos et al. (2001) avaliaram os efeitos das lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada sobre o crescimento da cultura da pupunheira, durante o período de maior desenvolvimento das plantas (12 e 24 meses após o plantio). Os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos correspondentes a 100% e 120% da evapotranspiração de referência, obtida pelo tanque classe A e a adubação nitrogenada de 400 kg/ha ao ano.

- Segundo Almeida e Souza (2011), com relação à fertirrigação na cultura do abacaxizeiro, o nitrogênio é o nutriente mais aplicado, via água de irrigação, sendo a ureia (45% N) a alternativa mais frequente; não é usual a aplicação de fósforo via fertirrigação; é muito frequente, nos médios e grandes produtores, a aplicação do potássio, por via líquida, normalmente associado ao nitrogênio, usando as fontes cloreto e sulfato de potássio.

- Borges e Costa (2002) recomendam para a bananeira, sob fertirrigação, o seguinte esquema de adubação: Plantio – de 50 g a 110 g de  $P_2O_5$ , dependendo do teor no solo, e 50 g de FTE BR 12 por cova; Fertirrigação – de 150 kg/ha a 270 kg/ha de N e 0 kg/ha a 750 kg/ha de  $K_2O$ , dependendo da produtividade esperada e, no caso da quantidade de  $K_2O$ , do teor de K no solo. De acordo com as quantidades de N e  $K_2O$  recomendadas, a distribuição desses nutrientes no ciclo da bananeira pode ser realizada em intervalo de 15 dias.

- Segundo Coelho et al. (2011), os efeitos do uso da fertirrigação em citros têm sido relacionados aos diferentes porta-enxertos e às condições edafoclimáticas. Segundo os mesmos autores, ainda não há consenso entre os trabalhos produzidos a respeito da viabilidade da fertirrigação como tecnologia para o aumento da produtividade no citros. Isto porque diversos trabalhos relatam aumento de produtividade, mas outros não têm mostrado o mesmo efeito. De qualquer forma, Coelho et al. (2011) recomendam a fertirrigação para o citros, no caso de já existir o sistema de irrigação implantado.

- Pinto et al. (2011), com relação à marcha de absorção de nutrientes da manga, relatam que estudos com N, P, K e Ca mostraram que, nos períodos anteriores à floração, os teores de N, P e K foram máximos e o valores mais baixos foram encontrados na fase de formação dos frutos. O inverso ocorreu com o cálcio.

- Almeida et al. (2014) analisaram as características físicas dos frutos e a produtividade de sementes de cacau do clone CCN-51, submetido a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicadas, via fertirrigação, no semiárido baiano. Verificaram que o tratamento utilizado no campo, com 1.525,58 mm de água e 365,0 kg/ha de nitrogênio foi o que promoveu a maior produtividade (1.025,69 kg/ha) de amêndoas para comercialização.

## Referências

ALMEIDA, O. A. de; SOUZA, L. F. da S. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 11, p. 339-368.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, V. F.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S. Métodos e equipamentos para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 291-316.

ALMEIDA, R. L. S.; CHAVES, L. H. G.; BONOMO, P.; ALMEIDA JÚNIOR, R. L.; FERNANDES, J. D. Produção do cacauete submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 171-182, 2014.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Field evaluation of microirrigation systems: ASAE EP458. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE Standards 1997**. 44. ed. St. Joseph, 1997. p. 908-914.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BORGES, A. L.; COSTA, E. L. Requerimento de nutrição para fertirrigação: banana. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 77-84.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertirrigação para fertilizantes. In: SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 7, p. 255-264.

BRITO, R. A. L.; PINTO, J. M. Aplicação de produtos químicos via irrigação (Quimigação). In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 432-447.

BURT, C. M.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, 1995. 295 p.

COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. p. 201-227.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L. **Orientações práticas para a fertirrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 6 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular técnica, 85).

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; MAGALHÃES, A. F. J.; OLIVEIRA, A. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do citros. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 14, p. 413-440.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, T. S. M.; SANTOS, D. B. Produtividade do mamoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 78-87.

COSTA, E. F. da; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. p. 85-109.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 139, p. 63-68, 1986.

DIMENSTEIN, L.; FARIAS NETO, J. T. de. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2008. 134 p. (Coleção cursos Frutal Amazônia). Curso ministrado na Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria; FLOR PARÁ, 8., 2008, Belém, PA. Frutal Amazônia.

DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; FANCELLI, A. L.; PIRES, R. C. M. Fertirrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. (Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 1, cap. 6, p. 315-378. (Série Engenharia Agrícola).

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

HERNANDEZ, F. B. T. Potencialidades da fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ: CENA: POTAFOS, 1994. p. 215-225.

IBGE. **Censo Agropecuário** 2006. Rio de Janeiro, 2009. 777 p.

JUNK, W. J.; MELLO, N. Impactos ecológicos das represas hidroelétricas na Bacia Amazônica brasileira. **Estudos avançados**, v. 4, n. 8, p. 126-143, 1990.

KELLER, J.; KARMEELLI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133 p.

LANDIS, T. D. Mineral nutrients and fertirrigation. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. **The container tree nursery manual**. Washington, D.C.: Department of Agriculture, Forest Service, 1989. p. 1-67.

MAROUELLI, W. A.; SOUSA, V. F. Irrigação e fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 23-26.

MEDEIROS, J. F.; SOUSA, V. F.; MAIA, C. E.; COELHO, E. F.; MAROUELLI, W. A. Determinação e prepare da solução de fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 8, p. 265-288.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

MONTAG, G.; SCHNECK, C. **Horticultural fertigation-techniques, equipment and management**. Disponível em: <<http://www.agric.nsw.gov.au/Arm/Water.pub/1009.htm>>. Disponível em: 16 jun. 1998.

MONTAG, U. J. Fertigation in Israel. In: AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION, 1999, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: IFA, 1999. 24 p.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: processos de transição na fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. cap. 1, p. 9-59.

PAPADOPOULOS, A. P. Fertigation: presente situation and future prospects. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 85-154.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FEITOSA FILHO, J. C. Aplicação de nutrientes via fertirrigação em bananeira. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 01-10.

PINTO, J. M.; SILVA, D. J.; COELHO, E. F. Irrigação e fertirrigação na cultura da manga. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 16, p. 473-498.

RAMOS, A.; FOLEGATTI, M. V.; BOVI, M. L. A.; DIOTTO, A. V. Desenvolvimento vegetativo da pupunheira submetida a lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 221-234.

SANTOS, H. C. A. **Nutrição nitrogenada na cultura do pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

SILVA, E. F. F.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Aspectos qualitativos da água para fins de fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 3, p. 289-316.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; NOGUEIRA, L. C.; COELHO, M. A.; ARAÚJO, A. R. Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 10, p. 317-338.

SOUZA, R. O. R. M.; PANTOJA, A. V.; AMARAL, M. C. M.; PEREIRA NETO, J. A. Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 177-188, 2012.

TALENS, J. A. M. **Riego localizado y fertirrigación**. 4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2009. 575 p.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. (IAC. Boletim técnico, 196).

VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A. C.; GIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 111-130.

VILLAS BÔAS, R. L.; ANTUNES, C. L.; BOARETTO, A. E.; SOUSA, V. F.; DUENHAS, L. H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; REZENDE, R. S. (Org.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Gaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, p. 71-104.

VILLAS BOAS, R. L.; BERTANI, R. M. A.; ALMEIDA, A. M.; SAMPAIO, A. C.; FUMIS, T. F. Fertirrigação para iniciantes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n. 2, jul./dez. 2006.

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 283-308.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADOS, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 262-281.



# Aspectos econômicos da adubação e da calagem na Amazônia

---

*Alfredo Kingo Oyama Homma*

*Fabrcio Khoury Rebello*

## Introdução

A terra, como fator de produção, é um recurso essencial na produção agropecuária<sup>1</sup>, já que participa diretamente do ciclo produtivo. Nos demais setores da economia, ao contrário, fornece apenas o suporte físico para a instalação de unidades industriais, comerciais e de prestação de serviços. Assim, a conservação do solo assume papel estratégico na função de planejamento do empresário rural, uma vez que, para assegurar os benefícios sociais e econômicos desse fator produtivo, em longo prazo, deve-se manter, e até mesmo melhorar, suas propriedades químicas, físicas, biológicas e topográficas, a partir de práticas que permitam obter sua eficiência econômica.

É, pois, a partir da manutenção dessas propriedades do solo que serão oferecidos os nutrientes necessários para o crescimento e frutificação das plantas e, também, para o sustento dos animais que dependem diretamente delas para sua alimentação.

Desta feita, intensifica-se, na agropecuária moderna, a necessidade de atenção especial para o uso de adubos, fertilizante e calagem com vistas à conservação das propriedades do solo, principalmente pela necessidade de manter a atividade agropecuária nas fronteiras já abertas e na elevação de sua produtividade e eficiência econômica.

Na Amazônia, o desmatamento da floresta, que começou a arrefecer a partir de 2004, constitui uma preocupação nacional e mundial. Há necessidade de se tomar medidas concretas para atingir o desmatamento zero, com vistas a não repetir o que aconteceu com a Mata Atlântica, reduzida a 8% da sua cobertura original (Dean, 1996). Entre essas medidas está a intensificação da agricultura na fronteira interna já desmatada, promovendo a sua fixação nessas áreas alteradas.

---

<sup>1</sup> Ainda que as plantas possam se desenvolver em “soluções nutritivas”, ou seja, em água contendo elementos minerais em quantidades suficientes e na presença de luz, ar e temperatura adequados, o solo, por sua função de abrigar, fixar as plantas, armazenar e fornecer água e os elementos químicos minerais exigidos pelos vegetais, assume uma condição de fundamental importância para a agricultura que carece de escala de produção e retorno econômico (Alcarde et al., 1998). Como fator de produção, diz-se que a terra é o fator de uso mais intensivo no setor primário da economia.

Nesta perspectiva, o objetivo deste capítulo é chamar a atenção para a importância do uso de fertilizantes e corretivos de solo para permitir a ocupação da fronteira interna já conquistada na Amazônia, evitando a contínua incorporação de novas áreas de floresta ou de vegetação secundária e, assim, implementar práticas agropecuárias e florestais que valorizem as técnicas e metodologias de uso racional dos insumos agrícolas, garantindo a produtividade máxima econômica e a redução dos impactos ambientais decorrentes das atividades desenvolvidas.

## Uso de fertilizantes para intensificar a agropecuária na Amazônia

Do ano de 1975, quando foram divulgadas as avaliações preliminares do desmatamento da Amazônia com base no satélite Landsat, lançado em 23 de julho de 1972, até 2018, a área desmatada da Amazônia Legal passou de 15 milhões de hectares para cerca de 78 milhões de hectares, equivalente a mais de três vezes o estado de São Paulo ou mais do que a soma dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná ou, ainda, a 18% da Amazônia Legal.

A Amazônia brasileira ocupa uma área de 5.144.333 km<sup>2</sup>, correspondente a 60% do território nacional. Nessa região existem dois tipos de terra: a firme e a inundável. A primeira é aquela fora do alcance das inundações periódicas, enquanto a segunda é sujeita a inundações. A terra firme abrange uma superfície de cerca de 87% do território amazônico e a terra inundável o restante. Cerca de 6% da região é constituída de solos eutróficos – solos de elevada fertilidade – localizados na terra firme. Também, em torno de 6% da superfície regional está representada por solos eutróficos situados na terra inundável (várzea). Assim, aproximadamente 88% da Amazônia é ocupada por solos distróficos – solos de baixa fertilidade – dos quais 81% estão na terra firme e cerca de 7% na terra inundável, restando cerca de 12% de solos eutróficos (Nascimento; Homma, 1984; Homma, 2001).

Com exceção das áreas de várzeas, a maior parte da ocupação nas áreas de terra firme foi efetuada em solos de baixa fertilidade natural. Apesar do pequeno valor percentual, os solos férteis da Amazônia devem representar, excluindo as pequenas manchas de solos pobres localizadas no interior das áreas chamadas de solos eutróficos, aproximadamente 50 milhões de hectares, equivalentes à área dedicada à lavoura no Brasil. A falta de planejamento no processo de ocupação da terra fez com que essas áreas fossem utilizadas indiscriminadamente, sem levar em conta as suas potencialidades. Mesmo na atualidade, imensas áreas de terra roxa estão sendo utilizadas para pastagens, como ocorreu no município de São Félix do Xingu, PA. O zoneamento ecológico-econômico torna-se um instrumento sempre postergado, mas nunca deixa de ser tardia a sua plena implementação.

Isto evidencia um notável potencial de terras férteis na Amazônia para produção, principalmente, de alimentos. Para demonstrar a enorme dimensão dos solos férteis da Amazônia, é importante ressaltar que o Brasil levou quase 5 séculos para ocupar área equivalente com sua agricultura.

Uma das alternativas mais eficientes para se evitar a ocupação desenfreada da Floresta Amazônica é o estímulo ao aumento da produtividade agrícola e pecuária em áreas mais vocacionadas para essas finalidades. O benefício advindo dessa estratégia é a redução dos impactos ambientais na Amazônia, além do aumento da oferta de alimentos e matérias-primas para atender à demanda regional e gerar excedentes exportáveis (Lopes; Guilherme, 1991; Rebello; Homma, 2009).

A produção de arroz, por exemplo, tem preferência pelas áreas desmatadas de floresta densa ou capoeirão, servindo como indicador de derrubadas na Amazônia no passado. Essa prática foi reduzida com plantios mecanizados e aplicação de fertilizantes e irrigação. Dessa forma, o aumento da oferta de arroz mecanizado, com produtividade até quatro vezes superiores à de arroz no “toco”, constitui uma alternativa para frear o desmatamento pelos pequenos produtores, mas apresenta consequências sociais, ambientais e quanto à segurança alimentar, que deve ser minimizada com a criação de novas alternativas econômicas, como o plantio de cultivos perenes e o monitoramento do uso dos recursos naturais, a exemplo da água utilizada nos sistemas de irrigação.

As mudanças no uso da terra e da cobertura florestal da Amazônia são muito mais determinadas por processos implementados no setor agrícola e na pecuária na região e, indiretamente, fora dela. A escassez de água nas regiões Sul e Sudeste e a subtração de áreas agrícolas na região Sudeste, por exemplo, antes dedicada a culturas alimentares pelo cultivo da cana-de-açúcar, têm refletido no avanço da fronteira agrícola em direção à Amazônia.

A demanda mundial por biocombustíveis deve forçar no futuro a ocupação das áreas disponíveis na Amazônia decorrente de substituição de culturas nas atuais áreas tradicionais e da própria expansão na região. A plena implementação do Novo Código Florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012) deve provocar a redução da área útil para atividades produtivas para recompor Áreas de Reserva Legal (ARL) e Áreas de Preservação Permanente (APP), indicando a necessidade de aumentar a produtividade agrícola.

A prioridade de ação governamental deve ser dada aos setores agrícola e pecuário, particularmente, no sentido de incentivar o aumento da produtividade e a sustentação da produção em áreas mais adaptadas à utilização contínua nesse processo, e, sobretudo, onde a tecnologia de exploração já esteja comprovada como eficiente. Isto somente será conseguido por meio de uma utilização racional dos diversos insumos agrícolas, entre os quais os corretivos e fertilizantes, bem como dos demais fatores de produção, como a conservação do solo e o aprimoramento das técnicas de cultivo e manejo do solo, o uso adequado dos recursos hídricos, a utilização de sementes e mudas melhoradas, o controle fitossanitário, entre outros.

A subutilização de fertilizantes e corretivos agrícolas apresenta-se, certamente, como uma das principais causas da baixa produtividade da agricultura amazônica. A importância dos fertilizantes no processo produtivo da agricultura brasileira pode ser inferida pela alta correlação observada entre o consumo desse insumo e a produção agrícola de algumas culturas no Brasil.

O crescimento do mercado de produtos orgânicos produzidos sem o uso de fertilizantes e defensivos químicos e que integre técnicas como adubação verde, rotação de culturas e compostagem apresenta-se como importante nicho para a Amazônia. Vários produtos da região já obtiveram a sua certificação como produtos orgânicos, a exemplo do urucum, dos óleos de dendê e babaçu, do palmito e do cupuaçu.

Nesse cenário do emergente mercado dos produtos orgânicos, muitos produtos desenvolvidos pela pequena produção na Amazônia podem ser enquadrados na categoria de orgânicos, desde que esforços sejam orientados nesse sentido. Grande parte dos produtos extrativos, como babaçu, castanha-do-pará, açaí, bacuri, buriti, tucumã, cupuaçu, palmito, entre outros, isolando o aspecto de possíveis contaminações, são produtos orgânicos.

Por sua vez, vários produtos agrícolas produzidos pelos pequenos produtores, tais como mandioca, banana, pimenta-do-reino, cacau, café, pupunha, entre outros, em razão do baixo nível tecnológico, por não empregarem fertilizantes, herbicidas e inseticidas, são, também, produtos orgânicos. O aspecto ético e ambiental decorre do fato de esses produtos serem obtidos mediante a derrubada de áreas de floresta densa ou de vegetação secundária e da sua competitividade em médio e longo prazo, dada sua baixa produtividade.

## Contexto histórico do uso de fertilizantes na Amazônia

Ponte (1979), analisando o uso de fertilizantes na região Norte, no final da década de 1970, dá conta de sua utilização inexpressiva, em decorrência da predominância de uma agricultura em moldes tradicionais, voltada para a subsistência. Entre as culturas da região, somente a pimenta-do-reino conseguia suportar a utilização de insumos modernos, tendo em vista a relação benefício-custo.

Entre as razões para o baixo uso de fertilizantes e corretivos, Ponte (1979) mencionava: preço elevado; dificuldades de transporte; falta de tradição no uso, uma vez que a economia se baseava, até pouco tempo, na extração; falta de instalações portuárias adequadas para navios de grande calado; deficiência para armazenar os fertilizantes até a época de aplicação; falta de regularidade no funcionamento do laboratório de análise de fertilizantes e corretivos, instalado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

A agricultura até então praticada no estado do Pará não oferecia atrativos para a instalação da indústria de suprimentos agrícolas. Persistia a grande dependência de outros centros, contribuindo para se estabelecer o círculo vicioso em que somente era econômico adubar a cultura da pimenta-do-reino, mesmo importando a maioria dos fertilizantes utilizados.

Até o final da década de 1970, 60% do uso de fertilizantes no País estavam concentrados no Sudeste e no Centro-Oeste, 25% no Sul e apenas 10% no Norte e Nordeste. Em 2015, as regiões Norte e Nordeste respondiam por 14,3% do consumo nacional. Há de se destacar, ainda, que esses patamares foram conquistados graças a uma política de incentivo ao consumo, na forma de subsídios da ordem

de 40% na compra, como meio de compensar a alta internacional do petróleo, no período de 1973 e 1976. A partir de 1977, pela inclusão do fertilizante no sistema do crédito rural subsidiado, essas iniciativas mais do que compensaram o fato de o preço interno ter sido maior do que o preço internacional, funcionando como estímulo ao produtor. Na década de 1990, houve expressiva redução do preço real do fertilizante, o que levou ao estímulo de seu consumo (Bacha, 2004).

A Tabela 1 apresenta o consumo de fertilizante e corretivo agrícola no estado do Pará, para as culturas de pimenteira-do-reino, cacauzeiro, seringueira, dendezeiro, guaranazeiro e arroz, as principais a usarem nutrientes em uso comercial, na década de 1970. O cultivo de arroz diz respeito ao plantio da antiga Jari Florestal e Agropecuária Ltda (atual Grupo Orsa), única a adotar, na região, práticas de uso de fertilizantes nessa cultura na época (Rebello, 2004).

**Tabela 1.** Consumo de nutrientes e corretivos por culturas no estado do Pará, 1977.

Cultura	Área implantada até 1977 (ha)	Consumo de nutrientes (t)				Consumo de calcário (t)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total	
Pimenteira-do-reino <sup>(1)</sup>	10.419,90	694,30	1.260,40	1.826,40	3.781,10	415,00
Cacauzeiro	-	54,00	69,00	40,00	163,00	2.800,00
Dendezeiro <sup>(2)</sup>	1.811,00	22,20	290,70	280,60	593,50	-
Guaranazeiro	267,00	4,30	9,10	9,10	22,50	17,00
Seringueira <sup>(3)</sup>	2.500,00	-	-	-	800,00	-
Arroz <sup>(4)</sup>	4.500,00	450,00	270,00	135,00	855,00	-
<b>Total</b>	<b>19.497,90</b>	<b>1.224,80</b>	<b>1.899,20</b>	<b>2.291,10</b>	<b>6.215,10</b>	<b>3.232,00</b>

<sup>(1)</sup> 24% da cultura não recebiam uso de corretivos e fertilizantes.

<sup>(2)</sup> Área referente ao plantio da Denpasa.

<sup>(3)</sup> Refere-se ao ano de 1980.

<sup>(4)</sup> Plantio da antiga Jari Florestal e Agropecuária Ltda.

Fonte: Adaptado de Ponte (1979).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o cultivo comercial da pimenteira-do-reino pelos imigrantes japoneses no município de Tomé-Açu, PA, inaugurou a era dos NPKs e da mecanização agrícola na Amazônia. Até então, o uso de fertilizantes estava restrito a pequenos plantios de hortaliças pelos próprios imigrantes japoneses, com pouca expressão econômica.

Historicamente, o uso de adubação orgânica tem sido mais frequente, sendo bastante conhecida em áreas do Nordeste Paraense a prática de “parcagem”<sup>2</sup>, que consistia em prender o gado à noite, em currais rústicos, em rodízio, e

<sup>2</sup> A parcagem consiste basicamente na aplicação localizada de esterco de gado produzido a partir do confinamento de certo número de animais da redondeza, em cercas móveis montadas durante a noite em reduzida área, para promover sua fertilização para o plantio de culturas de ciclo curto (fumo, mandioca, milho, feijão-caupi). Trata-se de uma prática secular que foi trazida pelos primeiros colonos portugueses que vieram para esta nova terra. Na mesorregião do Nordeste Paraense, foi muito utilizada na Zona Bragantina, desde o processo de sua colonização. Atualmente ainda pode ser observada nos campos dos municípios de Bragança e Tracuateua (Rebello; Homma, 2017).

depois efetuar o plantio do fumo (Penteado, 1967; Alves; Homma, 2005; Rebello; Homma, 2017). A falta de adubos orgânicos fez com que ocorressem grandes importações de esterco de aves e caprinos, bem como torta de babaçu, mamona e algodão, de estados do Nordeste Brasileiro, a partir do final da década de 1960, com a construção da ponte sobre o Rio Gurupi. Esses ingredientes se destinavam à fabricação de compostos orgânicos para as lavouras de pimenteira-do-reino, hortaliças, laranjeira, mamoeiro, meloeiro, entre os principais.

A partir da década de 1970, outras culturas que passaram a utilizar fertilizantes foram as lavouras de mamoeiro 'Havaí' e de meloeiro, seguindo-se, posteriormente, as culturas de dendezeiro, coqueiro, pastagens, abacaxizeiro, cacauzeiro, citrus, cafeeiro, maracujazeiro, cupuaçuzeiro, hortaliças e, mais recentemente, no final da década de 1990, pelos grandes plantios mecanizados de arroz, milho, feijão-caupi, cana-de-açúcar, algodão e soja; reflorestamento (eucalipto, mogno-africano, paricá, teca), açaizeiro, em áreas de pastagens degradadas e áreas abandonadas pelos pequenos produtores.

No caso de pequenos produtores, o uso inicial de fertilizantes ocorreu na cultura do algodão, nas décadas de 1970 e 1980, e de feijão-caupi, induzido pela primeira, tanto por pequenos como por grandes produtores no Nordeste Paraense (Aguiar; Lemos, 1992). É prática comum os pequenos agricultores de feijão-caupi utilizarem reduzidas doses de fertilizantes mediante uma tampinha de refrigerante em uma varinha para viabilizarem a produção.

Muitas prefeituras municipais adotam sistema de favorecimento de serviços de aração e gradagem, uso de fertilizantes e oferta de sementes de feijão-caupi, mediante a troca em produção. Sem esses procedimentos não seria possível obter uma produtividade satisfatória. O uso de fertilizantes pelos pequenos produtores se estende, também, em pequenas dosagens, para os plantios de hortaliças nas áreas periurbanas, pimenteira-do-reino, abacaxizeiro, fruteiras, entre outras. Pode-se afirmar que, para quase todas as culturas, sempre existem alguns produtores que estão utilizando fertilizantes químicos, orgânicos ou calcário, em pequenos plantios e sem técnica definida.

Em 1997, teve início a produção comercial de soja em Paragominas e Redenção, a qual foi bastante emblemática, pois marca a diversificação da agricultura paraense com o cultivo mecanizado de grãos, constituindo uma novidade histórica. O lançamento, em 6 de maio de 2010, em Tomé-Açu, PA, do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo no Brasil, pelo ex-presidente Luís Inácio Lula da Silva (2003-2011), ampliou consideravelmente o consumo de fertilizantes no estado do Pará.

Projetos como os da Pagrisa, em Ulianópolis, PA, com 12 mil hectares plantados com cana-de-açúcar; Sococo, no município de Moju, PA, com 5 mil hectares de coqueiros; Citropar, no município de Capitão Poço, PA, com 4 mil hectares de laranjeiras e limoeiros, reflorestamento, são outros exemplos de agricultura intensiva, com uso de fertilizantes e manejo de solos como forma de garantir a sua sustentabilidade.

O dendezeiro, com quase 200 mil hectares de área cultivada no estado do Pará<sup>3</sup>, em 2016, representa a cultura que mais utiliza fertilizantes na região, com um consumo estimado de 140 mil toneladas em 2014, 100 mil toneladas em 2015 e 130 mil toneladas em 2016, representando 33,16% e 25,56% do consumo de fertilizantes do estado do Pará, respectivamente, para os anos de 2014 e 2015. Ainda assim, o uso é aquém das exigências do solo e da planta. No caso do calcário, por exemplo, a Agropalma, em seu cultivo de 40 mil hectares, só utilizou em 34 ha, de forma experimental, em 2016.

Isto demonstra o quanto há por avançar no uso eficiente de fertilizantes na região, a despeito de a palmicultura ser uma das atividades mais verticalizadas na agricultura regional. A dificuldade de operacionalizar sua aplicação em grandes áreas em decorrência do excesso de chuva da região, do preço do produto no mercado e do baixo peso relativo dos profissionais de nutrição vegetal nos quadros dessas empresas concorrem para o emprego abaixo das necessidades.

O pleno cumprimento do Novo Código Florestal (recuperação de APP e ARL), da Agricultura de Baixo Carbono, dos acordos internacionais da COP-21 (2015), em que o governo brasileiro se comprometeu a acabar com o desmatamento ilegal na Amazônia até o ano de 2030 e, a nível nacional, de restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares, recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e 5 milhões de hectares de ILPF, deve abrir um vasto mercado para a utilização de fertilizantes, calcário e mecanização agrícola.

A Tabela 2 demonstra a ainda pequena participação percentual da aplicação de fertilizantes nos solos da região Norte. Em 1996, foram comercializadas 82,45 mil toneladas métricas de fertilizantes junto aos produtores da região, o que representava 0,67% da comercialização total do País. Dados de 2015 indicam que a região Norte passou a responder com 3,87% das 30.201.998 toneladas métricas vendidas no Brasil aos consumidores finais. As regiões Nordeste, Sul, Centro-Oeste e Sudeste respondem, respectivamente, com 10,42%, 27,27%, 33,94% e 24,50%, valores consideravelmente superiores aos verificados na região Norte.

Na região Norte, o estado do Tocantins é o maior consumidor de fertilizantes, seguido do Pará e de Rondônia, como os mais importantes. Na região Centro-Oeste, os destaques são Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul. Na região Nordeste, Bahia, Maranhão e Piauí são os maiores consumidores, como componentes do Matopiba. Na região Sudeste, são destaques os estados de Minas Gerais e São Paulo e, na região Sul, Paraná e Santa Catarina.

O estado do Pará, em 2015, aplicou 391 mil toneladas métricas de fertilizantes, respondendo por 1,29% do consumo nacional e 33,45% da região Norte, destacando-se como o segundo consumidor regional, com uma aplicação 2,7 vezes maior que a do estado de Rondônia, o terceiro consumidor, e quase 35,07% a menos do consumo do estado do Tocantins, o maior consumidor regional de fertilizantes. Esses dados sugerem sobre a pouca relevância que boa parte dos

<sup>3</sup> A dendeicultura paraense, em 2016, contava com nove empresas consolidadas, com área plantada variando entre 3.900 ha e 56.120 ha, a saber: Agropalma, Biopalma, Mejer-Yossan, Dentauá, Belém Bionergia, ADM, Denpasa, Marborges, Palmasa. Existem, ainda, outros pequenos empreendimentos que participam com 700 ha. Nesse mercado atuam, também, em sistema de integração com as empresas, os agricultores familiares que possuem cerca de 10 mil hectares plantados.

produtores dão à questão da reciclagem de nutrientes retirados do solo, tendo em vista compensar as perdas ocasionadas tanto em decorrência das sucessivas colheitas dos produtos econômicos, como pelos fenômenos de erosão e lixiviação.

O consumo de fertilizantes no País, em 2015, está na faixa de 30 milhões de toneladas por ano, sendo Mato Grosso (18,64%) o maior consumidor, seguindo-se Paraná (12,92%), Rio Grande do Sul (12,14%), Minas Gerais (11,62%), São Paulo (11,50%), Goiás (9,70%), Bahia (5,83%), entre os principais. Na região Norte, o estado do Tocantins consome 51,52% de fertilizantes da região Norte, seguindo o estado do Pará com 33,45% e Rondônia com 12,53% (Tabela 2). Isto indica que as possibilidades são maiores para promover um grande aumento na produtividade agrícola, com a intensificação do uso de fertilizantes reduzindo, dessa forma, a contínua incorporação de novas áreas de floresta densa ou de vegetação secundária e promovendo a intensificação das áreas já utilizadas, além de promover a recuperação de Áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente.

Os estados maiores consumidores de calcário no País são Mato Grosso, Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Bahia (Tabela 3). Dessa forma, na Amazônia Legal, com exceção do estado de Mato Grosso, maior consumidor nacional, e os estados de Tocantins e Maranhão, os demais estados têm consumo inexpressivo. Esse aspecto constitui grande limitação para o desenvolvimento da agricultura regional.

Segundo informações da Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (Abracal, 2016) não era registrada produção de calcário no estado do Pará naquele período, fato que o torna, em grande parte, dependente de importações dos estados do Tocantins e Maranhão, mantendo-se, neste caso, o status quo das análises desenvolvidas por Ponte (1979) para a década de 1970. Há necessidade de os governos federal e estadual estimularem a implantação de usinas de calcário na região (Costa; Castro, 1991; Quaggio, 2000), como forma de diminuir os custos de produção na agropecuária regional.

A calagem do solo, como se sabe, ao mesmo tempo em que corrige sua acidez, permitindo a prática da agricultura comercial, contribui para fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg), neutralizar o efeito fitotóxico do alumínio (Al) e do manganês (Mn), aumentar a disponibilidade de elementos nutrientes para as plantas e potencializar os efeitos dos fertilizantes.

Ricker (1990), ao discorrer sobre a ocorrência de jazimentos minerais na Amazônia, afirma sobre a disponibilidade, no subsolo da região, de quantidades suficientes para sua independência quanto às importações. No estado do Pará, são apontadas as seguintes jazidas: a) fosfato: 100 milhões de toneladas no município de Monte Alegre; b) calcário: 18 milhões de toneladas em Monte Alegre; 287,8 milhões de toneladas em Prainha; 872,1 milhões de toneladas em Aveiro; 357,3 milhões de toneladas em Itaituba; c) gipsita (sulfato de cálcio hidratado): 531 milhões de toneladas em Aveiro; entre outras em estudo. Esse autor destaca que faltam iniciativas sérias do governo para promover o desenvolvimento da agricultura na região e, nessa direção, sinaliza com a necessidade de formulação de políticas que utilizem os bens minerais disponíveis para, em curto prazo, elevar a produção de alimentos da Amazônia.

**Tabela 2.** Venda de fertilizantes ao consumidor final, segundo as unidades da federação e as regiões geográficas, de 1996 a 2015, em toneladas métricas.

Região/ UF	1996	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Norte</b>	<b>82.450</b>	<b>164.000</b>	<b>367.045</b>	<b>464.856</b>	<b>643.152</b>	<b>832.608</b>	<b>1.021.036</b>	<b>1.172.954</b>	<b>1.169.558</b>
TO	47.010	69.300	183.103	190.709	276.755	390.137	477.069	558.560	602.523
PA	28.100	66.900	112.380	169.936	241.007	285.193	374.028	422.162	391.193
RO	1.910	15.300	37.216	71.965	88.570	112.232	122.689	141.749	146.567
RR	2.810	1.600	22.021	14.063	16.696	19.337	22.948	24.446	9.808
AP	490	4.800	5.139	9.281	9.357	16.648	14.474	14.257	8.818
AM	1.530	5.600	5.721	7.386	7.086	6.966	7.967	9.646	7.664
AC	600	500	1.465	1.516	3.681	2.095	1.861	2.134	2.985
<b>Centro-Oeste</b>	<b>2.691.000</b>	<b>4.463.000</b>	<b>5.992.429</b>	<b>7.283.214</b>	<b>8.612.113</b>	<b>9.381.138</b>	<b>9.844.324</b>	<b>10.535.089</b>	<b>10.251.880</b>
MT	1.128.020	2.115.500	3.456.353	4.031.918	4.672.868	5.251.985	5.484.132	5.844.079	5.629.239
GO	1.066.890	1.493.200	1.657.252	2.072.081	2.660.311	2.638.473	2.769.667	2.956.613	2.928.120
MS	451.140	803.600	834.500	1.134.505	1.219.638	1.426.919	1.516.686	1.654.048	1.631.206
DF	44.950	50.700	44.324	44.710	59.296	63.761	73.839	80.349	63.315
<b>Nordeste</b>	<b>1.143.540</b>	<b>1.516.500</b>	<b>2.099.317</b>	<b>3.001.798</b>	<b>3.314.381</b>	<b>3.462.469</b>	<b>3.440.240</b>	<b>3.678.563</b>	<b>3.145.656</b>
BA	525.720	839.100	1.163.866	1.666.282	1.865.036	1.898.767	1.910.441	2.086.610	1.761.955
MA	79.980	143.100	256.381	375.789	486.675	510.750	560.993	600.225	531.294
PI	21.250	46.600	111.220	234.623	328.919	424.814	419.868	380.275	381.123
PE	180.180	148.800	194.970	245.005	195.727	196.791	192.663	202.669	148.415
AL	236.120	218.600	226.544	261.955	218.089	221.656	161.937	168.314	121.713
SE	18.420	20.700	26.283	79.377	84.170	78.006	77.035	96.584	89.535
PB	37.100	36.200	42.429	59.725	58.459	58.227	52.334	66.167	50.372
RN	28.830	45.100	45.932	49.763	45.883	41.094	36.884	44.240	35.538
CE	15.940	18.300	31.692	29.279	31.423	32.364	28.085	33.479	25.711
<b>Sudeste</b>	<b>4.885.220</b>	<b>5.649.900</b>	<b>6.283.433</b>	<b>7.010.769</b>	<b>8.204.864</b>	<b>8.155.328</b>	<b>7.842.064</b>	<b>8.044.493</b>	<b>7.399.015</b>
MG	1.700.580	2.322.900	2.878.321	3.134.068	3.631.191	3.639.578	3.480.825	3.706.091	3.508.805
SP	2.967.690	3.002.600	3.102.492	3.490.211	4.130.501	4.055.514	3.897.255	3.842.796	3.472.311
ES	156.710	265.700	261.444	335.639	392.753	409.146	405.821	443.862	375.215
RJ	60.250	58.700	41.176	50.851	50.419	51.090	58.163	51.744	42.684
Sul	3.445.390	4.598.500	5.452.507	6.755.544	7.551.747	7.705.459	8.552.733	8.777.972	8.235.895

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Região/ UF	1996	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PR	1.778.900	2.430.200	2.646.067	3.029.876	3.593.389	3.484.815	3.786.206	3.957.667	3.903.516
RS	1.333.180	1.732.600	2.194.064	3.100.788	3.299.830	3.538.015	3.935.390	4.068.679	3.667.276
SC	333.310	435.700	612.376	624.880	658.528	682.629	831.137	751.626	665.103
<b>Brasil</b>	<b>12.247.600</b>	<b>16.391.900</b>	<b>20.194.731</b>	<b>24.516.181</b>	<b>28.326.257</b>	<b>29.537.002</b>	<b>30.700.397</b>	<b>32.209.071</b>	<b>30.201.998</b>

Fonte: Associação Nacional para a Difusão de Adubos (2016).

**Tabela 3.** Consumo aparente de calcário agrícola por estado, no período de 1992 a 2015.

Ano	MT	PR	MG	SP	RS	MS	GO	TO	BA	SC	MA	ES	AL	PE	Outros	Brasil
1992	1.426,0	2.073,0	1.800,0	3.430,0	2.818,0	520,0	1.762,0	151,0	115,0	950,0	173,0	ND <sup>(1)</sup>	ND	ND	190,0	15.408,0
2000	3.099,8	2.284,7	2.986,7	3.323,1	2.004,3	813,6	2.550,0	136,0	748,3	596,0	380,0	411,9	80,0	92,0	305,8	19.812,2
2005	2.927,0	1.732,1	2.257,9	3.353,9	863,2	896,7	1.948,2	537,0	268,4	600,0	85,0	147,5	ND	160,0	1.210,4	16.987,3
2010	3.800,0	2.836,9	3.711,6	3.377,8	1.779,6	1.700,9	2.352,7	390,0	885,5	610,1	340,0	167,0	ND	ND	1.738,0	23.690,1
2011	5.332,6	2.632,0	4.306,7	3.995,6	2.435,9	1.856,5	3.015,6	600,4	872,5	913,6	ND	190,6	ND	ND	3.200,9	29.352,9
2012	6.392,5	3.826,9	4.545,3	4.241,1	2.632,8	2.971,4	2.792,5	1.100,0	ND	1.147,1	ND	238,1	ND	ND	4.118,3	33.943,0
2013	6.683,6	3.535,7	4.195,3	3.691,0	3.251,2	2.885,3	2.624,9	1.407,8	854,1	869,6	583,4	ND	ND	ND	2.889,1	33.471,0
2014	6.818,3	3.949,5	4.581,7	3.763,2	3.095,0	3.025,7	2.649,5	1.294,7	965,4	831,5	504,6	317,0	75,5	63,7	3.442,4	35.377,7
2015	5.952,7	4.444,0	4.075,3	3.348,6	2.985,0	2.778,6	2.323,7	1.182,5	911,2	651,8	405,7	284,2	74,6	76,2	1.147,8	30.641,9

<sup>(1)</sup> ND = Informação não disponível.

Fonte: Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (2016).

A crise na indústria de construção civil levou a Cimentos do Brasil S/A (Cibrasa), fundada em 1962, situada em Capanema, a entrar no mercado de calcário, a partir de 2015, o qual, a despeito do baixo conteúdo de Mg, é ideal para cultivos perenes, reflorestamento e recuperação de pastagens degradadas.

Dados mais recentes para o estado do Pará dão conta de uma reserva de fosfato de 200 milhões de toneladas, localizada principalmente nos municípios de Monte Alegre, Almeirim, Oriximiná, Bonito e São Félix do Xingu. As reservas de manganês (Mn) são da ordem de 51 milhões de toneladas, ou seja, 29% da reserva nacional, e as de caulim 19% da reserva do País. Quanto ao calcário, as reservas são estimadas em 554 milhões de toneladas com condições favoráveis de exploração nos municípios de Aveiro, Bonito, Capanema, Curionópolis, Itaituba, Monte Alegre, Peixe-Boi e São Geraldo do Araguaia, além de pesquisas que estão sendo realizadas para outros jazimentos, como é o caso do potássio (K) na Calha Norte (Pará, 2012, 2014).

Em 1974, começou a implantação do complexo industrial de fertilizantes Sotave Amazônia Química e Mineral SA, com capacidade para produzir 430 mil toneladas por ano entre fosfatos monoamônio (MAP) e diamônio (DAP), superfosfatos e NPK composto, prevendo atingir até 660 mil toneladas por ano. No período entre 1976 e 1978, foram comercializados por essa indústria, respectivamente, 8.008,2 t, 27.699,7 t e 48.541,0 t de misturas fertilizantes e adubos, indicando uma taxa de incremento de mais de 500% no período (Ponte, 1979).

A empresa, no entanto, enfrentou dificuldades econômicas e financeiras para dar continuidade ao empreendimento e honrar os compromissos assumidos junto à Sudam e ao Banco Mundial. Em julho de 1988, o presidente José Sarney autorizou a Portobrás, hoje extinta, a desapropriar o porto e assumir seu controle. Em dezembro de 2002, após mais de duas décadas sem atividades, o porto da Sotave passou a ser administrado pela Companhia Docas do Pará (CDP), com a designação de Terminal Portuário de Outeiro, inaugurado em julho de 2004, mas até o momento sem uso para fertilizantes (Terminal..., 2019).

Em 2003, o grupo Cabrera, de São José do Rio Preto, instalou, no município de Santana do Araguaia, PA, a empresa Calcário do Pará (Calpará), para beneficiamento de 50 mil toneladas de calcário próprio para agricultura, mas que não teve o sucesso planejado. Em 2015, a B&A Mineração iniciou suas atividades no município de Bonito, com produção de 100 mil toneladas por ano de termofosfato calcinado, cuja mina apresenta uma vida útil de 12 anos. A B&A Mineração é uma empresa nacional, uma *joint venture* entre o BTG Pactual e a AGN Participações (Phosfaz, 2019).

Há duas grandes empresas importadoras de fertilizantes com atuação no estado do Pará. A Yara Brasil Fertilizantes, que importou, em 2015, US\$ 36.140.157, representando 3,82% das importações estaduais e, em 2014, US\$ 37.296.109,

representando 3,86% das importações. A Fertilizantes Tocantins, empresa fundada em 2003, em Porto Nacional, TO, com forte atuação na região do Matopiba, inaugurou um porto de recepção em Barcarena em 27 de novembro de 2015 e importou, em 2015, US\$ 16.174.341, representando 1,71% das importações estaduais.

Em julho de 2016, a Eurochem Group AG adquiriu o controle acionário da Fertilizantes Tocantins. A Eurochem é uma empresa global de agroquímicos, produzindo principalmente fertilizantes nitrogenados e fosfatados, bem como certos produtos de síntese orgânica e minério de ferro. Com sede em Zug, Suíça, o grupo opera instalações de produção e distribuição na Bélgica, China, Cazaquistão, Lituânia, Estados Unidos e Rússia e emprega mais de 23,4 mil pessoas no mundo.

Ainda hoje, no entanto, prevalece uma iniciativa muito tímida na Amazônia quanto à implementação de políticas para o setor mineral, principalmente considerando sua condição de recurso não renovável, representatividade na base da economia regional e de insumo estratégico para facilitar a oferta dos produtos agropecuários e florestais. Somente em 14 de abril de 2014, o governo do estado do Pará lançou seu primeiro Plano de Mineração, com horizonte de planejamento para o ano de 2030, e algum direcionamento para agregação de valor na cadeia dos agrominerais<sup>4</sup>. Faz-se premente, portanto, o fortalecimento de estratégias para verticalizar a produção dos insumos minerais com vistas a criar vantagens competitivas para a agropecuária regional. Essa sinergia é essencial para se criar o ambiente favorável para o desenvolvimento regional.

## Determinação das doses econômicas de fertilizantes

O estado do Pará destaca-se como maior produtor nacional de abacaxi, mandioca, dendê, cacau e pimenta-do-reino. A produtividade dessas culturas no Pará, com exceção da pimenta-do-reino, é maior que a média nacional (Tabela 4). No caso da mandioca, no entanto, a produtividade é apenas 58,62% da observada no estado do Paraná (25.456 kg/ha), segundo maior produtor nacional. Isto mostra o potencial que poderia ser alcançado com técnicas mais apropriadas, ao contrário das regiões mais desenvolvidas, onde as plantas e animais já quase atingiram o limite da capacidade produtiva. Sem dúvida, nos sistemas de produção adotados, o uso de fertilizantes, constitui uma das variáveis explicativas. Alcarde et al. (1998), por exemplo, apontam que os adubos contribuem entre 30% e 50% para o aumento da produtividade das culturas.

---

<sup>4</sup> Entende-se por agrominerais os minerais contendo fósforo, potássio, entre outros elementos, utilizados para a fabricação de fertilizantes; calcário empregado como corretivo de acidez de solo; minerais que podem ser utilizados como remineralizadores de solo.

**Tabela 4.** Comparação de produtividade média (2013–2015) de culturas selecionadas do estado do Pará, do Brasil e do estado maior produtor (kg/ha).

Cultura	Estado do Pará (A)	Brasil (B)	Estado maior produtor (C)	Diferença de produtividade (C-A)
Abacaxi	30.530	26.244	30.530 (PA)	0
Arroz	2.395	5.320	7.538 (RS)	5.143
Cana-de-açúcar	68.610	73.386	76.367 (SP)	7.757
Feijão	693	1.047	1.592 (PR)	899
Mandioca	14.920	14.717	14.920 (PA)	0
Melancia	22.344	22.869	22.295 (RS)	- 49
Melão	7.000	25.880	28.085(RN)	21.085
Milho	2.991	5.322	5.771 (MT)	2.780
Soja	2.912	2.941	3.047 (MT)	135
Banana	13.116	14.371	15.090 (BA)	1.974
Cacau <sup>(1)</sup>	847	388	293 (BA)	- 554
Café	890	1.387	1.416 (MG)	526
Coco <sup>(2)</sup>	10.314	7.678	8.007 (BA)	- 2.307
Dendê	17.185	11.269	17.185 (PA)	0
Laranja	16.744	25.017	29.311 (SP)	12.567
Mamão	16.861	49.288	62.783 (BA)	45.922
Maracujá	10.900	14.262	12.201 (BA)	1.301
Pimenta-do-reino	2.114	2.284	2.114 (PA)	0
Urucum	1.116	1.167	1.263 (SP)	147

<sup>(1)</sup> Em 2017, o estado do Pará assumiu a liderança na produção do cacau, ficando a Bahia em segundo lugar. A produtividade paraense e baiana, naquele ano, foi, respectivamente, de 882 kg/ha e 252 kg/ha (IBGE, 2017).

<sup>(2)</sup> A produção de coco é dada em frutos por hectare.

Fonte: IBGE (2016).

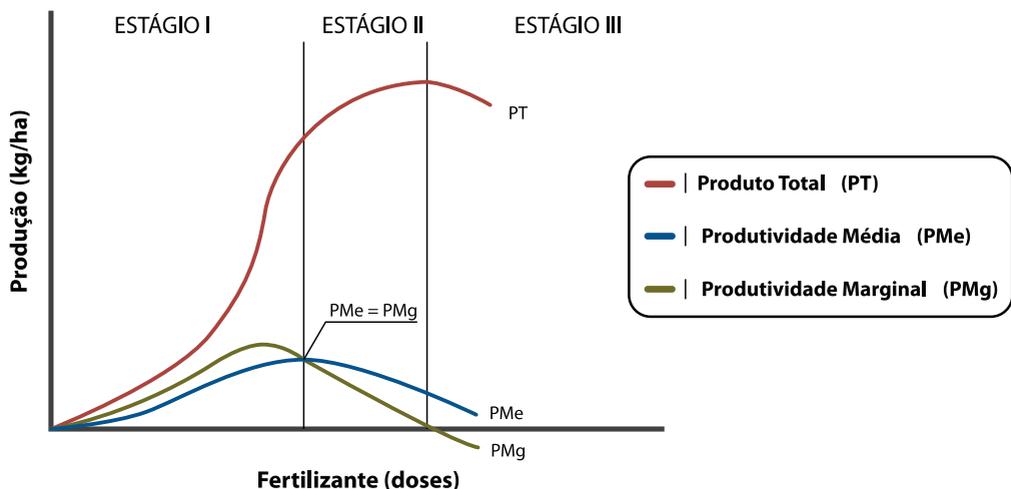
No caso do Brasil, estudo desenvolvido por Nicolella et al. (2005) evidencia que, a partir do ano de 1990, há um declínio na área cultivada com lavouras, porém o consumo de fertilizantes continua a aumentar. O que se observa a partir desse período é que a produtividade da terra tem aumentado a um ritmo que permite a ampliação da produção agrícola com menor uso de terra. Esse aumento da produtividade da terra se dá, em parte, pelo maior uso de fertilizantes.

Para muitas culturas da Amazônia, como a pimenta-do-reino, a prática de adubação está em função dos preços do mercado da pimenta. Na década de 1970, com os altos preços do produto e a redução da vida útil dos pimentais causada pela expansão do *Fusarium*, era frequente os agricultores nipo-brasileiros abusarem na adubação, procurando obter o máximo de produtividade biológica, em detrimento da produtividade econômica, decorrente do acréscimo de adubação. Com a crise dos preços da pimenta-do-reino ocorreu um fenômeno inverso, provocando uma redução drástica na utilização de fertilizantes e outros insumos.

A difusão do uso de fertilizantes e corretivos está relacionada com o ganho econômico obtido pela diferença de produtividade decorrente do plantio com e sem fertilização. Se o insumo fosse gratuito e existisse em abundância, em situações extremas, compensaria produzir o máximo da produção física (Hoefflich; Santos, 1977; Tarsitano; Hoffmann, 1985).

É de conhecimento geral que o agricultor usa de racionalidade econômica na adoção de uma dada tecnologia. Assim, a utilização de qualquer insumo relevante ao processo produtivo é viável ou não, dependendo de certas relações entre os preços dos insumos (calcário, fertilizantes e mecanização) e do produto. Portanto, relações econômicas desfavoráveis podem explicar a não adoção de vários resultados tecnicamente positivos, como o emprego de fertilizantes e corretivos obtidos da experimentação agrícola (Rebello, 1979; Universidade Federal do Ceará, 1996).

Toda planta ou animal apresenta uma função de resposta biológica entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e as respostas em termos do produto, para uma dada tecnologia conhecida. Dessa forma, as plantas quando submetidas a doses crescentes de fertilizantes apresentam três comportamentos de resposta produtiva, conforme o enunciado da Lei dos Rendimentos Decrescentes. Na primeira fase, para determinado acréscimo de fertilizante, a produção cresce com retornos crescentes. Depois, à medida que são aplicadas mais doses de fertilizantes, a produção aumenta, mas com retornos decrescentes e, finalmente, à medida que são aplicados mais fertilizantes, a produção passa a decrescer (Figura 1).



**Figura 1.** Representação da função de produção em resposta ao uso de fertilizante.

Fonte: Adaptado de Garófalo e Carvalho (1988).

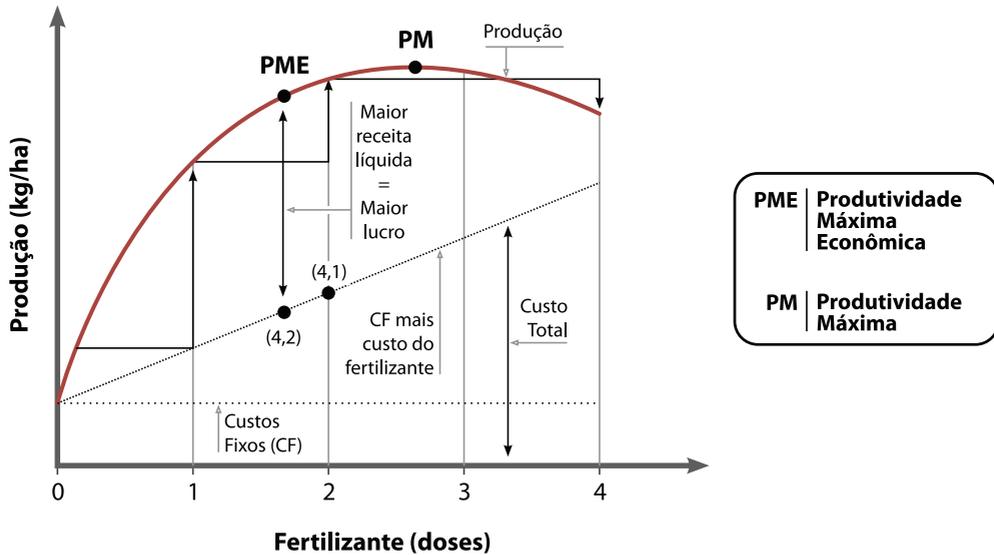
Isto é mais que lógico, uma vez que, se com aplicações crescentes da mesma quantidade de fertilizante a produção sempre crescesse, bastaria plantar apenas um pé dessa “superplanta” para obter toda a produção. Isto é perceptível, também, na natureza humana, uma vez que algumas pessoas têm maior propensão para engordar com a mesma quantidade de alimento que outras.

Assim, na Figura 1, observa-se que, com o aumento da quantidade de fertilizante (fator variável), permanecendo a quantidade dos demais fatores fixos, a produção, inicialmente, aumentará a taxas crescentes (Estágio I). A seguir, depois de certa quantidade utilizada do fator variável, passaria a crescer a taxa decrescente (Estágio II). Continuando o incremento da utilização de fertilizante, a produção decrescerá (Estágio III). Economicamente, o estágio II é reconhecido como racional, ou seja, é o mais eficiente no uso dos fatores fixo e variável.

O empresário rural consciente escolherá permanecer na faixa representada pelo Estágio II, variando sua posição em função do preço dos fatores fixo e variável adotados. O preço, portanto, será determinante para a decisão do empresário rural, oscilando ora para a fronteira com o Estágio I, em que se maximiza a eficiência do fator variável (fertilizante), ora para a fronteira com o Estágio III, em que a eficiência do fator fixo (terra) é máxima. A capacidade de resposta da adubação depende ainda da variedade da planta, do tipo de solo, das condições climáticas, dos tratos culturais, do ataque de pragas e doenças, entre outros. As variedades tradicionais, apesar de atingirem a capacidade máxima de produção inferior quando comparadas às variedades melhoradas, respondem melhor quando em situações adversas, como em condições de menores quantidades de insumos, do que as variedades melhoradas.

Dessa forma, uma variedade de arroz utilizada em grandes plantios mecanizados não apresentaria a mesma resposta se fosse cultivada em áreas derrubadas e queimadas de floresta densa, praticadas pelos pequenos agricultores. O argumento de muitos produtores para a não utilização dos fertilizantes é que a planta não morre se deixar de usá-lo. Ainda que isso seja verdade, essa atitude compromete a produtividade da cultura, ao mesmo tempo em que interage negativamente no solo, prejudicando sua conservação, como já foi comentado. A importância de estudos sobre a determinação de doses econômica de fertilizantes vem se acentuando, principalmente nos últimos anos quando o preço desse insumo cresceu relativamente mais que os preços dos produtos. Daí a necessidade de que os agricultores utilizem insumos eficientemente, para minimizar os custos variáveis por unidade produzida. No caso de produtores de frango, gado de corte e suínos, o conhecimento da resposta de engorda é de fundamental importância para determinar o tempo ótimo de abate, a partir do qual os ganhos adicionais de peso não compensam os gastos com rações.

Para avaliar a lucratividade da aplicação de fertilizante ou calcário, basta comparar a produtividade sem aplicação e com a aplicação de fertilizantes e corretivos (Figura 2). O uso será recomendado, caso o valor da diferença da produtividade compense os custos da aplicação de fertilizantes e corretivos ou viabilizem o próprio desenvolvimento da cultura nas áreas de baixa fertilidade.



**Figura 2.** Relação entre a eficiência da adubação e a produtividade máxima econômica.

Fonte: Adaptado de Alcarde et al. (1998).

A partir da análise da Figura 2, percebe-se que a melhor situação para o produtor é indicada no ponto onde se tem a produtividade máxima econômica (PME) e não na situação de produtividade máxima (PM). Assim, as adubações não devem visar à produtividade máxima, mas sim à produtividade que proporcione o maior lucro. A PME, portanto, ocorre quando os custos por unidade produzida baixam até o ponto de maior retorno líquido por área produzida, isto é, quando a produção é mais lucrativa.

Há de se destacar, ainda, que a situação de PME não é estática, pois pode variar de um ano para o outro, bem como de uma faixa de terra para outra na mesma propriedade. Daí a necessidade de uma gestão atenta da propriedade para as questões econômicas e técnicas. A agricultura de precisão, os cuidados com as melhores práticas de manejo (MPM), com as respostas biológicas da planta e a correta gestão dos indicadores econômico-financeiros são essenciais.

Cabe destacar, ainda, que o consumo de fertilizantes é muito influenciado pelas relações de troca estabelecidas no setor agropecuário. Assim, os baixos preços dos produtos agrícolas e os elevados custos dos insumos (fertilizantes, irrigação, máquinas agrícolas, entre outros) tendem a retrain sua utilização, o que acaba por repercutir na produtividade agrícola e no desenvolvimento do setor.

O desenvolvimento agrícola na Amazônia perpassa, portanto, pela intensificação da fronteira agrícola já aberta que, por sua vez, está associada à oferta de insumos agrícolas com preços competitivos, superação das deficiências de infraestrutura econômica e dos serviços de apoio à produção (pesquisa agrícola, fortalecimento da extensão rural, melhoria da infraestrutura de logística, melhor planejamento agrícola e integração das políticas agrícolas), reordenamento territorial, elevação do capital social e racionalização da carga tributária (Rebello; Homma, 2009).

## Considerações finais

A não utilização de fertilizantes e corretivos agrícolas configura-se como uma das principais causas da baixa produtividade da agricultura amazônica. A importância dos fertilizantes e corretivos no processo produtivo da agricultura brasileira pode ser inferida pela alta correlação observada entre o consumo desse insumo e a produção agrícola das principais culturas no Brasil, como soja, milho, algodão, arroz, entre outras. A utilização de fertilizantes e corretivos do solo constitui uma forma de intensificar o uso da fronteira já conquistada na Amazônia, diminuindo, assim, a pressão de incorporação de novas áreas de floresta e de vegetação secundária.

Como as pastagens representam a maior forma de uso de terra na Amazônia e apresentam uma durabilidade de 10 a 12 anos, isto indica a necessidade de recuperar anualmente pelo menos 10% da área total de pastos existentes. Faz-se imperativo então a recuperação anual de 3 a 4 milhões de hectares de pastagens, com sensíveis efeitos na redução dos desmatamentos e queimadas, tanto de floresta densa como de vegetação secundária.

Assim, ao se considerar a terra com um bem material não reprodutível e limitado em sua disponibilidade física, deve-se induzir mudanças no sistema tecnológico da agricultura no sentido de “criação de solos”, a exemplo do verificado no Centro-Oeste com os cerrados. Neste sentido, quando se aplica fertilizantes e corretivos agrícolas nas terras da Amazônia, conseguir aumentar a produção esperada é como se estivesse fabricado uma parcela equivalente de terras.

A expansão do uso de fertilizantes e corretivos na Amazônia está, portanto, condicionada a quatro possibilidades:

- 1) O uso de fertilizantes minerais e calcário como alternativa econômica para viabilizar o desenvolvimento de plantios comerciais em áreas alteradas, tais como dendezeiro, coqueiro, milho, arroz, soja, algodão, pimenteira-do-reino, cacauzeiro, cafeeiro, abacaxizeiro, açaizeiro, cupuaçuzeiro, limoeiro, pupunheira, bananeira, além da recuperação de pastagens e nichos de mercado para hortaliças e floricultura, nas áreas próximas de núcleos urbanos. No caso de pequenos produtores, a noção de que sem a aplicação dos fertilizantes e corretivos para muitas culturas não se consegue uma produção satisfatória tem induzido a sua utilização mínima decorrente dos altos preços desses insumos na região.
- 2) Com as restrições ambientais dificultando a incorporação de novas áreas de floresta densa, os agricultores já estão utilizando fertilizantes e corretivos para viabilizar o aproveitamento das áreas já desmatadas, principalmente para a recuperação de pastagens. O potencial de aplicação de fertilizantes, corretivos e de mecanização para recuperação de pastagens é bastante grande, pelo fato de se constituir na maior forma de uso da terra na Amazônia.
- 3) A transição para a agricultura orgânica, com adoção de práticas agroecológicas para determinados nichos de mercado, da diversidade de produtos, diferentes tipos de exploração agrícola e tipos de agricultura

deve levar à coexistência da agricultura com o uso de fertilizantes. A utilização de parcagem, o aproveitamento de lixo doméstico dos grandes centros urbanos para a fabricação de compostos para a agricultura, o aproveitamento de caroço do açaí, subprodutos do dendê, cascas de coco, bacuri, cupuaçu e castanha e o aproveitamento dos resíduos das serrarias, entre outras práticas, devem constituir alternativas importantes para o futuro.

- 4) Redução no custo dos insumos agrícolas na Amazônia, a exemplo dos fertilizantes e do calcário, como forma de dotar a região de vantagem competitiva na produção agropecuária e florestal. Isto passa, necessariamente, pela verticalização da cadeia mineral de forma ampla e dos agrominerais em especial.

Assim, por se tratar de insumo imprescindível às necessidades agrícolas, bem como para elevar os atuais níveis de produtividade percebidos nos plantios cultivados na Amazônia, há de se estimular seu uso e produção na região – a partir do aproveitamento das disponibilidades dos jazimentos minerais existentes, sua competitividade econômica, quando houver, e o respeito aos aspectos ambientais envolvidos na sua produção.

Há necessidade ainda de se reduzir o custo de recuperação de áreas já desmatadas, para evitar a contínua incorporação de novas áreas de floresta primária ou de vegetação secundária, com a redução do custo dos fertilizantes minerais, do calcário e a sua disponibilidade para os agricultores da região amazônica. A adoção de práticas conservacionistas, de plantio direto, proteção de bacias hidrográficas e florestas e a recuperação de áreas que não deveriam ter sido desmatadas são componentes indispensáveis no contexto das políticas agrícolas para a Amazônia.

## Referências

AGUIAR, J. V.; LEMOS, J. J. S. Produção do caupi irrigado em Bragança, Pará. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 30, n. 3, p. 239-252, jul./set. 1992.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p. (ANDA. Boletim técnico, 3).

ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. **O Método de parcagem como alternativa agroecológica para a integração agricultura/pecuária da produção familiar do Sudeste Paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 6 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 220).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CALCÁRIO AGRÍCOLA. **Calcário agrícola - Brasil: consumo aparente por estado - período 1992/2015**. [Porto Alegre], 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2016.

BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004. 226 p.

COSTA, M. L.; CASTRO, C. Solo agricultável da Amazônia tem necessidade de corretivos. **O Liberal**, Belém, p. 20, 10 nov. 1991.

DEAN, W. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

GARÓFALO, G. L.; CARVALHO, L. C. P. **Teoria microeconômica**. São Paulo: Atlas, 1988.

HOEFLICH, V. A.; SANTOS, R. F. **Análise econômica da aplicação de fertilizantes no cultivo de arroz, em duas localidades do Estado do Pará**. Brasília, DF: Embrapa, 1977. Não publicado.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: desenvolvimento sustentável como Segunda Natureza? In: BARROS, A. C. (Org.). **Sustentabilidade e democracia para as políticas públicas na Amazônia**. Rio de Janeiro: Projeto Brasil Sustentável e Democrático: FASE/IPAM, 2001. p. 103-113. (Série Cadernos Temáticos, 8).

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (2013-2015)**. Rio de Janeiro, [2016?]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: Tabela 1613: área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Preservação ambiental e produção de alimentos**. São Paulo: ANDA, 1991. 14 p.

NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. K. O. **A Amazônia**: meio ambiente e tecnologia agrícola. Belém, PA: CPATU, 1984. 282 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 27).

NICOLELLA, A. C.; DRAGONE, D. S.; BACHA, C. J. C. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 1, p. 81-100, jan./mar. 2005.

PARÁ. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Mineração. **Plano de mineração do estado do Pará 2013-2030**: Relatório da 4ª oficina "Insumos minerais para agricultura". Belém, PA, 2012.

PARÁ. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Mineração. **Plano de mineração do estado do Pará 2014-2030**. Belém, PA, 2014.

PENTEADO, A. R. **Problemas de colonização e de uso da terra na região Bragantina do Estado do Pará**. Belém, PA: Universidade Federal do Pará, 1967. 2v. (Coleção Amazônica. Série José Veríssimo).

PHOSFAZ. **Nascemos de um sonho grande**. Disponível em: <<https://www.phosfaz.com.br/sobre/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

PONTE, N. T. **Fertilizantes no Norte**: problemas e perspectivas. Belém, PA: FCAP, 1979. 22 p.

QUAGGIO, J. A. O calcário e os desafios da agricultura brasileira. **Gazeta Mercantil**, p. A-2, 16 ago. 2000.

REBELLO, A. P. **Análise econômica de experimentos com fertilizantes**. Belém, PA: FCAP, 1979.

REBELLO, F. K. **Fronteira agrícola, uso da terra, tecnologia e margem intensiva**: o caso do Estado do Pará. 2004. 223 f. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Pará, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. Estratégias para reduzir desmatamentos e queimadas na Amazônia. In: VEIGA, J. E. da (Org.). **Economia socioambiental**. São Paulo: Senac, 2009. p. 235-261.

REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. **História da colonização do Nordeste Paraense**: uma reflexão para o futuro da Amazônia. Belém, PA: EDUFRA, 2017. 153 p.

RIKER, S. R. L. Fertilizantes na Amazônia. **APROGAM**, v. único, p. 55-65, maio 1990.

TARSITANO, M. A. A.; HOFFMANN, R. Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura de milho. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 23, n. 3, abr./jun. 1985.

TERMINAL de Outeiro. Disponível em: <<https://www.cdp.com.br/terminal-de-outeiro>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1996. 247 p.

# Legislação federal sobre fertilizantes e corretivos

---

*Breno Eduardo Nogueira Neves  
Cícero Paulo Ferreira  
Manoel da Silva Cravo*

## Das leis e decretos regulatórios

A inspeção, fiscalização e auditoria sobre a produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura no Brasil são regidas pela Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, alterada pela Lei nº 12.890/2013, e regulamentada pelo anexo do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, alterado pelo Decreto nº 8.384/2014. Conforme prevê o art. 1º do referido diploma legal, o “regulamento estabelece as normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura” (Brasil, 2004).

Já o art. 2º da Lei nº 6.894/1980 informa que a inspeção e a fiscalização previstas nesta lei serão realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que, por sua vez, poderá delegar a fiscalização do comércio aos estados, ao Distrito Federal e aos territórios.

Assim, faz-se necessário o cumprimento sumário do constante do art. 4º da lei federal de fertilizantes, a qual prevê: “Art. 4º. As pessoas físicas ou jurídicas que produzam ou comercializem fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas são obrigadas a promover o seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme dispuser o regulamento” (Brasil, 1980). O § 2º, do mesmo artigo, ainda prevê que os produtos referidos deverão ser igualmente registrados no Mapa.

## Das sanções previstas

Além dos regramentos sobre a inspeção e fiscalização, dos conceitos e terminologias técnicas consideradas na legislação de fertilizantes e afins, as quais serão abrangidas posteriormente, e das obrigatoriedades emanadas, a Lei nº 6.894/1980 também trata das penalidades impostas quando da inobservância dos diplomas legais abrangidos pela legislação federal de fertilizantes e afins. De tal modo que, segundo o art. 5º da referida lei, independentemente de medidas cautelares, a aplicação das seguintes sanções estão previstas: advertência; multa; condenação do produto; inutilização do produto; suspensão

do registro; cancelamento do registro; e interdição, temporária ou definitiva, do estabelecimento. Tais penalidades variam conforme a irregularidade constatada, primariedade ou reincidência nas infrações, bem como os aspectos agravantes ou atenuantes praticados pelo infrator.

## Das instruções normativas

Como complementação ao regramento jurídico e técnico que rege os insumos agrícolas no Brasil, há de se salientar a existência das instruções normativas (INs), as quais são atos emanados pelo ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, disciplinando, em detalhes, a aplicação da lei ou decreto, de acordo com as especificidades vinculadas a cada insumo constituído na cadeia produtiva supracitada.

Como principais INs atreladas ao assunto em tela, podemos citar as seguintes:

**IN Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) nº 39/2018** – estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura.

**IN Mapa nº 53/2013, alterada pela IN nº 06/2016** – estabelece as disposições e critérios para:

I - as definições, a classificação, o registro e renovação de registro de estabelecimento, o registro de produto, a autorização de comercialização e uso de materiais secundários, o cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, de empresas geradoras de materiais secundários e de fornecedores de minérios, a embalagem, rotulagem e propaganda de produtos, as alterações ou os cancelamentos de registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores, substrato para plantas e materiais secundários;

II - o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; e,

III - requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas na condição de produto novo, de conformidade com o disposto no art. 15 do anexo do Decreto nº 4.954, de 2004 (Brasil, 2013).

**IN SDA nº 25/2009** – normatiza as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

**IN SDA nº 13/2011** – aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos microrganismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil.

**IN Mapa nº 05/2016** – aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura.

**IN SDA nº 35/2006** – aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do anexo a esta IN.

## Definições

Por esse entendimento e embasados no art. 2º do anexo do decreto que regulamenta a lei federal de fertilizantes e afins, passamos a considerar as seguintes definições:

**I - produção:** qualquer operação de fabricação ou industrialização e acondicionamento que modifique a natureza, acabamento, apresentação ou finalidade do produto;

**II - comércio:** atividade de compra, venda, exposição à venda, cessão, empréstimo ou permuta de fertilizantes, corretivos agrícolas, inoculantes, biofertilizantes e matérias-primas;

**III - fertilizante:** substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas, sendo:

a) fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas;

b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

c) fertilizante mononutriente: produto que contém um só dos macronutrientes primários;

d) fertilizante binário: produto que contém dois macronutrientes primários;

e) fertilizante ternário: produto que contém os três macronutrientes primários;

f) fertilizante com outros macronutrientes: produto que contém os macronutrientes secundários, isoladamente ou em misturas destes, ou ainda com outros nutrientes;

g) fertilizante com micronutrientes: produto que contém micronutrientes, isoladamente ou em misturas destes, ou com outros nutrientes;

h) fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

i) fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais;

j) fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes;

l) fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

m) fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

n) fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; e,

o) fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.

**IV - corretivo:** produto de natureza inorgânica, orgânica ou ambas, usado para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, isoladas ou cumulativamente, não tendo em conta seu valor como fertilizante, além de não produzir característica prejudicial ao solo e aos vegetais, assim subdividido:

a) corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos;

b) corretivo de alcalinidade: produto que promove a redução da alcalinidade do solo;

c) corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio no solo;

d) condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo.

**V - inoculante:** produto que contém microrganismos com atuação favorável ao crescimento de plantas, entendendo-se como:

a) suporte: material excipiente e esterilizado, livre de contaminantes segundo os limites estabelecidos, que acompanha os microrganismos e tem a função de suportar ou nutrir, ou ambas as funções, o crescimento e a sobrevivência destes microrganismos, facilitando a sua aplicação; e,

b) pureza do inoculante: ausência de qualquer tipo de microrganismos que não sejam os especificados;

**VI - biofertilizante:** produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante;

**VII - matéria-prima:** material destinado à obtenção direta de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, por processo químico, físico ou biológico;

**VIII - dose:** quantidade de produto aplicado por unidade de área ou quilograma de semente;

**IX - lote:** quantidade definida de produto de mesma especificação e procedência;

**X - partida:** quantidade de produto de mesma especificação constituída por vários lotes;

**XI - produto:** qualquer fertilizante, corretivo, inoculante, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas;

**XII - produto novo:** produto sem antecedentes de uso e eficiência agrônômica comprovada no País, ou cujas especificações técnicas não estejam contempladas nas disposições vigentes;

**XIII - carga:** material adicionado em mistura de fertilizantes, para o ajuste de formulação, que não interfira na ação destes e pelo qual não se ofereçam garantias em nutrientes no produto final;

**XIV - nutriente:** elemento essencial ou benéfico para o crescimento e produção dos vegetais, assim subdividido:

a) macronutrientes primários: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), expressos nas formas de nitrogênio (N), pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) e óxido de potássio ( $K_2O$ );

b) macronutrientes secundários: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), expressos nas formas de cálcio (Ca) ou óxido de cálcio (CaO), magnésio (Mg) ou óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S); e

c) micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), cobalto (Co), silício (Si) e outros elementos que a pesquisa científica vier a definir, expressos nas suas formas elementares.

**XV - aditivo:** qualquer substância adicionada intencionalmente ao produto para melhorar sua ação, aplicabilidade, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção;

**XVI - fritas:** produtos químicos fabricados a partir de óxidos e silicatos, tratados a alta temperatura até a sua fusão, formando um composto óxido de silicatado, contendo um ou mais micronutrientes;

**XVII - estabelecimento:** pessoa física ou jurídica registrada ou cadastrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, cujas atividades consistem na produção, na importação, na exportação ou no comércio de produtos abrangidos por este regulamento, ou que prestam serviços de armazenamento, acondicionamento e análises laboratoriais relacionados a esses produtos ou, ainda, que gerem materiais secundários ou forneçam minérios concentrados para a fabricação de produtos;

**XVIII - transporte:** ato de deslocar, em todo território nacional, fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas e suas matérias-primas;

**XIX - armazenamento:** ato de armazenar, estocar ou guardar os fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas e suas matérias-primas;

**XX - embalagem:** invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, destinado a empacotar, envasar, proteger ou identificar os fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas;

**XXI - tolerância:** os desvios admissíveis entre o resultado analítico encontrado em relação às garantias registradas ou declaradas;

**XXII - varredura:** toda sobra de fertilizantes, sem padrão definido, resultante da limpeza de equipamento de produção, instalações ou movimentação de produtos, quando do seu carregamento ou ensaque;

**XXIII - embaraço:** todo ato praticado com o objetivo de dificultar a ação da inspeção e fiscalização;

**XXIV - impedimento:** todo ato praticado que impossibilite a ação da inspeção e fiscalização;

**XXV - veículo:** excipiente líquido utilizado na elaboração de fertilizante fluido;

**XXVI - fraude, adulteração ou falsificação:** ato praticado para obtenção de vantagem ilícita, com potencial de causar prejuízo a terceiros, por alteração, supressão ou contrafação de produtos, matérias-primas, rótulos, processos, documentos ou informações;

**XXVII - rótulo:** toda inscrição, legenda, imagem ou matéria descritiva ou gráfica que esteja escrita, impressa, estampada, gravada, gravada em relevo ou litografada ou colocada sobre a embalagem de fertilizantes, corretivos agrícolas, inoculantes ou biofertilizantes;

**XXVIII - garantia:** indicação da quantidade percentual em peso de cada elemento químico, de seu óxido correspondente, ou de qualquer outro componente do produto, incluídos, quando for o caso, o teor total, o teor solúvel ou ambos os teores de cada componente e a especificação da natureza física;

**XXIX - quantidade declarada ou teor garantido:** quantidade de produto adicionado ou o teor de um elemento químico, nutriente, de seu óxido, ou de qualquer outro componente do produto que deverá ser nitidamente impresso no rótulo, na etiqueta de identificação ou em documento relativo ao produto;

**XXX - análise de fiscalização:** análise efetuada rotineiramente sobre os produtos e matérias-primas abrangidos por este regulamento, para verificar a ocorrência de desvio quanto a conformidade, qualidade, segurança e eficácia dos produtos ou matérias-primas;

**XXXI - análise pericial ou de contraprova:** análise efetuada na outra unidade de amostra em poder do órgão de fiscalização, quando requerida pelo interessado, em razão de discordância do resultado da análise de fiscalização;

**XXXII - segregação:** separação e acomodação seletiva das partículas constituintes de um produto, motivado por sua movimentação e trepidação;

**XXXIII - amostra de fiscalização:** porção representativa de um lote ou partida de fertilizante, inoculante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas suficientemente homogênea e corretamente identificada, retirada por fiscal federal agropecuário ou sob sua supervisão ou aprovação e obtida por método definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

**XXXIV - amostragem:** ato ou processo de obtenção de porção de produto, para constituir amostra representativa de lote ou partida definidos;

**XXXV - remineralizador:** material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere os seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo;

**XXXVI - substrato para plantas:** produto usado como meio de crescimento de plantas (Brasil, 2004).

Conforme definido anteriormente, compete ao Mapa, de acordo com o art. 3º do anexo do Decreto nº 4.954/ 2004: “I - a inspeção e a fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substrato para plantas; II - editar normas complementares necessárias ao cumprimento deste regulamento” (Brasil, 2004).

## Dos registros

Em se tratando da obrigatoriedade dos registros de estabelecimentos, o art. 5º do anexo do decreto regulamentador estipula as necessidades para que haja a regularização dos mesmos, obedecidas suas especificidades, sendo primordial ter ciência de que os registros referidos nesse artigo serão efetuados por

unidade de estabelecimento, tendo prazo de validade de 5 anos, podendo ser renovados por iguais períodos, existindo a necessidade de apresentação dos elementos informativos e documentais exigidos para tal, os quais são claramente explicitados no art. 5º mencionado.

A seção I da IN nº 53/2013 trata da classificação dos estabelecimentos, dos prestadores de serviços, dos fornecedores de minérios e dos geradores de materiais secundários.

Art. 3º. Os estabelecimentos que produzem, comercializam, importam e exportam fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura devem se registrar no Mapa e as empresas prestadoras de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, as geradoras de materiais secundários e os fornecedores de minérios devem se cadastrar no Mapa, sendo a sua classificação conforme as seguintes atividades, categorias e características adicionais (Brasil, 2013):

Atividade	Categoria	Característica Adicional
<b>Produtor</b>	Fertilizante Mineral	Simple
		Simple em Solução
		Simple em Suspensão
		Complexo
		Misto
	Fertilizante Orgânico	Simple
		Composto
		Misto
	Corretivo	Organomineral
		De Acidez
De Alcalinidade		
<b>Comercial</b>	De Sodicidade	
	Condicionador de Solo	-
	Inoculante	-
	Biofertilizante	-
	Remineralizador	-
	Substrato para Plantas	-
	<b>Importador</b>	Produto comercializado embalado
Produto comercializado em granel		-
<b>Exportador</b>	Produto importado e comercializado embalado	-
	Produto importado e comercializado a granel	-
	Produto importado a granel e comercializado embalagem própria	-
<b>Prestador de serviço e outros</b>	Produto exportado embalado	-
	Produto exportado em granel	-
	Serviço de Análise Laboratorial	Laboratório Próprio Laboratório Independente
	Serviço de Armazenagem	-
	Serviço de Acondicionamento	-
	Fornecedor de Minério	Mineradora Revendedora
	Gerador de Material Secundário	Geradora Revendedora

A seção II, do capítulo I da IN nº 53/2013 trata do registro e renovação de registro de estabelecimentos, do cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços, de fornecedores de minérios e de geradores de materiais secundários, do cancelamento e das alterações de registros e cadastros. Em seu art. 5º, constam as informações necessárias para obtenção de registro e de cadastro ou para renovação de registro ou cadastro, as quais devem ser atendidas em função da classificação do requerente, seguindo as exigências quanto a documentação, instalações, equipamentos, controle de qualidade e assistência técnica.

Em se tratando da obrigatoriedade de registro dos produtos abrangidos pela legislação federal brasileira, comercializados no território nacional, encontramos no art. 8º do anexo do Decreto nº 4.954/2004, tal necessidade legal, conforme vemos: “Art. 8º Os fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas devem ser registrados pelos estabelecimentos produtores e importadores no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento” (Brasil, 2004).

Buscando maior praticidade e identidade única dos produtos produzidos por uma mesma empresa, seja sua matriz ou filiais, o registro de produto poderá ser concedido somente para uma unidade de estabelecimento de uma mesma empresa, podendo ser utilizado por todos os seus estabelecimentos registrados na mesma categoria do titular do registro do produto, tendo validade em todo o território nacional e prazo de vigência indeterminado, evitando-se, assim, registros em duplicidade.

Ainda no art. 8º do anexo do Decreto nº 4.954/2004, constam os elementos informativos necessários para realização do pedido de registro de produto, o qual deverá ser apresentado em requerimento específico, disponível no sítio do Mapa ([www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)).

## Da classificação dos insumos

O art. 7º da IN nº 53/2013 traz a regulamentação de que os produtos seguirão a seguinte classificação:

I - fertilizantes:

a) quanto à natureza:

1. fertilizante mineral;
2. fertilizante orgânico;

b) quanto aos nutrientes:

1. fertilizante mononutriente;
2. fertilizante binário;
3. fertilizante ternário;
4. fertilizante com macronutrientes secundários;
5. fertilizante com micronutrientes;

c) quanto à categoria:

1. fertilizante mineral simples;
  2. fertilizante mineral simples em solução;
  3. fertilizante mineral simples em suspensão;
  4. fertilizante mineral misto;
  5. fertilizante mineral complexo;
  6. fertilizante orgânico simples;
  7. fertilizante orgânico misto;
  8. fertilizante orgânico composto;
  9. fertilizante organomineral;
- d) quanto ao modo de aplicação:
1. via foliar;
  2. via solo;
  3. via fertirrigação;
  4. via hidroponia;
  5. via semente;
- II - corretivos:
- a) quanto à natureza:
1. corretivo mineral;
  2. corretivo orgânico;
  3. corretivo químico ou sintético.
- b) quanto à categoria:
1. corretivo de acidez;
  2. corretivo de alcalinidade;
  3. corretivo de sodicidade; e
  4. condicionador de solo.
- III - inoculante;
- IV - biofertilizante;
- V - remineralizador;
- VI - substrato para plantas (Brasil, 2013).

## Da assistência técnica

Das devidas considerações acerca das obrigações de registro de estabelecimentos e produtos, outro aspecto importantíssimo a ser levado em conta, com relação à cadeia produtiva dos insumos agrícolas abrangidos pela legislação supracitada é a questão da assistência técnica, sobre a qual, no art. 21 do anexo do decreto que regulamenta a lei, temos: “Do estabelecimento que se dedicar à produção, ao comércio a granel e à importação será exigida a assistência técnica permanente

de profissional habilitado, com a correspondente anotação no conselho de classe” (Brasil, 2004).

Conceitualmente, entende-se por assistência técnica permanente a existência de responsabilidade funcional do profissional habilitado com o estabelecimento, o qual deverá estar devidamente identificado perante o Mapa, podendo ser realizada pelo proprietário, diretor ou sócio que possua a habilitação exigida e a correspondente identificação. Além disso, responderão, solidariamente, com as pessoas físicas ou jurídicas especificadas no regulamento da Lei 6.994/1980, por qualquer infração cometida, relacionada à especificação, identificação, garantias e segurança do produto.

Abrangendo a questão da inspeção e fiscalização sobre o comércio, o art. 36 do anexo do Decreto nº 4.954/2004 rege que “somente poderão ser comercializados, armazenados ou transportados fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas que observarem o disposto neste regulamento e nos atos administrativos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento” (Brasil, 2004).

Com relação aos produtos, algumas orientações devem ser observadas de forma criteriosa, visando ao não cometimento de irregularidades frente ao regulamento em tela, conforme podem ser observados dos arts. 38 a 46 do decreto regulamentador da lei.

A seção III, do capítulo VIII, que trata do controle de qualidade, no art. 57 do anexo do Decreto nº 4.954/2004, dispõe que:

Independentemente do controle e da fiscalização do poder público, os estabelecimentos produtores, os estabelecimentos importadores e comerciantes deverão dispor de procedimentos escritos e mecanismos de controles e registros que assegurem a qualidade dos produtos e dos processos de fabricação dos produtos, para garantir a produção, a importação e a comercialização de fertilizantes, inoculantes, corretivos, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas com qualidade e seguros para a finalidade de uso proposto, conforme requisitos estabelecidos em ato administrativo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2004).

## Das obrigações legais

Conforme estabelece o art. 75 do anexo do Decreto nº 4.954/2004, sem prejuízo do disposto no regulamento e em atos administrativos do Mapa, as pessoas físicas e jurídicas que produzem, comercializam, importam e exportam fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, as que prestam serviços de industrialização, armazenamento, acondicionamento, análises laboratoriais, as geradoras de materiais secundários destinados à comercialização para uso direto na agricultura ou para a fabricação de produtos e as fornecedoras de minérios para a fabricação de produtos especificados nesse regulamento ficam obrigadas ao que é estipulado nos incisos I a XIII desse artigo.

## Das proibições

Em contrapartida, o art. 76 do anexo do Decreto nº 4.954/2004 prevê que, sem prejuízo do disposto no regulamento e em atos administrativos do Mapa, as pessoas físicas e jurídicas que produzem, comercializam, importam, exportam ou utilizam fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, as que prestam serviços de industrialização, armazenamento, acondicionamento, análises laboratoriais, as geradoras de materiais secundários destinados ao uso direto na agricultura ou à fabricação de produtos e as fornecedoras de minérios para a fabricação de produtos especificados nesse regulamento ficam proibidas de atender o que consta dos incisos I a XXIII.

## Dos aspectos técnicos da produção de fertilizantes minerais

Visando à atualização dos conhecimentos acerca da legislação de fertilizantes minerais destinados à agricultura, bem como o entendimento dos aspectos técnicos que permeiam a sua produção, comercialização e utilização, um breve relato sobre a IN nº 39/2018 se faz necessário, a fim de instruir os envolvidos na utilização desses insumos.

Nessa IN, conforme comentado em outro momento, ficam estabelecidas as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura.

## Das exigências, especificações e garantias mínimas para a produção e comercialização de fertilizantes minerais

As exigências, especificações e garantias mínimas para a produção e comercialização desses insumos, constam na seção I, do capítulo II da IN nº 39/2018.

Art. 3º Os fertilizantes minerais, de acordo com a sua natureza física, sólida ou fluida, terão as seguintes especificações de natureza física e garantia granulométrica:

I - Para os produtos sólidos granulados, mistura de grânulos, microgranulados, pó, farelados e pastilhas:

Natureza Física	Especificação de Natureza Física	Garantia Granulométrica	
		Peneira	Partículas Passantes
Sólido	Granulado e Mistura de Grânulos	4,80 mm (ABNT 4)	100%
		2 mm (ABNT 10)	40% máximo
		1 mm (ABNT 18)	5% máximo
	Microgranulado	2,8 mm (ABNT 7)	90% mínimo
		1 mm (ABNT 18)	10% máximo
	Pó	2,0 mm (ABNT 10)	100%
		0,84 mm (ABNT 20)	70% mínimo
		0,3 mm (ABNT 50)	50% mínimo
	Farelado	4,80 mm (ABNT 4)	95% mínimo
		2,8 mm (ABNT 7)	80% mínimo
		0,84 mm (ABNT 20)	25% máximo
	Pastilha	Frações moldadas de formato e tamanho variáveis	

II - Para os produtos fluidos: solução, suspensão e suspensão concentrada. (...)

§ 7º Os fertilizantes solúveis, de natureza física sólido, destinados à aplicação foliar, fertirrigação e hidroponia ficam dispensados de apresentar garantia de especificação granulométrica (Brasil, 2018).

Frente às regulamentações técnicas, verifica-se que o art. 4º remete aos teores dos macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes dos fertilizantes mencionados na IN, os quais devem ser expressos da seguinte maneira:

I - Macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Potássio ( $K_2O$ );

II - Macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e,

III - Micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn) (Brasil, 2018).

Os teores mínimos pelos quais os fertilizantes minerais devem fornecer garantias também são regidos pela IN, sendo realizada a subdivisão por tipo de produto, seja ele fertilizante mineral simples ou fertilizante mineral misto e complexo. Os arts. 7º e 8º da IN nº 46/2016 prevêm as características mínimas para os fertilizantes minerais simples. Sendo indicado, também, observar o anexo I da referida IN, no qual constam as especificações dos referidos fertilizantes.

Em se tratando dos fertilizantes minerais mistos e complexos, a referida IN, prevê o seguinte:

Art. 9º Os fertilizantes minerais mistos e complexos com modo de aplicação via solo, via fertirrigação e via foliar, terão as seguintes especificações e garantias mínimas:

I - Para os macronutrientes primários:

a) para produtos com modo de aplicação via solo ou via fertirrigação, com ou sem macronutrientes secundários ou micronutrientes, a soma dos macronutrientes primários deve ser igual ou superior a:

Tipo de Fertilizante	Soma dos Macronutrientes Primários (% em peso)
Ternário (NPK)	18
Binário (NP, NK e PK)	15

b) para os fertilizantes com modo de aplicação via foliar, o teor de cada macronutriente primário no produto final deverá ser igual ou superior a um por cento;

II - Para os macronutrientes secundários, independentemente do modo de aplicação, as garantias de cálcio, magnésio e enxofre não podem ser inferiores a um por cento para cada macronutriente secundário declarado, podendo ser expressos com até uma casa decimal, utilizando o critério de truncamento para o arredondamento dos valores, conforme o § 4º deste artigo.

III - Para os micronutrientes:

a) para os fertilizantes que contenham exclusivamente micronutrientes ou micronutrientes e macronutrientes secundários para aplicação no solo, as garantias mínimas dos micronutrientes nesses produtos não podem ser inferiores a:

Nutriente	Teor Total Mínimo (%)
Boro (B)	0,3
Cloro (Cl)	0,5
Cobalto (Co)	0,05
Cobre (Cu)	0,25
Ferro (Fe)	0,5
Manganês (Mn)	0,3
Molibdênio (Mo)	0,05
Níquel (Ni)	0,05
Selênio (Se)	0,03
Silício (Si)	0,5
Zinco (Zn)	0,3

b) Para as misturas de micronutrientes com fertilizantes mononutrientes, binários e ternários, para as misturas de micronutrientes mais macronutrientes secundários, com fertilizantes mononutrientes, binários e ternários, para aplicação via solo, via foliar e via fertirrigação e para as misturas exclusivas de micronutrientes com macronutrientes secundários, para aplicação via foliar e via fertirrigação, as garantias mínimas dos micronutrientes nesses produtos não podem ser inferiores a:

Nutriente	Teor Total Mínimo (%)
Boro (B)	0,03
Cloro (Cl)	0,10
Cobalto (Co)	0,005
Cobre (Cu)	0,05
Ferro (Fe)	0,10
Manganês (Mn)	0,10
Molibdênio (Mo)	0,005
Níquel (Ni)	0,005
Selênio (Se)	0,003
Silício (Si)	0,05
Zinco (Zn)	0,10

Art. 10. Para os fertilizantes minerais mistos ou complexos para aplicação via hidroponia, via semente e fertilizante foliar para pronto uso, os teores dos macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes serão aqueles informados e garantidos pelo fabricante ou importador.

Art. 11. Na produção de fertilizante mineral misto sólido mononutriente, binário ou ternário, com ou sem macronutrientes secundários ou micronutrientes e de especificação de natureza física mistura de grânulos, deve ser observado e dado cumprimento ao seguinte:

I - Que seja utilizada na mistura fontes de mesma especificação granulométrica, excetuados os casos de misturas em que uma das matérias-primas seja microgranulada, desde que o produto final atenda as especificações contidas no inciso I do art. 3º desta Instrução Normativa.

II - A porcentagem de participação das matérias-primas fornecedoras de macronutrientes ou micronutrientes na mistura não pode ser inferior a cinco por cento em massa do produto final.

§ 1º A exigência prevista no inciso II deste artigo pode ser dispensada quando o estabelecimento comprovar, perante o órgão de fiscalização competente do Mapa, que dispõe de tecnologia eficiente de incorporação de macronutrientes secundários e ou de micronutrientes, nos grânulos das matérias-primas fornecedoras de macronutrientes primários ou de incorporação de macronutrientes primários nos grânulos das matérias-primas fornecedoras de macronutrientes secundários e ou micronutrientes.

§ 2º A comprovação da eficiência da tecnologia de fabricação a que se refere o § 1º deste artigo se realizará pela apresentação, previamente à fabricação do produto, dos estudos de validação do processo de produção, que devem ser consistentes e cobertos por fatos comprováveis e documentados que demonstrem a adequação e a eficácia da tecnologia, na obtenção de produtos uniformes e dentro dos padrões de qualidade exigidos para o fim a que se destinam.

§ 3º Os documentos a que se refere o § 2º deste artigo deverão ser anexados ao processo de registro do estabelecimento (Brasil, 2016).

## Das tolerâncias para os desvios analíticos

Ressalvados os desvios analíticos, as tolerâncias para deficiências e excessos dos nutrientes nos fertilizantes minerais são tema do art. 20 da IN Mapa nº 39/2018, no qual é previsto que, para os resultados analíticos obtidos, serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os seguintes limites:

§ 1º Para deficiência, os limites de tolerância não podem ser superiores a:

I - com relação aos macronutrientes primários e soma destes, macronutrientes secundários e micronutrientes garantidos nos produtos:

Teores Garantidos (TG) em %	Tolerância (T) Para Fertilizantes Minerais Simples e Complexos	Tolerância (T) Para Fertilizantes Minerais Mistos
Até 0,1	25%	30%
Acima de 0,1 até 1	20%	25%
Acima de 1 até 5	$T(p.p.) = (0,1375 \times Tg) + 0,0625$	$T(p.p.) = (0,1875 \times Tg) + 0,0625$
Acima de 5 até 10	$T(p.p.) = (0,0500 \times Tg) + 0,5000$	$T(p.p.) = (0,0500 \times Tg) + 0,7500$
Acima de 10 até 40	$T(p.p.) = (0,0333 \times Tg) + 0,6667$	$T(p.p.) = (0,0417 \times Tg) + 0,8333$
Acima de 40	2 p.p.	2,5 p.p.

II - com relação à granulometria dos produtos para as partículas passantes (mínimo):

Peneira	Tolerância
4,8 mm (ABNT nº 4)	Até 2 unidades para menos, no mínimo, passante
3,36 mm (ABNT nº 6)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante
2,8 mm (ABNT nº 7)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante
2,0 mm (ABNT nº 10)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante
0,84 mm (ABNT nº 20)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante
0,3 mm (ABNT nº 50)	Até 5 unidade para menos, no mínimo, passante
0,15 mm (ABNT nº 100)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante
0,075 mm (ABNT nº 200)	Até 5 unidades para menos, no mínimo, passante

III - com relação ao potencial hidrogeniônico (pH): 1,0 unidade para menos.

IV - para outros componentes garantidos ou declarados do produto: até 20%.

§ 2º Para excesso, os limites de tolerância não podem ser superiores a:

I - com relação à granulometria dos produtos para as partículas passantes (máximo):

Peneira	Tolerância
2,0 mm (ABNT nº 10)	Até 5 unidades para mais, no máximo, passante
1,0 mm (ABNT nº 18)	Até 1 unidade para mais, no máximo, passante
0,84 mm (ABNT nº 20)	Até 5 unidades para mais, no máximo, passante
0,5 mm (ABNT nº 35)	Até 5 unidades para mais, no máximo, passante

II - com relação aos nutrientes garantidos ou declarados, dos fertilizantes para aplicação via solo, fertirrigação, foliar, hidroponia e semente:

a) para os fertilizantes para aplicação via solo:

1. Boro (B), até 1,5 (uma e meia) vez o teor declarado, quando produzido ou comercializado em misturas, e até 1/4 (um quarto) do valor declarado quando produzido ou comercializado isoladamente;

2. Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), até 3 (três) vezes o teor declarado desses nutrientes, quando produzidos ou comercializados em misturas com macronutrientes primários e/ou em misturas de micronutrientes e/ou em misturas de micronutrientes com macronutrientes secundários e até 1/4 (um quarto) do valor declarado, quando produzidos ou comercializados isoladamente;

b) para os macronutrientes e micronutrientes dos fertilizantes com modo de aplicação via fertirrigação, foliar, hidroponia e semente:

Teor do Elemento (%)	Tolerância
Até 1	2 vezes o teor garantido
Acima de 1 até 5	1 vez o teor garantido
Acima de 5	0,5 vez o teor garantido

III - com relação à condutividade elétrica e ao índice salino: até 20% do valor garantido.

IV - com relação ao potencial hidrogeniônico (pH): 1,0 unidade para mais (Brasil, 2018).

V - com relação à presença de resíduos sólidos em fertilizantes, com modo de aplicação, via fertirrigação e via foliar, a tolerância será:

a) Para fertilizante em solução, até 1% em peso de resíduo sólido do produto acabado, na maior relação soluto/solvente recomendada pelo fabricante ou importador.

b) Para fertilizante em suspensão, até 5% em peso de resíduo sólido do produto acabado, na maior relação soluto/solvente recomendada pelo fabricante ou importador.

## Da legislação sobre os corretivos e afins

Em se tratando das normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, temos como arcabouço legal a IN SDA nº 35, de 4 de julho de 2006.

Inicialmente, para a compreensão dessa IN e dos padrões técnicos apresentados por ela, no art. 1º de seu anexo, entenda-se, para seu efeito:

I - corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer Ca, Mg ou ambos;

II - corretivo de alcalinidade: produto que promove a redução da alcalinidade do solo;

III - corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio no solo;

IV - condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente;

V - poder de neutralização (PN): capacidade potencial total de bases neutralizantes contidas em corretivo de acidez, expressa em equivalente de Carbonato de Cálcio puro (% Eq.  $\text{CaCO}_3$ );

VI - reatividade das partículas (RE): valor que expressa o percentual (%) do corretivo que reage no solo no prazo de 3 (três) meses;

VII - poder relativo de neutralização total (PRNT): conteúdo de neutralizantes contidos em corretivo de acidez, expresso em equivalente de Carbonato de Cálcio puro (% Eq.  $\text{CaCO}_3$ ), que reagirá com o solo no prazo de 3 (três) meses;

VIII - equivalente ácido: valor que expressa a quantidade, em quilogramas (kg), de carbonato de cálcio (PRNT = 100) necessária para neutralizar a acidez gerada pela adição de 100 (cem) kg de um produto no solo;

IX - capacidade de retenção de água (CRA): capacidade de um determinado material reter água, expresso pelo percentual de água retida, em relação à massa total do material; e,

X - capacidade de troca catiônica (CTC): quantidade total de cátions adsorvidos por unidade de massa, expresso em mmolc/kg.

(...)

Art. 2º Os corretivos de acidez, alcalinidade e sodicidade terão a natureza física sólida, apresentando-se em pó, caracterizado como produto constituído de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 (dois) milímetros (ABNT nº 10), no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros (ABNT nº 20) e, no mínimo,

50% (cinquenta por cento) em peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros (ABNT nº 50) (Brasil, 2006).

Além das características físicas mínimas estabelecidas, os corretivos de acidez, de acordo com as suas características próprias, terão as seguintes especificações e garantias mínimas:

§ 1º Quanto aos valores do poder de neutralização (PN), soma dos óxidos (%CaO + %MgO) e PRNT:

Material Corretivo de Acidez	PN (% Eq. CaCO <sub>3</sub> ) Mínimo	SOMA % CaO + % MgO Mínimo	PRNT Mínimo
Calcário agrícola	67	38	45
Calcário calcinado agrícola	80	43	54
Calcário hidratado agrícola	94	50	90
Calcário virgem agrícola	125	68	120
Parâmetros de referência para outros corretivos de acidez	67	38	45

§ 2º O PRNT será calculado de acordo com a seguinte fórmula: PRNT (%) = PN x RE/(100), na qual:

I - poder de neutralização (PN), determinado de acordo com o método analítico oficial; e

II - reatividade das partículas (RE), calculada de acordo com os seguintes critérios:

- a) reatividade zero para a fração retida na peneira ABNT nº 10;
- b) reatividade 20% (vinte por cento) para a fração que passa na peneira ABNT nº 10 e fica retida na peneira ABNT nº 20;
- c) reatividade 60% (sessenta por cento) para a fração que passa na peneira ABNT nº 20 e fica retida na peneira ABNT nº 50; e
- d) reatividade 100% (cem por cento) para a fração que passa na peneira ABNT nº 50.

§ 3º Os critérios para estabelecer a reatividade das partículas, constantes do inciso II do § 2º, poderão ser alterados, dependendo do tipo, da natureza e da origem do material corretivo de acidez, desde que embasado em relatório técnico-científico e mediante recomendação de instituição oficial de pesquisa (Brasil, 2006).

Quanto aos corretivos de sodicidade, o art. 4º do anexo da IN relata que, além do disposto no art. 2º, os corretivos de alcalinidade terão as seguintes especificações e garantias:

I - os corretivos de alcalinidade serão comercializados de acordo com suas características próprias e com os valores mínimos constantes abaixo:

Corretivo	% de S	Forma de determinação	Origem	Tipo de resíduo
Enxofre	95	Enxofre total	Extração de depósitos naturais de enxofre. A partir da pirita, subproduto de gás natural, gases de refinaria e fundições, do carvão. Pode ser obtido também do sulfato de cálcio ou anidrita	
Borra de Enxofre	50	Enxofre total	Resultante da filtração de enxofre utilizado na produção de ácido sulfúrico	Resíduo Classe II
Outros	Demais produtos que apresentem característica de corretivo de alcalinidade, desde que atendido o valor mínimo do inciso II deste artigo			

II - equivalente ácido: mínimo de 100 (cem). (Brasil, 2006).

Com relação ao corretivo de sodicidade, o artigo 5º do anexo da IN prevê que, além do disposto no art. 2º, os corretivos de sodicidade terão as seguintes especificações e garantias:

I - os corretivos de sodicidade serão comercializados de acordo com suas características próprias e com os valores mínimos constantes abaixo:

Material Corretivo	Garantia Mínima	Características	Obtenção	Observação
Sulfato de cálcio	16% de Ca 22% de CaO 13% de S	Cálcio determinado na forma elementar ou de óxido e enxofre na forma elementar	1) Produto resultante da fabricação do ácido fosfórico 2) Beneficiamento de gipsita	O produto anidrita de Sulfato de Cálcio $\text{CaSO}_4$ não poderá ser registrado por não apresentar características corretivas de sodicidade do solo
Outros	Demais produtos que apresentem característica de corretivo de sodicidade			

Conforme o artigo 6º do anexo da IN, os condicionadores de solo serão classificados de acordo com as matérias-primas, em:

I - Classe "A": produto que em sua fabricação utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo, o sódio ( $\text{Na}^+$ ), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos;

II - Classe "B": produto que, em sua fabricação, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria onde o sódio ( $\text{Na}^+$ ), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo;

III - Classe “C”: produto que, em sua fabricação, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

IV - Classe “D”: produto que em sua fabricação utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

V - Classe “E”: produto que, em sua fabricação, utiliza exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou química; e,

VI - Classe “F”: produto que, em sua fabricação utiliza, em qualquer proporção, a mistura de matérias-primas dos produtos das Classes “A” e “E”, respectivamente dos incisos I e V deste artigo.

Art. 7º Os condicionadores de solo deverão apresentar as seguintes especificações de garantias mínimas:

§ 1º Quando o produto for destinado à melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas do solo:

I - Capacidade de Retenção de Água (CRA) - mínima de 60% (sessenta por cento); e

II - Capacidade de Troca Catiônica (CTC) - mínimo de 200 mmol<sub>c</sub>/kg.

§ 2º Quando o produto for destinado à melhoria da atividade biológica do solo, as garantias das propriedades biológicas serão as declaradas pelo fabricante ou importador no processo de registro, desde que possam ser medidas quantitativamente.

§ 3º Para que sejam declarados o teor de nutrientes, Carbono Orgânico e relação C/N, o condicionador de solo deverá atender às especificações quanto às garantias mínimas estabelecidas para os fertilizantes minerais ou orgânicos, de acordo com a natureza do produto, conforme disposto no Decreto nº 4.954, de 2004, e em atos normativos próprios.

§ 4º Poderão ser declaradas outras propriedades, desde que possam ser medidas quantitativamente, sejam indicados os respectivos métodos de determinação, garantidas as quantidades declaradas e seja comprovada sua eficiência agronômica.

§ 5º O produto Sulfato de Cálcio poderá ser registrado como condicionador de solo, classe “E”, não se aplicando as exigências contidas nos incisos I e II, do § 1º, deste artigo, devendo apresentar as garantias especificadas no inciso I, do art. 5º, deste Anexo (Brasil, 2006).

Das características mínimas abordadas para os produtos vinculados à IN SDA nº 35/2006, os desvios analíticos são caracterizados no art. 8º, em que, aos resultados analíticos obtidos, serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os seguintes limites:

§ 1º Para deficiência, os limites de tolerância não poderão ser superiores a:

I - com relação à natureza física do produto e especificação de granulometria - em relação às garantias das peneiras de 2 (dois) milímetros (ABNT nº 10), de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros (ABNT nº 20) e de 0,3 (zero vírgula três) milímetros (ABNT nº 50), até 5% (cinco por cento) para cada uma delas;

II - para Equivalente Ácido e Capacidade de Troca Catiônica (CTC) - 10% (dez por cento); e,

III - com relação a outros componentes garantidos ou declarados do produto - até 20% (vinte por cento) quando os teores dos componentes garantidos ou declarados do produto forem inferiores ou iguais a 5% (cinco por cento) e até 10% (dez por cento), para os teores garantidos ou declarados superiores a 5% (cinco por cento).

§ 2º Para excesso, o limite de tolerância para o PRNT não poderá ser superior a 40% (quarenta por cento) do teor do componente garantido ou declarado do produto (Brasil, 2006).

Para informações mais detalhadas, o leitor pode consultar a IN SDA Nº 35, de 4 de julho de 2006, disponível no sítio do Mapa ([www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)), bem como as demais literaturas relacionadas a seguir.

## Referências

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Diário Oficial da União**, 17 dez. 1980. Seção 1.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2-10.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013. **Diário Oficial da União**, 24 out. 2013. Seção 1, p. 4-10.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 22 de novembro de 2016. **Diário Oficial da União**, 7 dez. 2016. Seção 1, p. 4-13.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 35, de 4 de julho de 2006. **Diário Oficial da União**, 12 jul. 2006. Seção 1, p. 32-34.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. **Diário Oficial da União**, 10 ago. 2018. Seção 1, p. 19-32.

## Literatura recomendada

BRASIL. Decreto nº 8.384/2014, de 29 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2014. Seção 1, p. 24-27.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. **Diário Oficial da União**, 11 dez. 2013. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 05, de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**, 14 mar. 2016b. Seção 1, p. 10-11.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 06, de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**, 14 mar. 2016a. Seção 1, p. 11-13.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº 8, de 2 de julho de 2003. **Diário Oficial da União**, 4 jul. 2003. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº 14, de 16 de outubro de 2003. **Diário Oficial da União**, 17 out. 2003. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 27, de 5 de junho de 2006. **Diário Oficial da União**, 9 jun. 2006. Seção 1, p. 15-16.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 40, de 30 de junho de 2008. **Diário Oficial da União**, 1 jul. 2008. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da União**, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20-24.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 13, de 24 março de 2011. **Diário Oficial da União**, 25 mar. 2011. Seção 1, p. 3-7.





## PARTE 2

# Recomendações de calagem e adubação para culturas anuais



# Algodão

---

*Manoel da Silva Cravo  
Austrelino Silveira Filho*

## Espaçamento e densidade de plantio

Semeadura manual: 0,90 m x 0,20 m a 0,76 m x 0,20 m, com duas sementes por cova, com população final aproximada de 111 mil a 131,5 mil plantas por hectare.

Semeadura mecanizada: 0,90 m a 0,76 m entre linhas, com dez sementes por metro linear de sulco, com população variando de aproximadamente 111 mil a 131,5 mil plantas por hectare.

## Recomendação de calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para algodão: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 10%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do algodão, SAD = 10.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para o algodão também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 55%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura do algodão (55%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

A calagem deve ser feita pelo menos 1 mês antes da semeadura e a quantidade de calcário a aplicar deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície total do terreno e incorporada na profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda deve ser aplicada antes da gradagem.

No sistema de plantio direto, aplicar, na superfície total da área, um terço da quantidade de calcário recomendada para atingir a  $V_2$  desejada, pelo menos 2 meses antes da semeadura.

## Adubação mineral

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura do algodão, em função da disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) no solo, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do algodão, em função da análise do solo, para produtividade de 1,5 t/ha a 2,0 t/ha de algodão em caroço.

Classes de teores de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	90	0-40	60
Média	6-10	9-15	11-18	60	41-60	40
Alta	11-15	16-20	19-25	30	61-90	20
Muito alta	>15	>20	>25	0	> 90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Nitrogênio

Recomenda-se aplicar 20 kg/ha de nitrogênio (N) no plantio e 80 kg/ha a 100 kg/ha em cobertura, sendo metade aos 20 dias e a outra metade aos 40 dias após o plantio. Caso possível, parcelar a aplicação da dose de N em mais vezes, principalmente em regiões de alta pluviosidade. Em áreas recém-desmatadas, com elevados teores de matéria orgânica ou após terem sido usadas com plantio de leguminosas, a quantidade de N a aplicar em cobertura deve ser de 60 kg/ha ou menos. Realizar aplicações maiores de N, caso as plantas apresentem sintomas de deficiência desse nutriente.

A dose de P deve ser aplicada de uma só vez no plantio, junto com N e K. A dose de K, em solos arenosos, deve ser parcelada e aplicada junto com o N. Em solos argilosos, não há essa necessidade.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com os fertilizantes no plantio, o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR 12. Se, mesmo depois da aplicação do FTE (plantio do ano seguinte), os teores de boro (B) no solo permanecerem na faixa de 0,21 mg/dm<sup>3</sup> a 0,60 mg/dm<sup>3</sup>, aplicar de 0,5 kg/ha a 1,0 kg/ha de B, por ocasião do plantio, em mistura com os demais fertilizantes. Fazer novas aplicações de micronutrientes, caso os resultados de análise do solo ou foliar indiquem possíveis deficiências.

## Recomendações técnicas adicionais

Para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas, principalmente em áreas com muito tempo de uso sem aplicação desse nutriente, recomenda-se usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples.



# Arroz de terras altas

---

*Manoel da Silva Cravo  
Austrelino Silveira Filho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamentos

Plantio manual: 0,20 m x 0,10 m, utilizando-se 5 a 7 sementes por cova, com população aproximada de 2,5 milhões a 3,5 milhões de plantas por hectare.

Plantio mecanizado: 0,20 m entre linhas, com densidade de 60 a 70 sementes por metro linear e população aproximada de 3 milhões a 3,5 milhões de plantas por hectare.

## Recomendação de calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para arroz de terras altas: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 20%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})].$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do arroz de terras altas, SAD = 20.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para o arroz de terras altas também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 50%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol/dm^3$

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário

A calagem deve ser feita pelo menos 1 mês antes da semeadura e a quantidade de calcário a aplicar deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície total do terreno e incorporada na profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda deve ser aplicada antes da gradagem. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ .

No sistema de plantio direto, aplicar, na superfície total da área, um terço da quantidade de calcário recomendada para atingir a  $V_2$  desejada, pelo menos 2 meses antes da semeadura.

## Adubação com fósforo e potássio

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura de arroz de terras altas, em função dos resultados de análise do solo e das classes texturais, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do arroz de terras altas, em função dos resultados da análise do solo e de diferentes classes de textura, para produtividade de 2,0 t/ha a 4,0 t/ha de grãos.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			$P_2O_5$ a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>	$K_2O$ a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	80	0-40	60
Média	6-10	9-15	11-18	40	41-60	40
Alta	11-15	16-20	19-25	20	61-90	20
Muito alta	>15	>20	>25	0	>90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Para plantios manuais, na agricultura familiar, aplicar os adubos em sulcos de 10 cm de profundidade, distantes aproximadamente 5,0 cm das linhas de plantio, após 15 dias da germinação das sementes. Em plantios mecanizados, na agricultura empresarial, efetuar a aplicação dos adubos no sulco, por ocasião do plantio.

## **Adubação nitrogenada**

Recomenda-se aplicar 40 kg/ha a 60 kg/ha de nitrogênio (N), sendo metade aos 20 e o restante aos 35 dias após o plantio. Em áreas recém-desmatadas, com elevado teor de matéria orgânica, ou após terem sido usadas com plantio de leguminosas, a quantidade de nitrogênio deve ser de 40 kg/ha ou menos, para evitar acamamento das plantas.

## **Recomendações técnicas adicionais**

Recomenda-se usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples, para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas, principalmente em áreas com muito tempo de cultivo.

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura do arroz de terras altas sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com o adubo fosfatado, 30 kg/ha de FTE BR 12 ou outra fonte que contenha micronutrientes. Fazer novas aplicações somente quando os resultados de análise do solo ou foliar indicarem deficiência de micronutrientes.



# Arroz irrigado

---

*Altevir de Matos Lopes  
Manoel da Silva Cravo  
Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento

Plantio manual: 0,20 m x 0,20 m, com três mudas transplantadas por cova e densidade aproximada de 750 mil plantas por hectare.

Plantio mecanizado: 0,20 m entre linhas, colocando-se 80 sementes por metro linear, obtendo-se densidade aproximada de 4 milhões de plantas por hectare.

## Cultivar

BRS Catiana ou outras de alta produtividade.

## Calagem

Normalmente o arroz irrigado é cultivado em solos de várzea que, por natureza, não precisam de calagem, por serem solos, geralmente, ricos em cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e com baixa acidez. Entretanto, caso os resultados de análise de solo revelem a necessidade de calagem, dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do arroz irrigado, SAD = 20.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A necessidade de calcário para arroz irrigado também pode ser calculada para elevar a saturação por bases para 50%, por meio da equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para o arroz irrigado ( $V_2 = 50\%$ ).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície do terreno e incorporada a uma profundidade de 20 cm com arado ou grade aradora. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem. Esperar pelo menos 20 dias, após a aplicação do calcário, para fazer o plantio.

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Adubação nitrogenada

A recomendação de nitrogênio (N) é baseada no teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, deverá ser observado o histórico da área e o acompanhamento da cultura anterior. Áreas novas, comumente, requerem maiores cuidados, pois frequentemente o excesso de N disponibilizado pelo solo provoca desequilíbrio entre os teores de N, P e K. As quantidades de N a serem aplicadas obedecem às recomendações da Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado, para produtividade de 4,0 t/ha a 6,0 t/ha de grãos.

Teor de matéria orgânica (%)	Interpretação	Recomendação (kg/ha de N)
<2,5	Muito baixo	90
2,5 a 5,0	Médio	70-89
>5,0	Bom	<70

Aplicar 50% da dose, em cobertura, no início do perfilhamento (a partir da emissão da quarta folha, que ocorre aos de 20 a 25 dias após a emergência das plântulas) e o restante aos 35 a 40 dias após o plantio, quando ocorre o início da diferenciação dos primórdios florais.

## Adubação fosfatada e potássica

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura de arroz irrigado, em função dos resultados de análise do solo, são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do arroz irrigado, em função de resultados da análise do solo, para produtividade de 4,0 t/ha a 6,0 t/ha de grãos.

Classes de teores de P e K no solo	Teor de P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
Baixa	0 - 3,0	60	0 - 30	80
Média	3,1 - 6,0	40	31 a 60	60
Alta	6,1 - 12,0	20	61 a 120	40
Muito alta	> 12,0	0	>120	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich-1.

As doses de P, conforme indicadas pelas classes de disponibilidade constantes da Tabela 2, devem ser aplicadas de uma só vez, a lanço e incorporadas durante o preparo final do solo. Já as doses de K podem ser divididas em duas partes iguais, com a primeira metade sendo aplicada a lanço e incorporada durante o preparo final do solo e o restante aplicado quando o arroz estiver iniciando o estágio de perfilhamento.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura do arroz irrigado sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com o adubo fosfatado, 30 kg/ha de FTE BR 12, ou outra fonte que contenha micronutrientes. Fazer novas aplicações somente quando os resultados de análise do solo ou foliar indicarem deficiência de micronutrientes.



# Amendoim

---

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Manoel da Silva Cravo  
Sônia Maria Botelho*

## Espaçamento

Plânio manual: 0,60 m x 0,15 m com duas sementes por cova de 5 cm a 8 cm de profundidade (aproximadamente 220 mil plantas por hectare).

Plantio mecanizado: 0,60 m entre linhas, com 15 sementes por metro de sulco (aproximadamente 250 mil plantas por hectare).

O consumo de sementes varia de 100 kg/ha a 120 kg/ha.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário: o baseado na saturação por alumínio (Al) do solo e o baseado na saturação por bases trocáveis, conforme metodologia descrita a seguir.

### Saturação por alumínio

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 5%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$NC = 1,5[Al - SAD (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Al^{3+})/100]f$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do amendoim, SAD = 5.

f = 100/PRNT do calcário.

Para solos argilosos, usar 1,8 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 1,5.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para o amendoim também pode ser aplicada para elevar a saturação

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

por bases para 70%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para amendoim,  $V_2 = 70\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Sugere-se optar pelo método que tiver a menor quantidade de calcário a aplicar.

O calcário deve ser dividido em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície do terreno e incorporada a uma profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda metade deve ser aplicada antes da segunda gradagem. Esperar pelo menos 1 mês após a aplicação do calcário para efetuar o plantio.

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Adubação mineral

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura do amendoim, em função da disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) no solo, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Adubação fosfatada e potássica para amendoim, em função da análise do solo, para produtividade de 1,5 t/ha a 2,5 t/ha de grãos.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	90	0-40	60
Média	6-10	9-15	11-18	60	41-60	40
Alta	11-15	16-20	19-25	40	61-90	20
Muito alta	>15	>20	>25	0	>90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Recomenda-se aplicar 25% do P na forma de superfosfato simples, para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas.

## Nitrogênio

Se as sementes não forem inoculadas com *Rhizobium*, aplicar 20 kg/ha de nitrogênio (N).

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com o adubo fosfatado, 30 kg/ha de FTE BR 12. Só fazer novas aplicações caso os resultados de análise do solo ou foliar indiquem deficiência de micronutrientes.

## Forma de adubação

Aplicar os adubos em sulcos de 10 cm de profundidade, distantes aproximadamente 5,0 cm das linhas de plantio, 15 dias após a germinação das sementes, para plantio manual, e no sulco, em plantio mecanizado, por ocasião da semeadura.



# Feijão-caupi

---

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza*

## Espaçamentos

### Cultivares eretas e semieretas

Semeadura mecanizada: 0,40 m entre linhas, com densidade de 9 a 10 sementes por metro linear e com população aproximada de 225 mil a 250 mil plantas por hectare.

Semeadura manual: espaçamento de 0,40 m x 0,20 m, com duas plantas por cova (agricultura familiar), com população aproximada de 250 mil plantas por hectare.

### Cultivares enramadoras e semienramadoras

Semeadura mecanizada: 0,50 m entre linhas, com densidade de 6 a 8 sementes por metro linear, com população aproximada de 120 mil a 160 mil plantas por hectare.

Semeadura manual: espaçamento de 0,50 m x 0,30 m, com duas plantas por cova (agricultura familiar), com população aproximada de 133 mil plantas por hectare.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para o feijão-caupi: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 20%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem. No caso do

feijão-caupi, SAD = 20.

$$t = S + Al^{3+}$$

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para o feijão-caupi também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 50%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+} + (H^{+} + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100 / CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser distribuída uniformemente na área e incorporada com arado ou grade aradora a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem niveladora. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Adubação mineral

As recomendações de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), para a cultura do feijão-caupi, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do feijão-caupi, em função da análise do solo, para produtividade de 1,2 mil a 1,8 mil quilos por hectare de grãos.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	80	0-40	90
Média	6-10	9-15	11-18	60	41-60	60
Alta	11-15	16-20	19-25	40	61-90	30
Muito alta	>15	>20	>25	0	>90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Adubação nitrogenada

Em áreas recém-desmatadas ou em solos de textura arenosa e com baixos níveis de matéria orgânica (menos de 10 g/kg), é recomendado utilizar uma adubação de cobertura com N, na dosagem de 20 kg/ha de N, aos 20 a 25 dias após o plantio. Em áreas já cultivadas anteriormente com feijão-caupi, não há necessidade de adubação nitrogenada.

Onde seja necessária a adubação nitrogenada, é recomendado usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples, para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura do caupi sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com o adubo fosfatado, 30 kg/ha de FTE BR 12 ou outra fonte que contenha todos os micronutrientes. Fazer novas aplicações somente quando os resultados de análise do solo ou foliar indicarem deficiência de micronutrientes.

## Adubação foliar

Recomenda-se aplicar 2 L de adubo foliar NPK da fórmula 8-10-10 (ou equivalente) + 1 L de micronutrientes (completo) aos 25 a 30 dias após o plantio, como complemento da adubação do solo. Essa adubação deve ser feita junto com a aplicação de defensivos.



# Mandioca

---

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Eloisa Maria Ramos Cardoso  
Sônia Maria Botelho*

## Espaçamentos

### Plantas que ramificam

**Plantio em fileiras simples:** 1,30 m x 1,0 m com duas estacas por cova, ou 1,5 m x 1,0 m com duas estacas por cova, com populações aproximadas de 15.380 e 13.300 plantas por hectare, respectivamente, com população final esperada de 12.300 e 10.640.

**Plantio em fileiras duplas:** 1,50 m x 0,70 m x 0,70 m, em triângulo, com uma estaca por cova, com população aproximada de 12.980 plantas por hectare.

**Plantio em fileiras duplas, consorciado com milho, arroz ou feijão-caupi:** 2,50 m x 0,70 m x 0,70 m, com uma estaca por cova, com população de 10.580 plantas por hectare.

### Plantas eretas

**Plantio em fileiras simples:** 1,30 m x 0,80 m, com duas estacas por cova, com população aproximada de 19.230 plantas por hectare.

**Plantio em fileiras duplas:** 1,50 m x 0,60 m x 0,60 m, em triângulo, com uma estaca por cova, com população aproximada de 15,8 mil plantas por hectare..

**Plantio em fileiras duplas, consorciado com milho, arroz ou feijão-caupi:** 2,00 m x 0,60 m x 0,60 m, com uma estaca por cova, com população aproximada de 12,8 mil plantas por hectare.

Para todos os espaçamentos, espera-se uma efetividade em torno de 80% das plantas.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para mandioca: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

## Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 25%, podendo ser calculada a necessidade de calcário com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso da mandioca, SAD = 25.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para a mandioca também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 50%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$\text{NC} = \frac{\text{CTC}(\text{V}_2 - \text{V}_1)}{\text{PRNT}}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ ], em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

$\text{V}_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$\text{V}_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $\text{SB} \times 100 / \text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser distribuída uniformemente na área e incorporada com arado ou grade aradora a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem niveladora. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Não aplicar mais do que 2 t/ha de calcário (PRNT corrigido para 100%), mesmo que os cálculos apresentem quantidades maiores.

## Adubação mineral

### Nitrogênio

Aplicar 40 kg/ha de nitrogênio (N) em cobertura, 30 dias após a germinação.

### Fósforo e potássio

O fósforo (P) pode ser aplicado totalmente ao plantio, enquanto as doses maiores de potássio (K) (60 kg/ha, 90 kg/ha e 120 kg/ha de  $K_2O$ ) devem ser divididas e aplicadas metade aos 3 meses e o restante aos 6 meses após o plantio. Já a dose menor (30 kg/ha de  $K_2O$ ) deve ser aplicada toda aos 3 meses após o plantio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura da mandioca, em função da análise do solo e diferentes classes de textura, para produtividade de 30 t/ha a 40 t/ha de raízes.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	100	0-40	120
Média	6-10	9-15	11-18	60	41-60	90
Alta	11-15	16-20	19-25	40	61-90	60
Muito alta	>15	>20	>25	20	>90	30

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

### Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura da mandioca sem adubação com micronutrientes, aplicar, juntamente com a adubação fosfatada, o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR 12 ou outra fonte que contenha micronutrientes. Fazer novas aplicações somente quando os resultados de análise do solo ou foliar indicarem deficiência de micronutrientes.



# Milho

---

*Manoel da Silva Cravo  
Edilson Carvalho Brasil  
José Ribamar Costa Netto  
Austrelino Silveira Filho  
João Elias Lopes Fernandes Rodrigues  
Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento e densidade de plantio

### Plantio manual

Porte alto: 1,0 m x 0,15 m, com uma semente por cova, com densidade aproximada de 66,6 mil plantas por hectare.

Porte baixo: 0,80 m x 0,20 m, com uma semente por cova, com densidade aproximada de 62,5 mil plantas por hectare.

### Plantio mecanizado

O espaçamento pode variar de 0,5 m a 0,9 m entre linhas dependendo do equipamento utilizado e dos cultivos que precedem ou sucedem o milho. O mais comumente utilizado é 0,5 m entre linhas, por favorecer a distribuição espacial das plantas e aproveitar a mesma regulação das máquinas utilizadas no plantio de soja.

### Densidade

A densidade pode variar em função da cultivar a ser utilizada, da época de plantio e do nível de investimento. Em geral, populações finais de planta variam de 45 mil plantas por hectare (plantio de segunda safra ou de baixo investimento) a 75 mil plantas por hectare (plantio da safra principal).

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para o milho: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 10%, podendo ser calculada a necessidade de calcário com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$NC = 2,0[Al^{3+} - (SAD \times t/100)] + [2,0 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do milho, SAD = 10.

$$t = S + Al^{3+}$$

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

### Saturação por bases trocáveis

A calagem para milho também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 60%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para milho  $V_2 = 60\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Para efetuar os cálculos mencionados, os valores dos teores de nutrientes devem estar na mesma unidade. As informações para sua conversão podem ser obtidas no capítulo 3 da Parte 1.

A calagem deve ser feita pelo menos 1 mês antes da semeadura e a quantidade de calcário a aplicar deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície total do terreno e incorporada na profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda deve ser aplicada em seguida e incorporada com grade niveladora. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solo com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ .

### Calagem no sistema plantio direto

Em área onde se pretende implantar o sistema plantio direto, a amostragem de solo deve ser realizada na profundidade de 0 cm a 20 cm. Recomenda-se fazer a calagem por meio da distribuição uniforme do calcário sobre o solo, procedendo

a incorporação na camada arável com arado ou grade aradora, seguindo-se o método convencional.

Em área com o sistema plantio direto já estabelecido (a partir do 3º ano da implantação), a amostragem do solo deve ser realizada na profundidade de 0 cm a 20 cm. Nesse caso, a dose recomendada de calcário pode ser reduzida à metade ou um quarto da quantidade total calculada e deve ser aplicada superficialmente em área total, sem incorporação.

## Gessagem

A necessidade de uso de gesso ocorre quando a análise de solo, na profundidade de 20 cm a 40 cm, indicar saturação por Al maior que 20% e/ou quando o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  for inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . A correção pode ser feita com o uso de gesso agrícola, aplicado na superfície do terreno, após a calagem, com ou sem incorporação. No entanto, recomenda-se o uso de gesso quando houve histórico de veranico acentuado na região.

A dose de gesso (sulfato de cálcio) pode ser calculada tomando-se como base o teor de argila do solo, usando-se a seguinte equação:

Teor de argila do solo (%) x 50 = kg/ha de gesso agrícola.

Pode-se utilizar, também, um dos critérios descritos anteriormente neste livro, no capítulo Uso de Gesso na Agricultura.

## Fósforo e potássio

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura do milho, em função de resultados de análise do solo e diferentes classes de textura do solo, são apresentadas na Tabela 1. O fósforo (P) deve ser aplicado de uma só vez por ocasião do plantio. O potássio (K) pode ser aplicado de uma só vez, junto com a adubação nitrogenada de plantio, ou parcelado, com metade no plantio e o restante juntamente com a adubação nitrogenada em cobertura. O parcelamento é mais indicado para solos de textura arenosa e para quantidades superiores a 50 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  por hectare, para evitar o efeito salino causado pelo KCl, principal fonte de K usada na agricultura.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do milho, em função de resultados de análise do solo e diferentes classes de textura, para produtividade estimada de 3,0 t/ha a 6,0 t/ha de grãos.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	90	0-40	70
Média	6-10	9-15	11-18	60	41-60	50
Alta	11-15	16-20	19-25	30	61-90	30
Muito alta	>15	>20	>25	0	>90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Nitrogênio

No plantio, deve-se aplicar pelo menos 30 kg de nitrogênio (N) por hectare, juntamente com a adubação fosfatada, em sulcos de plantio. Recomenda-se aplicar em cobertura de 80 kg a 100 kg de N por hectare aos 35-40 dias após a emergência até o estágio V8, quando as plantas apresentarem de 6 a 8 folhas. A adubação de cobertura pode ser realizada com aplicação a lanço, observando as características da fonte de N utilizada e das taxas de perdas (volatilização e lixiviação) inerentes a esta. A aplicação pode ser realizada, também, nas entrelinhas, utilizando cultivadores e observando as limitações do equipamento, para evitar danos à cultura.

Em áreas recém-desmatadas, com alto teor de matéria orgânica, ou em plantio após cultivo com leguminosas, a dose final de N poderá ser diminuída de 30 kg a 40 kg, em razão da mineralização da matéria orgânica. Em plantios de segunda safra, após cultivo de soja, a dose de N a aplicar em cobertura pode ser entre 45 kg e 60 kg por hectare.

Para híbridos mais produtivos, especialmente em plantio de safra principal, o manejo de N deve levar em consideração a expectativa de produtividade. Recomenda-se utilizar de 15 kg a 20 kg de N total para cada tonelada produzida de grãos (já considerada a taxa de eficiência média dos adubos nitrogenados). Exemplo: para uma expectativa de produtividade de 8 t de grãos por hectare, pode-se aplicar de 120 kg a 160 kg de N por hectare.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura do milho ou outra cultura sem adubação com micronutrientes, aplicar 30 kg/ha de FTE BR 12, em mistura com o adubo fosfatado. Só fazer novas aplicações caso os resultados de análise do solo ou foliar indiquem deficiência de micronutrientes.

Acompanhar os teores dos micronutrientes nos tecidos foliares é uma prática que pode auxiliar na definição de manejos de suprimento mais específicos para cada elemento.

## Recomendações técnicas adicionais

Para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas, principalmente em áreas com muito tempo de uso ou com baixos níveis desse nutriente em análises de solo ( $\leq 4,0 \text{ cmol/dm}^3$ ) ou de tecido foliar ( $< 1,5 \text{ g/kg}$ ), recomenda-se usar as combinações de adubação de plantio e cobertura que incluam sulfato de amônio e/ou superfosfato simples, uma vez que a cultura exige de 2 kg a 3 kg de S para cada tonelada de grãos produzida.

# Soja

---

*Manoel da Silva Cravo  
Edilson Carvalho Brasil  
José Ribamar Costa Netto  
Austrelino Silveira Filho  
Jamil Chaar El-Husny*

## Espaçamento

Em região de alta precipitação pluviométrica e umidade elevada, o espaçamento recomendado para soja está entre 0,45 m e 0,60 m entre linhas, sendo mais comum o de 0,5 m, com 12 a 14 sementes por metro linear (poder germinativo corrigido para 100%). A população final de plantas varia conforme cultivar plantada, época de plantio e nível tecnológico, podendo estar entre 200 mil e 350 mil plantas por hectare.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para a soja: neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 10%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem. No caso do soja, SAD = 10.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para soja também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 60%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para milho  $V_2 = 60\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Para efetuar os cálculos mencionados, os valores dos teores de nutrientes devem estar na mesma unidade. As informações para sua conversão podem ser obtidas no capítulo 3 da Parte 1.

A calagem deve ser feita pelo menos 1 mês antes da semeadura e a quantidade de calcário a aplicar deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície total do terreno e incorporada a uma profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda metade também deve ser aplicada na superfície total do terreno, antes da gradagem niveladora. É recomendável o uso de calcário dolomítico, especialmente em solos com teor de Mg inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Calagem no sistema de plantio direto

Antes da implantação do sistema de plantio direto (SPD), a avaliação da necessidade de calagem e a aplicação do calcário seguem o mesmo processo adotado para o sistema convencional, visto anteriormente.

Em área onde se pretende implantar o SPD, a amostragem de solo deve ser realizada na profundidade de 0 cm a 20 cm, e recomenda-se fazer a calagem por meio da distribuição uniforme do calcário sobre o solo, procedendo a incorporação na camada arável com arado ou grade aradora, seguindo-se o método convencional.

Em área com o SPD já estabelecido (após o 3º ao 5º ano da implantação), a amostragem do solo deve ser realizada na profundidade de 0 cm a 20 cm. Nesse caso, a dose recomendada de calcário pode ser reduzida à metade ou um quarto da quantidade total calculada e deve ser aplicada superficialmente em área total, sem incorporação.

## Gessagem

A necessidade de uso de gesso ocorre quando a análise de solo, na profundidade de 20 cm a 40 cm, indicar saturação por Al maior que 20% e/ou quando o nível de  $\text{Ca}^{2+}$  for inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . A correção pode ser feita com o uso de gesso agrícola, aplicado na superfície do terreno, após a calagem e sem incorporação. No entanto, recomenda-se o uso de gesso quando houve histórico de veranico acentuado na região.

A dose de gesso (sulfato de cálcio) pode ser calculada tomando-se como base o teor de argila do solo, usando-se a seguinte equação:

Teor de argila do solo (%) x 50 = kg/ha de gesso agrícola.

Pode-se utilizar, também, um dos critérios descritos anteriormente neste livro, no capítulo Uso de Gesso na Agricultura.

## Adubação com fósforo e potássio

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura da soja, em função de resultados de análise do solo e diferentes classes de textura, encontram-se na Tabela 1. O fósforo (P) deve ser aplicado de uma só vez, por ocasião do plantio. O potássio (K), na dose mais elevada, pode ser dividido em duas parcelas iguais e aplicado, em cobertura, aos 20 e 40 dias após o plantio. As doses mais baixas devem ser aplicadas de uma só vez, em cobertura, aos 20 dias após o plantio.

**Tabela 1.** Adubação fosfatada e potássica para soja, em função dos resultados da análise do solo e de diferentes classes de textura, para produtividade de 3,5 t/ha a 4,0 t/ha de grãos.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0-5	0-8	0-10	100	0-40	90
Média	6-10	9-15	11-18	75	41-60	60
Alta	11-15	16-20	19-25	50	61-90	30
Muito alta	>15	>20	>25	0	>90	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Nitrogênio

A soja obtém a maior parte do nitrogênio (N) que necessita por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), que ocorre com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, quando se faz a inoculação das sementes, sendo essa prática essencial para permitir alta produtividade das lavouras de soja. Sugere-se evitar a adubação nitrogenada mineral, pois isto pode inibir a nodulação e diminuir a eficiência da FBN. Mesmo assim, caso a adubação tenha que ser feita, por razões econômicas, com formulações contendo N em sua composição, evitar que a quantidade de N aplicada ultrapasse 20 kg/ha.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada pela análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente sem adubação com micronutrientes, aplicar em mistura com o adubo fosfatado o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR-12. Fazer novas aplicações somente se os resultados de análise do solo ou foliar indicarem deficiência de micronutrientes.

O uso de formas solúveis de molibdênio (Mo), em tratamento de sementes ou via foliar até o estágio V3, visando fornecimento desse micronutriente para a FBN, é muito comum.

O acompanhamento dos teores dos micronutrientes nos tecidos foliares é uma prática que pode auxiliar na definição de manejos para suprimentos mais específicos para cada elemento.

## Recomendações técnicas adicionais

Para garantir o fornecimento de enxofre às plantas, principalmente em áreas com muito tempo de uso, é recomendado usar, em anos alternados, o superfosfato simples como fonte de P, caso não seja usado o gesso.

# Sorgo granífero e forrageiro

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento

Recomendam-se os seguintes espaçamentos: 60 cm entre linhas, 10 sementes por metro linear.

## Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC = T (V_2 - V_1)/PRNT$$

Em que:

NC = necessidade de calcário em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7= SB + (H+Al).

$V_2$  = saturação por bases desejada (60%).

$V_1$  = saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC, em %.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada, também, pelo método de neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = [ 2 \times Al \text{ cmol}_e/\text{dm}^3 + (2 - Ca + Mg \text{ cmol}_e/\text{dm}^3)] \times f$$

Em que:

$$f = 100/PRNT.$$

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo, cerca de 20 dias antes do plantio. O calcário deverá ser distribuído manual ou mecanizado e incorporado, com arado ou grade aradora, e sua incorporação deve ser de 20 cm a 30 cm, de modo a permitir o melhor contato do corretivo com as partículas do solo.

## Adubação mineral

As adubações de plantio e cobertura devem ser realizadas de acordo com a análise do solo, para uma produtividade de 4 t/ha a 8 t/ha de grãos (Tabela 1). O fósforo deve ser aplicado de uma só vez por ocasião do plantio. O potássio (K), na dose mais elevada, pode ser dividido e aplicado juntamente com as adubações nitrogenadas. As doses mais baixas devem ser aplicadas de uma só vez junto com a primeira adubação nitrogenada.

## Adubação de plantio

Fazer a aplicação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes.

## Adubação de cobertura

Aplicar as doses de N e K em cobertura, quando as plantas atingirem de 30 cm a 40 cm de altura, ou 30 dias após o plantio, aplicar o N e o K ao lado da fileira de plantio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a cultura do sorgo granífero e forrageiro, em função da análise de solo.

Produção esperada	N Plantio (kg/ha)	N Cobertura (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
			0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
4 a 6	20	50	80	60	40	60	40	20
6 a 8	30	70	100	80	60	80	60	40
>8	40	90	120	100	80	100	80	60

<sup>(1)</sup> Teores obtidos na análise de solo com extrator Mehlich-1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou foliar, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas com outra cultura, sem adubação com micronutrientes, aplicar em mistura de micronutrientes contendo 3 kg/ha de zinco (Zn) e 2 kg/ha de cobre (Cu) e 1 kg/ha de boro (BO, quando os resultados de análise do solo ou foliar indiquem deficiência de micronutrientes.



## PARTE 3

# Recomendações de calagem e adubação para culturas industriais e perenes



# Café ‘Conilon’ (*Coffea canephora* L.)

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*Sebastião Geraldo Augusto*

## Espaçamento

Recomendam-se os seguintes espaçamentos: 3,0 m x 1,5 m (2.222 covas por hectare) ou 3,0 m x 2,0 m (1.666 covas por hectare). Na poda de formação, manter uma densidade média de 12 mil hastes hortotrópicas por hectare, ou seja, média de 6 e 7 hastes por planta, nos espaçamentos 3,0 m x 1,5 m e 3,0 m x 2,0 m, respectivamente.

Tamanho da cova: 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Observações:

- Para a implantação de uma lavoura, deve-se retirar as amostras de solo nas profundidades de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm para diagnóstico da acidez subsuperficial.
- Em lavouras já instaladas, a amostragem do solo deve ser realizada anualmente na profundidade de 0 cm a 20 cm, com uma amostra composta nas faixas onde são aplicados os corretivos e fertilizantes e outra no centro das linhas. A cada 2 anos, também de 20 cm a 40 cm, para diagnóstico da acidez subsuperficial.
- Para uma adequada recomendação de calagem e adubação, deve-se associar os resultados das análises de solo e de folha, sempre levando em consideração o tipo de solo, o nível tecnológico do produtor, se a lavoura é irrigada ou de sequeiro, se a lavoura é plantada com variedades clonais ou seminais, entre outros fatores.

## Calagem

### No preparo da área para plantio

Aplicar o calcário a lanço na área total e, se possível, incorporado a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 60 dias antes do plantio. A aplicação também pode ser feita na cova, pelo menos 30 dias antes do plantio, aplicando 100 g a 150 g de calcário (PRNT 100%). Mesmo assim, também deve ser realizada

a correção na área total, podendo ser feita no início do próximo período chuvoso, ou seja, 12 meses após a correção na cova.

## Áreas produtivas

O calcário deverá ser aplicado na superfície do solo, em faixas, na projeção da copa das plantas, para direcionar o corretivo numa região em que recebe adubação e o potencial de reação é maior, além de favorecer o aproveitamento pelas raízes.

Em razão da dificuldade de incorporação, quando a quantidade de calcário for maior que 1,5 t/ha, deve-se parcelar a calagem em duas aplicações com intervalo mínimo de 6 meses. Aplicar a primeira parcela de forma a permitir o intervalo de pelo menos 60 dias para o início das adubações.

## Cálculo da quantidade de calcário (QC)

Método da saturação por bases, visando elevar o valor atual para 60

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1) p}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátion a pH 7,0 = SB + (H + Al), em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

SB = soma de bases trocáveis = (K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup>), em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

V<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC, em %.

V<sub>2</sub> = saturação por bases adequada para a cultura = 60%.

p = fator de profundidade de incorporação do calcário (0,5 = aplicação superficial, sem incorporação; 1,0 = incorporação a 20 cm; 1,5 = incorporação a 30 cm).

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado (%).

Método de neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

$$NC = \{(2 \times Al) + [2 - (Ca + Mg)]\} \times f$$

Em que:

Al, Ca e Mg, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

f = 100/PRNT.

Observações:

- Sempre realizar os cálculos com base nos resultados da análise do solo e considerar a relação Ca:Mg variando de 3 a 4:1.
- Em solos com elevada relação Ca:Mg, dar preferência ao calcário dolomítico. Quando essa relação for baixa, deve-se usar calcário calcítico.

- Elevar o teor de Ca e Mg pelo menos para 3,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e 1,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente.
- Se a aplicação de calcário for realizada em faixas, fazer a correção da quantidade proporcionalmente à superfície desejada.
- Para saber a quantidade de calcário em gramas a ser aplicada por metro quadrado, basta multiplicar a quantidade total, em toneladas, pelo fator 100.
- Em solos com baixa CTC, baixa capacidade tampão e elevada velocidade de infiltração de água, além de realizar o parcelamento da quantidade de calcário, pode ser necessário complementar com outra fonte de Ca e Mg.
- Sempre que a quantidade de calcário for superior a 3,0 t/ha, recomenda-se o parcelamento com intervalo mínimo de 6 meses.

## Gessagem

Com base na análise do solo, recomenda-se o uso do gesso agrícola quando, na camada de 20 cm a 40 cm de profundidade, o teor de cálcio for inferior a 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> ou a saturação de alumínio for superior a 40%. A utilização do gesso não altera a quantidade de calcário. Ele é usado de forma suplementar e deve ser aplicado em superfície, após a calagem.

## Cálculo da quantidade de gesso (QG)

$$QG = 0,3 \times NC$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha).

## Adubação de plantio (até 12 meses de idade)

Na abertura da cova, separar o solo da superfície (até 20 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de solo da superfície, adicionar 10 L de esterco de curral curtido e isento de herbicida, ou 5 L de cama de frango ou 1 kg de torta de mamona; 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 g de FTE BR-10 ou 12. Misturar bem e preencher as covas.

Caso a quantidade seja insuficiente para encher as covas, raspar a terra preta das proximidades para completar. Fincar um piquete no centro delas e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio. Caso tenha sido aplicado calcário nas covas, aguardar pelo menos 30 dias e reabri-las com 30 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade para, então, seguir o procedimento do item anterior.

Após o pegamento das mudas, aplicar pelo menos três parcelas (com intervalos de 40 dias) de 5 g de nitrogênio (N) e 10 g de K<sub>2</sub>O em cobertura e ao redor das plantas, durante o período chuvoso. Em solos com teor de potássio (K) superior a 100 mg/dm<sup>3</sup>, reduzir a dose de K<sub>2</sub>O para 5 g.

## Adubação de formação (13 a 36 meses)

As adubações nitrogenadas e potássicas devem ser divididas em pelo menos três parcelas e aplicadas em cobertura, na projeção da copa. A primeira parcela, com 40% do total, no início do período chuvoso, e as demais com 30% do total, em intervalos de 40 a 50 dias. A adubação de formação é apresentada na Tabela 1.

Caso as plantas apresentem sintomas de deficiência de fósforo (P), aplicar 20 kg/ha junto com a primeira aplicação de N e K. Até os 24 meses, os fertilizantes devem ser incorporados ao solo e, se possível, deve ser feita cobertura morta na projeção da copa das plantas.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a cultura do café na fase de formação, em função da análise do solo e da idade das plantas.

Idade	Doses de N (g por planta) <sup>(2)</sup>	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			
		<60	60-120	121-200	>200
		K <sub>2</sub> O (g por planta) <sup>(2)</sup>			
13 a 24 meses	30	60	30	15	0
25 a 36 meses	60	90	60	30	0

<sup>(1)</sup> Teor obtido na análise de solo com extrator Mehlich-1.

<sup>(2)</sup> Total por ano.

Para lavoura com irrigação, aumentar a dose em 50%. Nesse caso, deve-se aumentar também o número de parcelas, a partir do início da floração.

## Adubação de produção (após 36 meses do plantio)

Dada a insuficiência de resultados de pesquisa para os níveis críticos dos nutrientes para o cafeeiro conilon e de variedades clonais próprias para o estado do Pará, as recomendações contidas nas Tabelas 2 e 3 foram adaptadas de Prezotti et al. (2015) para níveis de produtividades médias desejadas de até 100 sc/ha.

Na fase de produção, a quantidade de adubo a ser aplicada para o cafeeiro conilon vai depender, entre outros fatores, dos resultados da análise química e da textura do solo, além da produtividade média desejada.

### Adubação nitrogenada e potássica

As recomendações para as adubações nitrogenadas e potássicas apresentadas na Tabela 2 devem ser divididas em pelo menos três parcelas e aplicadas a lanço na faixa da projeção da copa até o caule. A primeira parcela, com 40% do total, no início do período chuvoso, e as demais, com 30% do total, em intervalos de 50 a 60 dias.

Para lavoura com irrigação, deve-se aumentar o número de parcelas, a partir do início da floração.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação nitrogenada e potássica para a cultura do café 'Conilon' em função da análise do solo e da produtividade média esperada.

Produtividade média (sc/ha)	Doses de N (kg/ha/ano)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			
		<60	60-120	121-200	>200
		Doses de K <sub>2</sub> O (kg/ha/ano)			
<20	200	170	100	30	0
21-30	260	230	160	90	0
31-50	320	290	220	150	0
51-70	380	350	280	210	80
>70	440	410	340	270	140

<sup>(1)</sup> Teor obtido na análise de solo com extrator Mehlich-1.

## Adubação fosfatada

A adubação fosfatada pode ser dividida em duas parcelas iguais, que devem ser aplicadas juntamente com as duas primeiras aplicações de N e K.

**Tabela 3.** Recomendação de adubação fosfatada para a cultura do café 'Conilon' em função da análise do solo e da produtividade média esperada.

P-rem (mg/L) <sup>(1)</sup>	Textura do solo	Teor de P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>			
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
< 20	Argilosa	<3	3-6	7-10	>10
20 - 40	Média	<5	5-10	11-20	>20
> 40	Arenosa	<10	10-20	21-30	>30
Produtividade média (sc/ha)		Dose de P (kg/ha/ano de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			
<20		30	20	0	0
21-30		45	35	0	0
31-50		60	45	0	0
51-70		75	60	20	0
>70		90	75	35	0

<sup>(1)</sup>Fósforo remanescente.

<sup>(2)</sup>Teor obtido na análise de solo com extrator Mehlich-1.

Se a análise de solo indicar baixo teor de enxofre (S), fornecê-lo como dose mínima de 50 kg/ha. O S pode ser aplicado como elemento acompanhante da adubação fosfatada ou nitrogenada, quando se usam adubos simples.

## Adubação com micronutrientes

O fornecimento de micronutrientes poderá ser feito via solo, em dose única no início do período chuvoso, de acordo com a Tabela 4, ou via foliar, em calda, com três pulverizações espaçadas de 60 dias, a partir do início da floração, conforme Tabela 5.

Para lavoura com irrigação, deve-se iniciar a aplicação via solo no início da floração.

**Tabela 4.** Recomendação de adubação com micronutrientes via solo, de acordo com os resultados da análise de solo.

Nutriente	Teor no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	Dose (kg/ha)
Zinco <sup>(1)</sup>	<2,0 (baixo)	3,0
	2,0-6,0 (médio)	2,0
	>6,0 (alto)	0
Cobre <sup>(1)</sup>	<0,5 (baixo)	3,0
	0,5-1,5 (médio)	2,0
	>1,5 (alto)	0
Manganês <sup>(1)</sup>	<5,0 (baixo)	15,0
	5,0-15,0 (médio)	10,0
	>15,0 (alto)	0
Boro <sup>(2)</sup>	<0,2 (baixo)	2,0
	0,2-0,6 (médio)	1,0
	>0,6 (alto)	0

<sup>(1)</sup>Extrator Mehlich-1.<sup>(2)</sup>Extrator: água quente.**Tabela 5.** Recomendação de adubação com micronutrientes via foliar.

Componente da calda	Concentração (%)
Sulfato de zinco	3,0
Sulfato de cobre	2,0
Sulfato manganoso	0
Ácido bórico	3,0
Molibdato de sódio ou amônio	2,0
Cloreto de potássio <sup>(1)</sup>	0,3

<sup>(1)</sup>O cloreto de potássio é adicionado à calda para aumentar a absorção de zinco.

## Referência

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Nutrição, Calagem e adubação. In: FONSECA, A. F. A. da; SAKIYAMA, N. S.; BORÉM, A. (Ed.). **Café Conilon**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 257 p.

# Curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*)

---

Manoel da Silva Cravo

Ismael de Jesus Matos Viégas

Rosa de Nazaré Paes da Silva

## Espaçamento

Recomenda-se os seguintes espaçamentos: 1,0 m x 0,40 m ou 0,80 m x 0,50 m, com densidades de 25 mil plantas por hectare, para ambos.

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário deve ser calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidade suficiente para elevar o valor inicial para 60%, podendo ser utilizada a seguinte equação para o cálculo:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, por ocasião do plantio e após cada corte, de acordo com os resultados de análise de solo. Utilizar uma fonte solúvel de P, podendo ser o superfosfato triplo, o superfosfato simples ou outra.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para o Curauá, em função da análise de solo e da época, após cada colheita.

Época	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
kg/ha							
Plantio	60	150	100	80	300	200	150
Após 1ª colheita (12 meses)	80	160	110	100	320	250	160
Após 2ª colheita (18 meses)	100	170	120	110	330	260	170
Após 3ª colheita (24 meses)	120	180	130	120	340	270	180
Após 4ª colheita (30 meses)	140	190	140	130	350	280	190

<sup>(1)</sup> Mehlich-1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

A adubação de plantio deve ser feita nas covas ou na linha de plantio. O P deve ser aplicado de uma só vez, no plantio, e o N e o K, parcelado em 3 vezes. Juntamente com a adubação fosfatada, aplicar o equivalente a 40 kg/ha de FTE BR 12 ou BR 8 ou outra fonte que contenha todos os micronutrientes. Só voltar a aplicar micronutrientes caso seja constatada a necessidade pela análise do solo ou foliar.

As aplicações, após os cortes, devem ser feitas a lanço, entre as fileiras de plantio. O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso, e o nitrogenado e o potássico, divididos em duas ou três parcelas iguais.

## Adubação orgânica

Como a cultura do Curauá responde muito bem à adubação orgânica, sugere-se realizar, por ocasião do plantio e anualmente, após cada corte, uma adubação orgânica, em complementação à adubação mineral, nas quantidades de 5 t/ha de esterco de curral curtido ou 3 t/ha de esterco de galinha ou 1 t/ha de torta de mamona.

# Guaranazeiro

---

*Manoel da Silva Cravo*

*Dilson Augusto Capucho Frazão*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

## Espaçamento

O espaçamento mais recomendado para plantio de guaraná é de 5,0 m x 5,0 m, com uma muda por cova, dando um total de 400 plantas por hectare. Para mudas clonadas de plantas de ramos curtos, podem ser utilizados os espaçamentos de 4,0 m x 4,0 m ou 4,0 m x 3,0, com 625 e 833 plantas por hectare, respectivamente.

## Calagem

O guaraná é uma cultura relativamente tolerante a solos ácidos, mas é exigente em cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Dessa forma, recomenda-se aplicar calcário para aumentar os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  e diminuir a saturação por alumínio para 20%, utilizando-se dados de análise de solo da área e a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do guaraná, SAD = 20.

$$t = S + \text{Al}^{3+}.$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+.$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

O calcário deve ser aplicado a lanço e incorporado a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 20 dias antes do plantio. Caso a aplicação seja feita na cova de plantio, aplicar 100 g de calcário (PRNT 100%) por cova para cada tonelada de calcário calculada para a área. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ .

## Plantio

Preparar covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Na abertura da cova, separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra preta adicionar: 20 L de esterco de curral curtido, ou 5 L de esterco de galinha, ou 10 L de cama de aviário, ou 2 L de torta de mamona, todo o P recomendado para o plantio, o calcário (caso seja decidido aplicar na cova) e o FTE BR-12 (micronutrientes). Misturar bem e preencher a cova. Caso a quantidade seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra preta das proximidades para completar. Colocar um piquete no centro da cova e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio.

## Adubação do primeiro ano

As adubações nitrogenada e potássica, previstas para o primeiro ano, devem ser divididas em três parcelas iguais e aplicadas de 2 em 2 meses após o plantio, durante o período chuvoso, em faixa circular, na projeção da copa.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura do guaraná, para produtividade estimada de 400 kg/ha a 800 kg/ha de sementes torradas.

Época	N (g por planta)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta) <sup>(2)</sup>			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
Plantio	-	80	60	40	-	-	-
1º ano	200	-	-	-	200	150	100
2º ano em diante	300	80	60	40	300	200	150

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

<sup>(2)</sup> Para solos argilosos, aumentar a dose em 25% e, para solos arenosos, diminuir a dose em 25%.

## Adubação do segundo ano em diante

As adubações com nitrogênio (N) e potássio (K), previstas para o segundo ano em diante, devem ser divididas em três parcelas iguais e aplicadas de 2 em 2 meses durante o período chuvoso, em faixa circular, na projeção da copa. A adubação fosfatada recomendada para o segundo ano em diante deve ser aplicada de uma só vez, por ocasião da primeira aplicação de N e K. Os fertilizantes devem ser incorporados ao solo e, se possível, deve ser feita cobertura morta na projeção da copa das plantas.

É importante usar a combinação sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples para garantir o suprimento de enxofre (S) às plantas.

## Micronutrientes

Aplicar o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR 8 ou BR 12, podendo ser dividido e aplicado na cova de plantio. Só reaplicar micronutrientes caso comprovada a necessidade pela análise de solo ou foliar ou caso as plantas apresentem sintomas de deficiência.

## Consórcios

O guaranazeiro, durante seu desenvolvimento, pode ser consorciado com culturas de ciclo curto, como milho, arroz, feijão-caupi, batata-doce, pimenta-de-cheiro, amendoim e leguminosas para adubos verdes. Se decidir fazer consórcios, caso o terreno não tenha problemas de declividade acentuada, direcionar as linhas de plantio no sentido leste-oeste, para diminuir a concorrência das plantas por luz. As adubações das culturas consorciadas devem ser feitas de acordo com as recomendações para cada uma, para evitar concorrência com o guaranazeiro.



# Palma de óleo (Dendzeiro)

---

*Vinícius Ide Franzini*  
*Gilson Sergio Bastos de Matos*  
*Daniel Nolasco Machado*  
*Edwin Almeida Assunção*  
*Ismael de Jesus Matos Viégas*  
*Sônia Maria Botelho*

## Espaçamento

Realizar o plantio em espaçamento de 9 m entre plantas, em triângulo equilátero, e 7,8 m entre linhas de plantio, com densidade de 143 plantas por hectare. No caso do plantio de híbrido interespecífico (OxG), considerar a densidade de 128 plantas por hectare, em espaçamento de 9,5 m entre plantas e 8,3 m entre linhas, também em triângulo equilátero.

## Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases do solo a 60% e o teor de magnésio (Mg) no mínimo em  $0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . Se o teor de Mg do solo estiver abaixo de  $0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , deve-se utilizar calcário com alto teor de MgO (>12%).

A dose de calcário pode ser calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$DC = \frac{(60 - V) \text{ CTC}}{\text{PRNT}}$$

Em que:

DC = dose de calcário a ser aplicada (t/ha).

V = saturação por bases indicada na análise de solo (%).

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 indicada na análise de solo ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ).

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Antes da implantação do palmar (dendzeal), aplicar o calcário em área total com a máxima antecedência possível (pelo menos 30 dias antes do plantio das mudas) e incorporá-lo no solo o mais profundamente possível (mínimo 20 cm) com arado ou grade aradora pesada ou superpesada. Após a instalação do palmar, realizar nova amostragem de solo e, caso a saturação por bases apresente valor menor que 60%, reaplicar calcário em área total superficialmente, sem incorporação, para manter a saturação em 60%.

## Adubação de plantio

Aplicar de 500 g a 1.000 g de um fosfato natural reativo (FNR) por cova, em função de resultados de análise do solo, distribuindo-o uniformemente nas paredes e fundo da cova de plantio. Preferencialmente, a cova deverá ter formato trapezoidal, o que facilita a distribuição do FNR, o plantio da muda e evita a formação de bolsas de ar, que são prejudiciais às raízes.

## Adubação de formação

Aos 30 dias após o plantio, inicia-se a aplicação das quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo, até o quarto ano de cultivo. A partir dessa idade, a recomendação será realizada com base na exportação de nutrientes pela colheita.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação de formação da palma de óleo, em função da análise de solo.

Idade (anos)	N	P no solo			K no solo		
		Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
g por planta							
1	300	200	100	50	600	400	200
2	400	300	200	100	800	600	400
3	500	400	300	200	1.000	800	600
4	600	500	400	300	1.200	1.000	800

Como adubação complementar durante a fase de formação, recomenda-se aplicar magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B), conforme doses apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação de formação complementar da palma de óleo (dendezeiro), para suprimento de magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B).

Idade (anos)	Quantidade de nutrientes a aplicar		
	Mg	S	B
g por planta			
1	70-90	100-130	5-10
2	80-100	150-180	10-15
3	100-120	200-230	15-20
4	130-150	250-280	20-25

## Adubação de produção

A adubação de produção recomendada baseia-se no método da exportação de nutrientes em cachos de fruto fresco (CFF), conforme a Tabela 3.

**Tabela 3.** Exportação de nutrientes pela palma de óleo (dendzeiro) para a produção de 1 t/ha de cachos de fruto fresco (CFF).

Exportação	Nutrientes no cacho					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
Exportação de nutrientes (kg/t de CFF)	4,0	1,5	8,4	2,4	1,0	0,5
Eficiência (%)	60	30	70	60	50	40
Exportação corrigida pela eficiência (kg/t de CFF)	6,7	5,0	12,0	4,0	2,0	1,2

Fonte: adaptado de Viégas e Botelho (2000).

Aplicar as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S indicadas na Tabela 4, anualmente, de acordo com a exportação de nutrientes e faixa de produtividade esperada de cachos de fruto fresco.

**Tabela 4.** Adubação de produção da palma de óleo (dendzeiro), em função da exportação de nutrientes e de produtividade esperada de cachos de fruto fresco (CFF).

Produtividade esperada (t/ha)	Quantidade de nutrientes a aplicar <sup>(1)</sup>						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B
	(kg/ha)						
<5	33	26	60	20	10	6	0,6
6-9	60	46	108	36	18	11	1,0
10-13	87	66	156	52	26	15	1,4
14-17	113	87	204	68	34	20	1,9
18-21	140	107	252	84	42	25	2,3
22-25	167	128	300	100	50	29	2,8
>25	187	143	336	112	56	33	3,1

<sup>(1)</sup>Doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg e S calculadas em função da exportação de nutrientes apresentada na Tabela 3, considerando-se o limite superior de cada faixa de produtividade esperada de cachos de fruto fresco.

## Informações complementares

Ao se optar pelo uso de fertilizante mineral simples, sugere-se aplicar os fertilizantes fosfatados em uma única vez, no início do período chuvoso, e parcelar os fertilizantes nitrogenados, potássicos e magnesianos em duas a três aplicações. Aplicar 60% dos fertilizantes nitrogenados no início das chuvas e os 40% restantes no final da estação chuvosa, enquanto 40% da dose de K deve ser aplicada no início das chuvas e 60% restante no final das chuvas. Para a aplicação de fórmulas NPK, as adubações também deverão ocorrer no início e no final do período chuvoso, para reduzir perdas de nutrientes do fertilizante e, no caso da adubação mecanizada, melhorar o rendimento operacional de máquinas e implementos.

Durante a fase de formação do palmar (três primeiros anos), a aplicação de fórmulas NPK pode ser parcelada em até quatro vezes. Nessa fase, é recomendado que a distribuição dos fertilizantes seja uniforme sobre o solo, formando-se um círculo completo acompanhando a projeção da copa da planta. Para evitar danos à planta, sugere-se que o fertilizante seja aplicado numa distância de 10 cm distante do estipe. Nessa fase, a adubação pode ser totalmente manual ou com auxílio de conjunto trator com caçamba, que transporta o fertilizante ao longo da rua para que ele seja aplicado manualmente.

A aplicação de cachos vazios oriundos de indústrias extratoras é recomendada de forma manual, na projeção da copa e ao final do período chuvoso. Em plantios não produtivos, ou seja, até o terceiro ano de cultivo, recomenda-se a aplicação de 20 t/ha em triângulos alternados e anualmente. Já para os plantios em produção, recomenda-se a aplicação de 42 t/ha em triângulos alternados de forma a beneficiar todas as plantas do talhão, também anualmente. Informações adicionais sobre esse tema podem ser obtidas no capítulo de Fertilizantes Orgânicos deste livro.

Em geral, a adubação completamente mecanizada se inicia no quarto ano de cultivo ou quando, na linha de plantio, a distância das copas for menor ou igual a 2,0 m. Nesses casos, a distribuição de fertilizantes atenderá duas linhas de plantas simultâneas. Deve-se evitar a aplicação de fertilizantes na parte central da rua na qual ocorre o tráfego das máquinas, visto que o volume de raízes quaternárias nessa zona é reduzido pela compactação causada no solo.

O caminhamento do conjunto trator-distribuidor de fertilizante é alternado nas entrelinhas, ou seja, rua sim rua não, o que otimiza a adubação e exclui as faixas de empilhamento, que não são trafegáveis. É recomendado que a dose total de fertilizante a ser aplicada de forma mecanizada seja parcelada em até três vezes, o que otimiza os custos de aplicação e racionaliza o uso de fertilizantes minerais em áreas de plantios comerciais de palma de óleo.

Em áreas com presença de puerária ou alguma gramínea, é necessário o controle da planta de cobertura na coroa da palma de óleo antes da adubação, visando deixar a região da coroa livre para a aplicação de fertilizantes e reduzir a competição das plantas por nutrientes.

Para aprimorar a recomendação de adubação, é indicado monitorar anualmente a fertilidade do solo e o estado nutricional da palma de óleo por meio de amostragem e análises de solo e de planta. Atenção especial deve ser dada ao boro, visando evitar deficiências nas plantas ou aplicação de doses excessivas deste nutriente que possam causar toxicidade. A interpretação dos resultados destas análises deve ser realizada de acordo com classes de teores de nutrientes no solo e níveis críticos foliares para a cultura disponíveis na literatura.

## Referência

VIÉGAS, I. de J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J.M.; MÜLLER, A.A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 229-273.

# Pimenteira-do-reino

---

*Raimundo Freire de Oliveira*

*Sonia Maria Botelho*

*Edilson Carvalho Brasil*

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

## Espaçamento

Fileiras simples: 2,5 m x 2,5 m (1.666 plantas por hectare); 2,5 m x 2,0 m (2 mil plantas por hectare).

Fileiras duplas (com 5,0 m entre as duplas): 2,5 m x 2,0 m (1.333 plantas por hectare).

Tamanho da cova: 40 cm x 40 cm x 40 cm.

## Calagem

Em áreas destinadas à implantação de pimentais, o calcário deve ser dividido em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada em cobertura na superfície do terreno e incorporada com a grade aradora, enquanto a segunda deve ser incorporada com a gradagem niveladora. A incorporação deve ser realizada até a profundidade de 20 cm, pelo menos 30 dias antes do plantio. Em pimentais já implantados, o calcário deve ser aplicado em cobertura, ao redor das plantas, em círculos com raio de 1 m. Nesse caso, o calcário não deverá ser incorporado ao solo, em razão do risco de entrada de doenças pelo corte das raízes.

A quantidade de calcário deve ser calculada de acordo com os resultados da análise de solo, utilizando-se critério de elevação do valor inicial da saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 60%. Para o

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a fórmula:

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha), com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0;  $CTC = S + (H + Al^{3+})$ .

$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = valor da saturação por bases do solo antes da correção,  $V_1 = 100$  S/CTC.

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada de 60%.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Quando não for possível efetuar a calagem antes da implantação do pimental, recomenda-se a aplicação do calcário na cova de plantio em mistura com a terra de enchimento e a quantidade deve ser calculada utilizando-se a equação:

$$QC \text{ (g/cova)} = V \times NC \times 0,5$$

Em que:

QC= quantidade de calcário a ser misturado com a terra da cova (g).

V = volume da cova em metros cúbicos (por exemplo: 0,4 cm x 0,4 cm x 0,4 cm = 0,064 m<sup>3</sup>).

NC = necessidade de calcário calculada a partir da análise do solo (kg/ha).

0,5 = fator de multiplicação que considera volume de solo por hectare.

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a 0,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

## Adubação de plantio

Na implantação do pimental, aplicar por cova 10 L de esterco de curral ou 5 L de cama de aviário ou 1,5 L de torta de mamona, juntamente com a quantidade total de fósforo (P) da Tabela 1, estabelecida pela análise de solo. Misturar bem com a terra preta da camada superficial e preencher a cova. Esperar no mínimo 10 dias para proceder ao plantio.

Observação: qualquer adubo orgânico a ser aplicado deve estar bem curtido para evitar problemas às raízes das plantas.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a pimenteira-do-reino, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	25	20	10	5	20	15	10
2º ano	60	40	20	10	70	40	20
3º ano	120	60	30	15	140	70	30
4º ano ou mais	200	90	45	22	290	130	50

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem duas vezes maiores que os limites superiores indicados na tabela, recomenda-se não aplicar os nutrientes.

## Adubação de formação

**Primeiro ano:** dividir em três partes iguais as quantidades de nitrogênio (N) e potássio (K) da Tabela 1 e aplicá-las, respectivamente, aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio das mudas. Os fertilizantes devem ser aplicados em semicírculo a cerca de 25 cm em frente do tronco da planta, cobrindo-se a mistura dos adubos com terra. Aumentar essa distância à medida que a planta se desenvolve.

**Segundo ano:** no início do período chuvoso, efetuar a aplicação dos adubos em cobertura, colocando-se por planta 10 L de esterco de curral ou 5 L de cama de aviário ou 2 L de torta de mamona. Nessa ocasião, a quantidade total de P deve ser aplicada ao redor das plantas ou em semicírculo, no limite das raízes, juntamente com um terço das quantidades de N e K indicadas da Tabela 1 e cobrindo-se os adubos com terra. Os dois terços restantes de N e K serão aplicados aos 45 e 90 dias após a primeira adubação e de modo semelhante.

## Adubação de produção

**Terceiro ano ou mais:** aplicar as doses de N, P e K de acordo com a Tabela 1, seguindo o mesmo parcelamento e modo de aplicação do segundo ano.

Anualmente, 30 dias depois da aplicação da segunda dose dos adubos, deve ser efetuada uma amostragem foliar, para análise química de macro e micronutrientes. Caso seja detectada alguma deficiência nutricional, a correção deverá ser efetuada imediatamente. Nesse caso, se a deficiência for de micronutrientes, recomenda-se que a correção seja efetuada por meio de pulverização foliar. A amostragem de solo também deve ser efetuada, anualmente, logo após o período de colheita.

## Fontes de nutrientes

Em caso de deficiência de enxofre (S), recomenda-se usar adubos contendo o nutriente. Pode-se utilizar as seguintes combinações de fertilizantes nitrogenados e fosfatos: sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples. Em solos com teor de Mg menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio.

## Adubação com micronutrientes

Caso seja detectada deficiência de micronutrientes na análise inicial do solo, recomenda-se aplicar 30 g de FTE BR-12 (ou outra fonte em quantidade equivalente dos micronutrientes) por cova, juntamente com a adubação de plantio. Monitorar o aparecimento de deficiência de micronutrientes pela ocorrência de sintomas visuais ou pela análise de tecido foliar, para decidir por nova aplicação do nutriente específico.



# Pimenteira-longa

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Edilson Carvalho Brasil  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

## Espaçamento

Linhas simples: 70 cm x 40 cm (35.700 plantas por hectare) ou 80 cm x 40 cm (31.250 plantas por hectare).

Linhas duplas: (50 cm x 40 cm) x 1,0 m (33.333 plantas por hectare).

## Calagem

Realizar a calagem 30 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha), com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0;  $CTC = S + (H + Al^{3+})$ .

$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = valor da saturação por bases trocáveis do solo antes da correção  $V_1 = 100 S/CTC$ .

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada = 50%.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

## Adução

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise do solo, por ocasião do plantio e após cada corte realizado. Sugere-se utilizar as seguintes fontes: ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O superfosfato triplo deve ser aplicado em sulco por ocasião do plantio, enquanto a ureia e o cloreto de potássio em cobertura, parcelados em duas aplicações, a primeira 30 dias após o plantio e a segunda 90 dias após plantio.

A partir do segundo ano, em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,7 \text{ cmol/dm}^3$ , aplicar kieserita na dose correspondente a um quinto da de cloreto de potássio, após cada corte.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para pimenta-longa, em função da análise de solo.

Época	Dose de N (g por planta)	P no solo ( $\text{mg/dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> no solo ( $\text{mg/dm}^3$ )		
		0-10	11-30	>30	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
No plantio e por corte	4	3,0	2,5	2,0	6,0	4,0	2,0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

# Pupunheira para produção de palmito

João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

Sonia Maria Botelho

## Espaçamento

Utilizar o espaçamento de 2,0 m x 1,0 m (5 mil plantas por hectare).

## Calagem

Efetuar a calagem 30 dias antes do plantio, com aplicação de calcário para elevar a saturação por bases a 60%, calculando-se a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>).

V<sub>2</sub> = saturação por bases desejada (60%).

V<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada também pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo até 2,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> em solos leves e 3,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, nos solos de textura mais pesada, podendo ser calculada, pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = (2 \text{ ou } 3 \times Al^{3+}) + [(2 \text{ ou } 3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})) \times f]$$

Em que:

f = 100/PRNT.

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo. O preparo da área deve ser mecanizado, a distribuição do calcário efetuada a lanço e sua incorporação realizada com arado

e grade, a uma profundidade de 20 cm a 30 cm, para permitir maior volume de solo corrigido.

## Adubação de plantio

A quantidade de fosfato deve ser aplicada de uma única vez na cova de plantio, se possível, misturado com 1,0 kg de torta de mamona ou adubo orgânico similar. A aplicação das quantidades de nitrogênio (N) e potássio (K) (Tabela 1) deve ser realizada parceladamente em duas doses iguais, em faixas de aproximadamente 30 cm a 40 cm das plantas aos 6 e 12 meses, após o plantio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para pupunheira-palmito, em função da análise do solo e produtividade esperada.

Produtividade esperada de palmito (t/ha)	N (kg/ha)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> no solo (mg/dm <sup>3</sup> )		
		0-10	11-30	>30	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
1-2	112	112	56	28	75	50	30
2-3	225	225	112	56	150	75	50
>3	450	450	225	112	300	150	75

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

# Seringueira

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Eurico Pinheiro (in memoriam)*

## Espaçamento

Para a densidade de 476 plantas por hectare, o espaçamento de 7,0 m x 3,0 m e para 666 plantas por hectare, 6,0 m x 2,5 m.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação de plantio

Incorporar na cova de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de esterco de curral curtido, ou 5 L de esterco de galinha ou 1 L de torta de mamona e 20% do  $\text{P}_2\text{O}_5$  correspondente ao ano de plantio (Tabela 1) e 10 g por planta de FTE BR-12 (micronutriente). Esperar pelo menos 10 dias para realizar o plantio.

## Adubação de seringal em formação

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, definidos de acordo com os resultados de análise do solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  aplicar sulfato de magnésio, na dose correspondente a um terço da dose de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) indicada na Tabela 1.

As fontes dos nutrientes são ureia e superfosfato triplo, no primeiro ano, e, a partir do segundo ano, fosfato natural reativo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a seringueira em formação, com e sem *Pueraria phaseoloides*, em função dos resultados da análise de solo.

Idade	N <sup>(1)</sup>	N <sup>(2)</sup>	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(3)</sup>			K <sup>+</sup> no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(3)</sup>		
			0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
g por planta								
1º ano	20	20	50	30	20	60	50	40
2º ano	30	20	100	80	50	90	80	50
3º ano	40	0	120	100	60	130	70	60
4º ano	50	0	150	120	70	180	90	70
5º ano	60	0	200	150	80	200	100	80
6º ano	60	0	100	80	50	100	70	60
7º ano	60	0	100	80	50	100	70	60

<sup>(1)</sup> sem *Pueraria phaseoloides*.

<sup>(2)</sup> com *Pueraria phaseoloides*.

<sup>(3)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

No primeiro ano, aplicar os fertilizantes em cobertura, em volta da planta, num raio de 10 cm a 15 cm; no segundo ano, no raio de 45 cm; no terceiro, quarto e quinto anos espalhar os fertilizantes uniformemente ao longo das linhas do plantio, numa faixa de 1,0 m a 1,5 m e, em seringueiras com mais de 5 anos, numa faixa de 3,60 m (1,80 m para cada lado do tronco), porém, em um raio de 30 cm ao redor da árvore, não aplicar os fertilizantes.

# Urucuzeiro

---

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Sônia Maria Botelho*

*Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento

7,0 m x 3,0 m, totalizando 476 plantas por hectare.

## Calagem

Efetuar a calagem 30 dias antes do plantio com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>).

V<sub>2</sub> = saturação de bases desejada (60%).

V<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada também pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo até 2,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, em solos leves, e 3,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, nos solos de textura mais pesada, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = 2 \text{ ou } 3 \times Al^{3+} + [(2 \text{ ou } 3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})) \times f]$$

Em que:

$$f = 100/PRNT.$$

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo. O preparo da área pode ser

mecanizado, a distribuição do calcário efetuada a lanço e sua incorporação feita com arado e grade, a uma profundidade de 20 cm a 30 cm, para permitir maior volume de solo corrigido.

## Adubação

Na adubação de plantio, o fósforo (P) deve ser aplicado de uma só vez, acrescido de 1,0 kg de torta de mamona, misturado com a terra superficial retirada ao abrir a cova. As adubações dentro de cada ano (Tabela 1) devem ser parceladas em duas doses iguais e aplicadas em cobertura, no sentido da projeção da copa para o centro até o pé da planta, a fim de aumentar a eficiência de absorção de nutrientes, em função da maior concentração de raízes nessa região. Essas adubações deverão ser realizadas no início ou no final do período chuvoso de cada ano.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para obtenção de produtividade esperada de semente seca de urucuzeiro, em função dos resultados da análise do solo.

Ano	Produtividade esperada de semente (kg/ha)	Dose de N (kg/ha)	P no solo <sup>(1)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )			K <sup>+</sup> trocavel <sup>(1)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )		
			0-10	11-30	>30	0-40	41-90	>90
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
1º	<500	20	40	20	10	80	40	20
2º	500-1.000	40	80	40	20	160	80	40
3º	1.000-1.500	80	120	80	40	200	160	80
4º	>1.500	160	160	120	80	280	200	160

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.



## PARTE 4

# Recomendações de calagem e adubação para hortaliças



# Alface e outras folhosas (jambu, coentro, salsa, cebolinha, couve, rúcula, chicorinha)

---

*Sônia Maria Botelho  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Simon Swen Cheng*

## Espaçamento

O cultivo pode ser feito em canteiros de 0,20 m a 0,25 m de altura, 0,80 m a 1,20 m de largura e comprimento variável, conforme o tamanho da área e a necessidade do produtor. O espaçamento nos canteiros é o seguinte:

- Alface: 0,20 m a 0,30 m entre plantas e 0,20 m a 0,30 m entre linhas de plantio. O maior espaçamento é utilizado para alfaces do grupo crespa com cabeça (americanas). Mudanças são produzidas em sementeira e transplantadas 20 dias após a germinação das sementes.
- Jambu: 0,05 m a 0,10 m entre plantas e 0,05 m a 0,10 m entre linhas de plantio. Mudanças produzidas em sementeira e transplantadas 25 dias após a germinação das sementes.
- Rúcula: 0,10 m entre plantas e 0,20 m entre linhas de plantio. Mudanças produzidas em sementeira e transplantadas 15 dias após a germinação.
- Cebolinha: 0,15 m a 0,25 m entre plantas e 0,20 m a 0,25 m entre linhas de plantio. Plantio dos bulbos diretamente no local definitivo.
- Couve: 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas de plantio. Mudanças produzidas em sementeira e transplantadas 25 dias após a germinação das sementes.
- Coentro: sulcos de plantio espaçados entre 0,15 m e 0,20 m, contendo, aproximadamente, 2 g de sementes por metro linear. Semeadura direta no canteiro definitivo.
- Salsa: semeada para arranquio inteiro, manter o mesmo espaçamento que o coentro, semeando aproximadamente 1 g de sementes por metro linear em semeadura direta no canteiro. Para colheita de folhas, seguir a recomendação de espaçamento para cebolinha, sendo as mudanças produzidas em sementeira e o transplante efetuado 30 dias após a germinação das sementes.
- Chicorinha: 0,15 m a 0,20 m entre plantas e linhas. Semeadura em sementeira e transplante após 25 dias da germinação das sementes.

## Calagem

A calagem deve ser efetuada 20 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, misturando-se o calcário com a terra utilizada para confecção do canteiro, sendo recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . A recomendação da quantidade de calcário, em função dos resultados da análise do solo, deve ser quantificada para elevar a saturação por bases para 70%. Para o cálculo da necessidade de calcário, utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (70%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação orgânica

No plantio, incorporar 15 t/ha a 20 t/ha de esterco de curral ou de composto orgânico, ou 7 t/ha a 10 t/ha de esterco de aves, ambos bem curtidos e com pouca umidade. Os adubos orgânicos devem ser misturados com o solo dos canteiros, junto com os adubos minerais recomendados, 5 a 10 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas. Para couve, a adubação é efetuada em covas, misturando o adubo ao solo extraído e retornando o material para a cova. Tendo em vista que o adubo será incorporado localizado em canteiros ou covas, as quantidades serão incorporadas em aproximadamente metade da área, sendo o restante formado de avenidas entre canteiros.

## Adubação mineral

De acordo com os resultados da análise do solo, aplicar as quantidades de nitrogênio (N),  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  indicadas na Tabela 1, juntamente com 1,0 kg/ha de boro (B).

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para alface e outras folhosas, em função de resultados de análise do solo.

Época	Dose de N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Plantio (na cova)	0	300	200	100	0	0	0
Após plantio (em cobertura)	90	0	0	0	120	90	60

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Após o plantio, aplicar os fertilizantes em cobertura parcelando em três vezes aos 10, 20 e 30 dias após a germinação para coentro e salsa (semeadura direta). Parcelar em duas vezes aos 7 e 14 dias após o transplante para alface, cebolinha, rúcula e chicorinha ou aos 10, 20 e 30 dias após o transplante, no sistema de transplante de mudas de salsa e em alface-americana. Para couve, dobrar o valor recomendado de N e K na adubação complementar e fracionar em seis vezes aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após o transplante.



# Feijão-vagem e feijão-de-metro

Sônia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão

## Espaçamento

O cultivo do feijão-vagem e do feijão-de-metro é feito no espaçamento de 0,50 m entre plantas e 1,00 m entre linhas de plantio, colocando 3 a 4 sementes por cova, na profundidade de 4 cm a 5 cm. Após a germinação, deve-se efetuar o desbaste, retirando as plântulas mais fracas, deixando uma ou duas plantas por cova. O ciclo total é de aproximadamente 90 dias, com início de produção aos 60 dias.

## Calagem

A calagem deve ser efetuada aos 20 a 30 dias antes da semeadura, misturando-se o calcário com a terra até 15 cm a 20 cm de profundidade, sendo recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. A recomendação da quantidade de calcário, em função dos resultados da análise do solo, deve ser quantificada para elevar a saturação por bases a 70% (feijão-de-metro) a 80% (feijão-vagem). Para o cálculo da necessidade de calcário, utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, calculada por [Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup> + (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>)].

V<sub>2</sub> = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (70%).

V<sub>1</sub> = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por: SB x 100/CTC.

SB = soma de bases trocáveis (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>), em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação orgânica

No plantio, utilizar 20 t/ha de esterco de curral ou de composto orgânico, ou 10 t/ha de esterco de aves, ambos bem curtidos e com pouca umidade, ou 1,5 t/ha de torta de mamona fermentada. Os adubos orgânicos devem ser misturados com o solo das covas ou em toda a linha de plantio, junto com os adubos minerais recomendados, aproximadamente 5 dias antes da semeadura.

## Adubação mineral

Aplicar, de acordo com os resultados da análise do solo, as quantidades de nitrogênio (N),  $P_2O_5$  e  $K_2O$  indicadas na Tabela 1, juntamente com 10 kg/ha de FTE BR 12 (micronutrientes).

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada e potássica para feijão-vagem e feijão-de-metro, em função da análise de solo.

Época	Dose de N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		$P_2O_5$ (kg/ha)			$K_2O$ (kg/ha)		
Plantio (na cova)	0	180	150	90	0	0	0
Após plantio (em cobertura)	150	0	0	0	210	150	90

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Após o plantio, aplicar os fertilizantes em cobertura, parcelados em três vezes, sendo a primeira aplicação 15 dias após a germinação e as demais, 30 e 45 dias após a primeira aplicação.

# Melancia e abóbora

---

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Simon Swen Cheng*

## Espaçamento

- Melancia: 3,0 m x 2,5 m (período chuvoso) ou 2,5 m x 2,0 m (período menos chuvoso), colocando-se duas plantas por cova, com densidade de 2.666 e 4.000 plantas por hectare, respectivamente.
- Abóbora: 3,0 m x 3,0 m, colocando-se duas plantas por cova, com densidade de 2.222 plantas por hectare.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para melancia e abóbora: 1) neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>); 2) saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 5%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$NC = 2,0[Al^{3+} - (SAD \times t/100)] + [2,0 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem. No caso da melancia e da abóbora, SAD = 5.

$$t = S + Al^{3+}$$

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para melancia e abóbora também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 70%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para melancia e abóbora,  $V_2 = 70\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser distribuída uniformemente na área e incorporada com arado ou grade aradora na profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem niveladora. Caso a aplicação seja feita na cova de plantio, aplicar 100 g por cova de calcário (PRNT corrigido para 100%), para cada tonelada de calcário calculada para a área. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Plantio

Preparar covas nas dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Na abertura das covas, separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra preta, adicionar: 10 L de esterco de curral curtido, ou 5 L de esterco de galinha, ou 8 L de cama de frango, ou 1 L de torta de mamona, todo o fósforo (P) recomendado para o plantio, o calcário (se for aplicar na cova) e o FTE BR-12. Misturar bem e preencher a cova. Esperar pelo menos 5 dias antes do semeio ou transplantio.

## Adubação mineral de cobertura

Na primeira adubação de cobertura, aplicar aos 10 a 15 dias após o plantio, as quantidades de N e K indicadas na Tabela 1. Na segunda adubação de cobertura, aplicar aos 20 a 25 dias após o plantio, as quantidades de N, P e K indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para as culturas de melancia e abóbora, em função de resultados de análise do solo.

Época	Dose de N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Plantio <sup>(2)</sup>	-	90	70	45	-	-	-
1º Cobertura <sup>(2)</sup>	30	-	-	-	70	50	40
2º Cobertura <sup>(2)</sup>	60	100	80	60	130	100	60

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

<sup>(2)</sup> Dividir essas quantidades pelo número de covas e aplicar.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Micronutrientes

Aplicar 30 kg/ha de FTE BR-12 ou outra fonte de micronutrientes, dividido pelo número de covas do plantio.



# Melão

---

*Manoel da Silva Cravo  
Benedito Dutra Luz de Souza  
Simon Swen Cheng*

## Espaçamento

Usar 2,0 m x 1,0 m, com duas plantas por cova, ou 2,0 m x 0,5 m, também com duas plantas por cova, deixando-se uma planta por cova após o desbaste, com densidades finais de 5 mil e 10 mil plantas por hectare, respectivamente.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para melão: 1) neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ); e 2) saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 5%, podendo ser calculada a necessidade de calcário com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem. No caso do melão, SAD = 5.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

## Saturação por bases trocáveis

A calagem para melão também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 70%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para melão,  $V_2 = 70\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

O calcário deve ser distribuído uniformemente na área e incorporado a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. Caso a aplicação seja feita na cova de plantio, aplicar 100 g por cova de calcário (PRNT corrigido para 100%), para cada tonelada de calcário calculada para a área. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Plantio

Na abertura das covas (30 cm x 30 cm x 30 cm), separar a terra preta da superfície para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra preta, adicionar 10 L de esterco de curral curtido, ou 5 L de esterco de galinha, ou 10 L de cama de frango, ou 1 L de torta de mamona, todo o fósforo (P) recomendado para o plantio, o calcário (se aplicar na cova) e o FTE BR-12. Misturar bem e preencher a cova. Esperar pelo menos 5 dias antes do semeio ou transplantio.

Pode ser feito a semeadura direta ou transplantio de mudas com 20 a 30 dias após a germinação, que ocorre entre 3 e 10 dias após o semeio.

## Adubação mineral de cobertura

Na primeira adubação de cobertura, aplicar as quantidades de nitrogênio (N) e potássio (K) indicadas na tabela 1, aos 10 a 15 dias após o plantio. Na segunda adubação de cobertura, aplicar as quantidades de N, P e K também indicadas na tabela 1, aos 20 a 25 dias após o plantio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura de melão, em função de resultados de análise do solo.

Época	Dose de N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Plantio <sup>(2)</sup>	-	200	150	100	-	-	-
1ª Cobertura <sup>(2)</sup>	70	-	-	-	130	100	60
2ª Cobertura <sup>(2)</sup>	140	200	150	100	270	200	140

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

<sup>(2)</sup> Dividir essas quantidades pelo número de covas e aplicar.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Micronutrientes

Aplicar no plantio 30 kg/ha de FTE BR 12 ou outra fonte de micronutrientes, dividido pelo número de covas.



# Pimentão

---

*Sonia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sérgio Antônio Lopes Gusmão*

## Espaçamento

Pode ser usado o espaçamento de 0,50 m ou 0,60 m entre covas e 1,00 m entre linhas de plantio, com uma planta por cova, totalizando 20 mil plantas por hectare ou 16.666 plantas por hectare, respectivamente.

As mudas são feitas em sementeiras com redução de 25% na luminosidade, utilizando copos plásticos descartáveis de até 250 mL, perfurados na base, copos de papel-jornal ou bandejas tipo colmeia com pelo menos 40 cm<sup>3</sup> de volume na célula (equivalente a bandejas de isopor com 128 células). Como substrato para copos, utilizar a mistura de terra preta (70%) com esterco bovino ou cama de frango (30%), bem curtido e destorroado, para facilitar a germinação. Em bandejas, utilizar substratos mais leves como composto orgânico peneirado ou fibra de coco enriquecida com nutrientes.

O transplântio para o local definitivo ocorre aos 20 a 25 dias após a germinação das sementes. A colheita inicia aproximadamente 40 dias após o transplântio, podendo o ciclo de colheitas se prolongar por até 90 dias. Problemas fitossanitários reduzem o ciclo de cultivo da espécie no Pará.

## Calagem

A calagem deve ser efetuada aos 20 dias antes da semeadura, misturando-se o calcário com a terra até 15 cm a 20 cm de profundidade, sendo recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. A recomendação da quantidade de calcário deve ser realizada com base nos resultados da análise do solo, de modo a elevar a saturação por bases inicial do solo a 80%. Para o cálculo da necessidade de calcário, utilizar a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (80%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação orgânica

No plantio, utilizar 20 t/ha a 30 t/ha de esterco de curral ou de composto orgânico, ou 5 t/ha a 10 t/ha de esterco de aves, bem curtidos e com pouca umidade, ou 2,5 t/ha de torta de mamona fermentada. A aplicação deve ser feita misturada com o solo das covas ou em toda a linha de plantio, junto com os adubos minerais recomendados, pelo menos 5 dias antes do transplântio.

## Adubação mineral

Aplicar, de acordo com os resultados da análise do solo, as quantidades de nitrogênio (N),  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  indicadas na Tabela 1, juntamente com 2,0 kg/ha de boro (B).

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura do pimentão, em função da análise do solo.

Época	N (kg/ha)	P ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)			$\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)		
Ao plantio, a lançar e incorporado ao solo do canteiro	20	350	250	150	50	40	30
Após plantio (Em cobertura)	150	0	0	0	200	160	120

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Após o plantio, aplicar os fertilizantes em cobertura, parcelando em três vezes, sendo a primeira 15 dias após o transplântio e as demais 30 e 50 dias após a primeira aplicação. Para híbridos de pimentões coloridos, dobrar a quantidade dos adubos nas adubações complementares.

# **Pimenteiras (pimenta-de-cheiro - verde e doce; pimenta-de-cheiro - amarela e ardida, também chamada cumari-do-pará; murupi e malagueta)**

---

*Manoel da Silva Cravo  
Ismael de Jesus Matos Viegas  
Edilson Carvalho Brasil*

## **Preparo de mudas e plantio**

As mudas podem ser preparadas em sementeiras, em copos descartáveis ou em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato comercial ou preparado na propriedade, colocando-se 2 a 3 sementes por célula e deixando-se apenas a mais vigorosa, após desbaste.

No caso de preparo das mudas em sementeiras, a terra deve ser revolvida, destorroada e peneirada. A correção da fertilidade do solo deve ser feita com uso de fertilizantes minerais e orgânicos. As dimensões do canteiro podem variar de 1,0 m a 1,2 m de largura, de 0,15 m a 0,25 m de altura e o comprimento de acordo com a quantidade de mudas. A distribuição das sementes deve ser feita em sulcos transversais à sementeira, distanciados 10 cm um do outro, e colocadas na profundidade de 1,0 cm a 1,5 cm. São utilizados entre 3 g e 5 g de sementes por metro quadrado de sementeira. Após a distribuição no sulco, as sementes devem ser cobertas com uma fina camada de terra da própria sementeira.

O transplântio para o local definitivo deve ser feito quando as mudas apresentarem de 4 a 6 folhas definitivas ou atingirem entre 8 cm e 10 cm de altura. O plantio da pimenteira também pode ser feito por semeadura direta no local definitivo.

## **Espaçamento**

Recomenda-se os seguintes espaçamentos: 1,20 m x 0,80 m para pimenta-de-cheiro e 1,50 m x 1,00 m para murupi e malagueta, com uma muda por cova de 0,20 m x 0,20 m x 0,20 m e densidades aproximadas de 10,4 mil e 6,6 mil plantas por hectare, respectivamente.

## Consórcios

Por suportarem pequenos sombreamentos, as pimenteiras podem ser plantadas em consórcios com culturas que possibilitem pouca sombra, como é o caso de mamão, maracujá e até mesmo nas entrelinhas de culturas perenes, nos primeiros anos. A grande vantagem é o aproveitamento da área para mais de uma cultura e a utilização dos resíduos da adubação das pimenteiras pela cultura semiperene ou perene.

## Calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para pimenteiras: 1) neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ); e 2) saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 5%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$\text{NC} = 2,0[\text{Al}^{3+} - (\text{SAD} \times t/100)] + [2,0 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem. Para pimenteiras, SAD = 5.

$$t = S + \text{Al}^{3+}$$

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

### Saturação por bases trocáveis

A calagem para pimenteiras também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 70%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$\text{NC} = \frac{\text{CTC} (V_2 - V_1)}{\text{PRNT}}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ ], em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ .

Pimenteiras (pimenta-de-cheiro – verde e doce; pimenta-de-cheiro – amarela e ardida, também chamada cumari-do-pará; murupi e malagueta)

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para pimenteiras,  $V_2 = 70\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

O calcário deve ser distribuído uniformemente na área e incorporado a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,8 cmol_c/dm^3$ .

## Adubação orgânica

Em toda a área, aplicar a lanço 20 t/ha de esterco de curral curtido ou 10 t/ha de cama de aviário curtida ou 5 t/ha de esterco de aves curtido ou 2 t/ha de torta de mamona e incorporar na camada de 0 cm–20 cm, aos 20 a 30 dias antes do plantio.

## Adubação mineral

Aplicar 150 kg/ha de nitrogênio (N), dividindo-se a quantidade em três parcelas, durante o período chuvoso. As recomendações de adubação fosfatada e potássica para a cultura da pimenteira, em função da disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) no solo, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação fosfatada e potássica para pimenteiras, em função de resultados da análise do solo.

Disponibilidade de P e K no solo	Textura do solo			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar (kg/ha)	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O a aplicar (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa			
	Teor de P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>					
Baixa	0–8	0–12	0–20	200	0–60	150
Média	9–12	13–20	21–30	150	61–90	100
Alta	13–18	21–30	31–45	100	91–120	60
Muito alta	>18	>30	>45	50	>120	40

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Recomenda-se aplicar 25% do P na forma de superfosfato simples, para garantir o fornecimento de enxofre (S) às plantas, que também tem a função de ativar o aroma das pimentas.

## Micronutrientes

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente sem adubação com micronutrientes, aplicar, em mistura com o adubo fosfatado, 50 kg/ha de FTE BR 12. Só fazer novas aplicações caso os resultados de análise do solo indiquem deficiência de micronutrientes.

## Época e parcelamento da adubação

As quantidades de N, P, K e micronutrientes indicadas na Tabela 1 devem ser aplicadas de acordo com as demandas nutricionais da planta e em função das características dos nutrientes no solo. Na Tabela 2, são apresentadas sugestões de época e parcelamento da adubação para as pimenteiças, conforme as quantidades recomendadas na Tabela 1.

**Tabela 2.** Época de aplicação e parcelamento das adubações nitrogenada, fosfatada, potássica e com micronutrientes para as pimenteiças.

Adubo/nutriente	Época de Aplicação						
	Plantio	Quinzena					
		Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Sexta
% do total indicado na Tabela							
Nitrogênio	20	-	20	-	30	-	30
Fósforo	100	0	0	0	0	0	0
Potássio	20	-	20	-	30	-	30
Micronutrientes	100	0	0	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

## Referência

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

# Tomate rasteiro

---

*Sônia Maria Botelho  
Simon Swen Cheng  
Ismael de Jesus Matos Viégas*

## Espaçamento

Para o cultivo do tomate, pode ser usado o espaçamento de 0,20 m entre covas e 1,00 m entre linhas de plantio, com uma planta por cova, em fileiras simples, ou 0,40 m entre covas e 1,00 m entre linhas de plantio, com duas plantas por cova, em fileira dupla, distanciadas 0,50 m.

## Semeadura

Como sementeira, podem ser utilizados canteiros convencionais cobertos com palha, copos descartáveis de 250 mL, perfurados na base, copos de papel-jornal e bandejas tipo colmeia. Como substrato da sementeira e de copos, utilizar a mistura de terra preta (70%) com esterco bovino ou cama de frango (30%), bem curtido e destorroado, para facilitar a germinação.

A calagem deve ser efetuada aos 20 dias antes da semeadura, misturando-se o calcário com a terra até 15 cm a 20 cm de profundidade, sendo recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . A recomendação da quantidade de calcário deve ser realizada com base nos resultados da análise do solo, de modo a elevar a saturação por bases inicial do solo a 70%-80%. Para o cálculo da necessidade de calcário, utilizar a seguinte equação:

$$\text{NC} = \frac{\text{CTC} (V_2 - V_1)}{\text{PRNT}}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0:  $\text{CTC} = \text{S} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ .

S = soma de bases:  $\text{S} = \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$ .

$V_1$  = valor da saturação por bases do solo antes da correção.

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada após a calagem (70% a 80%).

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

## Adubação orgânica

No plantio, utilizar 20 t/ha a 30 t/ha de esterco de curral ou de composto orgânico, ou 5 t/ha a 10 t/ha de esterco de frango, ambos bem curtidos, ou 2,0 t/ha de torta de mamona fermentada. A aplicação deve ser feita misturada com o solo das covas ou em toda a linha de plantio, junto com os adubos minerais recomendados, pelo menos 10 a 20 dias antes da semeadura.

## Adubação mineral

Aplicar, de acordo com os resultados da análise do solo, as quantidades de N, P<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O indicadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para tomate rasteiro, em função da análise do solo.

Época	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	30	45	15	5	60	20	10
2º ano	50	50	20	7	70	30	15
3º ano	70	60	30	10	100	50	20
4º ano	80	70	40	13	120	60	25
5º ano	90	80	50	16	130	65	30
6º ano	100	90	60	20	140	70	35
7º ano	110	100	70	25	150	75	40

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes. Em solos de baixa fertilidade, devem ser aplicados 2 kg/ha a 3 kg/ha de boro (B) e 4 kg/ha de zinco (Zn).



## PARTE 5

# Recomendações de calagem e adubação para plantas frutíferas



# Abacaxizeiro

---

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Carlos Alberto Costa Veloso*

*Sonia Maria Botelho*

## Espaçamento

Realizado em fileiras duplas, no espaçamento de 1,20 m entre fileiras duplas, 0,40 m entre as fileiras simples e 0,40 m entre plantas, nas fileiras, totalizando 31.250 plantas por hectare.

## Calagem

Efetuar a calagem 30 dias antes do plantio com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 60%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC = CTC (V_2 - V_1)/100$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>).

SB = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>.

V<sub>2</sub> = saturação por bases desejada (60%).

V<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC, em %.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada também pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo ser calculada, pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = [ 2 \times Al^{3+} \text{ cmol}_c/dm^3 + (2 - Ca^{2+} + Mg^{2+} \text{ cmol}_c/dm^3) ] \times f$$

Em que:

$$f = 100/PRNT.$$

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo, cerca de 30 dias antes do plantio das mudas.

## Adubação

Realizar a adubação com base na análise de solo e produtividade esperada (Tabela 1). A adubação fosfatada deve ser realizada de uma única vez na cova ou em sulcos de plantio, enquanto a dosagem de nitrogênio (N) e potássio (K) deve ser dividida em duas parcelas iguais e aplicadas em cobertura, na axila das folhas mais velhas ou no terço inferior das plantas - “adubação de colher” -, tendo o cuidado de não atingir as folhas novas ou a parte central, onde se acham as gemas terminais. A primeira parcela deve ser aplicada aproximadamente 2 a 3 meses após o plantio, quando as plantas já contêm raízes e estão em condições de absorver os nutrientes. A segunda parcela deve ser aplicada aos 12 meses, simultaneamente com a prática de indução floral.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para o abacaxizeiro, em função da análise de solo e da produtividade esperada.

Produção esperada	N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K trocável (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
> 40 t/ha	120	80	70	60	320	280	250

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

# Açaizeiro

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

*Manoel da Silva Cravo*

*Sônia Maria Botelho*

## Espaçamento

Para plantio visando à produção de frutos, sugerem-se os seguintes espaçamentos: 5 m x 5 m; 6 m x 5 m ou 6 m x 6 m, com plantio inicial de 2 plantas por cova (0,40 m uma da outra), com densidades de 800, 667 e 556 plantas por hectare, respectivamente. No espaçamento de 5 m x 5 m, deixar apenas um perfilho, para uma densidade máxima de 1,2 mil plantas por hectare, aos 5 anos. Nos demais espaçamentos, deixar dois perfilhos para se ter densidades de 1.334 e 1.112 plantas por hectare, aos 5 anos. Para plantio em que se deseja a extração de palmito, utilizar o espaçamento de 2 m x 1,5 m, com densidade de 3,3 mil touceiras por hectare.

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A quantidade de calcário deve ser calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidade suficiente para elevar o valor inicial para 60%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), por esse critério, utiliza-se a seguinte equação:

Em que:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Para a cultura do açaí, é importante ser feita, antes do plantio, amostragem de solo até a profundidade de 60 cm a 80 cm, para avaliar a necessidade de uso

de gesso agrícola. O gesso somente deve ser recomendado quando a análise química do solo, nessa profundidade, apresentar valores de saturação por  $Al^{3+}$  maior que 20%, ou teor de  $Ca^{2+}$  menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$  ou, ainda, saturação por bases menor que 35%, condições essas que podem limitar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade.

## Adubação de plantio

Incorporar na terra da cova, com dimensões de 50 cm x 50 cm x 50 cm, 10 L de esterco de curral curtido ou 3 L de esterco de galinha ou 6 L de cama de aviário ou 1 L de torta de mamona, 10 g de FTE BR 12 e a quantidade de fósforo (P) indicada na Tabela 1 para o primeiro ano. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio. Caso a aplicação do calcário seja feita na cova de plantio, aplicar 100 g por cova de calcário (PRNT corrigido para 100%), para cada tonelada de calcário calculada para a área.

## Adubação na fase de crescimento e produção

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Até o primeiro ano, utilizar uma fonte solúvel de P, podendo ser o superfosfato triplo, o superfosfato simples ou outras. A partir de segundo ano, um fosfato natural reativo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/dm^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. A partir do terceiro ano após o plantio, fazer o monitoramento constante da deficiência de micronutriente, especialmente boro (B), por meio de análise foliar, e realizar as correções, caso se façam necessárias.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para o açaizeiro cultivado em terra firme, em função de resultados de análise do solo.

Época	N	P no solo ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		$P_2O_5$			$K_2O$		
g por touceira <sup>(2)</sup>							
1º ano	90	100	80	40	150	100	50
2º ano	120	100	90	60	200	150	100
3º ano	180	150	120	80	250	200	150
4º ano	250	200	150	100	350	250	200
5º ano	300	250	180	120	400	300	220
6º ano	400	280	210	140	500	350	250
7º ano	500	300	240	180	550	400	300

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

<sup>(2)</sup> Touceira com três ou quatro plantas, a partir do segundo ano, conforme o espaçamento.

Sugere-se aplicar, anualmente, uma fonte orgânica em complementação à adubação mineral, nas quantidades de 5 t/ha de esterco de curral curtido ou 3 t/ha de esterco de galinha ou 1 t/ha de torta de mamona.

## **Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes**

Antes da adubação, é importante realizar o coroamento das plantas, para facilitar a aplicação e melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas por meio da absorção. As aplicações devem ser feitas a lanço, na área correspondente ao coroamento da planta e, sempre que possível, cobrir os fertilizantes após a aplicação.

O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso, e o nitrogenado e o potássico, divididos em duas ou três parcelas iguais.



# Aceroleira

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento

Cultivares de porte médio: 4 m x 3 m (833 plantas por hectare).

## Cova

Utilizar covas com as seguintes dimensões: 40 cm x 40 cm x 40 cm.

## Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50%. Podendo ser calculada a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC = CTC (V_2 - V_1) / PRNT$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 = SB + (H+ Al).

SB= soma de bases trocáveis =  $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+$ .

$V_2$  = saturação de bases desejada (50%).

$V_1$  = saturação por bases atual do solo =  $100 SB/CTC$ , em %.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada também pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo ser calculada, pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = [ 2 \times Al \text{ cmol}_e/\text{dm}^3 + (2 - Ca + Mg \text{ cmol}_e/\text{dm}^3)] \times f,$$

Em que:

$$f = 100/PRNT.$$

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo, cerca de 30 dias antes do plantio

das mudas. Para pomar já implantado, o calcário deverá ser distribuído de modo manual ou mecanizado em faixas a 2 m do eixo da linha de plantio, e incorporado, com grade, para direcionar o corretivo numa região na qual o potencial de reação é maior, além de favorecer o aproveitamento das raízes.

## Adubação de plantio

Na implantação do pomar, aplicar por cova 10 L de esterco de curral ou 3 L de esterco de galinha e 50 g de  $P_2O_5$ . Misturar o esterco com a terra de enchimento da cova com antecedência de pelo menos 30 dias do plantio.

## Adubação de formação

Aplicar as doses dos nutrientes de acordo com a análise de solo e a idade das plantas. As quantidades de  $P_2O_5$  devem ser aplicadas a 10 cm de profundidade, em uma única aplicação anualmente, enquanto as doses de nitrogênio (N) e potássio (K) devem ser divididas em quatro parcelas e aplicadas em cobertura, na projeção da copa, em torno de 1 m a 2 m distantes do tronco da árvore. Os fertilizantes devem ser aplicados, anualmente, a partir do mês de janeiro, com intervalos de 30 a 45 dias, e visam suprir as necessidades de crescimento e formação das plantas e o início de produção de frutos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para plantio, formação e produção de pomar de aceroleira, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K trocável (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	50	60	50	40	80	60	50
2º ano	100	80	70	60	150	100	70
3º ano	150	100	90	80	200	150	120

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Adubação de produção

A adubação de produção é realizada a partir do terceiro ano de idade das plantas. Os critérios para a recomendação de adubo incluem a análise de solo, para P e K, e os teores foliares de N. A época de aplicação dos adubos é determinada pelos períodos de maior exigência (depois da colheita e início da vegetação; florescimento e crescimento do fruto). Levando-se em conta a exigência da planta, nesses períodos, a adubação total de N e do K<sub>2</sub>O, é recomendado parcelar no mínimo em quatro aplicações, com intervalos de 30 dias, enquanto o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> é aplicado numa única vez, coincidindo com a primeira dose de N e K e o início das chuvas.

## Adução foliar

Para preparar uma mistura, utilizar os seguintes fertilizantes: sulfato de zinco (3,0 g/L), sulfato de manganês (2,0 g/L), ácido bórico (1,0 g/L) e ureia (5,0 g/L). Em pomares na fase de produção, gastam-se cerca de 12 L de calda por planta, devendo-se fazer pelo menos três aplicações com intervalos de 20 a 30 dias. Recomenda-se pelo menos quatro aplicações: duas no período de fevereiro/março e o restante em setembro/novembro. Para pomares com áreas acima de 5 ha, recomenda-se calcular o volume para uma solução para 2 mil litros.

Observações:

Em pomares com idade inferior a 2 anos, realizar 3 a 4 aplicações anuais, enquanto, para pomares em produção, realizar duas aplicações no período chuvoso e quando ocorrer novas brotações das plantas. Em pomares que apresentem deficiência comprovada de boro (B), realizar duas aplicações anuais no solo com 2 kg/ha de B, na forma de ácido bórico.



# Bananeira

---

*Edilson Carvalho Brasil*

*Manoel da Silva Cravo*

*Antonio Jose Elias Amorim de Menezes*

*José Edmar Urano de Carvalho*

*Benedito Dutra Luz de Souza*

*Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

## Espaçamento

Para cultivares de porte baixo e médio, recomenda-se utilizar os espaçamentos de 2,0 m x 2,0 m ou 2,0 m x 2,5 m, com densidades de plantio equivalentes a 2,5 mil a 2 mil touceiras por hectare. As recomendações para as cultivares de porte alto são 2,5 m x 3,0 m ou 3,0 m x 3,0 m, com densidades de plantio de 1.333 a 1.111 touceiras por hectare.

## Calagem

A quantidade de calcário a ser aplicada deve ser calculada para elevar a saturação por bases para 60%, a partir dos resultados da análise química do solo, utilizando-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = saturação por bases atual do solo (%), calculada pela fórmula:  $SB \times 100 / CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Para efetuar os cálculos mencionados, os valores dos teores de nutrientes devem estar na mesma unidade. As informações para sua conversão podem ser obtidas no Capítulo 3 da Parte 1 deste livro.

Na implantação do bananal, o calcário deve ser aplicado superficialmente a lanço em toda a extensão da área. A quantidade calculada deve ser dividida em duas partes iguais, aplicando-se a metade antes da aração ou gradagem (grade

aradora) e a segunda metade antes da gradagem de nivelamento. A incorporação deve ser realizada a uma profundidade de 20 cm, pelo menos com 30 dias antes do plantio.

Em locais onde não houver disponibilidade de máquinas e implementos agrícolas ou quando se pretende corrigir o solo em maior profundidade, o calcário pode ser aplicado somente na cova de plantio e a quantidade calculada deve ser misturada com a terra da cova. Nesse caso, as amostras devem ser coletadas na mesma profundidade da cova e pode ser calculada a partir do resultado da análise do solo, utilizando-se a equação:

$$QC = (V \times NC) \times 0,5$$

Em que:

QC= quantidade de calcário a ser misturado com a terra da cova (g).

V = volume da cova (m<sup>3</sup>).

NC = necessidade de calcário calculada a partir da análise do solo (kg/ha).

0,5 = fator de multiplicação que considera volume de solo.

Quando a cultura já estiver estabelecida, o calcário deve ser aplicado em cobertura, em círculo, na projeção da copa da planta e, nesse caso, a quantidade de calcário pode se calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$QC = D^2 \times NC \times 0,05354$$

Em que:

QC= quantidade de calcário a ser aplicado na projeção da copa (g por planta).

D = diâmetro da projeção da copa (m).

NC = necessidade de calcário calculada a partir da análise do solo (kg/ha).

0,05354 = fator de multiplicação que considera a área da projeção da copa.

Considerando que a cultura da bananeira é exigente em magnésio (Mg), quando os teores desse nutriente no solo forem inferiores a 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, deve-se dar preferência ao calcário dolomítico. O uso desse corretivo pode prevenir o surgimento do distúrbio fisiológico denominado “azul da bananeira”, ocasionado pela deficiência de Mg, induzida pelo excesso de adubação potássica.

## Gessagem

A ocorrência de camadas subsuperficiais com baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de elevados teores de alumínio (Al) trocável, dificulta o aprofundamento das raízes da bananeira, reduzindo o volume de solo a ser explorado. Nessas condições, o gesso agrícola pode ser utilizado para aumentar os teores de cátions básicos (Ca, Mg e K), minimizar os efeitos nocivos do Al, bem como acrescentar enxofre (S) ao subsolo, promovendo melhorias no desenvolvimento das raízes. O gesso deve ser calculado com base nos resultados da análise de solo da camada de 20 cm a 40 cm. A sua aplicação somente pode ser recomendada quando os teores de Ca<sup>2+</sup> forem inferiores a 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> ou valores de Al<sup>3+</sup> maiores que 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> ou saturação por Al (m%) superior a 30%.

A necessidade de gesso (NG) pode ser calculada, com base na recomendação da calagem, para a profundidade de 20 cm a 40 cm, em quantidade equivalente a 25% da quantidade de calcário (NC) recomendada, utilizando-se a equação:

$$\text{NG (t/ha)} = 0,25 \text{ NC}$$

## Adubação de plantio

Preparar covas nas dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Em regiões onde ocorram períodos muito prolongados de seca, recomenda-se covas mais profundas, podendo atingir 50 cm a 60 cm. Quando a abertura da cova for realizada manualmente, recomenda-se separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra preta, adicionar: 10 L de esterco de curral curtido, ou 10 L de cama de aviário ou 5 L de esterco de galinha ou 2 L de torta de mamona, juntamente com o fertilizante fosfatado recomendado para o plantio, o calcário (caso seja decidido aplicar na cova) e o FTE (micronutriente) nas quantidades indicadas na Tabela 1. Esses adubos devem ser bem misturados com a terra e preencher a cova. Caso a quantidade seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra das proximidades e fazer uma amontoa. Colocar um piquete no centro da cova e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio.

## Adubação de formação

Dividir em quatro parcelas as quantidades de N e  $K_2O$  indicadas na Tabela 1 e aplicar aos 2, 4, 8 e 12 meses após o plantio. Os fertilizantes devem ser aplicados em círculo de 1 m de diâmetro ao redor das plantas, de preferência levemente incorporados. Sempre que possível, fazer uma cobertura morta ao redor das plantas.

## Adubação de produção

As adubações anuais de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  deverão ser feitas em função dos resultados da análise do solo (Tabela 1), realizada 2 meses após a última adubação de formação. Em áreas sujeitas a secas periódicas, dividir a dose e aplicar em três vezes, no início, no meado e no final do período chuvoso. Em áreas irrigadas ou sem déficit hídrico, parcelar em quatro vezes. A dose de P deve ser aplicada de uma só vez, juntamente com a primeira dose de N e K.

Distribuir os adubos em semicírculos de 1 m de raio, na frente do rebento mais jovem (para onde está se deslocando a touceira) e manter, sempre que possível, uma cobertura morta ao redor das touceiras.

A adubação com Mg é de fundamental importância, em razão das elevadas doses de K exigidas pela bananeira. É importante manter uma relação Ca:Mg:K de 3,5:1,0:0,5 a 2,0:1,0:0,3 ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) para que haja uma boa absorção desses elementos. Recomenda-se, para solos que não receberam calagem com calcário dolomítico ou magnesiano, aplicar 100 kg/ha a 150 kg/ha de MgO por ano, utilizando o sulfato de magnésio ou óxido de magnésio. Pode também suplementar a bananeira com pulverizações foliares com solução de 5% de sulfato de magnésio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a cultura da bananeira, em função da análise do solo, para produtividade de 20 t/ha a 30 t/ha de cachos.

Época	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
Plantio	-	150	100	80	-	-	-
Formação	240	-	-	-	450	350	200
Produção	200	120	70	50	500	400	350

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Adubação orgânica

Sugere-se aplicar, sempre que possível, 10 L de esterco de curral curtido ou 2,5 L de esterco de galinha ou 5 L de cama de aviário ou 1 L de torta de mamona por touceira, por ano.

## Fontes de nutrientes

Recomenda-se um bom suprimento de S para a bananeira. Uma boa alternativa é usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples, para garantir o fornecimento de S às plantas.

## Micronutrientes

Aplicar o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR 8 ou BR 12, podendo ser aplicado na cova de plantio, considerando o volume de solo. Só reaplicar micronutrientes, caso seja comprovada a necessidade pela análise de solo ou caso as plantas apresentem sintomas de deficiência.

## Informações complementares

Em área a ser cultivada pela primeira vez com a bananeira, devem ser coletadas amostras nas profundidades de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm e, em alguns casos, de 40 cm a 60 cm, para identificar possíveis barreiras químicas no perfil do solo. Em áreas com bananal já instalado, as amostras devem ser coletadas, inicialmente, na região da projeção da copa. Em bananais em fase de produção, a coleta das amostras deve ser realizada na área do solo que recebeu aplicações anteriores de fertilizantes.

A amostragem do solo deve ser repetida anualmente para o acompanhamento dos teores dos nutrientes no solo, visando à manutenção de níveis adequados durante todo o ciclo da cultura.

# Cacaueiro

---

*Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

*Manoel da Silva Cravo*

*Sebastião Geraldo Augusto*

## Espaçamento

Para solos de média fertilidade: 3,0 m x 3,0 m (1.111 plantas por hectare).

Para solos de alta fertilidade: 3,5 m x 3,5 m (816 plantas por hectare).

No manejo da poda de formação, deve-se deixar os ramos laterais no máximo com 2,0 m de comprimento e a altura com 3,5 m.

Tamanho da cova: 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m.

## Calagem

### No preparo da área para plantio

Preferencialmente, aplicar o calcário a lanço na área total e incorporar a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 20 dias antes do plantio. A aplicação também pode ser feita na dosagem de 200 g de calcário por cova (PRNT 100%), pelo menos 20 dias antes do plantio. Nesse caso, também deve ser feita a correção na área total, com base nos resultados de análise do solo, podendo-se aguardar o início do próximo período chuvoso, ou seja, 12 meses após a correção na cova.

### Em áreas produtivas

O calcário deve ser aplicado a lanço, no início do período chuvoso, pelo menos 30 dias antes da aplicação da primeira parcela (dose) da adubação.

## Métodos utilizados para o cálculo da necessidade de calcário

Dois métodos podem ser usados para cálculo da necessidade de calcário para o cacaueiro, conforme as metodologias descritas a seguir.

## Neutralização do alumínio trocável

Este método visa neutralizar o alumínio (Al) trocável do solo, de forma a elevar o pH em água para valor próximo de 5,5 utilizando-se a seguinte equação:

$NC = 1,5 \times Al^{3+}$ , em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha), com poder relativo de neutralização total do calcário (PRNT) corrigido para 100%.

1,5 = fator de multiplicação do alumínio trocável ( $Al^{3+}$  em  $cmol_c/dm^3$ ).

## Saturação por bases trocáveis

Este método visa aplicar calcário, com base nos resultados de análise do solo, para elevar a saturação por base para 60%, utilizando-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1) p}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

CTC = capacidade de troca cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100 / CTC$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

p = fator de profundidade de incorporação do calcário: 0,5 = aplicação superficial, sem incorporação; 1,0 = incorporação a 20 cm; e 1,5 = incorporação a 30 cm.

Sugere-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$  e considerar a relação  $Ca^{++} : Mg^{++}$  variando de 3 a 5:1. Procurar manter os teores mínimos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo em  $3,0 \text{ cmol}_c/dm^3$  e  $0,8 \text{ cmol}_c/dm^3$ , respectivamente.

Se a aplicação de calcário for realizada em faixas, fazer a correção da quantidade proporcionalmente à superfície desejada e, para saber a quantidade de calcário, em gramas a ser aplicada por metro quadrado, basta multiplicar a quantidade total, em toneladas por hectare, pelo fator 100.

## Adubação de plantio (até 12 meses de idade)

Na abertura da cova, separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra da superfície, adicionar: 10 L de esterco de curral curtido e isento de herbicida, ou 8 L de cama de aviário, ou 5 L de esterco de galinha ou 1 kg de torta de mamona, 200 g de calcário (caso seja decido aplicar o calcário na cova), 80 g de  $P_2O_5$  e 80 g de FTE BR-8. Misturar

bem e preencher a cova. Caso a quantidade da mistura seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra preta das proximidades para completar.

Colocar um piquete no centro da cova e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio. Caso o calcário tenha sido aplicado nas covas, aguardar pelo menos 20 dias para realizar o plantio. Após o plantio, aplicar duas parcelas (com intervalo de 50 dias) de 10 g de N e 15 g de  $K_2O$  por planta, em cobertura e ao redor das plantas, durante o período chuvoso.

## Adubação de formação

As adubações nitrogenada e potássica (Tabela 1 e Tabela 2) devem ser divididas em, pelo menos, três parcelas e aplicadas em cobertura, na projeção da copa. Aplicar a primeira parcela, com 40% do total, no início do período chuvoso, e as demais, com 30% do total, em intervalos de 50 a 60 dias.

A adubação fosfatada pode ser aplicada de uma só vez, por ocasião da primeira aplicação de nitrogênio (N) e potássio (K). Até os 24 meses, os fertilizantes devem ser incorporados ao solo e, se possível, deve ser feita cobertura morta na projeção da copa das plantas.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para a cultura do cacaueiro, em fase de formação, em função da análise do solo, para o polo cacaueiro da Transamazônica.

Idade (meses)	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-60	61-150	>150
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
13 a 24	50	50	30	20	60	40	30
25 a 36	80	80	60	40	90	70	50
37 a 48	100	100	80	50	120	100	70

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2013)

**Tabela 2.** Recomendação de adubação para a cultura do cacaueiro, em fase de formação, em função dos resultados de análise do solo, para outras regiões de plantio de cacau no estado do Pará.

Idade (anos)	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-6	7-15	>15	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1	20	90	60	30	60	30	10
2	30	90	60	30	60	30	10
3	40	90	60	30	60	30	10

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Fonte: adaptado de Nakayama (2013).

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos nas Tabelas 1 e 2, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Modo de aplicação dos fertilizantes

Em plantas com idade de 0-2 anos, localizar os adubos ao redor da coroa em raio de 0,5 m; em plantas com idade de 2-3 anos, aumentar o raio para 1,0 m; em plantas com idade de 3-4 anos, aumentar o raio para 1,5 m. A partir dessa idade, aplicar a lanço na área total do espaço compreendido entre quatro cacauzeiros.

## Adubação de produção (a partir do quarto ano após o plantio)

As adubações nitrogenadas e potássicas, previstas para o período de produção (Tabelas 3 e 4), devem ser divididas em pelo menos três parcelas e aplicadas, a lanço, na área total entre quatro cacauzeiros. Aplicar a primeira parcela, com 40% do total, no início do período chuvoso, e as demais, com 30% do total, em intervalos de 50 a 60 dias. A adubação fosfatada pode ser aplicada de uma só vez, por ocasião da primeira aplicação de N e K.

**Tabela 3.** Recomendação de adubação para a cultura do cacauzeiro, em fase de produção, em função da análise do solo, para o polo cacauzeiro da Transamazônica.

N (kg/ha)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	0-10	11-20	>20	0-60	61-150	>150
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
130	120	90	60	140	110	80

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Fonte: adaptado de Oliveira (2013).

**Tabela 4.** Recomendação de adubação para a cultura do cacauzeiro, em fase de produção, em função dos resultados de análise do solo, para outras regiões de plantio de cacau no estado do Pará.

N (kg/ha)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	0-6	7-15	>15	0-40	41-90	>90
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
60	90	60	30	60	30	10

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Fonte: Adaptado de Silva Neto et al. (2001).

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos nas Tabelas 3 e 4, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

Se a análise de solo indicar baixo teor de enxofre (S) ( $\leq 4$  mg/dm<sup>3</sup>), fornecê-lo como dose mínima de 50 kg/ha de S. O nutriente pode ser aplicado como elemento acompanhante da adubação fosfatada ou nitrogenada, quando se usam adubos simples, tais como superfosfato simples e sulfato de amônio.

## Adubação com micronutrientes

Aplicar micronutrientes, de acordo com os resultados de análise de solo e com as doses sugeridas (Tabela 5). Só reaplicar micronutrientes caso seja comprovada

a necessidade pela análise de solo, ou caso as plantas apresentem sintomas de deficiência. Amostragem de solo deve ser efetuada anualmente entre plantas, logo após o término da colheita.

**Tabela 5.** Teores de alguns micronutrientes, revelados pela análise química do solo, e quantidades sugeridas a aplicar para o cacaueiro, para todo o estado do Pará.

Micronutriente	Teor no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	Dose a aplicar (kg/ha)
Boro	0-0,3	2
Manganês	0-5,0	5
Zinco	0-1,0	5
Cobre	0-0,8	2

## Referências

NAKAYAMA, L. H. I. Calagem, adubação e nutrição do cacaueiro. In: SILVA NETO, P. J. da; MATOS, P. G. G. de; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. (Org.). **Manual técnico do cacaueiro para a Amazônia brasileira**. Belém, PA: CEPLAC/SUEPA, 2013. p. 56-72.

OLIVEIRA, T. S. **Calagem e adubação de cacaueiros em Latossolo Amarelo distrófico franco arenoso, no município de Altamira, PA**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal do Pará, Altamira.

SILVA NETO, P. J. da; MATOS, P. G. G. de; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. (Org.) **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém, PA: CEPLAC, 2001. 125 p.



# Camucamuzeiro

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

## Espaçamento

Podem ser utilizados os espaçamentos de 4 m x 4 m, 4 m x 3 m ou 3 m x 3 m, com densidades de 625, 833 e 1.111 plantas por hectare, respectivamente.

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano deve ser calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidade suficiente para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação no plantio

Incorporar na terra da cova, com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de esterco de curral curtido ou 3 L de esterco de galinha ou 1 L de torta de mamona, 10 g de FTE BR 12 (fonte de micronutriente) e a quantidade de fósforo (P) indicada na Tabela 1, para o primeiro ano. Esperar pelo menos 10 dias para realizar o plantio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para o camucamuzeiro, em função dos resultados da análise de solo.

Época	N	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	50	50	30	20	90	70	60
2º ano	70	70	50	40	110	90	80
3º ano	90	80	60	50	130	110	90
4º ano	110	90	70	60	150	130	100
5º ano	130	100	80	70	180	150	120
6º ano	150	120	100	80	210	180	140
7º ano em diante	170	130	120	100	240	200	160

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Adubação na fase de crescimento e produção

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Até o primeiro ano, utilizar o superfosfato triplo como fonte de P e o fosfato natural reativo, a partir do segundo ano. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que 0,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio.

Quando os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Antes da adubação, é importante realizar o coroamento das plantas, para facilitar a aplicação e o melhor aproveitamento dos fertilizantes pela planta por meio da absorção. O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso, e as adubações nitrogenada, potássica e magnésiana devem ser parceladas em duas partes iguais e aplicadas no início e próximo ao final do período chuvoso.

# Citros (laranjeira, limoeiro e tangerineira)

---

*Carlos Alberto Costa Veloso*

## Espaçamento

Laranjeira: cultivares de porte médio: 7 m x 5 m (Pêra e Rubi); cultivares de porte alto: 7 m x 6 m (Bahia, Baianinha, Natal e Valença).

Limoeiro: cultivares de porte alto: 7 m x 6 m (Tahiti).

Tangerineira: cultivares de porte médio: 7 m x 5 m (Ponkan e Murcott).

## Tamanho da cova

Utilizar covas com as seguintes dimensões: 60 cm x 60 cm x 60 cm.

## Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60%. Podendo ser calculada a necessidade de calcário pela seguinte equação:

$$NC = CTC (V_2 - V_1)/100$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 = SB + (H<sup>+</sup> Al<sup>3+</sup>).

SB= soma de bases trocáveis = (K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup>).

V<sub>2</sub>= saturação por bases desejada (60%).

V<sub>1</sub>= saturação por bases atual do solo = 100 SB/CTC, em %.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada, também, pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo ser calculada, pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = [2 \times Al \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 + (2 - Ca + Mg \text{ cmol}_c/\text{dm}^3)] \times f$$

Em que:

f = 100/PRNT.

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo, cerca de 2 meses antes do plantio das mudas. Para pomar já implantado, o calcário deverá ser distribuído de modo manual ou mecanizado em faixas a 2 m do eixo da linha de plantio e incorporado, com grade, para direcionar o corretivo numa região onde o potencial de reação é maior, além de favorecer o aproveitamento das raízes.

## Adubação de plantio

Na implantação do pomar, aplicar por cova 10 L de esterco de curral ou 3 L de esterco de galinha e 60 g de  $P_2O_5$ . Misturar o esterco com a terra de enchimento da cova com antecedência de pelo menos 60 dias do plantio.

## Adubação de formação

Aplicar as doses dos nutrientes de acordo com a análise de solo e a idade das plantas. As quantidades de  $P_2O_5$  devem ser aplicadas a 10 cm de profundidade em uma única aplicação, anualmente, enquanto as doses de nitrogênio (N) e potássio (K) devem ser divididas em quatro parcelas e aplicadas em cobertura, na projeção da copa, em torno de 1 m a 2 m distantes do caule das árvores. Os fertilizantes devem ser aplicados, anualmente, a partir do mês de janeiro, com intervalos de 30 a 45 dias, visando suprir as necessidades de crescimento e formação das plantas e o início de produção de frutos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para implantação e formação de laranjeira, limoeiro e tangerineira, em função da análise de solo.

Idade (anos)	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-6	7-15	>15	0-40	41-70	>70
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
0-1	60	0	0	0	30	0	0
1-2	120	150	90	50	60	50	0
2-3	150	200	120	70	120	100	60
3-4	200	280	180	90	180	150	80
4-5	250	350	240	120	250	200	100

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Adubação de produção

A adubação de produção deve ser realizada a partir do sexto ano de idade das plantas. Os critérios para a recomendação de adubo incluem a análise de solo para P e K, os teores foliares de N e a produção esperada. As recomendações para citros na fase de produção são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para laranjeira, limoeiro e tangerineira em produção, em função de N foliar, P e K do solo.

Produção Esperada (t/ha)	N nas folhas (g/kg) <sup>(1)</sup>			P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	< 23	23-27	28-30	0-10	11-20	>20	<40	41-70	>70
	N (kg/ha)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
<15	80	60	40	40	30	20	40	30	20
16 a 20	90	70	60	50	40	25	50	40	25
21 a 25	120	100	80	70	60	30	70	60	30
26 a 35	150	120	100	100	80	35	100	80	35
36 a 40	200	160	120	120	100	40	120	100	40
>40	250	200	160	140	120	50	140	120	50

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e o K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

A época de aplicação dos adubos é determinada pelos períodos de maior exigência (depois da colheita e início da vegetação; florescimento e crescimento do fruto). Levando-se em conta a exigência da planta nesses períodos, a adubação total de N e de K<sub>2</sub>O, é recomendado parcelar, no mínimo, em quatro aplicações, com intervalos de 30 dias, enquanto o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> é aplicado numa única vez, coincidindo com a florada ou pré-florada e o início das chuvas.

## Adubação foliar

Para preparar uma mistura, utilizar os seguintes fertilizantes: sulfato de zinco (3,0 g/L), sulfato de manganês (2,0 g/L), ácido bórico (1,0 g/L) e ureia (5,0 g/L).

Em pomares com idade inferior a 4 anos, realizar três a quatro aplicações anuais, enquanto, para pomares em produção, fazer duas aplicações no período chuvoso e quando ocorrer brotações das plantas. Em pomares que apresentem deficiência comprovada de boro (B), fazer duas aplicações anuais no solo com 2 kg/ha de B, na forma de ácido bórico.



# Coqueiro

---

*Paulo Manoel Pontes Lins  
Ismael de Jesus Matos Viégas*

## Espaçamento

Recomenda-se utilizar o sistema hexagonal ou em quincôncio.

Coqueiro gigante: espaçamento de 9 m x 9 m, com densidade de 142 plantas por hectare.

Coqueiro-anão: espaçamento de 7,5 m x 7,5 m, com densidade de 204 plantas por hectare.

Coqueiro híbrido: espaçamento de 8,5 m x 8,5 m, com densidade de 160 plantas por hectare.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando os resultados da análise de solo em potássio (K) forem expresso em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Deve ser realizada no início do período chuvoso, procedendo-se ao enchimento do terço inferior da cova com casca de coco ou outro material orgânico que favoreça a retenção de água. O restante deve ser preenchido com solo. Recomenda-se aplicar 800 g de superfosfato simples, misturado com a terra de superfície, acrescido de 100 g de óxido de magnésio (30% de Mg) e 20 g de ulexita (10%B). Em pequenos plantios, na cova de 40 cm x 40 cm x 40 m, aplicar 30 L de esterco de curral curtido ou 20 L de esterco de galinha. Esperar pelo menos 10 dias para realizar o plantio.

## Adubação de formação

Nos dois primeiros anos após o plantio, utilizar ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio, óxido de magnésio (30% Mg) e ulexita (10% B) aplicados na superfície do solo, numa faixa circular, a uma distância de 20 cm a 30 cm do coleto, efetuando ligeira incorporação superficial, para evitar perda de nitrogênio (N) por volatilização. Parcelar a adubação duas vezes, aplicando metade da quantidade no final do período chuvoso e a outra metade no início das chuvas. O óxido de magnésio e a ulexita devem ser misturados previamente e posteriormente com o superfosfato simples, a ureia e o cloreto de potássio. A Tabela 1 resume as recomendações de fertilizantes para plantas jovens em função da análise de solo.

## Adubação de produção

A recomendação de adubação, em grandes plantios, é baseada na análise foliar, conforme indicado na Tabela 2, que resume as recomendações de fertilizantes para plantas em produção.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

A adubação é realizada em uma única aplicação no final do período chuvoso, baseada nos dados de análise foliar, amostradas no final do período seco do ano anterior. Na fase de produção, utilizar adubos granulados para serem misturados na propriedade ou adquiridos em formulação. Para reduzir o fornecimento de adubo nitrogenado, é recomendado o semeio da leguminosa *Pueraria phaseoloides* de cobertura por ocasião do preparo do terreno. O superfosfato pode ser substituído parcialmente pelos fosfatos naturais reativos (FNR).

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para coqueiro, nos quatro primeiros anos de cultivo, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)		P no solo (mg/dm <sup>3</sup> )		K no solo (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )			Mg no solo (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )			B no solo (mg/dm <sup>3</sup> )			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 15	15-19	>19	< 0,15	0,15-0,19	>0,20	<0,4	0,4-0,5	> 0,6	< 0,15	0,15-0,29	>0,30
g por planta														
Ano 0 <sup>(1)</sup>	90	100	50	240	160	100	90	70	50	2,0	1,5	-	-	-
1º ano	112	150	100	300	200	150	150	120	90	2,0	1,5	-	-	-
2º ano	225	180	120	600	450	250	210	150	120	3,0	2,0	1,5	1,5	1,5
3º ano	225	270	160	900	650	500	330	210	150	3,0	2,0	1,5	1,5	1,5

<sup>(1)</sup> Aplicar o fósforo no plantio e os outros fertilizantes no final das chuvas. Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação para o coqueiro na fase de produção em função da análise foliar.

Época (ano)	Folha coletada	N na folha (g/kg)	Dose de N (g por planta)	P na folha (g/kg)	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)	K na folha (g/kg)	Dose de K <sub>2</sub> O (g por planta)	Mg na folha (g/kg)	Dose de Mg (g por planta)
1 e 2	4	>20	90	>1,4	225	>21	300	>2,5	90
		17,1 a 20	112	1,21 a 1,4	225	18,1 a 21	420	2,2 a 2,5	120
		16 a 17	135	1,1 a 1,2	338	17 a 18	600	1,61 a 2,1	150
		<16	225	<1,1	450	<17	720	1,3 a 1,6	180
3	9	> 22	225	>1,4	0	> 18	600	>2,4	0
		19,1 a 22	450	1,21 a 1,4	450	15,1 a 18	900	1,91 a 2,4	60
		18 a 19	675	1,1 a 1,2	585	14 a 15	1.200	1,51 a 1,9	150
		<18	900	<1,1	720	<14	1.500	1,2 a 1,5	240
>3	14	> 22	0	>1,4	0	> 15	600	<1,2	330
		19,1 a 22	225	1,21 a 1,4	360	12,1 a 15	900	>2,3	0
		18 a 19	450	1,1 a 1,2	450	11 a 12	1.200	1,41 a 1,8	150
		<18,0	675	<1,1	540	<11	1500	1,1 a 1,4	240
								<1,1	330



# Cupuaçuzeiro

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Dilson Augusto Capucho Frazão  
Sônia Maria Botelho*

## Espaçamento

Plantio em forma de triângulo equilátero com 8 m para os lados, com densidade de 180 plantas por hectare, para plantios de mudas não enxertadas, plantas com crescimento natural, sem poda de condução.

Plantio em forma de triângulo equilátero, com lados de 6 m, com densidade de 319 plantas por hectare, para mudas enxertadas com podas periódicas nas brotações de crescimento vertical.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação de plantio

Incorporar na cova, com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de esterco de curral curtido, ou 3 L de esterco de galinha, ou 1 L de torta de mamona e 10 g

por planta de FTE BR 12 e a dose de fósforo (P) da Tabela 1. Esperar 10 dias para iniciar o plantio.

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Até o primeiro ano, utilizar o superfosfato triplo ou superfosfato simples como fonte de P e, a partir de segundo ano, o fosfato natural reativo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio.

As fontes dos nutrientes são: ureia, superfosfato triplo ou fosfato natural, cloreto de potássio e sulfato de magnésio.

## Adubação para a fase de crescimento e produção

O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para o cupuaçuzeiro, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	50	60	50	40	100	80	60
2º ano	80	80	60	50	140	100	80
3º ano	110	100	80	70	160	120	100
4º ano	130	130	110	110	180	140	120
5º ano	150	150	140	120	210	160	140
6º ano	170	170	160	140	230	180	160
7º ano em diante	190	190	170	150	260	200	180

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

É importante, antes da adubação, realizar o coroamento das plantas, para facilitar a aplicação e o aproveitamento dos fertilizantes pela planta por meio da absorção. O fertilizante deve ser aplicado uniformemente em cobertura em toda a área de coroamento da planta. Em cupuaçuzeiro, a dimensão do coroamento deve ser determinada em função da área da copa.

# Goiabeira (*Psidium guajava* L)

Oduvaldo Rodrigues Oliveira

## Espaçamento

Para cultivos com tratos culturais manuais, o espaçamento utilizado é de 6 m x 5 m, com densidade de 333 plantas por hectare, e para tratos culturais mecanizados, 7 m x 5 m, com densidade de 285 plantas por hectare ou, 7 m x 6 m, com densidade de 238 plantas por hectare.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial para 70%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t/ha), com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions = SB + (H + Al<sup>3+</sup>).

SB = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>.

V<sub>1</sub> = valor da saturação por bases trocáveis do solo antes da correção V<sub>1</sub> = 100 SB/CTC.

V<sub>2</sub> = valor da saturação por bases desejada = 70%.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

## Adubação de plantio

Preparar covas com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 30 dias antes do plantio. Na abertura da cova, separar a terra preta da superfície (até 10 cm) para um lado e o restante para o outro. Ao monte de terra preta, adicionar: 10 L de esterco de curral curtido ou 5 L de esterco de galinha, todo o fósforo (P) recomendado para o plantio (Tabela 1) e o calcário. Misturar bem e preencher a cova. Caso a quantidade seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra preta das proximidades para completar.

**Tabela 1.** Dose de fósforo (P) indicada para a implantação de goiabeiras, com base nos teores de fósforo revelados pela análise de solo.

P(resina) no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>(1)</sup> (g por cova)
<6	180
6-12	140
13-30	100
>30	60

<sup>(1)</sup> Utilizar preferencialmente termofosfato magnésiano contendo boro e zinco.

## Adubação de formação

Aplicar as doses dos nutrientes de acordo com a análise de solo e a idade das plantas. Do plantio até o primeiro ano de idade, recomenda-se aplicar os fertilizantes ao redor da coroa, em toda a volta da planta, em raio de 40 cm. Do segundo ano em diante, recomenda-se aplicar os fertilizantes em toda a volta da planta, na projeção da copa. Utilizar 20 L a 30 L de esterco de curral (ou um terço de esterco de galinha).

## Adubação de produção

Deve ser realizada a partir do segundo ou terceiro ano de implantação da cultura, visando atender às exigências nutricionais das plantas, bem como repor os nutrientes exportados na produção de frutos. A análise de solo é instrumento importante para avaliar a fertilidade e a necessidade da planta em nutrientes. Aliada a isto, a análise foliar é um componente auxiliar para uma avaliação mais concreta das necessidades de nutrientes e deficiências nutritivas das plantas. A aplicação de micronutrientes é muito importante, principalmente boro (B) e zinco (Zn).

**Tabela 2.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a goiabeira após o terceiro ano de plantio.

Época	Quantidade a ser aplicada		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	(g por planta)		
Dezembro (início do período chuvoso)	30	120	-
Janeiro (30 dias)	100	-	90
Fevereiro (60 dias)	20	-	60
Total	150	120	150

# Gravioleira

---

*Ismael de Jesus Matos Viégas*  
*Sônia Maria Botelho*  
*Dilson Augusto Capucho Frazão*  
*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

## Espaçamento

Para as condições do trópico úmido, utilizar os espaçamentos 6,0 m x 6,0 m, em triângulo equilátero, com aproximadamente 320 plantas por hectare, ou 7,0 m x 7,0 m, com 235 plantas por hectare. O espaçamento na forma de triângulo equilátero facilita a movimentação no interior do pomar.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando os resultados da análise de solo em potássio (K) forem expressos em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Incorporar na cova com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de esterco de curral curtido, ou 3 L de esterco de galinha, ou 1 L de torta de mamona, juntamente

com 10 g por planta de FTE BR 12 (micronutrientes) e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise do solo. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio.

## Adubação na fase de crescimento e produção

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Até o primeiro ano, utilizar o superfosfato triplo ou superfosfato simples como fonte de P e, a partir de segundo ano, o fosfato natural reativo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol/dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. As fontes dos nutrientes são: ureia, superfosfato triplo ou fosfato natural, cloreto de potássio e sulfato de magnésio.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para gavioleira em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P no solo ( $\text{mg/dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg/dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
1º ano	50	60	50	40	80	70	50
2º ano	70	80	70	60	120	100	80
3º e 4º ano	100	120	100	90	150	130	110
5º e 6º ano	140	160	150	130	180	160	140
7º ano em diante	170	180	170	150	200	180	160

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Antes da adubação, é importante realizar o coroamento das plantas para facilitar a aplicação e o aproveitamento dos fertilizantes pela planta por meio da absorção. Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma só vez. Aplicar os fertilizantes em cobertura distribuídos e incorporados a um terço para dentro da copa, a partir da projeção da copa da gravioleira.

# Mamoeiro

Manoel da Silva Cravo

## Espaçamento

O mamoeiro pode ser plantado tanto em fileiras simples como em fileiras duplas, conforme indicado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Espaçamentos sugeridos para plantio de mamão, em fileiras simples e em fileiras duplas.

Fileira	Espaçamento	Disposição das plantas	Número de plantas por hectare
Simples	3,00 m x 1,80 m	Em linha	1.851
	3,00 m x 2,50 m	Em linha	1.333
Simples	4,00 m x 1,80 m	Em linha	1.388
	4,00 m x 2,50 m	Em linha	1.000
Dupla	3,60 m x 1,80 m x 1,80 m	Em triângulo	2.057
	3,60 m x 2,50 m x 2,50 m	Em triângulo	1.311
Dupla	4,00 m x 1,80 m x 1,80 m	Em triângulo	1.915
	4,00 m x 2,50 m x 2,50 m	Em triângulo	1.230

Dentro das fileiras duplas, as plantas devem ser distribuídas em triângulos para diminuir a concorrência entre plantas por água, luz e nutrientes. Tanto em fileiras simples como em fileiras duplas, devem ser plantadas duas mudas por cova, permanecendo somente uma após o desbaste.

## Recomendação de calagem

Dois métodos podem ser usados para cálculos da necessidade de calcário para o mamão: o baseado na neutralização do alumínio (Al) e elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o baseado na saturação por bases trocáveis do solo, conforme metodologia descrita a seguir.

### Neutralização do Al e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

Aplicar calcário para diminuir a saturação por alumínio para 5%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, com base nos resultados de análise do solo e usando a seguinte equação:

$$NC = 2,0[Al^{3+} - (SAD \times t/100)] + [3,0 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com poder relativo de neutralização total (PRNT) corrigido para 100%.

SAD = saturação por alumínio desejada no solo, após a calagem, para uma determinada cultura. No caso do mamão, SAD = 5.

$$t = SB + Al^{3+}.$$

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+.$$

Para solos argilosos, usar 2,5 para o fator multiplicativo da equação, em vez de 2,0.

### Saturação por bases trocáveis

A calagem para mamão também pode ser aplicada para elevar a saturação por bases para 70%, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura. Para mamão,  $V_2 = 70\%$ .

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:  $SB \times 100/CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Quando o potássio (K) vem expresso em  $mg/dm^3$ , na análise do solo, transformar para  $cmol/dm^3$  pela fórmula:  $cmol/dm^3$  de K =  $mg/dm^3 \times 0,0026$ , para empregar em ambas as equações citadas.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser distribuída uniformemente na área e incorporada com arado ou grade aradora a uma profundidade de 20 cm, pelo menos 1 mês antes do plantio. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem niveladora. Deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,5 cmol/dm^3$ .

## Plantio

Preparar covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Na abertura da cova, separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante para outro. Ao monte de terra preta, adicionar: 20 L de esterco de curral curtido, ou 5 L de esterco de galinha (ou 10 L de cama de frango) ou ainda 2 L de torta de mamona, todo o fósforo (P) recomendado para o plantio, o calcário (caso seja decidido aplicar na cova) e o FTE. Misturar bem e preencher a cova. Caso a quantidade da mistura seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra preta das proximidades para completar. Fincar um piquete no centro da cova e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio.

## Adubação do primeiro ano

As adubações nitrogenada e potássica, previstas para o primeiro ano, devem ser divididas em quatro parcelas iguais e aplicadas de 30 em 30 dias após o plantio, em faixa circular, na projeção da copa.

## Adubação do segundo ano em diante

As adubações nitrogenada e potássica, previstas para o segundo ano em diante (Tabela 2), devem ser divididas em quatro parcelas iguais e aplicadas de 2 em 2 meses durante o período chuvoso, em faixa circular, na projeção da copa. A adubação fosfatada recomendada para o segundo ano em diante deve ser aplicada de uma só vez, por ocasião da primeira aplicação de nitrogênio (N) e potássio (K). Os fertilizantes devem ser incorporados ao solo e, se possível, deve ser feita cobertura morta na projeção da copa das plantas. É importante usar a combinação sulfato de amônio e superfosfato triplo ou ureia e superfosfato simples (aplicados em separado) para garantir o suprimento de enxofre (S) às plantas.

**Tabela 2.** Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura do mamão, para produtividade estimada de 30 t/ha a 40 t/ha de frutos.

Época	Dose de N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Plantio	-	80	60	40	-	-	-
1º ano <sup>(2)</sup>	150	-	-	-	90	60	30
2º ano em diante <sup>(2)</sup>	200	80	60	40	120	90	60

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

<sup>(2)</sup> Dividir essas quantidades pelo número de covas e aplicar.

## Micronutrientes

Aplicar o equivalente a 30 kg/ha de FTE BR 12 ou outra fonte que contenha boro (B) e zinco (Zn) na formulação, podendo ser aplicado a lanço e incorporado junto com o calcário ou dividido e aplicado em cada cova de plantio.

## Desbaste

No início da floração (3 a 4 meses após o plantio), eliminar as plantas menos desenvolvidas ou as que apresentarem somente flores masculinas ou femininas, deixando apenas as que apresentarem flores hermafroditas – flores com pedúnculo curto e que apresentam tanto órgão feminino (ovário alongado) como masculino (cinco a dez estames funcionais).

# Mangostanzeiro

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Sônia Maria Botelho  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

## Espaçamento

Efetuar o plantio em forma de triângulo equilátero com lados de 8,0 m com densidade de 180 plantas por hectare.

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 50%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando os resultados da análise de solo em potássio (K) forem expressos em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Incorporar na cova de plantio, com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de esterco de curral curtido, ou 3 L de esterco de galinha, ou 1 L de torta de mamona, 10 g por planta de FTE BR 12 (micronutrientes) e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise do solo. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio.

## Adubação na fase de crescimento e produção

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio.

As fontes dos nutrientes são: ureia, superfosfato triplo ou fosfato natural reativo (a partir do segundo ano), cloreto de potássio e sulfato de magnésio.

Antes da adubação, é importante realizar o coroamento das plantas, para facilitar a aplicação e o aproveitamento dos fertilizantes pela planta por meio da absorção.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para o mangostanzeiro, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		$\text{P}_2\text{O}_5$ (g por planta)			$\text{K}_2\text{O}$ (g por planta)		
1º ano	60	60	50	40	90	80	70
2º ano	80	80	60	50	120	100	90
3º ano	100	100	80	70	150	130	100
4º ano	120	120	100	90	180	150	120
5º ano	140	140	120	100	200	170	140
6º ano	160	160	140	120	220	190	160
7º ano em diante	180	180	160	140	250	210	180

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

A época mais propícia para aplicação dos fertilizantes é no início das chuvas ou no final da estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica é menos intensa. O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma vez. O fertilizante deve ser aplicado uniformemente em cobertura, em toda a área correspondente ao coroamento da planta.

# Maracujazeiro

---

*Edilson Carvalho Brasil*

*José Edmar Urano de Carvalho*

*Ricardo Hideo Dohara*

## Espaçamento

A distância entre as fileiras pode variar de 2,0 m a 3,0 m, devendo-se considerar que os menores espaçamentos entre linhas podem ser utilizados nas situações em que o controle de plantas invasoras da área seja realizado manualmente (capina ou roçadeira manual motorizada). As maiores distâncias devem ser utilizadas quando o controle for realizado de forma mecanizada (roçadeira com trator). A distância entre plantas pode variar de 3,0 m a 5,0 m. Esses espaçamentos permitem densidades de plantio que variam de 666 (3 m x 5 m) a 1.000 (2 m x 5 m) plantas por hectare. Outro espaçamento muito comum é de 2,5 m x 5 m, com densidade equivalente a 800 plantas por hectare.

Preparar covas nas dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 30 dias antes do plantio. Para regiões onde ocorram períodos de seca muito prolongados, recomendam-se covas mais profundas, podendo atingir de 50 cm a 60 cm.

## Calagem

A calagem deve ser realizada com base nos resultados da análise química do solo, cuja amostragem deve ser realizada nas profundidades de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm, na ocasião da implantação da área.

Tomando-se como base os resultados da análise de solo, é recomendada a aplicação de calcário em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial para 70%. Também é recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio (Mg) inferiores a 0,9 cmol/dm<sup>3</sup>.

Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha), com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions = SB + (H + Al<sup>3+</sup>).

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}.$$

$V_1$  = valor da saturação por bases trocáveis do solo antes da correção  $V_1 = 100$  SB/CTC.

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada = 70%.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

Aplicar o calcário a lanço em toda a extensão da área, quando o preparo de área for mecanizado, por meio de gradagem. Nesse caso, efetuar a aplicação de metade da quantidade necessária antes da grade aradora e o restante antes da grade niveladora, devendo ser incorporada a uma profundidade de aproximadamente 20 cm. Nos casos em que a calagem não seja efetuada em área total, sugere-se aplicar o calcário em faixas de 1 m de largura, ao longo das linhas de plantio, em quantidade proporcional à área aplicada. Além do calcário aplicado em toda a área, recomenda-se misturar 200 g de calcário dolomítico com a terra da cova de plantio. Independente da forma de preparo de área, aplicar o calcário 20 dias antes do plantio.

## Gessagem

A maior dificuldade de aprofundamento das raízes do maracujazeiro pode se manifestar pela ocorrência de camadas subsuperficiais com baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de elevados teores de alumínio (Al) trocáveis, o que favorece um menor volume de solo a ser explorado. Nessas condições, o gesso agrícola pode ser utilizado para aumentar os teores de bases (Ca, Mg e K), minimizar os efeitos nocivos do Al, bem como acrescentando enxofre (S) no subsolo, promovendo melhorias no desenvolvimento das raízes.

O gesso deve ser calculado com base nos resultados da análise de solo, considerando a camada de 20 cm a 40 cm. A sua aplicação somente deve ser recomendada quando a análise de solo detectar valores de Ca inferiores a  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$  ou valores de  $Al^{3+}$  maiores que  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$  ou saturação por Al (m%) superior a 30%. A saturação por Al é expressa pela equação:

$$m\% = [Al^{3+} / (SB + Al^{3+})] \times 100$$

Em que:

$$SB \text{ (soma de bases)} = K^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+}.$$

A necessidade de gesso pode ser calculada com base na recomendação da calagem para a profundidade de 20 cm a 40 cm, em quantidade equivalente a 25% da quantidade de calcário recomendada, utilizando-se a expressão:

$$NG = 0,25 \times NC$$

Em que:

NG = necessidade de gesso, em t/ha.

NC = necessidade de calcário calculada para a profundidade de 20 cm a 40 cm.

## Adubação de plantio

A adubação das covas deve ser feita por ocasião da sua abertura. É recomendado misturar à terra de cada cova 20 L de esterco de curral ou 5 L de esterco de galinha ou 10 L de cama de aviário ou 1 L a 2 L de torta de mamona e 30 g de FTE BR 12. Nessa ocasião, acrescentar 110 g de  $P_2O_5$ , na forma de superfosfato simples ou triplo, que deve ser misturado com a terra do fundo da cova, para evitar o contato direto do adubo com as raízes. Caso haja disponibilidade no mercado local, utilizar o termofosfato magnésiano, em substituição ao superfosfato triplo. Pode-se, ainda, optar em aplicar metade do fosfato na forma de superfosfato triplo e metade como fosfato natural reativo, com base nas quantidades de  $P_2O_5$  recomendadas.

## Adubação de formação e produção

Na Tabela 1, são apresentadas as recomendações de adubação para as fases de formação e produção da cultura do maracujazeiro, em função da análise do solo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para as fases de formação e produção da cultura do maracujazeiro, em função da análise do solo.

Época	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
Formação 30 dias	10	-	-	-	-	-	-
Formação 60 dias	20	-	-	-	-	-	-
Formação 90 dias	30	-	-	-	30	20	10
Formação 120 dias	40	60	40	10	60	40	20
Produção (2º ano)	120	80	50	20	220	140	60

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

As quantidades dos adubos recomendadas para a fase de produção devem ser parceladas em três ou quatro aplicações, distribuídas ao longo do período chuvoso, dependendo da textura do solo, do regime de chuvas, do sistema de plantio (irrigado ou sequeiro) e da disponibilidade de mão de obra.

Em pomares em formação, recomenda-se aplicar os adubos em sulcos, em semicírculos com raio de 20 cm a 30 cm do caule da planta. Em pomares adultos, recomenda-se aplicar os adubos em semicírculos com raio superiores a 30 cm da planta e afastando progressivamente, conforme o crescimento da planta e alternando entre os lados da planta. Proceder a aplicação da adubação sempre no lado sombreado, para propiciar maior eficiência da adubação.

## Adubação foliar

Quando necessário, a correção para suprir as necessidades de micronutrientes poderá ser feita com pulverização, via foliar, como um complemento da adubação,

via solo. Para a cultura do maracujazeiro, dependendo da deficiência identificada pela diagnose nutricional (foliar ou visual), recomenda-se aplicar uma mistura de 40 g de zinco (Zn), 14 g de boro (B) e 300 g de ureia por 100 L de água. A ureia favorece a absorção dos micronutrientes na adubação foliar. Essa mistura pode ser aplicada em duas a três parcelas, podendo ser realizada a intervalos de 14 dias, se a deficiência permanecer.

As soluções a serem utilizadas na adubação foliar devem ser cuidadosamente elaboradas, já que podem causar danos nas plantas. Nesse sentido, deve-se ficar atento à concentração e pH das soluções, aos compostos de nutrientes a serem usados, ao uso de produtos molhantes e protetores. A utilização de agentes humectantes reduz a evaporação da solução e a promover a permanência dos nutrientes na superfície foliar.

# Pupunha: fruto

---

Ismael de Jesus Matos Viégas  
Manoel da Silva Cravo

## Espaçamento

Utilizar o espaçamento de 6,0 m x 6,0 m em triângulo com densidade de 320 plantas por hectare.

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. O método a ser utilizado para o cálculo da necessidade de calcário é o baseado na elevação da saturação por bases trocáveis do solo a 50%, conforme metodologia a seguir:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 [ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + (H^+ + Al^{3+})$ ], em  $cmol_c/dm^3$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (50%).

$V_1$  = saturação por bases atual do solo (%), calculada pela fórmula:  $SB \times 100 / CTC$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ ), em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície do terreno e incorporada a uma profundidade de 20 cm com arado ou grade aradora. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem. Se a aplicação for na cova de plantio, aplicar 100 g de calcário (PRNT 100%) por cova, para cada tonelada de calcário calculada para a área.

## Adubação de plantio

Preparar covas com as dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Na abertura da cova, separar a terra preta da superfície (até 15 cm) para um lado e o restante

para outro. Ao monte de terra preta, adicionar: 10 L de esterco de curral curtido, ou 3 L de esterco de galinha (ou 6 L de cama de aviário) ou ainda 1 L de torta de mamona, toda a dose de fósforo (P) recomendada para o plantio (utilizando uma fonte solúvel), o calcário (caso seja decidido aplicar na cova) e 10 g de FTE BR 12. Misturar bem e preencher a cova. Caso a quantidade da mistura seja insuficiente para encher a cova, raspar a terra preta das proximidades para completar. Fincar um piquete no centro da cova e esperar pelo menos 10 dias para efetuar o plantio de uma muda por cova.

## Adubação de cobertura

Dois meses após o plantio, aplicar as quantidades de nitrogênio (N) e  $K_2O$ , indicadas na Tabela 1, para o primeiro ano, de acordo com os resultados de análise de solo. A partir do segundo ano, utilizar fosfato natural como fonte de P. Em solos com teor de magnésio (Mg) inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio (Mg) na dose correspondente a um terço do potássio ( $K_2O$ ), indicada na Tabela 1.

## Adubação na fase de crescimento e produção

Seguir as orientações de quantidades de nutrientes contidas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para produção de frutos de pupunha, em função dos resultados da análise do solo.

Época	N	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		$P_2O_5$			$K_2O$		
g por planta							
Plantio	-	45	30	15	-	-	-
1º ano	45	-	-	-	70	30	15
2º ano	60	70	40	20	80	40	20
3º ano	70	90	50	30	110	50	20
4º ano	80	100	60	40	130	60	30
5º ano	90	110	70	50	160	80	35
6º ano	100	120	80	60	180	90	40
7º ano em diante	110	130	90	70	200	100	45

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Antes da adubação, é importante realizar o coroamento das plantas, para facilitar a aplicação e melhorar o aproveitamento dos fertilizantes pelas plantas.

O fertilizante fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso. Parcelar o adubo nitrogenado, potássico e magnésiano em duas aplicações. Aplicar 60% do nitrogenado no início das chuvas e 40% no final da estação chuvosa. Para o caso do potássio (K) e magnésio (Mg), recomenda-se aplicar 40% no início do período chuvoso e 60% no final.



## PARTE 6

# Recomendação de calagem e adubação para plantas ornamentais e flores tropicais



# Alpínia (flores para corte)

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

## Espaçamento

Recomenda-se os espaçamentos 3,0 m x 1,5 m (2.222 plantas por hectare) e 4,0 m x 2,0 m (1.250 plantas por hectare).

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 60%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando o potássio (K) vem expresso em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , na análise do solo, transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Incorporar na cova com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de cama de frango por touceira ou 15 L de esterco de curral curtido, ou 1 L de mamona e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise de solo. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio.

## Adubação de formação e produção

A partir do segundo ano, aplicar 10 L de cama de frango em cobertura ao redor da touceira ou 15 L de esterco de curral curtido ou 1 L de torta de mamona e as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. As fontes são ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. A partir do segundo ano, recomenda-se como fonte de P o fosfato natural reativo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para alpinia, em função da análise de solo.

Época	N (g por touceira)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
1º ano	180	70	60	50	250	110	60
2º ano	250	80	70	60	350	150	80
3º ano em diante	300	90	80	70	400	190	100

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma só vez no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras.

# Bastão-do-imperador (flores para corte)

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

## Espaçamento

Recomenda-se os seguintes espaçamentos: 3,0 m x 3,0 m (1.111 plantas por hectare) e 4,0 m x 4,0 m (625 plantas por hectare).

## Calagem

Realizar a calagem 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 60%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando o potássio (K) vem expresso em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , na análise do solo, transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Incorporar na cova com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de cama de frango por touceira ou 15 L de esterco de curral curtido, ou 1 L de mamona e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise de solo. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio.

## Adubação de formação e produção

A partir do segundo ano, aplicar 10 L de cama de frango em cobertura ao redor da touceira ou 15 L de esterco de curral curtido ou 1 L de torta de mamona. Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. As fontes são ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. A partir do segundo ano, recomenda-se como fonte de P o fosfato natural reativo. Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma só vez, no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para bastão-do-imperador, em função da análise de solo.

Época	N (g por touceira)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
1º ano	100	70	60	50	300	150	80
2º ano	250	80	70	60	400	200	120
3º ano em diante	300	100	90	80	450	250	150

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma só vez no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras.

# Helicônia porte alto (flores para corte)

---

*Raimundo Freire de Oliveira  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Luiza Hitomi Igarashi Nakayama*

## Espaçamento

Cultivares de porte alto: 4,0 m x 4,0 m (625 plantas por hectare).

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 60%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

## Adubação de plantio

Incorporar na cova, com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de cama de frango ou 20 L de esterco de curral curtido e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise de solo. Esperar pelo menos 10 dias para realizar o plantio.

## Adubação de formação e produção

A partir do segundo ano, aplicar 10 L de cama de frango em cobertura ao redor da touceira ou 20 L de esterco de curral e as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. As fontes são ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. A partir do segundo ano recomenda-se como fonte de P o fosfato natural reativo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para helicônia de porte alto, em função da análise de solo.

Época	N (g por touceira)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
1º ano	180	70	60	50	300	150	80
2º ano	360	90	80	70	400	200	120
3º ano em diante	460	100	90	80	450	220	140

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma vez em cobertura no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras.

# Helicônia porte baixo e médio (flores para corte)

---

Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão

## Espaçamento

Cultivares de porte baixo: 1,0 m x 1,0 m (10 mil plantas por hectare).

Cultivares de porte médio: 3,0 m x 3,0 m (1.111 plantas por hectare).

## Calagem

Pelos resultados obtidos em estudos iniciais, a *Heliconia psittacorum* cultivar Golden Torch não respondeu à calagem, em solo com pH = 4,4 e  $Al^{3+}=1,6 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

## Adubação de plantio

Para a cultivar de porte baixo, incorporar na cova, com dimensões de 20 cm x 20 cm x 40 cm, 3 L de cama de frango em cobertura ao redor da touceira ou 10 L de esterco de curral curtido e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise de solo. Para a de porte médio, incorporar na cova com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 5 L de cama de frango ou 12 L de esterco de curral. Esperar pelo menos 10 dias para realizar o plantio.

## Adubação de formação e produção

Aplicar as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol}_c/dm^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço de cloreto de potássio. As fontes são ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio.

A partir do segundo ano, aplicar 5 L de cama de frango ou 12 L de esterco de curral curtido em cobertura ao redor da touceira e as quantidades de N, P e K indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo.

A partir do segundo ano, recomenda-se o uso de fosfato natural reativo como fonte de P.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para helicônia de porte baixo e médio, em função da análise de solo.

Época	N (g por touceira)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
1º ano	150	70	60	50	200	100	60
2º ano	250	80	70	60	300	150	100
3º ano em diante	300	90	80	70	350	200	120

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma vez em cobertura no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras.

# Gengibre ornamental (xampu ou sorvetão)

*Ismael de Jesus Matos Viégas  
Raimundo Freire de Oliveira  
Dilson Augusto Capucho Frazão*

## Espaçamento

3,0 m x 2,0 m (1.667 plantas por hectare).

2,0 m x 1,5 m (3.333 plantas por hectare) .

## Calagem

Realizar a calagem pelo menos 20 dias antes do plantio. A recomendação da quantidade de calcário dolomítico ou magnesiano é calculada de acordo com o critério de saturação por bases, em quantidades suficientes para elevar o valor inicial a 60%. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC), utiliza-se a equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (em t/ha).

CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , calculada por  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})]$ .

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases recomendada para a cultura (60%).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases atual do solo, calculada por:  $\text{SB} \times 100/\text{CTC}$ .

SB = soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ), em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Quando os resultados da análise de solo em potássio (K) forem expressos em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , transformar para  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  pela fórmula:  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de K =  $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,0026$ , para empregar na equação citada.

## Adubação de plantio

Incorporar na cova com dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm, 10 L de cama de frango por touceira ou 15 L de esterco de curral curtido, ou 1 L de mamona e a dose de fósforo (P) da Tabela 1, conforme resultados da análise de solo. Esperar pelo menos 10 dias para fazer o plantio.

## Adubação de formação e produção

A partir do segundo ano, aplicar 10 L de cama de frango em cobertura ao redor da touceira ou 15 L de esterco de curral curtido ou 1 L de torta de mamona e as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) indicadas na Tabela 1, de acordo com os resultados de análise de solo. Em solos com teor de magnésio (Mg) menor que  $0,7 \text{ cmol/dm}^3$ , aplicar sulfato de magnésio na dose correspondente a um terço da dose de cloreto de potássio. As fontes são ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. A partir do segundo ano, recomenda-se como fonte de P o fosfato natural reativo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para gengibre ornamental, em função da análise de solo.

Época	N (g por touceira)	P no solo ( $\text{mg/dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg/dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por touceira)			K <sub>2</sub> O (g por touceira)		
1º ano	150	70	60	50	300	120	90
2º ano	250	80	70	70	400	170	110
3º ano em diante	300	100	80	80	450	190	130

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores do que os limites superiores estabelecidos na Tabela 1, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

## Época, parcelamento e modo de aplicação dos fertilizantes

Os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de uma só vez no início do período chuvoso. Recomenda-se a aplicação da adubação orgânica e mineral em cobertura ao redor das touceiras.



## PARTE 7

# Recomendações de calagem e adubação de plantas forrageiras e gramados



# Pastagem cultivada

Eduardo do Valle Lima  
Bruno Giovany de Maria

As recomendações de adubação e calagem são definidas com base nos resultados da análise de solo, levando em consideração o nível tecnológico ou a intensidade de uso do sistema de produção, o que se relaciona com as características do próprio solo (tipo, granulometria, acidez e fertilidade), da forrageira e do método de pastejo. Nesse sentido, as forrageiras foram agrupadas quanto à sua adaptabilidade em três sistemas: 1) de alto nível tecnológico ou intensivo; 2) de médio nível tecnológico ou intermediário; 3) de baixo nível tecnológico ou extensivo.

Os sistemas são apresentados de acordo com a especialização e a introdução de tecnologias, sendo estes diferenciados pelos manejos de pastagem em lotação contínua ou rotacionada (piquetes ou faixas), pela intensidade no uso de insumos (fertilizantes, calcário e água de irrigação) e pelas características das forrageiras (morfologia, produtividade, valor forrageiro e requerimento nutricional), uma vez que os fatores citados alteram significativamente a taxa de lotação das pastagens, afetando diretamente a produtividade e a manutenção dos sistemas produtivos.

## Escolha da pastagem

A escolha da espécie forrageira deve ser adequada em relação à sua adaptabilidade ao sistema de produção ao qual se destina. A tabela 1 apresenta a classificação das gramíneas forrageiras de acordo com sua adequação em três níveis de intensificação de uso.

**Tabela 1.** Classificação das forrageiras de acordo com a adaptabilidade ao nível tecnológico aplicado.

Intensidade de uso do sistema/nível tecnológico	Espécie forrageira
<b>Sistema intensivo ou de alto nível tecnológico<sup>(1)</sup>:</b> uso de forrageiras exigentes em fertilidade de solo, de alta produtividade e bom valor nutritivo, com uso de práticas de calagem (quando necessário) e adubações constantes, buscando obter elevadas capacidades de suporte da área. Manejo de pastagem em geral rotacionado (1 a 3 dias de ocupação) com grande potencial para uso de irrigação. Lotação animal acima de 3 UA/ha na estação chuvosa ou em sistemas irrigados o ano todo	<i>Panicum maximum</i> (aruana, colômbio, mombaça, tanzânia, tobiatã, massai, tamani, quênia, zuri); <i>Penisetum Purpureum</i> (elefante, cameroon, napier, kurumi); <i>Cynodon</i> (coastcross, tiftons); <i>Cynodon plectostachyus</i> (estrelas); <i>Brachiaria brizantha</i> (marandu, piatã, xaraés)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Intensidade de uso do sistema/nível tecnológico	Espécie forrageira
<p><b>Sistema intermediário ou de médio nível tecnológico:</b> uso de forrageiras de boa qualidade e produtividade, contudo com uso moderado de adubações e manejo de pastagem menos controlado (em geral 3 a 7 dias de ocupação), proporcionando menor lotação animal (1 a 3 UA/ha)</p>	<p><i>Panicum maximum</i> (aruana, colônia, mombaça, tanzânia, tobiatã, massai); <i>Cynodon</i> (coastcross, tiftons); <i>Cynodon plectostachyus</i> (estrelas); <i>Brachiaria brizantha</i> (marandu, piatã, xaraés); <i>Brachiaria decumbens</i>; <i>Andropogon gayanus</i>; <i>Hyparrhenia rufa</i> (jaraguá)</p>
<p><b>Sistema extensivo ou de baixo nível tecnológico:</b> uso de forrageiras mais adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade, em geral de menor produtividade e valor nutritivo, submetidas a uso tradicional e/ou extrativista da pastagem, com pouca ou nenhuma adubação, manejo de pastagem em sistema contínuo e taxas de lotação baixas (menor que 1,0 UA/ha)</p>	<p><i>Brachiaria brizantha</i> (marandu); <i>Brachiaria decumbens</i>; <i>Brachiaria humidicola</i>; <i>Brachiaria dictioneura</i>; <i>Andropogon gayanus</i>; <i>Hyparrhenia rufa</i> (jaraguá); <i>Melinis minutiflora</i> (gordura); <i>Paspalum notatum</i></p>

<sup>(1)</sup> As forrageiras do sistema intensivo são exigentes em fertilidade do solo, havendo grande possibilidade de degradação da pastagem caso não haja adubações de manutenção frequentes em áreas de solos pobres.

## Calagem

Em princípio, a calagem não é indicada como forma de correção da acidez para as pastagens na Amazônia, considerando que as gramíneas forrageiras apresentam considerável tolerância à acidez e ao alumínio (Al) do solo, desde que a disponibilidade de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) seja suficiente. Além disso, estudos têm demonstrado que as baixas concentrações de óxido de alumínio e óxido de ferro em solos no bioma Amazônico não permitem respostas consistentes da calagem. Todavia, sempre que os teores de Ca+Mg no solo forem inferiores a 0,9 cmol/dm<sup>3</sup> e/ou os níveis para saturação de Al atingirem valores acima de 20%, considerados críticos para o estabelecimento e manutenção da pastagem, é sugerida a aplicação de calcário, utilizando-se a seguinte equação com os fatores apresentados na Tabela 2.

$NC = Y [Al^{3+} - (m.t/100)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$  em que:

NC = necessidade de calagem.

Y = fator de correção definido pelo teor de argila.

Y = 0,0 a 1,0 para teor de argila <15%.

Y = 1,0 a 2,0 para teor de argila de 15% a 35%.

Y = 2,0 a 3,0 para teor de argila de 35% a 60%.

Y = 3,0 a 4,0 para teor de argila >60%.

m = máxima saturação de alumínio (m%) tolerada pela cultura.

t = capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva.

X = exigência de cálcio e magnésio.

Ca + Mg = cmol/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 2.** Valores referência para adaptação a solos ácidos de gramíneas em relação à saturação de alumínio (m%) e exigência de cálcio e magnésio (X) críticos para o estabelecimento da pastagem, para o cálculo da necessidade de calagem.

Adaptação a solos ácidos	Espécie	X (cmol./dm <sup>3</sup> )	m (%)
Elevada adaptação	<i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Andropogon gayanus</i> , <i>Setaria anceps</i> , <i>Brachiaria humidicula</i>	1,5	30
Média adaptação	<i>Brachiaria brizantha</i> (marandu, piatã); <i>Panicum maximum</i> (green panic, mombaça)	1,5	25
Baixa adaptação	<i>Panicum maximum</i> (aruana, coloniã tanzânia, tobiatã) <i>Penissetum purpureum</i> (elefante, cameroon, napier) <i>Cynodon</i> (tifton, coastcross)	2,0	20

A calagem é recomendada, também, na formação ou manutenção de pastagem em sistemas intensificados (gramíneas do grupo 1) com grande entrada de fertilizantes, em que se busca melhorar a eficiência de adubos químicos e orgânicos, elevando a taxa de lotação das pastagens a valores acima de 3 UA/ha, buscando-se elevar o pH para valores próximos a 6,0–6,5 e obter níveis de saturação por bases de 50% a 60%. Isto é particularmente importante em solos com baixa CTC, nos quais se pretende aplicar maiores níveis de adubação orgânica, e em solos com baixa CTC e baixos níveis de potássio (K), buscando-se elevar a saturação por bases e permitir maior disponibilidade de K pela liberação e aderência deste a sítios de ligação trocável do solo, reduzindo a lixiviação do K. Neste caso, sugere-se que seja utilizado o método de saturação de bases:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

$V_1$  = saturação por bases atual.

$V_2$  = saturação por base desejada (60% para estabelecimento e 50% para manutenção).

CTC = capacidade de troca de cátion em pH 7,0.

PRNT = poder reativo de neutralização total do calcário.

Se houver a aplicação de calcário no estabelecimento da pastagem, esta deve ser feita de maneira uniforme sobre a superfície do solo, para posterior incorporação, o mais profunda possível. Para efeito prático de aplicação, não utilizar menos do que 1 t/ha de calcário dolomítico, em razão da dificuldade de homogeneização de aplicação na área.

Para pastos em processo de estabelecimento ou já estabelecidos (mais de 4 anos de implantação), pela dificuldade de incorporação, necessariamente o corretivo deverá ser aplicado sobre a superfície do solo, após rebaixamento do pasto, preferencialmente no fim da estação chuvosa. Como o calcário é um produto de baixa solubilidade em água, a sua ação neutralizante no perfil do solo será lenta e gradual, atingindo camadas não muito profundas ao longo do tempo.

## Gessagem

A aplicação de gesso agrícola pode ser usada conforme recomendação postada em capítulo específico deste livro. O gesso, apesar de não corrigir o pH, atua diretamente na diminuição da atividade do Al tóxico, principalmente em profundidade, permitindo pastagens com sistemas radiculares mais profundos. Isto é fundamental para o prolongamento produtivo dos pastos no período de estiagem. O gesso pode ser aplicado em superfície na pastagem.

De maneira indireta, a gessagem se constitui numa forma excelente de fornecimento de enxofre, na qual, em média, a dose de 1 t/ha é suficiente para garantir o suprimento desse macronutriente por um período de 3 a 5 anos.

Deve-se ressaltar que o único inconveniente que pode ocorrer com a aplicação do gesso é o perigo de lixiviação excessiva do Mg, causando desbalanço na relação Ca:Mg, que deve permanecer entre 3:1 e 6:1.

## Adubação de estabelecimento

As recomendações de adubação estão de acordo com as classes de interpretação da disponibilidade dos nutrientes no solo (baixo, médio, alto) apresentados em capítulo prévio deste livro.

### Fósforo

A recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de pastagens, em função do resultado da análise de solo e da textura do solo, para diferentes níveis tecnológicos, é apresentada na Tabela 3. Para a implantação de pastagens, as doses recomendadas de fósforo (P), na forma de fertilizantes fosfatados solúveis (de preferência na forma granular), devem ser aplicadas totalmente no plantio, na ocasião da semeadura, para formação do pasto.

**Tabela 3.** Recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de pastagens em sistemas de diferente nível tecnológico, considerando a disponibilidade de P, de acordo com a textura do solo ou com o valor de P remanescente (P-rem).

Argila (%)	P-rem (mg/L)	Disponibilidade de P <sup>(1)</sup>		
		Baixa	Média	Alta
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)		
Baixo nível tecnológico				
>60	<9	80	45	0
35-60	9-19	70	35	0
15-35	19-33	50	25	0
<15	>33	30	15	0
Médio nível tecnológico				
>60	<9	100	80	0
35-60	9-19	90	70	0
15-35	19-33	70	50	0
<15	>33	50	30	0

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Argila (%)	P-rem (mg/L)	Disponibilidade de P <sup>(1)</sup>		
		Baixa	Média	Alta
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)		
Alto nível tecnológico				
>60	<9	120	100	50
35-60	9-19	110	90	40
15-35	19-33	90	70	30
<15	>33	70	50	20

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

O uso de fontes de fósforo solúvel como fosfato monoamônio (MAP), superfosfato simples e superfosfato triplo é o mais indicado para a implantação da pastagem, haja vista sua melhor solubilidade e disponibilidade para as plantas em um momento de grande necessidade do nutriente. Fontes de P de origem rochosa têm liberação muito lenta, contribuindo muito pouco para a formação do pasto, mesmo que este seja reativo. Dessa forma, uma alternativa seria a aplicação conjunta de P solúvel e reativo, para produção de efeitos futuros de longo prazo. Contudo, a distribuição de P reativo deverá ser feita sem o uso prévio de calagem e com incorporação ao solo por uma gradagem profunda, uma vez que o contato com o solo e a condição ácida favorecem a liberação do P contido na rocha.

Outra fonte alternativa de P, especificamente no Pará, notadamente na região Bragantina, é a disponibilização no mercado de um fertilizante granulado fosfatado calcinado (23% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), produzido no município de Bonito.

## Potássio

Na Tabela 4, observam-se as recomendações para adubação potássica na implantação e estabelecimento da pastagem de gramíneas, com os seus diferentes níveis tecnológicos. Até a dose máxima de 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O, é possível fazer a aplicação de uma só vez, em geral aos 30 dias após o plantio. Se houver necessidade de dose superior a 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O, o excedente deve ser parcelado em até três vezes com intervalo de 30 dias entre aplicações, juntamente com a adubação nitrogenada de cobertura.

**Tabela 4.** Recomendação de adubação potássica para o estabelecimento de pastagens em sistemas de diferente nível tecnológico, considerando a disponibilidade de potássio.

Nível tecnológico	Disponibilidade de K <sup>(1)</sup>		
	Baixa	Média	Alta
	K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Baixo	20	0	0
Médio	40	20	0
Alto	60	30	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Nitrogênio

Após a implantação do pasto, aplicar o nitrogênio (N) em cobertura, 30 dias após a emergência das plântulas, principalmente quando apresentarem sintomas visuais de deficiência, caracterizado pelo amarelecimento generalizado. Deve-se tomar por base, independentemente do nível tecnológico, a dose de 100 kg/ha de N para a adubação de plantio. Neste caso, com dose superior a 60 kg/ha de N, o excedente deve ser aplicado em cobertura, parcelado em intervalos de aproximadamente 30 dias no período chuvoso. Basicamente, pode-se utilizar como fonte nitrogenada tanto a ureia (44% de N) quanto o sulfato de amônio (20% de N), que apesar de menos concentrado, ainda fornece o enxofre (S) (22% a 24% de S). A adubação nitrogenada pode ser realizada junto com a potássica, misturando-se os fertilizantes em suas respectivas concentrações.

## Adubação de manutenção (N, P e K)

A partir do estabelecimento da pastagem, recomenda-se avaliar anualmente a fertilidade do solo, por meio de análise química da camada arável (0 cm a 20 cm) e recomendando a reposição de P e K, conforme as quantidades indicadas nas tabelas 5 e 6.

**Tabela 5.** Recomendação de adubação fosfatada para a manutenção de pastagens.

Argila (%)	Disponibilidade de P <sup>(1)</sup>		
	Baixa	Média	Alta
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)		
Baixo nível tecnológico			
>60	40	0	0
36-60	30	0	0
15-35	20	0	0
<15	15	0	0
Médio nível tecnológico			
>60	50	30	0
36-60	40	25	0
15-35	30	20	0
<15	20	15	0
Alto nível tecnológico			
>60	60	40	0
36-60	50	30	0
15-35	40	20	0
<15	30	15	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

**Tabela 6.** Recomendação de adubação potássica para a manutenção de pastagens.

Argila (%)	Disponibilidade de K <sup>(1)</sup>		
	Baixa	Média	Alta
	K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
Baixo nível tecnológico	40	0	0
Médio nível tecnológico	100	40	0
Alto nível tecnológico	200	100	0

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Como referência para adubação nitrogenada de manutenção, recomenda-se anualmente 60 kg/ha de N. De modo geral, para pastagens estabelecidas em sistema de pastejo contínuo ou rotativo extensivo (com mais de 3 divisões), sugere-se aplicar 50 kg/ha de  $P_2O_5$ , sempre que o teor de P no solo for inferior a 10 mg/dm<sup>3</sup>, a cada 3 anos. Quanto à adubação potássica, não devem ser aplicadas de uma só vez doses maiores do que 60 kg/ha de  $K_2O$ .

## Sistemas intensivos de alto nível tecnológico

Em sistema de alto nível tecnológico com pastejo rotativo intensivo, o P é determinante na formação e na manutenção da pastagem, podendo limitar a produção de forragem e a produção animal. Porém, neste tipo de manejo, deve-se buscar a máxima produtividade da pastagem, usando-se uma forrageira de melhor valor nutritivo, com a aplicação conjunta de N, P e K.

O P deve ser aplicado sempre de uma só vez, em cobertura, no início do período chuvoso, após o rebaixamento do pasto pelos animais e seguido do controle das plantas invasoras. Juntamente com o P, o N e o K podem ser aplicados de uma única vez, no mesmo período. Se as doses de N e K a serem aplicadas na adubação de manutenção forem maiores do que 60 kg/ha, deve ser feito o parcelamento das aplicações. Em algumas situações, pode-se realizar uma adubação mais concentrada no final do período chuvoso, visando estender a quantidade e qualidade da forragem produzida já na estiagem. A adubação N, P e K de manutenção será superficial, de forma localizada ao lado da linha de semeadura ou a lanço na área toda.

Em solos arenosos e para os níveis mais elevados de adubação potássica (acima de 100 kg/ha de  $K_2O$ ), é necessário que esta seja feita com cautela. Nesses casos, recomenda-se que a adubação seja feita de forma parcelada em três vezes na estação chuvosa, uma vez que o K está presente como íon monovalente, de grande mobilidade no solo, podendo ocorrer lixiviação para camadas mais profundas do solo fora do alcance das raízes, ocasionando perdas econômicas e prejuízos ambientais. Portanto, é imperativo que haja um acompanhamento rigoroso nos níveis de K no solo e que seja verificada sua resposta à adubação anualmente.

A adubação nitrogenada varia muito de acordo com a intensificação do sistema implantado, uma vez que este nutriente é o mais eficientemente convertido em produção de forragem, melhorando o vigor de rebrota, promovendo o crescimento das folhas, aumentando a superfície fotossintética e elevando a capacidade de suporte das pastagens. Aumentos de produtividade entre 20 kg e 80 kg de MS por quilo de N aplicado são relatados na literatura, de forma que, para atingir elevadas taxas de lotação, é necessário que o produtor aplique o fertilizante de forma gradual e parcelada na estação chuvosa, época mais propícia ao seu uso. Níveis de adubação variando de 50 kg até 600 kg de N por hectare por ano podem ser aplicados, variando em eficiência de acordo com as condições climáticas e de manejo pré-estabelecidas.

Dessa forma, o uso de N em pastagens deve ser feito de forma racional, pois elevadas perdas do nutriente podem ocorrer por meio da lixiviação ou volatilização, sendo este o principal fator para reduzida resposta à adubação nitrogenada em diversos casos. De forma geral, é importante que a aplicação do

nutriente seja realizada em momentos de chuva constante (acima de 10 mm) e no momento em que a planta mais responde à adubação, que ocorre na rebrota, principalmente nos três primeiros dias após o pastejo.

## **Micronutrientes em pastagens**

Os níveis de adubação com micronutrientes em pastagens ainda não estão bem estabelecidos, de forma que tem sido recomendada a adubação com micronutrientes anualmente até uma vez a cada 3 anos, de acordo com os níveis de micronutrientes obtidos na análise de solo. Em geral, recomenda-se realizar adubações com aproximadamente 50 kg/ha de fontes de elementos traços fritados (FTE). As fritas mais recomendadas para pastagens são: FTE BR12, BR13 e BR15.

# Gramados ornamentais e jardins

---

*João Elias Lopes Fernandes Rodrigues*

*Sonia Maria Botelho*

## Calagem

Efetuar a calagem 30 dias antes do plantio, com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60%, podendo ser calculada a necessidade de calcário, pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = CTC (V_2 - V_1) / PRNT$$

Em que:

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7 =  $(H^+ + Al^{3+})$ .

SB =  $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_2$  = saturação de bases desejada (60%).

$V_1$  = saturação por bases atual do solo =  $100 \text{ SB}/\text{CTC}$ , em %.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A quantidade de calcário pode ser indicada também pelo método de neutralização do alumínio (Al) trocável e elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo até  $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , em solos leves e  $3,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , nos solos de textura mais pesada, podendo ser calculada pela seguinte equação:

$$NC \text{ (t/ha)} = 2 \text{ ou } 3 \times Al^{3+} + [(2 \text{ ou } 3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})) \times f]$$

Em que:

$$f = 100/\text{PRNT}.$$

O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado por ocasião do preparo do solo. O preparo da área deve ser mecanizado, a distribuição do calcário efetuada a lanço e sua incorporação realizada com arado e grade, a uma profundidade de 20 cm a 30 cm, para permitir maior volume de solo corrigido.

## Gramados a serem implantados

Na região em que os índices pluviométricos são mais concentrados nos primeiros meses do ano, para melhor aproveitamento dos fertilizantes, após o preparo do solo, inicialmente, deve-se realizar o plantio da grama e, após seu estabelecimento, efetuar a calagem e as adubações em cobertura. Esse procedimento deve também ser usado para gramados já formados ou estabelecidos. Isto porque, no caso de solos arenosos ou com baixo teor de matéria orgânica, mesmo que o calcário seja de boa qualidade, podem ocorrer perdas para as camadas mais profundas do solo.

As doses totais recomendadas (Tabela 1) devem ser divididas em duas parcelas iguais e aplicadas em cobertura. A primeira deve ser aplicada 30 dias após a calagem e a segunda, 60 a 90 dias após a primeira.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação para gramados já formados, em função da análise do solo.

N (kg/ha)	P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> trocável (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	0-10	11-30	>30	0-40	41-90	>90
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			K <sub>2</sub> O (kg/ha)		
50	140	100	70	100	70	50

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

## Manutenção do gramado

Após a implantação e estabelecimento do gramado, realizar cortes na grama, quando necessário, tendo o cuidado de espalhar sobre o gramado, de forma mais uniforme possível, a massa verde oriunda do corte, com objetivo de reciclar ao solo a matéria orgânica.

## Adubação de manutenção

Repetir, se possível, nos anos subsequentes, essa mesma adubação, tendo como base a análise do solo, seguindo as recomendações contidas na Tabela 1.

# Gramado esportivo

Walter Vellasco Duarte Silvestre

## Escolha da espécie de grama

As espécies de grama mais plantadas no Brasil para gramados esportivos profissionais são a *Zoysia japonica* (esmeralda-imperial) e a *Cynodon* spp. (grama bermuda 'Celebration').

## Adubação de base na produção de grama

As espécies de grama possuem demandas nutricionais específicas, como outras espécies vegetais, necessitando de macronutrientes e micronutrientes que são indispensáveis ao seu bom desenvolvimento. No Brasil, as espécies de gramas produzidas mais comuns apresentam demandas nutricionais diferenciadas e as do gênero *Cynodon* apresentam maior velocidade de crescimento, sendo, portanto, mais exigentes em nutrientes.

**Tabela 1.** Classificação da exigência nutricional de espécies de gramas.

Espécie	Nível de exigência nutricional
Batatais	Baixa
São Carlos	Baixa
Santo Agostinho	Média
Esmeralda	Média
<i>Seashore paspalum</i>	Média
Bermuda	Alta
Bermuda híbrida	Alta

Fonte: Adaptado de Carrow et al. (2001) e Christians (1998).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelas gramas, proporcionando grande crescimento da parte aérea, aumentando a densidade de folhas, consequentemente, proporcionando um maior recobrimento do solo. O potássio (K) é o segundo macronutriente mais exigido pelas gramas e tem uma relação direta como regulador hídrico, o que é de fundamental importância para as plantas. Apesar de ser um dos macronutrientes menos exigidos pelas gramas, o fósforo (P) possui grande importância por fazer parte de várias biomoléculas nas plantas, principalmente nas relacionadas com armazenamento e transferência de energia.

Atualmente, para a implantação de gramado esportivo (campo de futebol), recomenda-se que a base do solo para a colocação da grama viva seja feita em uma camada de areia textura média, independentemente se o gramado vai ser implantado em placas, maxi rolo, plugs ou sementes. Portanto, nesse caso, a recomendação, com base na análise química do solo, fica prejudicada, já que a espessura da camada de solo poderá subestimar as necessidades nutricionais da grama. Nesse caso, recomenda-se aplicar as quantidades de nutrientes para formação do gramado indicadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidade e forma de aplicação de macronutriente para a fase de formação de gramado.

Nutriente	Quantidade a aplicar (kg/ha)	Forma de aplicação
N	300 a 400	Parcelar de 3 a 4 vezes no ciclo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	137 a 229	Dose única
K <sub>2</sub> O	180 a 240	Parcelar de 3 a 4 vezes no ciclo

## Manutenção de gramado esportivo

Após o estabelecimento de um gramado esportivo, algumas ações são indispensáveis, como o corte da grama com frequência, utilizando-se uma altura padrão recomendada para cada espécie. Para a esmeralda-imperial, recomenda-se o corte entre 25 mm e 50 mm de altura e para a grama bermuda 'Celebration' entre 15 mm e 30 mm de altura. Após o corte, recomenda-se a retirada das aparas (grama cortada) do gramado, para evitar a formação de colchão de resíduo orgânico na base do solo, o que é um dos grandes responsáveis pelo fim da vida útil de um gramado, além de colocar em risco a integridade física dos atletas.

O excesso de material orgânico na superfície do gramado proporciona a diminuição da disponibilidade de oxigênio do solo, o que é extremamente comprometedor para o desenvolvimento da grama, que demanda altos níveis de oxigênio do solo para ter um bom crescimento vegetativo. Além disso, pode haver o comprometimento da condutividade hidráulica do solo (drenagem), o que, em gramado esportivo, deve ocorrer em menor intervalo de tempo possível, permitindo que haja maior velocidade de infiltração básica (VIB). A VIB pode ser comprometida pelos altos teores de matéria orgânica, dada a sua elevada característica higroscópica, armazenando água no solo, evitando que a mesma chegue na camada drenante e deixando o solo encharcado por mais tempo.

## Adubação de manutenção

Para nortear a prática da adubação, além da análise química do solo, outros recursos podem ser utilizados, como a diagnose foliar e os métodos não destrutivos, que tem como base a medida indireta da clorofila, por meio do equipamento chamado clorofilômetro. A base da medição dessas tecnologias refere-se à quantidade de luz absorvida, transmitida ou refletida pelas moléculas de clorofila das gramas, que se correlacionam diretamente com o teor de clorofila das folhas e, conseqüentemente, com o teor de N, uma vez que boa parte do N nas folhas encontra-se nos cloroplastos e clorofila. Nas Tabelas 3 e 4, são apresentados alguns valores de referência para os principais tipos de grama usados no Brasil.

**Tabela 3.** Faixas de teores adequados de macronutrientes e micronutrientes em folhas de diferentes gramas.

Nutriente	Faixas de teor de nutrientes	
	Esmeralda	Bermudas
Macronutrientes (g/kg)		
N	20-24	40-60
P	1,9-2,2	2,5-6,0
K	11-13	15-40
Ca	4-6	5-10
Mg	1,3-1,5	1,3-4,0
S	3,2- 3,7	2,0-5,0
Micronutrientes (mg/kg)		
Fe	188-318	50-500
B	6-11	6-30
Mn	25-34	25-300
Zn	36-55	20-250
Cu	2-4	5-50

**Tabela 4.** Índices de referência de coloração verde adequados em folhas de grama.

Métodos não destrutivos <sup>(1)</sup>	Valores de referência	
	Esmeralda	Bermudas
Spad	33,9	-
Scout	258	445
Matriz	86	103
ICVE	0,50	0,63

<sup>(1)</sup> Spad - medida indireta de clorofila obtida pelo clorofilômetro SPAD-502; Scout - medida indireta de clorofila obtida pelo clorofilômetro CM 1000; Cor G matriz (H); ICVE - índice de cor verde-escuro da folha.

Fonte: Adaptado de Godoy (2005), Backes (2008) e Lima (2009).

Quando os valores dos resultados da análise foliar estiverem abaixo das faixas de teores de nutrientes apresentados na Tabela 3 ou abaixo dos valores de referência obtidos por métodos não destrutivos, apresentados na Tabela 4, recomenda-se realizar adubação de manutenção de acordo com as quantidades indicadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Adubação de manutenção recomendada para gramados esportivos em função do tipo de grama.

Espécie de grama	Quantidade do nutriente a ser aplicada (g/m <sup>2</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Esmeralda	20	34	18
Bermuda	25	46	24

Quando não se dispuser de algum dos critérios acima, pode-se utilizar um procedimento prático para o manejo de adubação do gramado esportivo, com base no volume ou na massa de aparas de grama geradas após o corte, que, dependendo do volume produzido, possui uma relação direta com o estado nutricional do gramado. Em campos oficiais, com dimensões de 68 m x 105 m,

após a adubação (em torno de 15 dias), são colhidos, em média, o equivalente a 38 sacos de 100 L de aparas por ocasião do corte, quando realizado em uma altura de 25 mm. Esse volume vai diminuindo gradativamente ao longo do tempo e, quando chega em média aos 25 sacos, indica que uma nova adubação deve ser realizada. A partir desse indicativo, recomenda-se realizar a adubação de manutenção, aplicando-se as quantidades de nutrientes apresentadas na Tabela 5.

Quanto à adubação com micronutrientes, deve-se recorrer à análise foliar, identificar o nutriente que se encontra deficiente e então fazer a reposição, adotando-se a recomendação conforme o quadro a seguir na Tabela 6.

**Tabela 6.** Fertilizantes e doses de micronutrientes a ser aplicada em gramados estabelecidos.

Micronutriente	Doses do fertilizante (mg/m <sup>2</sup> )	Fertilizante
Ferro	1.220	Sulfato ferroso (20% Fe)
Manganês	1.220	Sulfato manganoso (26%-28% Mn)
Zinco	490	Sulfato de zinco (35% Zn)
Cobre	15	Sulfato de cobre (25% Cu)
Boro	10	Ácido bórico (17% B)
Molibdênio	5	Molibdato de sódio (47% Mo)

Fonte: adaptado de Christians (2011).

## Referências

BACKES, C. **Aplicação e efeito do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama Esmeralda**. 2008. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CARROW, R. M.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. **Turfgrass soil fertility and chemical problem: assessment and management**. Chelsea: Ann Arbor Press, 2001. 400 p.

CHRISTIANS, N. E. **Fundamental of turfgrass management**. Chelsea: Arbor, 1998. 301 p.

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama Santo Agostinho e esmeralda**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LIMA, C. P. **Nutrição, produção e qualidade de tapetes de grama bermuda e esmeralda influenciados pela adubação nitrogenada**. 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

## Literatura recomendada

BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P. de; GODOY, L. J. G. de; BÜLL, L. T.; SANTOS, A. J. M. Estado nutricional em nitrogênio de grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilometro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Revista Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 662-668, 2010.

GODOY, L. J. G.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; SANTOS, A. J. M. **Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas**. Botucatu: Ed. FEPAF, 2012. 146 p.



## PARTE 8

# Recomendações de calagem e adubação para espécies florestais



# Eucalipto

---

*Jonas Elias Castro da Rocha*  
*Marcos André Piedade Gama*  
*Edilson Carvalho Brasil*  
*Michael Douglas Roque Lima*  
*Udson de Oliveira Barros Junior*

## Espaçamento

O espaçamento pode variar de 3 m x 2 m (1.666 plantas por hectare) a 3 m x 3 m (1.111 plantas por hectare), dependendo do objetivo do reflorestamento.

## Calagem

A calagem deve ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio e a necessidade de calcário deve ser calculada com base nos resultados da análise do solo, utilizando-se um dos critérios apresentados a seguir.

## Saturação por bases

O calcário pode ser calculado em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial do solo para 50%, utilizando a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

PRNT = poder relativo de neutralização total, em porcentagem (%) - Índice de qualidade do calcário que será adquirido.

CTC = capacidade de troca de cátions, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .  $CTC = SB + (H^+ + Al^{3+})$ .

SB = soma de bases, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = saturação por bases, calculado a partir da análise de solo.  $V_1 = 100 SB/CTC$ .

$V_2$  = saturação por bases desejada, mínimo de 50%.

## Neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Nesse caso, a quantidade de calcário leva em consideração a neutralização do alumínio (Al) trocável do solo e mais a elevação dos teores de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e

magnésio ( $Mg^{2+}$ ), para atender às necessidades nutricionais da planta, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = (Y \times Al) + [2 - (Ca + Mg)]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT = 100%.

Al = Alumínio trocável no solo, em  $cmol/dm^3$ , obtido na análise do solo.

Ca + Mg = teor de cálcio mais magnésio, em  $cmol/dm^3$ , obtidos na análise do solo.

O valor Y é uma variável em função da textura do solo:

Y = 1,5 para solos de textura média (até 35% de argila).

Y = 2 para solos argilosos (35%–60% de argila).

Y = 3 para solos argilosos (> 60% de argila).

A aplicação do calcário deve ser feita em área total, quando realizada antes do plantio. Para calagem na fase de manutenção do cultivo, a aplicação deve ocorrer em faixas, que dependerá da largura das entrelinhas de plantio e do implemento distribuidor de corretivo.

## Programa de adubação

As quantidades de nitrogênio (N),  $P_2O_5$  e  $K_2O$  utilizadas no programa de adubação do eucalipto (Tabela 1) são recomendadas com base na análise química do solo. A adubação fosfatada de plantio pode ser aplicada por até duas fontes: a) dose necessária de  $P_2O_5$  por fonte solúvel (superfosfato triplo ou superfosfato simples) no plantio; b) dose necessária, com parte do  $P_2O_5$  sendo aplicado na forma de fosfato natural reativo, durante subsolagem, e o restante por fonte solúvel associada ao N e  $K_2O$ , em até 10 dias após o plantio das mudas. Para qualquer uma das situações acima, aplicar 30 g por planta de FTE BR-12 ou outra fonte de micronutrientes. Após o plantio, as adubações com N e  $K_2O$  devem ser divididas em três parcelas, com fontes solúveis.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para o eucalipto, em função da análise de solo.

Época	N (kg/ha)	P no solo ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $mg/dm^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-5	6-10	11-15	0-30	31-60	>60
		$P_2O_5$ (kg/ha)			$K_2O$ (kg/ha)		
Plantio (até 10 dias)	10	60	50	30	10	10	0
Cobertura (3 a 4 meses)	20	20	10	0	40	20	10
Manutenção (12 meses)	40	20	0	0	80	40	20
Manutenção (24 meses)	50	0	0	0	100	40	20

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando o teor de fósforo (P) no solo for superior a 15 mg/dm<sup>3</sup> e o de potássio (K) for 50% maior do que o limite superior estabelecido na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

O fertilizante fosfatado pode ser aplicado em pelo menos quatro formas: a) no fundo da cova (áreas não mecanizadas), em sulcos de plantio (junto com a subsolagem), em covetas laterais ao lado das plantas (em fase inicial de crescimento até 6 meses) e superficialmente em círculos ou semicírculos, no entorno das plantas. A aplicação junto com a subsolagem deve ser realizada em filete contínuo dentro do sulco a 15 cm da superfície do solo.

Antes da adubação, é importante realizar o controle de ervas daninhas, facilitando a aplicação e o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas de eucalipto. A época mais propícia para aplicação dos fertilizantes é no início e final da estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica apresenta menor intensidade.

Considerando o ciclo de corte do eucalipto, a especificidade de cada material genético, a interação do genótipo x ambiente e as condições climáticas, é recomendável proceder o monitoramento da fertilidade do solo entre os 1,5 e 3 anos após o plantio, bem como o estudo de demandas nutricionais das plantas, para ajustes no programa de adubação.



# Mogno-africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.)

---

Italo Claudio Falesi

Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt

## Introdução

O estabelecimento de um empreendimento agrícola ou florestal requer conhecimento sobre o emprego adequado de práticas de manejo e de insumos, na expectativa de o produtor obter melhores colheitas, no menor espaço de tempo e com menos custo.

O mogno-africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.) pertence à família botânica Meliaceae, a mesma do mogno-latino-americano, também conhecido como mogno-verdadeiro (*Swiethenia macrophylla*), andiroba (*Carapa guianensis*), cedro (*Cedrela* sp.), cedro-australiano (*Toona ciliata*), além de outras. O gênero *Khaya* abrange 17 espécies florestais, das quais quatro produzem madeira de elevado valor comercial, são elas: *Khaya ivorensis*, *K. anthotheca*, *K. grandifoliola* e *K. senegalensis*. Dentre essas, as que apresentam melhor cotação no mercado internacional são *K. ivorensis*, *K. anthotheca* e *K. grandifoliola*, tanto no aspecto fenotípico, quanto nas características físico-mecânicas da madeira.

É uma árvore de elevado porte, caducifólia nos climas áridos, podendo atingir alturas de até 40 m e DAP (a 1,30 m) de até 200 cm na idade adulta e nos bosques naturais africanos. O tronco é retilíneo, livre de ramificações até a saída da copa e suas raízes são vigorosas e abundantes de forma tabular. A copa possui uma folhagem bastante ampla e a casca do caule é espessa e rugosa de coloração marrom-avermelhada. A florada abundante é formada por flores pequenas e brancas dispostas em panículas. O fruto é uma cápsula de coloração acastanhada medindo de 4 cm a 7 cm de diâmetro. Quando maduro, suas cinco valvas se abrem, desprendendo sementes achatadas e aladas com 3,2 cm de comprimento por 2,3 cm de largura (Lamprecht, 1990).

O mogno-africano foi introduzido no Brasil em outubro de 1975, no estado do Pará, quando o então diretor do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (Ipean, atualmente Embrapa Amazônia Oriental), Italo Claudio Falesi, em audiência com um representante do Ministério de Águas e Florestas da Costa do Marfim, recebeu oito sementes de *K. grandifoliola*, com a seguinte recomendação: “Plante que será o ouro do futuro”. Dessas sementes, apenas seis germinaram e foram plantadas nas dependências da instituição. Atualmente, as quatro árvores remanescentes apresentam porte exuberante com DAP médio de 1,38 m e altura

média de fuste de 12 m. Destaca-se que essas árvores matrizes forneceram, no período de 1999 até 2013, cerca de 450 kg de sementes, o equivalente a 1,3 milhão de sementes, correspondendo a uma área plantada aproximada de 2,6 mil hectares, sendo disseminada para produtores rurais dos diversos estados do Brasil.

A *K. grandifoliola* vem despertando grande interesse por parte dos empresários rurais no estado do Pará, além de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, com ocorrência de cultivos em quase todos os estados brasileiros, em virtude do rápido crescimento e principalmente pelo elevado valor comercial em nível internacional e, mais ainda, pela beleza da madeira e de suas características físico-mecânicas que a torna fácil de trabalhar (Falesi; Baena, 1999). Por essas vantagens, a espécie está sendo usada em cultivos puros e em sistemas agroflorestais (SAF), na recuperação sustentável de áreas antropizadas, outrora com cobertura florestal ou de cerrado.

## Espaçamento

O mogno-africano foi inicialmente cultivado no estado do Pará, com espaçamentos diversos, variando entre 4 m x 4 m e 6 m x 6 m, em cultivos solteiros, e espaçamentos superiores a 8 m x 8 m, quando implantado como componente de sistemas integrados como SAF ou ILPF. Com a implantação de cultivos em diferentes espaçamentos, foi possível verificar que a espécie possui pouca tendência ao esgalhamento precoce, não havendo necessidade de adensamento inicial para alcançar boa formação da altura comercial. Resultados preliminares indicam que os maiores incrementos dendrométricos foram encontrados com a adoção de espaçamentos superiores a 5 m x 5 m, como 6 m x 6 m, 7 m x 6 m, 7 m x 7 m e até 10 m x 10 m (Soranso et al., 2016), em cultivos solteiros.

## Análises de solo

A análise de solo é fundamental e indispensável para a definição das quantidades de corretivos de acidez do solo e de fertilizantes contendo macronutrientes e micronutrientes à cultura. No entanto, algumas características dos solos do estado do Pará merecem atenção especial por ocasião do cultivo do mogno. Deve-se destacar que, em uma vasta extensão de terras situada no litoral brasileiro, estendendo-se desde o município de Campos, no Rio de Janeiro, até o município de Bragança, no Pará, ocorrem solos conhecidos como Tabuleiros, Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarenicos Órticos latossólicos (por exemplo, areias quartzosas), que apresentam uma camada adensada, coesa, a partir de 20 cm, estendendo-se até 70 cm ou, excepcionalmente, a maiores profundidades (Jacomine, 2001). Essa camada coesa determina impedimento para o crescimento das raízes em profundidade, especialmente a pivotante de sustentação, causando em consequência o atrofiamento ou o crescimento lateral do sistema radicular.

A intensidade dessa camada adensada pode ser avaliada por meio de análise física do solo, pela determinação da densidade aparente, que representa um importante atributo para indicar o estágio de compactação do solo. Onde ocorre densidade elevada (acima de 1,3 g/cm<sup>3</sup>), as raízes encontram acentuada

dificuldade de penetração, prejudicando a sustentação da futura árvore. Nesse caso, a subsolagem na linha de plantio pode ser uma prática agrícola muito necessária, visando criar condições no solo para permitir maior aprofundamento das raízes, principalmente da pivotante de sustentação, podendo favorecer, ainda, a infiltração de água para camadas mais profundas, com benefícios diretos às plantas cultivadas. O resultado da análise de densidade aparente é fundamental também para se determinar a profundidade da cova de plantio.

## Calagem

A calagem deve ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio e a quantidade de calcário deve ser calculada com base nos resultados da análise química do solo, utilizando-se um dos critérios apresentados a seguir.

### Saturação por bases

O calcário pode ser calculado em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial do solo para 50%, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

PRNT = qualidade do calcário representado pelo poder relativo de neutralização total, em porcentagem.

CTC = capacidade de troca de cátions, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $CTC = SB + (H^+ + Al^{3+})$ .

SB = soma de bases,  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = valor inicial da saturação por bases do solo antes da calagem,  $V_1 = 100 SB/CTC$ .

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada, em valores entre 30% e 50%.

### Neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Neste caso, a quantidade de calcário leva em consideração a neutralização do alumínio (Al) trocável do solo e mais a elevação dos teores de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ), para atender às necessidades nutricionais da planta, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = (Y \times Al) + [2 - (Ca + Mg)]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

Al = teor de alumínio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Ca + Mg = teor de cálcio mais magnésio obtidos pela análise do solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

O valor Y é uma variável em função da textura do solo:

Y = 1 para solos arenosos (< 15% de argila).

Y = 1,5 para solos de textura média (15% a 35% de argila).

Y = 2 para solos argilosos (>35% de argila).

Em cultivo solteiro, a aplicação do calcário pode ser realizada em faixas de 2,0 m de largura ao longo das linhas de plantio, procedendo-se a incorporação com grade. No caso de cultivo consorciado ou em SAFs, a aplicação do calcário pode ser feita em área total e posterior incorporação.

## Programa de adubação

Recomenda-se a adubação de transplantio, utilizando-se covas com dimensões de 50 cm largura, 50 cm de comprimento e 60 cm de profundidade, além de fornecimento de nutrientes, matéria orgânica e água, indispensáveis ao bom crescimento da planta, em consequência da expansão do sistema radicular.

### Adubação de cova

Aplicar no fundo da cova 100 g de calcário dolomítico e 6 kg a 8 kg de esterco curtido (galinha, ovinos ou bovinos). Sobre o adubo orgânico, distribuir mais 100 g de calcário dolomítico. Sobre esses insumos, adicionar uma mistura de dois terços de terra preta peneirada e um terço de esterco curtido, até atingir 20 cm da superfície do solo. Nesse local, distribuir 100 g de superfosfato simples, ou 40 g de MAP ou 45 g de superfosfato triplo e mais ainda 50 g de KCl. Completa-se a formação desse substrato com a terra preta retirada da cova.

O transplantio da muda deve ser efetuado, preferencialmente, no início do período chuvoso, para que a planta se beneficie da maior disponibilidade de água durante esses meses do ano. As quantidades de nitrogênio (N),  $P_2O_5$  e  $K_2O$  a serem aplicadas após a adubação de cova encontram-se indicadas na Tabela 1, com base nos resultados de análise de solo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para o mogno-africano, em função da análise de solo.

Época	N (g por planta)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-5	6-10	11-15	0-30	31-60	>60
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g por planta)			K <sub>2</sub> O (g por planta)		
Cova		20			60		
1º ano	50	50	35	15	100	80	50
2º ano	95	60	40	15	180	140	90
3º ano	95	310	195	80	250	200	125
4º ano	185	130	85	35	185	145	95
5º ano	125	200	125	50	170	135	85
6º ano	130	130	80	35	130	100	65

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando o teor de fósforo (P) no solo for superior a 15 mg/dm<sup>3</sup> e o de potássio (K) for 50% maior do que o limite superior estabelecido na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

No primeiro ano, a adubação nitrogenada deve ser parcelada em três vezes, sendo a primeira aplicação aos 40 dias após o transplântio (20 g de N por planta); a segunda aos 100 dias (aplicar 15 g de N por planta), e a terceira aos 150 dias (aplicar 15 g de N por planta). A adubação fosfatada deve ser aplicada de uma única vez, juntamente com a primeira aplicação da adubação nitrogenada. A adubação potássica deve ser parcelada em duas vezes, juntamente com a primeira (60% da quantidade total) e a terceira (40% da quantidade total) aplicações da adubação nitrogenada.

Do segundo ano de adubação até o sexto ano, parcelar o total de nutrientes em três aplicações, sendo a primeira no início do período chuvoso, a segunda no meado deste período e a terceira pelo menos 1 mês antes do final das chuvas.

O fertilizante fosfatado deve ser aplicado em uma ou duas operações, juntamente com as primeiras parcelas dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, distribuído de maneira uniforme em sulco de subsolagem, no caso do fosfato natural reativo, e próximo da planta em covetas laterais ou em semicírculo. A prática da subsolagem deve ser realizada para atingir pelo menos a profundidade de 60 cm, para eliminar camada adensada que geralmente ocorre em subsuperfície.

Antes da adubação, é importante realizar o controle de ervas daninhas, visando facilitar a aplicação e o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas de mogno-africano.

Recomenda-se a prática da cobertura morta no final das chuvas, distribuída na área da coroa da planta, em círculo de 1 m de raio. Essa prática proporciona importante benefício para a planta, reduzindo a evapotranspiração na zona das raízes, equilibra a temperatura do solo, recicla nutrientes e contribui para a supressão da vegetação invasora na coroa, evitando concorrência com água e nutrientes.

## Adubação foliar

Como as raízes das plantas, as folhas têm capacidade de absorver os nutrientes colocados na forma de solução em suas faces, principalmente a ventral (Rosolem, 1984). Deve-se salientar que a adubação foliar não substitui a usualmente utilizada no solo, entretanto, uma de suas vantagens é o elevado índice de utilização pelas plantas dos nutrientes aplicados nas folhas, quando comparados com a adubação de solo. Na adubação foliar usa-se menores quantidades de nutrientes, que são de imediato absorvidos pelas folhas, corrigindo rapidamente as suas deficiências. Deve-se dar especial atenção às brotações novas, pela maior capacidade de absorção que as mais velhas.

Na operação da adubação foliar, deve-se preferir as primeiras horas do dia, pela manhã, evitando-se a queima dos folíolos, entretanto, desde que as umidades do ar e do solo sejam elevadas, pode se aplicar a qualquer hora do dia (Volkweiss, 1991). Sugere-se o uso de fertilizantes que contenham macronutrientes e micronutrientes, como o produto comercial cuja composição química está exposta na Tabela 2.

**Tabela 2.** Nutrientes e suas concentrações em produto comercial, utilizados para adubação foliar.

Nutriente	Concentração (%)	Quantidade a dissolver para preparo de solução padrão (g/L)
Nitrogênio total	6,0	70,20
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em H <sub>2</sub> O)	4,0	46,80
Potássio (K <sub>2</sub> O)	4,0	46,80
Magnésio (Mg)	0,5	5,85
Enxofre (S)	1,0	11,70
Boro (B)	0,02	0,234
Cloro (Cl)	0,3	3,51
cobalto (Co)	0,02	0,234
Cobre (Cu)	0,05	0,585
Ferro (Fe)	0,1	1,17
Manganês (Mn)	0,05	0,585
Molibdênio	0,01	0,117
Zinco (Zn)	0,1	1,17

Na utilização de produtos com essa composição ou similares, sugere-se a diluição na proporção de 1 mL da solução padrão para 1 L de água, para fazer a calda. Aplicar aproximadamente 250 mL de calda por planta.

## Referências

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-Africano *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61636/1/Oriental-Doc4.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2017.

JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 19-46.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos:** Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

ROSOLEM, C. A. Adubação foliar. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1984. p.419-450.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. G. M.; ARANTES, M. D. C. Variabilidade física e anatômica da madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24).

VOLKWEISS, S. J. Fontes e método de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS: CNPq, 1991. p. 391-412.

# Parapará (*Jacaranda copaia* Aublet D.Don)

---

*Italo Claudio Falesi*

*Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt*

*Edilson Carvalho Brasil*

## Introdução

O parapará é uma espécie pertence à família Bignoniaceae, que apresenta rápido crescimento, sem lançamentos de ramificações e ocorre em florestas naturais da Amazônia, em solos de baixa fertilidade. Por essas características, tem sido indicado para reflorestamento e plantio no sistema iLPF. A madeira é adequada para produção de laminados e também destinada à polpa para papel (Kanashiro; Yared, 1991).

## Espaçamento

Os espaçamentos testados com utilização de calendário de adubação (Galeão et al., 2003) foram de 2,5 m x 2,5 m em plantio puro (aos 7 anos de idade com 13 m de altura média e DAP médio de 13,6 cm) e de 4 m x 4 m em ILPF (altura média de 17 m, IMA de 3,05 cm/ano e DAP médio de 20,63 cm).

## Análises de solo

A análise de solo é uma importante ferramenta para a correção da acidez do solo e para a aplicação de fertilizantes minerais à cultura. Porém, essa análise não permite diagnosticar determinadas situações que ocorrem em alguns tipos de solos conhecidos como Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarenicos Órticos latossólicos (por exemplo, areias quartzosas), que apresentam uma camada adensada e coesa, a partir de 20 cm, que se estende até cerca de 70 cm, podendo ocorrer em maiores profundidades (Jacomine, 2001). Essa característica física dificulta o crescimento das raízes em profundidade, especialmente a pivotante de sustentação, causando o atrofiamento e o crescimento lateral do sistema radicular.

A detecção dessa camada adensada pode ser realizada pela determinação da densidade aparente do solo, que permite indicar o grau de compactação do solo. Em caso de solo com valor de densidade aparente acima de 1,3 g/cm<sup>3</sup>, as raízes encontram dificuldade de penetração, prejudicando a sustentação da futura árvore. Nesse caso, deve-se utilizar a prática da subsolagem na linha de plantio, visando dar condições ao solo para permitir maior aprofundamento das raízes,

principalmente da pivotante de sustentação, favorecendo a infiltração de água para camadas mais profundas, com benefícios diretos às plantas cultivadas.

## Calagem

A calagem deve ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio e a quantidade de calcário deve ser calculada com base nos resultados da análise do solo, utilizando-se um dos critérios apresentados a seguir.

### Saturação por bases

O calcário pode ser calculado em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial do solo para 50%, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ ha, com PRNT corrigido para 100%.

PRNT= qualidade do calcário representado pelo poder relativo de neutralização total, em porcentagem.

CTC = capacidade de troca de cátions, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $CTC = SB + (H^+ + Al^{3+})$ .

SB = soma de bases,  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = valor inicial da saturação por bases do solo antes da calagem,  $V_1 = 100 SB/CTC$ .

$V_2$  = valor da saturação por bases desejada, mínimo de 50%.

### Neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Nesse caso, a quantidade de calcário leva em consideração a neutralização do alumínio (Al) trocável do solo e mais a elevação dos teores de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ), para atender às necessidades nutricionais da planta, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = (Y \times Al) + [2 - (Ca + Mg)]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

Al = teor de alumínio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Ca + Mg = teor de cálcio mais magnésio obtidos pela análise do solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

O valor Y é uma variável em função da textura do solo:

Y = 1 para solos arenosos (<15% de argila).

Y = 1,5 para solos de textura média (15% a 35% de argila).

Y = 2 para solos argilosos (>35% de argila).

Em cultivo solteiro, a aplicação do calcário pode ser realizada em faixas de 2,0 m de largura ao longo das linhas de plantio, procedendo-se a incorporação com grade. No caso de cultivo consorciado ou em ILPF, a aplicação do calcário pode ser feita em área total e posterior incorporação.

## Programa de adubação

Tomando-se como base os resultados das análises representativas do solo, procede-se a definição dos corretivos e fertilizantes e as respectivas dosagens a serem aplicadas por plantas. Recomenda-se a prática de adubação desde o momento do transplântio das mudas em covas com as dimensões de 30 cm de largura, 30 cm de comprimento e 50 cm de profundidade, com o objetivo de ultrapassar a camada coesa, adensada, bem como criar condições favoráveis para a expansão do sistema radicular, dando condições favoráveis ao fornecimento de nutrientes, matéria orgânica e água, indispensáveis ao bom crescimento da planta.

### Adubação de cova

Aplicar no fundo da cova 100 g de calcário dolomítico e 6 kg a 8 kg de esterco curtido (galinha, ovinos ou bovinos). Sobre o adubo orgânico, distribuir mais 100 g de calcário dolomítico. Adicionar uma mistura de dois terços de terra preta peneirada e um terço de esterco curtido, até atingir 20 cm da superfície do solo. Nesse local, distribuir 100 g de superfosfato simples, ou 40 g de MAP ou 45 g de superfosfato triplo e mais ainda 50 g de KCl.

Completa-se a formação desse substrato com a terra preta retirada da cova. O transplântio das mudas deve ser efetuado, preferencialmente, no início do período chuvoso para que a planta se beneficie da irrigação natural durante esses meses do ano. As quantidades de nitrogênio (N),  $P_2O_5$  e  $K_2O$  a serem aplicadas encontram-se indicadas na Tabela 1, com base nos resultados de análise de solo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para o parapará, em função da análise de solo.

Época	N (kg/ha)	P no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>			K no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		0-5	6-10	11-15	0-30	31-60	>60
		$P_2O_5$ (kg/ha)			$K_2O$ (kg/ha)		
Plantio	-	80	50	20	40	30	20
Cobertura	50	60	40	20	40	30	20
Manutenção (12 meses)	50	60	40	20	40	30	20
Manutenção (24 meses)	40	50	30	10	40	30	15

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

A adubação fosfatada de plantio pode ser aplicada por ocasião da abertura da cova ou em cobertura. Quando a adubação for realizada na cova, recomenda-se utilizar a fonte de fósforo (P) de menor solubilidade, na forma de fosfato reativo, e, após 45 dias, realizar a aplicação da adubação de cobertura, utilizando-se uma fonte fosfatada solúvel, preferencialmente superfosfato simples, por conter enxofre (S) em sua composição. Quando o plantio for realizado por meio de subsolagem, proceder a aplicação da adubação fosfatada somente

em cobertura aos 20–30 dias após o plantio. Juntamente com a adubação fosfatada, aplicar 30 g por planta de FTE BR-12.

As adubações anuais com N e K<sub>2</sub>O devem ser divididas em três parcelas e recomenda-se, no primeiro ano, efetuar a primeira parcela juntamente com a adubação fosfatada. Quando o teor de P no solo for superior a 15 mg/dm<sup>3</sup> e o de K for 50% maior do que o limite superior estabelecido na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

O fertilizante fosfatado deve ser aplicado em uma ou duas operações, juntamente com as primeiras parcelas dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, distribuído de maneira uniforme em sulco de subsolagem, no caso do fosfato natural reativo, e próximo da planta em covetas laterais ou em semicírculo. A prática da subsolagem deve ser realizada para atingir pelo menos a profundidade de 60 cm, para eliminar camada adensada que geralmente ocorre em subsuperfície.

Antes da adubação, é importante realizar o controle de ervas daninhas, visando facilitar a aplicação e o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas de parará. A época mais propícia para aplicação dos fertilizantes é no início e final da estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica apresenta menor intensidade.

Recomenda-se a prática da cobertura morta no final das chuvas, distribuída na área da coroa da planta, em círculo de 1 m de raio. Essa prática desempenha funções fundamentais em benefício da planta, reduzindo a evapotranspiração na zona das raízes, equilibra a temperatura do solo, recicla nutrientes e contribui para a supressão da vegetação invasora na coroa, evitando concorrência com água e nutrientes.

## Referências

GALEÃO, R. R.; YARED, J. G.; CARVALHO, J. O. P. de; FERREIRA, C. A. P.; GUIMARÃES, N. M. S.; MARQUES, L. C. T.; COSTA FILHO, P. P. **Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 33 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 169).

JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 19-46.

KANASHIRO, M.; YARED, J. A. G. Experiências com plantios florestais na Bacia Amazônica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS", 1991, Curitiba. **O desafio das florestas neotropicais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Freiburg: Universidade Albert Ludwing, 1991. p. 117-137.

## Literatura recomendada

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. Parará - Jacaranda copaia. In: EMBRAPA. **Árvore do conhecimento**: Espécies arbóreas da Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2005. Disponível em: <[https://dendro.cnptia.embrapa.br/Agencia1/AG01/arvore/AG01\\_2\\_292004113718.html](https://dendro.cnptia.embrapa.br/Agencia1/AG01/arvore/AG01_2_292004113718.html)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

# Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*)

---

*Edilson Carvalho Brasil*  
*Jonas Elías Castro da Rocha*  
*Marcos André Piedade Gama*  
*Michael Douglas Roque Lima*  
*Udson de Oliveira Barros Junior*

## Espaçamento

O espaçamento pode variar de 3 m x 2 m (1.666 plantas por hectare), 3 m x 3 m (1.111 plantas por hectare), 4 m x 3 m (833 plantas por hectare) ou 4 m x 4 m (625 plantas por hectare).

## Calagem

A calagem deve ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio e a quantidade de calcário deve ser calculada com base nos resultados da análise do solo, utilizando-se um dos critérios apresentados a seguir.

## Saturação por bases

O calcário pode ser calculado em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial do solo para 50%, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

PRNT = qualidade do calcário representado pelo poder relativo de neutralização total, em porcentagem.

CTC = capacidade de troca de cátions, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $CTC = SB + (H^+ + Al^{3+})$ .

SB = soma de bases,  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = saturação por bases do solo antes da calagem,  $V_1 = 100 SB/CTC$ .

$V_2$  = saturação por bases desejada, mínimo de 50%.

## Neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Nesse caso, a quantidade de calcário leva em consideração a neutralização do alumínio (Al) trocável do solo e mais a elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), para atender às necessidades nutricionais da planta, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$\text{NC} = (\text{Y} \times \text{Al}) + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT corrigido para 100%.

Al = teor de alumínio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Ca + Mg = teor de cálcio mais magnésio obtidos pela análise do solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

O valor Y é uma variável em função da textura do solo:

Y = 1 para solos arenosos (< 15% de argila).

Y = 1,5 para solos de textura média (15% a 35% de argila).

Y = 2 para solos argilosos (>35% de argila).

Aplicar o calcário em área total ou em faixas de 1,0 m a 1,5 m de largura ao longo das linhas de plantio, procedendo-se a incorporação com grade.

## Programa de adubação

As quantidades de nitrogênio (N),  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  são indicadas na Tabela 1, com base nos resultados de análise de solo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para o paricá, em função da análise de solo.

Época	N (kg/ha)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-5	6-10	11-15	0-30	31-60	>60
		$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)			$\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)		
Plantio	-	80	50	20	40	30	20
Cobertura	50	60	40	20	40	30	20
Manutenção (12 meses)	50	60	40	20	40	30	20
Manutenção (24 meses)	40	50	30	10	40	30	15

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando o teor de P no solo for superior a  $15 \text{ mg}/\text{dm}^3$  e o de K for 50% maior do que o limite superior estabelecido na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

A adubação fosfatada pode ser aplicada por ocasião do plantio ou em cobertura. Quando a adubação for realizada na cova de plantio, recomenda-se utilizar a fonte de fósforo (P) na forma de fosfato reativo e, após 45 dias, realizar a aplicação da adubação de cobertura, utilizando-se uma fonte fosfatada

solúvel, preferencialmente superfosfato simples, por conter enxofre (S) em sua composição. Quando o plantio for realizado juntamente com a subsolagem, aplicar metade da quantidade recomendada na forma de fosfato natural reativo e o restante com fonte solúvel, em cobertura aos 20–30 dias após o transplante. Juntamente com a adubação fosfatada, aplicar 30 g por planta de FTE BR-12 ou outra fonte de micronutriente.

As adubações anuais com nitrogênio (N) e  $K_2O$  devem ser divididas em três parcelas e recomenda-se, no primeiro ano, efetuar a primeira parcela juntamente com a adubação fosfatada.

O fertilizante fosfatado pode ser aplicado no fundo da cova (áreas não mecanizadas), em sulcos de plantio (junto com a subsolagem), em covetas laterais ao lado das plantas ou superficialmente em círculos ou semicírculos no entorno das plantas. A prática da subsolagem deve ser realizada para atingir pelo menos a profundidade de 60 cm, para eliminar camada compactada ou adensada que, geralmente, ocorre em subsuperfície.

Antes da adubação, é importante realizar o controle de ervas daninhas, visando facilitar a aplicação e o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas de paricá. A época mais propícia para aplicação dos fertilizantes é no início e no final da estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica apresenta menor intensidade.



# Teca (*Tectona grandis* L. f.)

---

Marcos André Piedade Gama  
Jonas Elias Castro da Rocha  
Edilson Carvalho Brasil  
Michael Douglas Roque Lima  
Udson de Oliveira Barros Junior

## Espaçamento

O espaçamento pode variar de 3 m x 2 m (1.666 plantas por hectare), 3 m x 3 m (1.111 plantas por hectare), 2 m x 2 m (2,5 mil plantas por hectare), 2 m x 2,5 m (2 mil plantas por hectare), entre outros.

## Calagem

A calagem deve ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio e a necessidade de calcário deve ser calculada com base nos resultados da análise do solo, utilizando-se um dos critérios apresentados a seguir.

## Saturação por bases

O calcário pode ser calculado em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases inicial do solo para 50%, utilizando a seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

PRNT = poder relativo de neutralização total, em porcentagem (%) - Índice de qualidade do calcário que será adquirido.

CTC = capacidade de troca de cátions, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .  $CTC = SB + (H^+ + Al^{3+})$ .

SB = soma de bases,  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

$V_1$  = saturação por bases, calculado a partir da análise de solo.  $V_1 = 100 SB/CTC$ .

$V_2$  = saturação por bases desejada, mínimo de 50%.

## Neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Nesse caso, a quantidade de calcário leva em consideração a neutralização do alumínio (Al) trocável do solo e mais a elevação dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), para atender às necessidades nutricionais da planta, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$\text{NC} = (\text{Y} \times \text{Al}) + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha, com PRNT = 100%.

Al = Alumínio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , obtido na análise do solo.

Ca + Mg = teor de cálcio mais magnésio, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , obtidos na análise do solo.

O valor Y é uma variável em função da textura do solo:

Y = 1,5 para solos de textura média (até 35% de argila).

Y = 2 para solos argilosos (35%–60% de argila).

Y = 3 para solos argilosos (>60% de argila).

A aplicação do calcário deve ser feita em área total, quando realizada antes do plantio. Para calagem, na fase de manutenção do plantio, a aplicação deve ocorrer em faixas, que dependerão da largura das entrelinhas de plantio e do implemento distribuidor de corretivo.

## Programa de adubação

As quantidades de nitrogênio (N),  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  utilizadas no programa de adubação da teca (Tabela 1) são recomendadas com base na análise química do solo.

A adubação fosfatada de plantio pode ser aplicada por até duas fontes: a) dose necessária de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por fonte solúvel (superfosfato triplo ou superfosfato simples) no plantio; b) dose necessária, com parte do  $\text{P}_2\text{O}_5$  sendo aplicado na forma de fosfato natural reativo, durante subsolagem, e o restante por fonte solúvel associada ao N e  $\text{K}_2\text{O}$ , em até 10 dias após o plantio das mudas. Para qualquer uma das situações acima, aplicar 30 g por planta de FTE BR-12. Após o plantio, as adubações com N e  $\text{K}_2\text{O}$  devem ser divididas em três parcelas, com fontes solúveis.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a teca, em função da análise de solo.

Época	N (kg/ha)	P no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>			K no solo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) <sup>(1)</sup>		
		0-5	6-10	11-15	0-30	31-60	>60
		$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)			$\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)		
Plantio (até 10 dias)	20	80	50	20	40	30	20
Cobertura (3 a 4 meses)	40	60	40	20	40	30	20
Manutenção (12 meses)	40	60	40	20	40	30	20
Manutenção (24 meses)	40	50	30	10	40	30	15

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1.

Quando o teor de fósforo (P) no solo for superior a 15 mg/dm<sup>3</sup> e o de potássio (K) for 50% maior do que o limite superior estabelecido na tabela, recomenda-se não adubar com esses nutrientes.

O fertilizante fosfatado pode ser aplicado em pelo menos quatro formas: no fundo da cova (áreas não mecanizadas), em sulcos de plantio (junto com a subsolagem), em covetas laterais ao lado das plantas (em fase inicial de crescimento até seis meses), e superficialmente em círculos ou semicírculos no entorno das plantas. A aplicação junto com a subsolagem é realizada em filete contínuo dentro do sulco, a 15 cm da superfície do solo.

Antes da adubação, é importante realizar o controle de ervas daninhas, facilitando a aplicação e o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas de teca. A época mais propícia para aplicação dos fertilizantes é no início e no final da estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica apresenta menor intensidade.

Considerando o ciclo longo de corte da teca, a especificidade de cada material genético, a interação genótipo x ambiente, bem como as condições climáticas, é recomendável proceder o monitoramento nutricional do plantio (envolvendo análise química do solo e das árvores) pelo menos a cada 2 anos, possibilitando ajustes no programa de adubação.



Impressão e acabamento  
**Pigmento Gráfica**



# Embrapa

## Amazônia Oriental



Patrocínio:

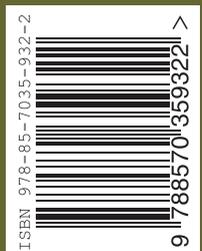


**BANCO DA AMAZÔNIA**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL



CGPE 15586