

Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá

2ª edição

Ana Lúcia Borges
Editora Técnica

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá

2ª edição

Ana Lúcia Borges
Editora Técnica

Embrapa
Brasília, DF
2021

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, Ba

Fone: (75) 3312-8048

Fax: (75) 3312-8097

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa

Secretário-executivo

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Membros

Aldo Vilar Trindade, Ana Lúcia Borges,

Eliseth de Souza Viana, Fabiana Fumi

Cerqueira Sasaki, Harllen Sandro Alves

Silva, Leandro de Souza Rocha, Marcela

Silva Nascimento

Responsável pela edição

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Supervisão editorial

Francisco Ferraz Laranjeira

Revisão de texto

Alessandra Angelo

Normalização bibliográfica

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica

Anapaula Rosário Lopes

Foto da capa

Ana Lúcia Borges

2ª edição:

Publicação digital: PDF (2021)

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, Secretaria-Geral

Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá / Ana Lúcia Borges, editora técnica. – 2. ed. – Brasília, DF : Embrapa, 2021.

PDF (303 p.) : il. color.

ISBN 978-65-87380-38-4

1. Solo – manejo – conservação. 2. Erosão. 3. Nutrientes – deficiência. 4. Sustentabilidade econômica. 5. Calcário. 6. Adubo orgânico. 7. Adubo químico. I. Embrapa Mandioca e Fruticultura. II. Título.

CDD (21. ed.) 631.81

Rejane Maria de Oliveira (CRB-1/2913)

©Embrapa, 2021

Autores

Ana Lúcia Borges

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Arlene Maria Gomes Oliveira

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Eduardo Augusto Girardi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Fundecitros, Araraquara, SP.

Eugênio Ferreira Coelho

Engenheiro Agrícola, doutor em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Everaldo Zonta

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor associado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Francisco Alisson da Silva Xavier

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.



Jaeveson da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Jayme de Cerqueira Gomes

Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador aposentado da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

Juliano Bahiense Stafanato

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor adjunto da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Laercio Duarte Souza

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Luciano da Silva Souza

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor adjunto do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Universitário de Cruz das Almas, Cruz das Almas, BA.

Luiz Francisco da Silva Souza

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Marcos Gervasio Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Mauricio Antonio Coelho Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Nelson Fonseca

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Raul Castro Carriello Rosa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

Rogério Ritzinger

Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Tibério Santos Martins da Silva

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciências Agrárias, analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.



Agradecimento

À pesquisadora aposentada da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Antônia Fonseca de Jesus Magalhães, pela sua contribuição no capítulo Calagem e adubação para os citros (laranjeiras, limeiras-ácidas e tangerineiras).

Apresentação

A Embrapa Mandioca e Fruticultura disponibiliza este livro, revisado e ampliado, após doze anos da primeira edição, para os agricultores, agentes de assistência técnica, estudantes, professores e pesquisadores, contendo recomendações de calagem e adubação para as culturas pesquisadas pela Unidade: abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá, objetivando promover a adubação correta dos solos com base nos teores de nutrientes no solo e na planta e nas necessidades das culturas. Com isto, visa-se aumentar a eficiência produtiva das culturas, otimizando os sistemas de produção e resultando em menor degradação do solo e do impacto ambiental.

São apresentadas, além das recomendações de calagem e adubação, incluindo quantidades, formas e épocas de aplicação dos nutrientes, informações sobre análise foliar e sintomas visuais de deficiências de nutrientes, além de manejo e conservação do solo e instruções para sua análise química. Capítulos sobre a importância do solo, aptidão agrícola, riscos climáticos e informações sobre fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais foram inseridos nessa nova edição.

A elaboração desse livro contou com a participação de pesquisadores e analista da Embrapa e professores da UFRB (Bahia) e UFRRJ (Rio de Janeiro), lembrando que muitas das informações apresentadas foram desenvolvidas em áreas de agricultores, parceiros importantes na condução das pesquisas.



Assim, a sistematização das informações geradas favorecerá os sistemas de produção, tornando-os ambientalmente corretos e melhores quanto à sua viabilidade econômica e social.

Alberto Duarte Vilarinhos

Chefe-geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura



Sumário

Introdução	13
capítulo 1.	
Solo – definição e importância	15
capítulo 2.	
Aptidão agrícola do solo	27
capítulo 3.	
Manejo e conservação do solo	51
capítulo 4.	
Amostragem de solo	65
capítulo 5.	
Riscos climáticos	71
capítulo 6.	
Calagem e adubação para o abacaxizeiro	95
capítulo 7.	
Calagem e adubação para a aceroleira	123
capítulo 8.	
Calagem e adubação para a bananeira	139



capítulo 9.

Calagem e adubação para os citros (laranjeiras,
limeiras-ácidas e tangerineiras) 165

capítulo 10.

Calagem e adubação para o mamoeiro 187

capítulo 11.

Calagem e adubação para a mandioca205

capítulo 12.

Calagem e adubação para a mangueira225

capítulo 13.

Calagem e adubação para o maracujazeiro243

capítulo 14.

Fertilizantes minerais, orgânicos e
organominerais263

Introdução

A preservação do recurso natural solo tem sido uma preocupação global, principalmente no que se refere às ações para evitar a sua degradação, uma constante na vida de muitos agricultores. Além de causas como a erosão e a contaminação do solo e água pelo uso indiscriminado de calcário, adubos e outros agroquímicos, que causam salinização e poluição, a degradação do solo é também reflexo do esgotamento de nutrientes extraídos pelas culturas, devido à sua inadequada e/ou reposição insuficiente. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, 33% dos solos mundiais estão em processo moderado a severo de degradação, o que tem grande impacto na produção de alimentos. Anualmente são perdidas mais de 600 milhões de toneladas de solo, associadas ao processo de erosão em lavouras anuais. Considerando apenas a reposição de nutrientes em função da perda da camada superficial por erosão, que é a mais rica em nutrientes e matéria orgânica, gera-se um custo da ordem de 1,3 bilhões de dólares.

A substituição da cobertura vegetal original, geralmente composta por uma diversidade de espécies, por uma monocultura, é uma prática que, se não realizada corretamente, pode levar à degradação do solo e consequente impacto ambiental.

Os solos cultivados com abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá, culturas pesquisadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, apresentam muitas vezes baixos teores de nutrientes, fazendo com que as produtividades só se tornem economicamente viáveis quando são utilizados adubos orgânicos e/ou químicos. Dessa forma,

esses insumos devem ser utilizados racionalmente, considerando a dose, a fonte, o local e a época de aplicação, para sustentabilidade econômica, mas com foco no uso racional do recurso natural solo.

Além da avaliação das exigências nutricionais de cada cultura, informações como condições adequadas de clima e solo e produtividades esperadas foram detalhadamente relatadas para cada cultura. Essa publicação resultou em recomendações racionais de calcário e adubos orgânicos e químicos, o que contribuirá para a elaboração de sistemas de produção ambientalmente corretos e economicamente viáveis.

Os autores



capítulo 1

Solo – definição e importância

Francisco Alisson da Silva Xavier

Solo como componente-chave do ecossistema

O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo define o solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos; contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza e, eventualmente, terem sido modificados por ações do homem (Santos et al., 2018).

O solo é um dos recursos naturais mais importantes para o equilíbrio do ecossistema terrestre, uma vez que interage diretamente com a atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera (Coleman, 2001). Tem como limite superior o contato com a atmosfera; como limites laterais os corpos d'água superficiais, rochas, gelo, aterros, etc. O limite inferior, em geral, é de difícil definição, mas passa pelo contato com a rocha dura ou materiais que não apresentam sinais de influência de microrganismos.

A partir da superfície, o solo está organizado em seções aproximadamente paralelas, distintas entre si de acordo com as características peculiares a cada seção. Tais seções são denominadas horizontes, que são determinados a partir do próprio processo de formação do solo. Fazendo uma simples analogia, os horizontes seriam a “impressão digital” dos solos, de



modo que o conhecimento desta informação não só é fundamental para o desenvolvimento científico, mas também é muito importante para definir ações de uso e manejo do solo.

Esquemáticamente, os horizontes são nomeados com as letras O, A, B ou C de acordo com sua posição a partir da superfície do solo. Os horizontes superficiais empregam as letras O ou A, enquanto os subsuperficiais a letra B. O horizonte C é o que está imediatamente em contato com o material de origem em profundidade e ainda é pouco intemperizado. A formação dos horizontes ocorre pela ação simultânea de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, que determinam as suas características de cor, teor de argila, presença de alumínio, sódio, ferro, etc. No horizonte superficial é onde ocorre maior acúmulo de matéria orgânica e é aquele que pode ser mais facilmente modificado pelas ações do homem.

O solo é um produto da ação conjugada de diferentes fatores de formação:

- a) o material de origem ou rocha matriz que é submetida ao intemperismo, que a fragmenta mas mantém as características químicas e físicas essenciais dos solos.
- b) o clima, que atua com as variações da temperatura, da chuva e do vento e governa a intensidade do intemperismo e aumenta ou diminui o tempo para a formação dos solos.
- c) o relevo, com as suas diferentes posições topográficas (planícies, encostas e baixadas) e altitudes, determinam se cada solo perde ou recebe material de outros solos.
- d) os organismos, como vegetação, animais e microrganismos no solo, em resposta às condições climáticas e ambientais, afetam diversos parâmetros específicos dos solos.
- d) o tempo, um dos mais importantes fatores, pois define a idade e a intensidade da atuação dos demais fatores de formação.

O solo é composto pelas fases sólida, líquida, gasosa e orgânica. A fase sólida é constituída pelos minerais, que compõem, em média, 45% do volume. As fases líquida e gasosa ocupam o espaço poroso, que pode representar até 50% do volume. A fase orgânica é representada pela matéria orgânica do solo, que raramente ultrapassa 5% do volume. Embora corresponda a menor porção, a matéria orgânica regula uma série de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo. Ela é fundamental para mantê-lo vivo, pois representa uma fonte de energia para os microrganismos que nele habitam. Graças à presença da comunidade microbiana, o solo não pode ser visto como um corpo inerte, que funciona somente como suporte físico para as plantas.

No mundo inteiro os solos são separados por classes. Cada classe reúne características próprias que são expressas nos seus horizontes, tais como: teor de argila, cor, teor de nutrientes, profundidade, tipo de estrutura, etc. Para facilitar ou permitir a distinção dos diferentes tipos, foram criados os sistemas de classificação de solo, que reúnem todas as informações relevantes e necessárias para enquadrá-los em suas respectivas classes. O sistema de classificação mais antigo foi desenvolvido pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo para os países da Europa, que originou o hoje conhecido sistema World Reference Base for Soil Resources (WRB), cuja tradução em português é “Base Mundial de Referência para Recursos do Solo”. Outro sistema mundialmente conhecido, desenvolvido para os Estados Unidos, é o Sistema Americano de Classificação do Solo, ou em inglês, Soil Taxonomy. Neste sistema de classificação os solos são divididos por ordens em vez de classes. O Brasil também possui um sistema de classificação dos solos, que foi originado a partir da evolução dos sistemas já existentes, especialmente do sistema americano. Devido às diferenças nos critérios de separação e nos mais variados tipos de solo, não existe uma relação direta entre os diferentes sistemas de classificação de solos. Ou seja, um solo classificado pelo sistema brasileiro não encontrará exatamente uma correspondência com o sistema europeu ou americano, porém encontra-se uma aproximação.

O sistema brasileiro de classificação considera a separação de 13 classes de solo, sendo estas: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodosolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. Esta divisão corresponde ao 1º nível categórico, que pode se estender até o 4º nível, como por exemplo, LATOSSOLOS AMARELOS Distrocoesos típicos. Não é objetivo da abordagem deste capítulo discutir, ou apresentar, as diferenças entre as classes de solo do sistema brasileiro, de modo que estas informações podem ser consultadas em algumas publicações mais especializadas (Santos et al., 2018) ou no portal da Embrapa¹.

Funções do solo e o impacto dos sistemas agrícolas

Antes de entender as funções do solo é preciso considerar que atributos são mais determinantes para cada função. A funcionalidade de um solo é determinada pela relação existente entre seus atributos físicos, químicos e biológicos. Os principais atributos físicos relacionados com as funções do solo são: granulometria (distribuição das partículas sólidas por classes de tamanho e frequência: areia, silte e argila), densidade do solo, porosidade, resistência à penetração de raízes, velocidade de infiltração da água e estabilidade de agregados. Como atributos químicos podem-se citar: pH, teor de carbono orgânico, saturação por bases, saturação por alumínio, teores de fósforo e potássio disponíveis, capacidade de troca de cátions, dentre outros. Os atributos biológicos mais relacionados com a funcionalidade dos solos são: carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração do solo (emissão de CO₂), presença de micorrizas e atividade enzimática (ex. fosfatase). Estima-se que exista em torno de 10 toneladas de microrganismos por hectare na camada de 0 a 10 cm de profundidade (Balota, 2017).

¹ Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>.

Os solos possuem uma série de funções no meio ambiente, que são chamadas de funções do solo. Tais funções assumem um papel importante na mediação de processos-chaves na natureza, tais como: fornecer nutrientes para as plantas e organismos, regular a dinâmica da água no ambiente, atuar como poder tampão atenuando a ação de contaminantes, regular a emissão de gases de efeito estufa e, sobretudo, influenciar a saúde dos homens e animais. Considerando que o ecossistema fornece uma ampla gama de bens e serviços em favor da humanidade, as funções do solo dão suporte à prestação de serviços do ecossistema. Estes serviços podem ser divididos em quatro categorias:

- a) serviços de provisão – diretos ou indiretos para o homem, tais como o fornecimento de água doce, madeira, fibra e combustível.
- b) serviços regulatórios – regulação do teor de gases e água no solo e na atmosfera, clima, inundações, erosão, polinização e doenças.
- c) serviços culturais – estética, espiritual, educacional e recreação.
- d) serviços de suporte – ciclagem de nutrientes, produção primária, habitação e biodiversidade. Sendo assim, para o ecossistema funcionar perfeitamente dentro dos limites da sustentabilidade é necessário que o solo e suas funções sejam preservados, quer seja em um ambiente natural ou em área manejada pelo homem.

Monitorar as funções do solo é um passo importante para manter a produtividade de um sistema agrícola. A escolha das funções que devem ser constantemente monitoradas depende das condições regionais e da especificidade da atividade agrícola. Por exemplo, Souza (1996, 1997) considerando as limitações agrícolas de solos de Tabuleiros Costeiros, estabeleceu relações com seu uso e manejo e com a produtividade das culturas. Concluiu que quaisquer interferências de uso e manejo em tais

solos, no sentido de aumentar a produtividade das culturas, estiveram relacionadas com as seguintes funções:

- a) melhoria do crescimento do sistema radicular em profundidade. Para tanto, devem ser superados os problemas de impedimento físico e químico ao crescimento radicular em profundidade;
- b) aumento da capacidade de armazenamento da água no perfil do solo. Deve-se minimizar as limitações impostas pelas camadas coesas que criam uma zona que restringe a passagem da água no perfil do solo, provocando rápido secamento do solo próximo à superfície; e
- c) melhoria dos atributos químicos do solo, por meio da calagem, gessagem e adubação, visando diminuir a saturação por alumínio e aumentar o suprimento de nutrientes. Assim, um conjunto de atributos físicos, químicos e/ou biológicos que mais influenciam uma determinada função pode ser empregado como indicadores úteis para monitorar o estado atual do funcionamento do solo.

Considerando a importância das funções do solo para o ecossistema, o conceito de fertilidade do solo tem sido erroneamente reduzido para expressar a quantidade de nutrientes que este possui. Nesse contexto, tem-se como solo fértil aquele que possui elevada quantidade de nutrientes. Não é razoável entender a fertilidade do solo a partir de um conceito reducionista voltado apenas para monitorar o status de nutrientes, mas sim considerar a gama de funções que este deve exercer. Sendo assim, seria muito mais aceitável concordar com o conceito estabelecido por Marcos (1982) que considera "Solo ideal, ou solo fértil, aquele que é capaz de fornecer água, ar, calor e nutrientes às plantas, no momento e na medida em que elas necessitam". Na concepção deste conceito as funções do solo e suas relações com a planta são priorizadas. Fornecer água, ar, calor e nutrientes depende da inter-relação entre os atributos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela funcionalidade dos solos.

A mudança do uso do solo, quando há conversão da floresta nativa para sistemas agrícolas intensivos, provoca no ato da derrubada e queima da floresta uma grande emissão de carbono para a atmosfera e alterações drásticas nas funções do solo, pois o estabelecimento de áreas agrícolas implica no frequente revolvimento do solo e na diminuição da cobertura vegetal. Esse intenso revolvimento do solo geralmente se dá por meio de práticas agrícolas mecanizadas, como aração e gradagem, que ao serem empregadas sem critérios técnicos adequados destroem a estrutura original do solo, rompendo os agregados e compactando as camadas superficiais; facilita a perda da matéria orgânica que é rapidamente transformada e liberada na forma de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera; desequilibra a atividade dos microrganismos do solo, que reflete negativamente na ciclagem de nutrientes. Entretanto, as perdas das funções do solo podem ser amenizadas após a conversão da floresta em agricultura a partir do desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis, ou seja, que empreguem práticas agrícolas de modo racional e equilibrado. Nesse sentido, dois pilares básicos devem ser atendidos:

- a) diminuir o revolvimento do solo; e
- b) manter a cobertura vegetal na sua superfície.

Diminuir o revolvimento do solo implica em melhoria da infiltração de água, diminuição da densidade do solo e da resistência à penetração de raízes, manutenção do espaço poroso, favorecimento do equilíbrio da comunidade de microrganismos, diminuição da perda de matéria orgânica, dentre outros benefícios. Já a manutenção de cobertura vegetal retém a umidade do solo por mais tempo, fornece matéria orgânica e protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, o que diminui a erosão e o potencial de compactação e aumenta a diversidade de organismos no ambiente.

Não existem modelos de sistemas agrícolas mais sustentáveis que possam ser replicados para as mais diferentes regiões e condições ambientais. O desenvolvimento de sistema agrícola que cause menor impacto sobre a funcionalidade do solo deve considerar as peculiaridades do clima, disponibilidade de recursos, espaço, topografia, relevo, espécies mais adaptadas, mão de obra, dentre outros aspectos. Cada cultura agrícola responde diferentemente a uma determinada condição de clima e solo, de modo que uma pode ser mais exigente por algum fator de produção em relação a outra. Portanto, é preciso que haja um esforço, não somente da pesquisa, como também da percepção natural do (a) agricultor(a) em gerar valores de referência de atributos (físicos, químicos e biológicos) do solo que retratem uma condição ideal para uma determinada cultura. Por exemplo, o valor de pH do solo que limita a produção de citros não é o mesmo que limita a cultura da mandioca. A mesma análise pode ser feita para a resistência à penetração de raízes. Assim, a pergunta se este ou aquele solo é fértil deve ser acompanhada de uma resposta na forma de uma nova pergunta: fértil para qual objetivo ou cultura?

Produção agrícola e o potencial de degradação do solo

A forma como o solo é manejado na produção agrícola está diretamente relacionada com o seu potencial de degradação, afetando seu funcionamento e a manutenção dos serviços do ecossistema. Entende-se por manejo inadequado do solo ações praticadas na propriedade agrícola que acarretam: erosão, compactação, perda da capacidade de drenar a água, acidificação, diminuição da matéria orgânica, redução de nutrientes, lixiviação, redução da biota e da diversidade e aumento de patógenos. Quando as práticas agrícolas, principalmente as mecanizadas, são feitas sem critérios técnicos norteadores, o potencial de degradação do solo aumenta. Inicialmente as perdas de solo e nutrientes ocorrem

sutilmente, quase imperceptíveis. Entretanto, o potencial produtivo do solo diminui exponencialmente até que as constatações visuais, como presença de voçorocas, exposição da camada subsuperficial, etc., tornem-se mais visíveis.

Estima-se que haja cerca de dois bilhões de hectares de solos degradados no mundo, e cerca de 84% deste total tem como causa principal a erosão (Nkonya et al., 2011). A taxa média anual de perda de solo por erosão no mundo é estimada em 2,4 toneladas por hectare (Wuepper et al., 2020). A perda de solo é considerada um dos prejuízos mais sérios causados pela erosão, dada à lenta velocidade de recuperação desse recurso natural (Balota, 2017). Estudos estimam que uma camada de um centímetro de espessura de solo pode levar mais de 100 anos para ser formada, o que pode ser facilmente perdida por ocasião de uma chuva intensa. Assim, as ações de manejo sustentável do solo devem ser orientadas para a manutenção da cobertura do solo, o que diminui o potencial erosivo das chuvas. As estimativas de perdas de solo no Brasil são alarmantes, como aponta o estudo conduzido por Dechen et al. (2015). Estima-se que anualmente são perdidos mais de 600 milhões de toneladas de solo, perdas estas que estão mais associadas ao processo de erosão em lavouras anuais. Somente considerando as perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, nas formas de P₂O₅, KCl e CaMg(CO₃)₂, gera-se um custo anual da ordem de 1,3 bilhões de dólares.

Outra causa que está diretamente associada ao processo de degradação dos solos agrícolas é a perda da matéria orgânica. A matéria orgânica influencia os atributos físicos, químicos e biológicos que estabelecem a funcionalidade do solo. Por exemplo, tem papel fundamental na formação e na estabilidade dos agregados do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e a capacidade de troca de cátions, fornece nutrientes, é uma fonte direta de energia para os microrganismos, o que afeta a ciclagem de nutrientes no solo. Portanto, práticas agrícolas que diminuem os teores de matéria orgânica, ou mais necessariamente,

aceleram a oxidação do carbono orgânico do solo, devem ser evitadas. O tipo de preparo do solo (revolvimento), o manejo da cobertura vegetal, a aplicação de adubos, espécies cultivadas, arranjo das culturas (monocultivo, consórcio ou policultivos) são fatores que interferem nos teores de matéria orgânica do solo. O revolvimento intensivo da superfície do solo é um dos principais meios para acelerar as perdas da matéria orgânica. Isso ocorre quando práticas como aração e gradagem são feitas rotineiramente e sem padrão técnico adequado na propriedade. Solos bem estruturados possuem agregados estáveis. A estabilidade dos agregados, dentre outros fatores, é influenciada pela matéria orgânica do solo, que age como um cimento unindo as partículas de areia, silte e argila. Assim, tanto no interior como entre os agregados do solo existe a presença de matéria orgânica, que pode ficar protegida no solo durante muito tempo desde que não haja a quebra dos agregados. A passagem constante dos implementos agrícolas promove a destruição dos agregados do solo, expondo a matéria orgânica que estava no seu interior. Ao ficar disponível, ela é facilmente decomposta pela ação dos microrganismos do solo ou oxidada pela ação dos raios solares. Assim, o carbono orgânico do solo é transformado no gás CO_2 que é liberado para a atmosfera. O processo de degradação do solo então se estabelece com a redução da matéria orgânica.

Felizmente, muitas tecnologias estão disponíveis para evitar a degradação dos solos agrícolas. O manejo do solo obedecendo aos princípios de conservação pode manter a capacidade produtiva da terra e evita desencadear o processo de degradação. A concepção de agricultura sem cuidados com o solo, utilizando-o somente como suporte para crescimento das plantas, deve ser evitada. Tampouco estimula-se aqui o abandono do uso de implementos agrícolas ou práticas mecânicas realizadas durante o preparo e/ou cultivo do solo. A utilização da mecanização deverá sempre obedecer a critérios técnicos, o que vai desde conhecer o tipo de implemento a ser usado para um determinado fim até saber a umidade de solo adequada para sua utilização. Outras

informações técnicas mais específicas sobre este tema serão fornecidas no capítulo “Manejo e Conservação do Solo”.

Referências

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Mecenas, 2017. 288 p.

COLEMAN, D. C. Soil biota, soil systems, and processes. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 5, p. 305-314, 2001.

DECHEN, S. C.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DE MARIA, I. C. Losses and costs associated with water erosion according to soil cover rate. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0363>.

MARCOS, Z. Z. Ensaio sobre epistemologia pedológica: 1. Definição de solo. 2. Natureza e comportamento do solo. **Cahiers ORSTOM**: série pédologie, v. 19, n. 1, p. 5-23, 1982.

NKONYA, E.; GERBER, N.; BAUMGARTNER, P.; VON BRAUN, J.; DE PINTO, A.; GRAW, V.; KATO, E.; KLOOS, J.; WALTER, T. **The economics of desertification, land degradation, and drought**: toward an integrated global assessment. Bonn: Center for Development Research, 2011. 184 p. (ZEF Discussion Papers on Development Policy, n. 150).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SOUZA, L. S. da. Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. **Boletim Informativo da SBCE**, v. 22, p. 34-39, 1997.

SOUZA, L. S. da. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais...** Aracaju, EMBRAPA/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p. 36-75.

WUEPPER, D.; BORRELLI, P.; FINGER, R. Countries and the global rate of soil erosion. **Nature sustainability**, v. 3, p. 51-55, 2020.



capítulo 2

Aptidão agrícola do solo

Laercio Duarte Souza
Luciano da Silva Souza
Francisco Alisson da Silva Xavier

Introdução

O planeta Terra, após a sua formação há 4,5 bilhões de anos, tinha a superfície composta por rochas de composição química diversa que foram submetidas às ações da água, das variações de temperatura e do vento ao longo de milhares de anos, o que provocou fissuras, quebras e sua divisão em pedaços. A vida, na forma de organismos uni e multicelulares surgiu nos oceanos há 3,5 bilhões de anos, havendo a migração para a terra de algumas espécies de plantas que passaram a colonizar e também intemperizar as rochas. A evolução dessa intemperização, que viria a formar os solos, é resultado dos fatores: material de origem (tipos de minerais), clima (água, vento, radiação), organismos (flora e fauna), relevo (vales, montanhas), e tempo (para que as ações ocorram); em interação com os processos: acidificação, remoção, transporte e transformação do material. A relação entre os fatores e os processos de formação do solo determina a sua constituição e é denominada pedogênese.

As interações entre a hidrosfera (água), atmosfera (ar), biosfera (organismos) e litosfera (minerais) é que formam a pedosfera, que são os solos que cobrem a Terra (Lepsch et al., 2015). A formação dos solos e a sua evolução é um processo contínuo, sendo possível encontrar solos profundos



(mais antigos), ou rasos (mais jovens). A idade do solo é determinada pela formação e definição dos seus horizontes A, B e C, que são camadas com profundidade e espessura variável em cada solo, mas com parâmetros físicos, químicos e biológicos semelhantes. O solo, em termos básicos, é o material que vai da superfície até a rocha, ou até o cascalho em profundidade, havendo solos com 0,3 m a 1,5 m de profundidade na Caatinga e com 30 m a 50 m, ou mais, nos Cerrados, Mata Atlântica e Amazônia.

“O solo é apenas a frágil casquinha de uma grande maçã.”

Evolução do solo

Na intemperização das rochas, que é o início da formação dos solos, já se inicia uma cobertura da sua superfície por líquens, algas e fungos interagindo com os minerais. Nessa evolução milenar, o solo estará sempre acompanhado por um sistema vegetal e animal na sua superfície que é extremamente adaptado a esta condição edafoclimática.

Após milhares de anos, quando houver desenvolvido seus horizontes em profundidade, estará coberto por uma flora e uma fauna que surgiram de forma natural e predominaram sobre as demais na cobertura do solo, sendo as mais capazes de manter e/ou melhorar as qualidades do solo para que possa sustentar esse bioma durante longo tempo.

Essa vegetação nativa e espontânea, em adaptação contínua e evolutiva com o solo e a fauna, formará ecossistemas capazes de permanecer por eras em equilíbrio nesse ambiente mantendo a sua preservação, como ocorre nos seis grandes biomas brasileiros: a Amazônia, o Cerrado, a Caatinga, a Mata Atlântica, o Pampa e o Pantanal.

Esse processo evolutivo, ao longo de eras geológicas, fez surgir milhares de espécies que se mantiveram ou foram extintas, geralmente por não

se adaptar às condições do ambiente e não poder alterá-lo. O bioma se mantinha e novas espécies surgiam. Entretanto, intervenções antrópicas como a remoção da vegetação nativa, utilizando o desmatamento e o fogo, para implantar um novo uso como os necessários cultivos agrícolas, gera um processo que é muito rápido na escala de tempo geológico e não permite a adaptação das espécies, fazendo-as desaparecer.

Historicamente as maiores intervenções antrópicas, ou as que mais vêm alterando o hábitat das diversas espécies, podem ser resumidas em:

- a) a descoberta do manejo do fogo 500 mil anos atrás pelo *Homo erectus*, um dos primeiros do gênero *Homo*.
- b) o abandono das atividades de caçador-coletor e o início dos trabalhos agrícolas pelo *Homo sapiens*, entre 9 mil e 13 mil anos atrás, um dos últimos do gênero, passando a remover florestas e alterar o uso do solo, diminuindo populações ou exterminando outras espécies da flora e da fauna.
- c) a revolução industrial, iniciada há 250 anos, que possibilitou maior exploração dos recursos naturais e ampliou a capacidade produtiva e o consumo, sendo atualmente uma ameaça à biosfera devido ao esgotamento e/ou degradação do solo, da água e da atmosfera.

A realidade é que o planeta Terra não aumenta de tamanho, mas a população humana não para de crescer, o que torna a disponibilidade de áreas para atender a demanda da produção agropecuária cada vez menor, mas com maior preço e acesso mais difícil, sendo previsível a escassez de solos adequados para esse uso em futuro próximo. Perspectiva que faz fundamental o aprendizado quanto ao uso e ao manejo conservacionista dos solos atualmente sob exploração, evitando destruir o que resta dos biomas naturais, utilizando as práticas adequadas e os fatores de produção necessários nesse sistema.

O uso do solo

O uso do solo é definido pelo tipo de atividade que o ocupa, sendo as principais formas as instalações urbanas e rurais (agricultura, pecuária, floresta, entre outros). No uso urbano o solo é considerado como um substrato para instalar construções, o que impermeabiliza grande parte da sua superfície, impede a infiltração da água e a troca de gases com a atmosfera, medidas que praticamente eliminam a manutenção da biota e as atividades de produção do solo. O uso rural do solo, que envolve as atividades agropecuárias e florestais, utiliza plantas e animais em estreita interação e necessita preservar o solo e suas características como um fator da produção.

Na Tabela 1 estão as principais classes de uso do solo no Brasil, onde ainda predominam as florestas perenes (39%) e a área superficial com água que deve ser considerada alta (2,45%), o que é uma boa constatação graças a Amazônia, pois a Mata Atlântica tem apenas 3% a 5% do bioma ocupado por espécies originais e os rios e lagos na faixa litorânea apresentam problemas de vazão (INPE, 2013). A agropecuária está com 34%, o que também é um bom índice em relação a outros países agrícolas.

Tabela 1. Área das classes de usos e cobertura da terra do Projeto de Vegetação (ProVeg) do Brasil¹.

Classe mapeada	Área mapeada (km ²)	Superfície das áreas (%)
Floresta perene	3.428.570	38,86
Cerrado	1.161.220	14,37
Floresta decídua	195.604	5,33
Caatinga	299.073	3,46
Campos tropicais / extratropicais	75.086	0,85
Floresta mista	6.332	0,07

continua...

Tabela 1. Continuação.

Classe mapeada	Área mapeada (km²)	Superfície das áreas (%)
Área urbana	20.323	0,27
Agropecuária	3.355.322	33,98
Solo exposto	37.954	0,35
Água	218.265	2,45

¹Minerações: Não mapeadas. Ocupam pequenas áreas do meio rural, mas provocam grandes problemas ambientais. Fonte: INPE (2013).

No bioma Mata Atlântica, que abrange parte das regiões Sul, Sudeste e Nordeste, o processo de ocupação é o mais antigo do Brasil. Dessa forma, a quase totalidade das áreas propícias à agricultura, com relevo plano, profundidade e teor de nutrientes adequados e acesso às vias de transportes, estão sendo utilizados nas atividades agrárias (IBGE, 2016). No entanto, algumas mudanças no uso da terra vêm ocorrendo no Nordeste, onde áreas agrícolas (café e mamão) e pastagens estão sendo substituídas por silvicultura (eucalipto).

Processo semelhante ocorre no Mato Grosso do Sul, onde a silvicultura do eucalipto também está em expansão em função de um complexo industrial de celulose, para atender às demandas do mercado interno e principalmente externo (Sperotto, 2014). Esse Estado também está expandindo a área com cana-de-açúcar em substituição às pastagens (Rudorff et al., 2010).

No bioma Cerrado vem ocorrendo as maiores alterações no uso da terra, pois é onde avançam as maiores fronteiras agrícolas do país e a vegetação nativa e/ou pastagens têm sido substituídos por cultivos de soja, milho e algodão, principalmente no Centro-Oeste.

O bioma Amazônia, nas fronteiras com o Cerrado, sofre as suas maiores alterações no uso do solo, em função do avanço dessa fronteira agrícola

onde passa a predominar o plantio de soja, milho, e pastagens para pecuária bovina.

Nos biomas Pantanal e Caatinga as mudanças são menos intensas, se comparadas às outras regiões do país, o que pode ser explicado por aspectos como as especificidades de solo e clima, mas também por motivos econômicos e históricos (IBGE, 2016).

Essas alterações no uso do solo, como desmatamento ou renovação de pastagens para executar cultivos agrícolas, torna o solo mais susceptível à erosão. A conversão do solo sob floresta em solo sob cultivo aumenta as perdas do carbono orgânico do solo (COS) devido à maior mineralização e ao arraste do material por lixiviação (Wei et al., 2014), fazendo com que as perdas do COS cheguem de 30% a 40% em relação ao solo sob floresta (Li et al., 2018). Sendo essas perdas semelhantes em solos tropicais e subtropicais (Wei et al., 2014; Li et al., 2018).

Atributos do solo

Durante muitos anos as recomendações agronômicas para a maioria dos cultivos, em relação às “terras” mais adequadas, eram descritas como “solos planos, profundos, bem drenados, de textura média e alto teor de nutrientes”, uma descrição que se aproxima do ideal almejado pela maioria dos produtores rurais, mas que na realidade é uma “terra” que existe em porcentagem muito pequena dentre as áreas possíveis de serem cultivadas na superfície do nosso planeta. O que leva à necessidade de plantar e cultivar em locais que não atendem a maioria dos bons parâmetros descritos, onde podem ocorrer um ou mais problemas, como o declive acentuado, pequena profundidade efetiva, má drenagem, solo muito arenoso ou muito argiloso, salinidade, sodicidade, acidez e baixo teor de nutrientes.

No entanto, essas ocorrências não inviabilizam a produção agrícola, pois a questão é descobrir o uso adequado à “terra” disponível, para que seja utilizado o mínimo de manejo e insumos, como por exemplo:

- a) Nas praias litorâneas, onde as areias que compõem o solo têm baixo teor de nutrientes e capacidade de retenção de água (que é salinizada), o coqueiro (*Cocos nucifera*), o cajueiro (*Anacardium occidentale*) e a mangabeira (*Hancornia speciosa*), se bem manejados, produzem frutos de forma satisfatória.
- b) Nas áreas mais baixas do relevo, onde predominam solos rasos e/ou compactados que permanecem inundadas a maior parte do ano, está concentrada a maior porcentagem da produção de arroz (*Oryza sativa*) do Brasil.
- c) Nas áreas do semiárido, onde chove menos de 800 mm por ano concentrados em três ou quatro meses, sob temperaturas elevadas, o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), uma fruteira perene produz de forma extrativista e sob cultivo.

A decisão sobre o uso de determinada área requer algum conhecimento sobre o solo, o clima e o relevo que constituem a propriedade, para que se possam escolher os cultivos mais adaptados a esse ambiente.

Escolher um cultivo sem avaliar as suas exigências agronômicas e sem dimensionar se as disponibilidades da área serão capazes de atendê-las, na maioria das vezes leva ao insucesso da cultura. Descobrir, durante ou após o processo de instalação do cultivo, que serão necessárias alterações na infraestrutura da propriedade para realizar o manejo agrícola adequado, pode ter um custo muito alto de implantação e diminuirá a sua viabilidade econômica.

Nesse capítulo serão avaliadas as aptidões dos solos para os cultivos de abacaxi e maracujá (anuais); mamão e mandioca (bianuais) e acerola, banana, citros e manga (perenes).

“Não existe ‘terra’ que sirva para todo e qualquer cultivo, assim como não existe ‘terra’ que não sirva para nenhum deles.”

Sabedoria popular

Classificação dos atributos

Existem diversos sistemas de classificação de atributos do solo, o que envolve necessidades relativamente fáceis de serem resolvidas, como corrigir a acidez e o nível de nutrientes na camada de 0 – 0,40 m de profundidade, até manejos mais difíceis e de maior custo, que podem ser inviáveis economicamente, como por exemplo, aumentar a profundidade efetiva do solo ou melhorar a drenagem, que não são corrigidos por práticas agronômicas e maquinário usual.

Manter o funcionamento do sistema de produção agrícola exige como primeira necessidade caracterizar os fatores mais impeditivos em alguns parâmetros da “terra”. Um solo com pouca profundidade efetiva necessita de uma obra de engenharia civil de alto custo para ser alterado, o que é viável apenas quando se pensa em pequenas áreas, pois aumentar a profundidade de um solo, quando se dimensiona em hectares, não tem viabilidade agrícola.

Inicia-se o processo de classificação dos atributos separando-os para as culturas a serem plantadas, em relação a:

- a) profundidade efetiva do solo;
- b) relevo e declive da área;
- c) pedregosidade, matacões e rochiosidade; e
- d) impedimentos químicos no solo.

a) Profundidade efetiva do solo

Na profundidade efetiva do solo, avalia-se a profundidade máxima que as raízes podem penetrar no solo, pois quanto maior a profundidade e o volume de solo explorado, maior a capacidade de absorver água e nutrientes e fornecer suporte físico às plantas.

Os impedimentos físicos ao desenvolvimento das raízes podem ser: um aglomerado ou um maciço de rochas a pouca profundidade; zonas de cascalhos (partículas de 2 mm a 20 mm); o lençol freático próximo à superfície; camadas coesas subsuperficiais; uma mudança abrupta no teor de argila em profundidade, ou ainda, o manejo inadequado do solo com o uso exagerado do arado e da grade, que é capaz de compactar abaixo da superfície, formando o denominado “pé de arado”.

A determinação da profundidade efetiva do solo deve ser realizada cavando trincheiras na área, o que permite localizar a profundidade do sistema de raízes e onde ocorrem as atividades biológicas no solo, além de localizar e identificar se os impedimentos ao desenvolvimento das raízes são físicos e/ou químicos como o alumínio.

A observação nos arredores da área de indicadores preliminares como a profundidade das cisternas, poços, barrancos em estradas e locais onde ocorre acúmulo de água, pode ganhar algum tempo no diagnóstico.

Na Tabela 2, observa-se que o solo com mais de 2 m de profundidade efetiva tem o grau de limitação “nulo”, sem restrições a nenhuma espécie de cultivo: grandes árvores, arbustos, culturas de vários ciclos (perenes, bianuais, anuais e de ciclo curto), pastagens e, obviamente todos os cultivos relacionados nessa publicação; na classe de 1 m a 2 m, não é mais possível o plantio de grandes árvores e entre os arbustos e perenes é aconselhável que tenham um sistema de raízes não pivotante, o que não é adequado para o cultivo da mangueira e citros, mas pode ser adequado a aceroleira e bananeira se a profundidade for maior do que 1,2 m, sendo plausível de uso para o mamoeiro, mandioca, abacaxizeiro, maracujazeiro; solos com profundidade de 0,5 m a 1 m, já estão sujeitos a encharcar, sendo necessário avaliar o regime de chuvas no local para determinar se ocorre ou não o encharcamento, caso não ocorra, pode ser recomendado para o cultivo de abacaxi e maracujá; entre 0,25 m a 0,5 m recomenda-se apenas cultivos de ciclo curto e pastagens, que são

adaptados a todas as profundidades dos solos anteriores; na profundidade menor do que 0,25 m o recomendado é a vegetação nativa e a preservação da área.

Tabela 2. Aptidão agrícola do solo com base na sua profundidade efetiva.

Grau de limitação	Classificação	Classe de profundidade (m)	Aptidão agrícola
0: Nulo	Muito Profundo	> 2	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
1: Ligeiro	Profundo	1 a 2	Acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
2: Moderado	Moderadamente Profundo	0,5 a 1	Abacaxi, maracujá.
3: Forte	Raso	0,25 a 0,5	Pastagem, cultivos de ciclo curto (3 a 4 meses).
4: Muito Forte	Muito raso	< 0,25	Vegetação nativa.

Fontes: Adaptado de Embrapa-CNPS (1999) e Lepsch et al. (2015).

b) Relevo e declive da área

O relevo define as diferenças entre as formas de paisagem e a configuração da superfície terrestre, sendo classificado em quatro tipos:

- a) as planícies – superfícies planas, formadas por rochas sedimentares, altitude até 100 m, localizadas em zonas de deposição próximas ao mar, rios ou lagos.
- b) os planaltos – superfícies planas, formados por rochas sedimentares, cristalinas ou basálticas, altitudes acima de 300 m.
- c) as montanhas – grandes elevações formadas por atividades naturais vulcânicas, tectônicas, falhas na crosta ou erosão.
- d) as depressões – superfícies planas rebaixadas, formadas pela erosão, altitude de 100 m a 500 m.

As atividades agrícolas já ocupam grande parte dos planaltos, planícies e depressões, restando ainda parte das montanhas, devido aos seus acentuados declives. O declive mede a verticalidade das ladeiras em determinada área de relevo, sendo a sua medida o que define a possibilidade de executar no solo práticas mecânicas motorizadas, a tração animal ou manual.

O declive é a relação entre uma determinada distância horizontal percorrida, e a sua distância vertical (m), ou quanto se desceu na encosta. A fórmula utilizada é: $D\% = (\text{distância vertical} / \text{distância horizontal}) \times 100$; essas medidas podem ser obtidas com instrumentos caseiros como o “nível de mangueira”, ou mais precisos como o clinômetro, o teodolito ou o GPS; se caminha 100 m e desce 1 m o declive é 1%, se desce 5 m o declive é 5%; o declive pode variar entre uma distância e outra na mesma área; o grau do declive determina o tipo de tração (motorizada, animal ou manual) e a intensidade de mecanização que deve ser utilizada na terra.

O declive da área classifica o relevo para fins agrícolas, segundo determinadas classes (Tabela 3).

Tabela 3. Aptidão agrícola com base no nível de declive e classes de relevo do solo.

Nível de declive	Classes de relevo	Aptidão agrícola
0 a 3%	Plano / praticamente plano	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
3% a 8%	Suave ondulado	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
8% a 13%	Moderadamente ondulado	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
13% a 20%	Ondulado	Manga, acerola, citros, banana.
20% a 45%	Forte ondulado	Silvicultura, pastagens e vegetação nativa.
> 45%	Montanhoso	Vegetação nativa.

Fontes: Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995); Pereira e Lombardi Neto (2004) e Lepsch et al. (2015).

- Nos declives entre 0 a 3%, o relevo é praticamente plano e não oferece impedimentos à mecanização e, se a permeabilidade for boa, o risco de erosão é praticamente nulo. A área seria adequada para qualquer cultivo mencionado; não há restrição à execução de qualquer prática mecanizada. Contudo, devido ao risco que a intensidade de algumas chuvas seja maior do que a permeabilidade do solo, o plantio em áreas com 2% a 3% de declive também deve ser sempre realizado em curva de nível – pontos que não sobem nem descem em relação à encosta. A distância entre as curvas de nível é função do declive, da textura do solo e do cultivo.
- Nos declives de 3% a 8%, relevo suave ondulado, vale o mesmo para 0 a 3%, mas com a necessidade de acrescentar além do plantio em nível, a manutenção do solo sempre coberto em consórcio e/ou com o manejo das plantas espontâneas com roçadeira para formação de palhadas, e no caso da necessidade de capinas, executar em filas alternadas, limpando uma e deixando a outra, mantendo sempre de 40% a 50% da área coberta por vegetação.
- Nos declives de 8% a 13%, relevo moderadamente ondulado, vale o mesmo para o de 3% a 8%, mas, além das práticas vegetativas (consórcio e palhadas) são necessárias as práticas de manejo do solo, como a construção de terraços e canais de escoamento. Essas práticas são fundamentais para o efetivo controle da erosão, a conservação dos recursos solo e água e a manutenção da produtividade.
- Nos declives de 13% a 20%, relevo ondulado, a tendência à erosão é muito forte. Não é mais possível práticas motorizadas, pois o trator não pode trabalhar cortando o declive sob o risco de tombar. Não fazer uso do trator no sentido morro abaixo, pois se isso vier a ocorrer, é capaz de destruir em poucos anos a camada superficial do solo mais rica em nutrientes e matéria orgânica. A utilização dessa área necessita das mesmas práticas utilizadas no declive de 8% a 13%, mas que serão realizadas com tração animal ou manual, um trabalho

muito difícil de executar e de manter. Essas necessidades restringem o uso desses solos a cultivos que não revirem a sua superfície e o cubram de forma efetiva. A grande demanda de tração animal ou braçal limita a sua ocupação a pequenas áreas, sendo possível o plantio de mangueira, aceroleira, citros e bananeira, onde a profundidade efetiva for adequada.

- Nos declives de 20% a 45%, relevo fortemente ondulado, o uso agrícola é muito restrito, pois permite apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais, o controle da erosão é dispendioso, não sendo viável a nenhuma das culturas-alvos.
- Nos declives maiores do que 45%, relevo montanhoso, não se recomenda o seu uso agrícola, pois podem ser totalmente erodidos em poucos anos. Devem ser mantidas como áreas de preservação permanentes.

c) Pedregosidade, matacões e rochosidade

A granulometria do solo é composta de partículas com diâmetro menor do que 2,0 mm; sendo as areias entre 2,0 mm – 0,05 mm; o silte entre 0,05 mm – 0,002 mm e a argila menor do que 0,002 mm. As partículas com diâmetro maior do que 2,0 mm não fazem parte do solo, são pedregosidade, classificadas como cascalho quando entre 2 mm – 20 mm ou pedras entre 20 mm – 200 mm; ou matacões, quando maiores que 200 mm; ou rochosidades, que são rochas que afloram ou que estão soltas na superfície, com mais de 1.000 mm (Lepsch et al., 2015).

A cobertura de determinada área do solo por um volume de pedras de tamanhos diversos altera a dinâmica da água no seu perfil, pois pode alterar a velocidade de infiltração, a taxa de evaporação e o controle da erosão, podendo aumentar ou diminuir cada um destes aspectos em função da porcentagem da área coberta e do tamanho do material que faz a cobertura.

Outro aspecto, entre os problemas provocados pela pedregosidade / matações / rochosidade, são os danos aos implementos agrícolas e pneus dos tratores, além dos acidentes em animais.

Na Tabela 4 estão as interações entre as porcentagens da pedregosidade, matações e rochosidade em relação às aptidões agrícolas, onde se observa que nos níveis Nulo e Ligeiro, ainda é possível o cultivo de todas as espécies descritas. No entanto, no nível Moderado, apenas é possível o cultivo da mangueira em função do seu grande espaçamento entre plantas e admitindo o uso de tração animal e/ou manual. No nível Forte, com 50% de pedregosidade e até 50% de rochosidade já não é mais possível nenhum dos cultivos a serem relatados.

Tabela 4. Aptidão agrícola com base nos graus de limitação referentes a pedregosidade, matações e rochosidade dos solos.

Graus de limitação	Pedregosidade	Matações	Rochosidade	Aptidão agrícola
	% massa fragmentos / solo	% superfície do solo		
0: Nulo	0	0	0	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
1: Ligeiro	< 15	< 0,01	< 2	Manga, acerola, citros, banana, mamão, mandioca, abacaxi, maracujá.
2: Moderado	15 – 50	0,01 – 1	2 – 15	Manga.
3: Forte	> 50	1 – 10	15 – 50	Silvicultura, pastagens e vegetação nativa.
4: Muito Forte	-	> 10	> 50	Vegetação nativa.

Fonte: Lepsch et al. (2015).

Deve ser ressaltado que os solos onde ocorrem pedregosidade e afloramento de rochas, geralmente, são rasos. A interação desses dois atributos (a pequena profundidade efetiva do solo e a ocorrência de pedras e rochas na superfície) é muito comum na zona do semiárido e limitam as atividades agrícolas a cultivos de ciclo curto, com sistemas de raízes pouco profundos, e a práticas culturais com tração animal e/ou manual.

Outra interação, de grande ocorrência nos solos do Brasil, é a presença da pedregosidade e/ou rochosidade (Tabela 4) em áreas com declive acentuado (Tabela 3). A avaliação da área, onde interagem esses dois fatores, fornece informações bastante confiáveis quanto ao uso mais adequado e a sua possibilidade de mecanização. A relação declive da área (seis classes) x pedregosidade / rochosidade (cinco graus de limitação) gerou uma classificação quanto à mecanização (Tabela 5), com 30 interações e os graus de limitação variando de 1 a 5.

Graus de Limitação da interação entre declividade x rochosidade e/ou pedregosidade:

- **Nulo** – áreas de relevo plano, com declive inferior a 3% e ausência de pedregosidade / rochosidade. Permitem o trabalho de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas de uso comum, em qualquer época do ano.
- **Ligeiro** – áreas de relevo plano, com pedregosidade / rochosidade em grau ligeiro, ou relevo suave ondulado (declive entre 3% a 8%), com pedregosidade / rochosidade em grau de limitação nulo. Permitem o trabalho de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas de uso comum, praticamente todo o ano, mas com menor rendimento do trator.
- **Moderado** – áreas com declive entre 3% a 8%, com grau ligeiro quanto à pedregosidade / rochosidade, ou com declividade entre 8% a 13%, porém com grau de limitação nulo, quanto à pedregosidade / rochosidade. Não permitem o emprego de máquinas e implementos agrícolas de uso comum durante grande parte do ano.

- **Forte** – áreas com declive entre 0 a 3%, mas com limitação de grau moderado, para pedregosidade / rochosidade; áreas com declive entre 8% a 13%, com grau de limitação ligeiro quanto à pedregosidade / rochosidade; áreas com declive entre 13% a 20%, mas com grau nulo de pedregosidade / rochosidade. Apresentam muitas e severas restrições ao trabalho de máquinas e implementos agrícolas, mas permitem o uso de tração animal.
- **Muito forte** – Nos relevos suave ondulado e moderado, a limitação à mecanização ocorre devido à pedregosidade / rochosidade com grau moderado a muito forte. No relevo ondulado, as limitações ocorrem a partir da pedregosidade / rochosidade entre os graus ligeiro a muito forte; nos relevos forte ondulado e montanhoso com declive entre 20% a 45% e acima de 45%, respectivamente, a limitação ocorre devido às condições de relevo. A pedregosidade / rochosidade nos graus forte a muito forte, limitam o uso do solo independentemente do declive. Nesse grau de limitação as áreas são inadequadas para a mecanização em qualquer época do ano, mesmo com tração animal.

Tabela 5. Interação entre as classes de declividade do solo e os graus de limitação da pedregosidade e/ou da rochosidade, em relação aos graus de limitação à mecanização.

Declividade	Relevo	Pedregosidade (p) e Rochosidade (r)					
		p = % massa fragmentos / solo r = % superfície do solo					
		Nulo p = 0 r = 0	Ligeiro p < 15 r < 2	Moderado p = 15-50 r = 2-15	Forte p = > 50 r = 15-50	Muito forte – r > 50	
Classe	(%)	Tipo	Grau de limitação à mecanização				
A	0 a 3	Plano	1	2	4	5	5
B	3 a 8	Suave ondulado	2	3	5	5	5
C	8 a 13	Moderado	3	4	5	5	5

continua...

Tabela 5. Continuação.

Declividade	Relevo	Pedregosidade (p) e Rochosidade (r)					
		p = % massa fragmentos / solo		r = % superfície do solo			
		Nulo p = 0 r = 0	Ligeiro p < 15 r < 2	Moderado p = 15-50 r = 2-15	Forte p = > 50 r = 15-50	Muito forte – r > 50	
Classe	(%)	Tipo	Grau de limitação à mecanização				
D	13 a 20	Ondulado	4	5	5	5	5
E	20 a 45	Forte ondulado	5	5	5	5	5
F	> 45	Montanhoso	5	5	5	5	5

Nota: Grau de limitação a mecanização: 1: Nulo; 2: Ligeiro; 3: Moderado; 4: Forte; 5: Muito forte.

Fontes: Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995); Giboshi (1999); Pereira e Lombardi Neto (2004) e Lepsch et al. (2015).

Os graus de limitação à mecanização mais adequados aos cultivos são os de valores 1 e 2. No entanto, esses resultados ocorrem em apenas três das 30 ocorrências possíveis; em relação ao grau de limitação 3, onde já há restrições à mecanização, permitindo apenas cultivos que movimentem pouco o solo e em determinada parte do ano, são apenas duas ocorrências, o que significa que existem apenas cinco boas possibilidades de manejo desse solo em um total de 30 interações. No grau 4, onde já ocorrem muitas restrições à mecanização e a necessidade de práticas conservacionistas permanentes é executada por tração animal, ocorrem três resultados; estando as demais 22 ocorrências no grau 5, onde as dificuldades são inúmeras com restrições inclusive para a tração animal.

Os exemplos da interação entre declividade x pedregosidade e/ou rochosidade, o que também poderia ser realizado com a interação profundidade efetiva x pedregosidade e/ou rochosidade, ou ainda, com a declividade x profundidade efetiva, serve para demonstrar que a ocorrência simultânea de dois atributos, que as técnicas agronômicas têm dificuldades para alterar com viabilidade econômica (declividade,

profundidade efetiva e pedregosidade, entre outros), aumentam enormemente as restrições de uso da área.

d) Impedimentos químicos no solo

Saturação por alumínio

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo é um importante atributo que representa a quantidade de cargas negativas que o solo possui. Essas cargas são geradas pelas argilas e/ou matéria orgânica do solo. Os cátions são íons positivos que são atraídos pelas cargas negativas e ficam adsorvidos no solo. Esses cátions ficam disponíveis para a absorção pelas plantas, sendo muito deles nutrientes essenciais para o crescimento vegetal e, devido ao tipo de ligação que têm com o solo, podem ser trocados por outros cátions. Assim, a CTC do solo no laboratório é determinada pela soma dos cátions adsorvidos às suas partículas de argila e/ou a matéria orgânica (MO). Esses cátions são divididos em componentes da soma de bases (SB) ou ácidos (H + Al), sendo que para o bom desenvolvimento das plantas deve-se ter um equilíbrio entre esses dois componentes, onde H e Al não são considerados nutrientes.

$$CTC = Ca + Mg + K + Na + H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$$

$$SB = Ca + Mg + K + Na \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$$

A porcentagem de SB em relação a CTC é denominada de valor da saturação por bases (V); e a porcentagem do valor do Al em relação à soma de SB + Al, é denominada valor de saturação por alumínio (m), sendo:

$$V = (SB / CTC) \times 100$$

$$m = (Al / SB + Al) \times 100$$

Obviamente quanto maior o valor de V , melhor o estado nutricional do solo e menor o valor de m , e vice-versa. Quando o valor de m alcança 50% da CTC o solo é considerado álico, o que significa que existem poucos nutrientes adsorvidos às argilas e grande parte do que existe está insolúvel – devido ao baixo pH – e não está disponível às plantas. Nesse nível de valor de m a correção da acidez via calagem é necessária.

Outro ponto de alarme é quando o Al atinge valor igual ou maior a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ solo}^{-1}$, independentemente do valor da CTC ou de m , pois já representa problemas de toxicidade para grande parte dos cultivos agrícolas, sendo mais grave os efeitos se o valor de V for baixo, pois indica grande deficiência de nutrientes no solo (Lepsch et al., 2015).

Como solução para correção da saturação por alumínio e do pH e para melhorar a disponibilidade de nutrientes dos horizontes, são recomendadas a partir da análise química do solo nas profundidades de ocorrência, determinando as doses da aplicação de calcário (que corrige o pH) e gesso (que indisponibiliza o Al e melhora quimicamente as camadas subsuperficiais pelo carreamento de cátions em profundidade), utilizando o maquinário e os implementos disponíveis que são eficientes até a profundidade de 0 – 0,40 m.

As dificuldades começam a partir da profundidade de 0,40 m – 0,60 m, onde pode ocorrer alto teor de Al, oriundo da correção inadequada da acidez na profundidade de 0 – 0,40 m, ou mesmo devido à pedogênese do solo. Esse acúmulo de Al nas camadas subsuperficiais criam dificuldades para colocar o calcário e o gesso na quantidade necessária, nessas profundidades.

Entre as alternativas para corrigir o Al na camada de 0,40 m – 0,60 m, está a aplicação de calcário e gesso nas camadas de 0 – 0,20 m e 0,20 m – 0,40 m, por um período relativamente longo, já que há um limite para a quantidade de calcário que pode ser aplicada por ano

por área, e acompanhar os efeitos na redução do Al, que será discutido especificamente em cada cultura.

Salinidade e sodicidade

A salinidade e a sodicidade do solo são medidas pela condutividade elétrica, pH e porcentagem de sódio trocável. Os solos salinos geralmente apresentam todos os pontos de carga da sua CTC tomados pela soma de bases ($SB = CTC$ e $V = 100\%$). A origem antrópica desses solos é atribuída à contínua adição de sais via irrigação, adubação ou ascensão capilar, o que começa a saturar a CTC e a solução do solo, aumentando o potencial osmótico e diminuindo a disponibilidade de água para as plantas. O extrato de saturação dos solos salinos apresenta uma condutividade elétrica (CE) $> 4 \text{ mmhos cm}^{-1}$ (25 °C), $\text{pH} < 8,5$ e na CTC, a porcentagem de saturação por Na trocável (PST) $< 15\%$.

A recuperação desses solos necessita de lavagens com água de CE próxima de $1,0 \text{ mmhos cm}^{-1}$, com drenagem abundante por 10 dias em solos arenosos e 100 dias em solos argilosos. A estrutura desses solos não é permeável à água da chuva, isenta de sais, pois o potencial osmótico dessa água de CE próxima de zero, solubiliza grande volume de sais e destrói os agregados salinos, que são pulverizados e impermeabilizam o solo.

O extrato de saturação dos solos sódicos apresenta uma CE geralmente $< 4 \text{ mmhos cm}^{-1}$ (25 °C), $\text{pH} > 8,5$ e na CTC a PST $> 15\%$.

A recuperação desses solos, que apresenta muitas partículas dispersas e não têm boa infiltração, necessita do uso de gesso com intensas lavagens e drenagens.

O extrato de saturação dos solos salino-sódicos apresenta CE $> 4 \text{ mmhos cm}^{-1}$ (25 °C), $\text{pH} < 8,5$ e na CTC a PST $< 15\%$.

Solos salino-sódicos são de muito difícil recuperação, pois apresentam baixa permeabilidade e exigem grande quantidade de corretivos e lavagens intensas, sob risco de no final do processo ainda permanecerem com um dos problemas, sendo salino ou sódico.

Recomendações

Seguindo as orientações aqui descritas, será possível não cometer erros graves na escolha de uma área, identificando as necessidades de reparos tecnicamente mais difíceis e de maior custo financeiro, como solos pouco profundos em função da presença de cascalho, pedras ou do lençol freático próximo à superfície; áreas de ladeiras acentuadas que não permitam a mecanização ou com excesso de pedras e rochas que não permitam a mobilidade de máquinas e animais; ou solos salinos, sódicos e salino-sódicos que exigem grande volume de água e variedades tolerantes.

Caso já possua a terra, escolha o cultivo mais adequado à sua área; caso for comprar uma área pensando em determinado cultivo, faça as análises e investigue o que for necessário antes de definir a cultura e o manejo que pretende utilizar para o plantio.

O nível de manejo diz respeito ao nível técnico das práticas agrícolas que serão utilizadas, a qualidade do material de plantio, os insumos utilizados, tipo de mecanização e a mão de obra.

- **Nível de manejo A** – Básico: restrita ou nenhuma aplicação de capital para manejo e conservação dos solos e dos cultivos. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal e alguma tração animal em implementos agrícolas simples.
- **Nível de manejo B** – Pouco desenvolvido: modesta aplicação de capital para manejo e conservação do solo e melhoramento dos cultivos.

As práticas agrícolas incluem calagem e adubação, tratamentos fitossanitários, mecanização com tração animal ou motorizada no desbravamento e preparo inicial do solo.

- **Nível de manejo C** – Desenvolvido: grande aplicação de capital e de resultados de pesquisa para manejo e conservação dos solos e melhoramento dos cultivos. As operações agrícolas são motorizadas e com alto nível tecnológico (Ramalho Filho; Beek, 1995).

Finalizando, escolhida a cultura e a “terra” onde será implantada, estabelecidos os cultivos e o nível de manejo que pode ser adotado, existe a necessidade de mantê-la produzindo por longo tempo. Para isso, é fundamental o manejo conservacionista do solo, onde os primeiros problemas a serem evitados são a erosão e a compactação, podendo as práticas para o seu controle ser vegetativas (manejo de plantas e coberturas vegetais), edáficas (manejo do solo) e mecânicas (barragens, drenos e estruturas de engenharia), que serão abordados no capítulo seguinte.

Referências

EMBRAPA-CNPS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa -SPI, 1999. 412 p.

GIBOSHI, M. L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra**. 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção Agropecuária) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

IBGE. **Mudanças na cobertura e uso da terra do Brasil 2000 - 2010 - 2012 - 2014**. Rio de Janeiro, 2016. 33 p. Geociências - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – Equipe: Santiago, B.E.; Domingues, E.; Franco, M.M.; Caldeirón, S.S.

INPE. **Mapa de uso e cobertura da terra do território brasileiro para uso em modelagem climática e meteorológica**: relatório de pesquisa. São José dos Campos, 2013. 42 p.

LEPSCH, I. F.; ESPÍNDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S.

Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Viçosa, MG: SBCS, 2015. 170 p.

LI, W., CIAIS, P., GUENET, B., PENG, S., CHANG, J., CHAPLOT, V., KHUDYAEV, S., PEREGON, A., PIAO, S., WANG, Y. Temporal response of soil organic carbon after grassland-related land-use change. **Global Change Biology**, v. 24, n.10, p. 4731-4746, 2018.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43).

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; MOREIRA, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. v. 2, n. 4, p. 1057-1076. 2010.

SPEROTTO, F. Q. **A expansão do setor de celulose de mercado no Brasil: condicionantes e perspectivas**, 2014. Disponível em: <http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/3073>. Acesso em: 1 ago 2016.

WEI, X., SHAO, M., GALE, W.; LI, L. Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. **Nature Scientific Reports**, v. 4, p. 1-6, 2014.



capítulo 3

Manejo e conservação do solo

Francisco Alisson da Silva Xavier
Luciano da Silva Souza
Ana Lúcia Borges
Laercio Duarte Souza

Conceito de solo e suas funções

A primeira conceituação do solo parece tê-lo considerado como material originado da decomposição das rochas, localizado como um fino manto sobre a superfície da Terra. A concepção do solo como meio de crescimento das plantas deve ter sido a fase imediatamente seguinte, quando o homem deixou de colher seus alimentos de forma extrativista e passou a produzi-los, mudança que ocorreu há cerca de 9 mil anos.

A partir do século 20 o conceito de solo passou a considerar que ele não se trata apenas de um meio de suporte às raízes, mas também influencia diretamente os serviços do ecossistema e a saúde dos homens e dos animais (Doran; Parkin, 1994).

Assim como visto no capítulo 1, o solo exerce funções importantes no ecossistema. Podem-se citar como cinco importantes funções do solo:

- a) meio para o crescimento das plantas: atuação no suporte físico para as raízes; fornecimento de ar para a respiração radicular; fornecimento de água para as plantas; suprimento de nutrientes essenciais ao crescimento, desenvolvimento e produção das plantas; amenização das flutuações de temperatura nas proximidades do sistema radicular.



e proteção das plantas contra substâncias fitotóxicas, adsorvendo-as, complexando-as ou decompondo-as.

b) regulador do suprimento de água na natureza: desempenha importante função no ciclo hidrológico, armazenando a água, purificando-a, fornecendo-a para as plantas e/ou conduzindo-a para o lençol freático, influenciando na quantidade e qualidade da água existente nos aquíferos superficiais e subterrâneos.

c) filtro ambiental: o solo tem papel fundamental no sequestro de carbono (C), reduzindo o efeito do CO₂ no aquecimento global; atua também na reciclagem/decomposição da biomassa de origem vegetal ou animal, assim como de resíduos de mais difícil decomposição, tais como o lixo urbano, materiais de origem química, petroquímica, industrial, etc.

d) habitat para organismos vivos: a flora e a fauna do solo são fundamentais para a sua função como filtro ambiental.

e) meio para obras de engenharia: é a base para estradas, edificações e outras, construídas na sua superfície ou exigindo a sua escavação.

Princípios básicos em manejo e conservação do solo

O significado da palavra “conservar”, pelo dicionário da língua portuguesa, emprega as seguintes definições: manter em bom estado, guardar, preservar, continuar a ter, não perder e durar. O emprego dessas definições deve, portanto, orientar as práticas de conservação do solo no contexto agrícola.

A conservação do solo representa o conjunto de práticas agrícolas que têm por finalidade conservar ou recuperar as condições físicas,

químicas e biológicas do solo, por meio de sistemas de manejo capazes de controlar a ação dos agentes responsáveis pela degradação do solo e/ou condicionantes do processo erosivo. No lado oposto, que trata da manutenção e melhoria da condição produtiva do solo, além da calagem, adubação e nutrição das plantas realizadas de forma adequada, conforme será abordado, outras práticas de manejo e conservação do solo devem ser consideradas.

As recomendações que podem contribuir para a manutenção da capacidade produtiva dos solos empregadas neste capítulo têm como base dois princípios básicos em manejo e conservação do solo:

a) Reduzir o preparo do solo: visa diminuir a movimentação das camadas do solo para proporcionar:

- menor compactação;
- manutenção ou melhoria da sua estrutura;
- menores perdas de solo e água por erosão;
- maior disponibilidade de água e ar para as plantas; e
- diminuição da oxidação da matéria orgânica com perda de C do horizonte superficial (liberação de CO₂ para a atmosfera); e

b) Manter a cobertura vegetal do solo (viva ou morta): o solo coberto proporciona:

- amenização da temperatura do solo;
- proteção contra as chuvas e enxurradas;
- incorporação da matéria orgânica e nutrientes;
- redução da evaporação e aumento da infiltração, retenção, armazenamento e disponibilidade da água no solo; e

- redução na infestação das plantas daninhas. A redução de custos de produção é comum a ambos os princípios básicos citados.

Práticas de manejo e conservação do solo

Para o manejo racional dos solos devem ser adotadas medidas que visem otimizar seu potencial de uso, ou seja, práticas que sejam ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis. Como apontado no capítulo 1, é oportuno lembrar que a fertilidade do solo não é apenas a sua capacidade em suprir nutrientes para plantas, mas sim a integração de conhecimentos de física, química e biologia do solo. Assim, é importante considerar o desenvolvimento de práticas de manejo dos nutrientes que foquem não só em produtividades elevadas, mas também na proteção ambiental.

A consulta a um engenheiro agrônomo, que auxilie nas definições corretas para a implementação das práticas de manejo e conservação, é fundamental para o sucesso do planejamento da atividade agrícola da propriedade. A seguir são abordadas práticas indispensáveis ao manejo e à conservação do solo:

A amostragem do solo para análise química deve ser realizada cerca de 60 dias antes do plantio, nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 cm – 40 cm, ou em maior profundidade, em áreas novas a serem implantadas seguindo o método tradicional de coleta (ver capítulo 4 – Amostragem de solo). Em seguida, encaminhar as amostras para um laboratório credenciado para proceder à análise química completa, que inclui matéria orgânica. A análise da granulometria do solo (teores de areia, silte e argila) é igualmente importante para o planejamento do manejo agrícola da propriedade, sendo sua realização altamente recomendada em conjunto com a análise química. Maiores detalhes serão abordados no capítulo seguinte, que trata especificamente da amostragem de solo.

Caso necessite de análises físicas ou biológicas do solo mais específicas, principalmente quando áreas novas serão implantadas, procurar a orientação de laboratórios que realizam tais análises, para que passem a forma correta de amostragem e armazenamento do solo.

A calagem e a adubação, práticas que também objetivam a conservação do solo, devem ser realizadas conforme orientações específicas para cada cultura. Os capítulos posteriores trazem orientações mais específicas sobre essas práticas.

Conhecer a declividade da área é essencial para definir as práticas conservacionistas a serem utilizadas. Em qualquer caso, o preparo do solo, plantio e todas as práticas subsequentes devem ser executados seguindo as curvas de nível; nenhuma operação, nem mesmo a ceifa das plantas daninhas ou de cobertura vegetal plantada na área, deve ser realizada no sentido morro abaixo. Terrenos com declividades entre 3% a 5% são os mais aptos para a maioria das culturas agrícolas, onde há o menor risco de erosão. Declividades entre 5% e 10% já são impeditivas para muitos cultivos anuais, porém, ainda permitem certo nível de mecanização viabilizando cultivos perenes. Já terrenos com declividades acima de 15%, para solos arenosos, ou 18% para solos argilosos, podem ser considerados inaptos para agricultura, por exigirem práticas demasiadamente onerosas para a conservação do solo, portanto, devem ser evitados.

No preparo do solo, deve-se:

- a) movimentar o solo o mínimo possível, pois a quebra excessiva dos torrões pelas passagens de máquinas e implementos agrícolas deixa o solo mais sujeito ao aparecimento de crostas superficiais e, em consequência, à erosão;
- b) trabalhar o solo em condições adequadas de umidade, preparando-o nem muito seco e nem muito úmido, ou seja, o solo deve apresentar teor de água suficiente para não levantar poeira durante

o preparo, mas sem ser excessivo para que venha a aderir aos implementos; o preparo com o solo muito seco exige mais do trator e forma grandes torrões, necessitando de maior número de passagens de implemento para destorroá-lo; já com excesso de umidade são maiores os riscos de compactação, além de o solo aderir aos implementos, dificultando o trabalho; e

c) manter o máximo de fitomassa sobre a superfície do solo, cujos efeitos benéficos já foram abordados.

A subsolagem é uma prática bastante comum e necessária em áreas cujo solo possui moderado a elevado grau de compactação das camadas mais profundas (a partir de 40 cm). Esse endurecimento do solo pode ser causado por constantes passagens de máquinas e implementos agrícolas de médio a grande porte, mas também pode ocorrer como um processo natural durante a formação do solo, como ocorre nos solos da faixa litorânea do Nordeste e parte do Sudeste.

Quando considerada necessária, após uma avaliação técnica, a subsolagem deve ser a última operação mecanizada a ser realizada na área de produção. Providências anteriores devem ter sido adotadas, como a calagem para corrigir a saturação por bases em profundidade e o preparo do solo. Em áreas com compactação acentuada, que justifica o uso do subsolador, após a calagem e o preparo inicial do solo é recomendável que seja feito o plantio de adubos verdes utilizando leguminosas e não leguminosas na área destinada ao plantio comercial. Na ocasião do florescimento das espécies, geralmente aos três meses após a semeadura, fazer a roçagem da parte aérea mantendo a fitomassa produzida sobre o solo. Esperar alguns dias até a secagem parcial da fitomassa e, em seguida, fazer o procedimento da subsolagem. Essa prática permitirá a incorporação de matéria orgânica em camadas mais profundas, retardando um novo ciclo de compactação do solo. A matéria orgânica preencherá

as fendas provocadas pelo subsolador de modo a retardar a reaproximação do solo e preservar os efeitos benéficos da subsolagem por maior período de tempo.

A distância do rodado do trator para a haste subsoladora deve ser, no mínimo, de 30 cm, para não haver riscos de nova compactação. Para aproveitar o real benefício da subsolagem, deve-se evitar nova entrada de máquinas na área entre 15 a 20 dias após a passagem do subsolador, período mínimo para o restabelecimento do equilíbrio das funções do solo. Quando o espaçamento da cultura permitir, alocar as linhas de plantio sobre o sulco da subsolagem. Esse local estará livre de impedimento para o crescimento radicular.

No momento de executar a subsolagem deve-se atentar para a umidade no solo, que deve estar mais para seco do que para úmido em toda a profundidade de atuação das hastes. O efeito das hastes subsoladoras diminui com o aumento da umidade do solo; o ideal é trabalhar o solo nem muito seco nem muito úmido.

O espaçamento menor (entre as plantas), de qualquer cultura, deve ser alocado cortando o declive, de forma que o maior número de plantas na linha faça barreira ao fluxo das águas no sentido morro abaixo. Com isso, o espaçamento maior (entre linhas) direcionará ou obrigará que as práticas mecânicas sejam realizadas cortando o declive.

Conforme já abordado, a cobertura vegetal do solo (viva ou morta) é um dos princípios básicos em manejo e conservação do solo, podendo ser realizada pelo cultivo de plantas melhoradoras. Por questões econômicas, é recomendável que a fitomassa utilizada como cobertura do solo seja produzida no próprio local. Por exemplo, fitomassas cultural residual ou de podas podem ser reaproveitadas como cobertura morta e devem sempre ser mantidas sobre a superfície do solo e nunca incorporadas. Plantas que atuam como coberturas vegetais vivas também

são consideradas como plantas melhoradoras, pois podem melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo para o crescimento das raízes.

Um grande número de espécies vegetais pode ser utilizado como plantas melhoradoras do solo. As leguminosas destacam-se pela capacidade que têm de incorporar no solo quantidades significativas de nitrogênio (N) do ar, por meio de uma associação simbiótica que fazem com bactérias específicas, processo denominado de fixação biológica de N. As leguminosas também possuem raízes geralmente bem ramificadas, vigorosas e profundas, que atuam reciclando nutrientes, rompendo camadas compactadas ou endurecidas, incorporando grandes quantidades de matéria orgânica em profundidade e melhorando a estrutura do solo. As gramíneas também podem ser utilizadas, pois são mais eficientes na agregação das partículas na subsuperfície do solo e promovem uma cobertura vegetal mais volumosa e de mais difícil decomposição do que as leguminosas (Lima Filho et al., 2014). As gramíneas, entretanto, uma vez estabelecidas são mais difíceis de controlar, como exemplo as braquiárias. Portanto, deve-se ter bastante critério na seleção deste tipo de cobertura considerando o tipo de cultura comercial a ser explorada. Geralmente em cultivos perenes, como em citros, as gramíneas são preferencialmente utilizadas por promover uma excelente cobertura de solo nas entrelinhas.

Em condições de sequeiro, quando for possível para o produtor, leguminosas como o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* e *C. breviflora*), guandu (*Cajanus cajan*), labe-labe (*Dolichos lablab*), soja perene (*Glycine wightii*), mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), mucuna-rajada (*Stizolobium deeringianum*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) devem ser semeadas nas entrelinhas da cultura, no início do período das águas, a uma distância aproximada de um metro das plantas, e ceifada no início do período seco, a uma altura média de 25 cm, deixando-se a fitomassa na superfície do solo como cobertura morta. Uma alternativa é o uso de

coquetel de sementes de leguminosas, gramíneas e/ou outras espécies adequadas à região que, em razão de serem plantas fisiologicamente distintas, apresentam diferentes tempos de decomposição da fitomassa e diferentes potenciais de acúmulo de matéria orgânica e nutrientes (Lima Filho et al., 2014). É importante lembrar que hoje se sabe que a maioria de espécies não leguminosas usadas como plantas de cobertura também fixam o N do ar, por meio de associações não simbióticas com bactérias que ocupam espaços intercelulares das raízes e de outras partes das plantas, mas a quantidade fixada é bem menor.

Em áreas irrigadas, o plantio das plantas melhoradoras pode ser feito em qualquer época do ano. A ceifa, em área sob irrigação ou sob sequeiro, deve ser feita no início da floração (maior disponibilidade de nutrientes, principalmente N) ou mesmo no início da produção de vagens (maior teor de C). Neste último caso, o material vegetal estará mais lenhoso e, conseqüentemente, mais resistente à decomposição, permanecendo por mais tempo cobrindo o solo.

Quanto maior for a cobertura vegetal na superfície do solo, originada primeiramente das leguminosas e depois das plantas daninhas, melhor serão os efeitos em relação à capacidade de armazenamento de água no solo para atravessar o período de baixa pluviosidade.

O solo descoberto pode levar a significativas perdas de solo por erosão, podendo chegar a 10 toneladas por hectare por ano ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) ou mais. Além disso, perdas de nutrientes por lixiviação e erosão podem ocorrer em solo não adequadamente manejado, chegando a $1,8\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de P e a $307\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de K. As perdas em relação à adubação podem atingir valores significativos. A cada 100 kg de adubo químico aplicado são perdidos devido à erosão cerca de 10 kg de P, 50 kg de K, 55 kg de N, 60 kg a 70 kg de Mg e 75 kg de Ca; as perdas de matéria orgânica, um indicador de qualidade do solo, podem atingir $125\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. Assim, práticas devem ser adotadas para reduzir a erosão, evitar perdas por lixiviação e reciclar nutrientes (Godefroy et al., 1970, 1975).

A fitomassa, quando depositada na superfície do solo sem incorporação como cobertura morta, demora mais tempo para decompor porque o contato com os microrganismos ocorre somente no limite entre as superfícies do solo e do material. A velocidade de decomposição da matéria orgânica deve ser retardada, para que os efeitos benéficos no controle de plantas daninhas, manutenção da umidade, diminuição da temperatura e proteção ao impacto das gotas de chuva, possam permanecer por mais tempo no solo.

Quando for possível intercalar com a cultura principal, nos espaçamentos largos, devem-se replantar as espécies melhoradoras do solo no início de cada temporada de chuvas, caso elas não sejam perenes. Para economizar a compra de um novo lote de sementes das espécies melhoradoras, sugere-se que de oito em oito entrelinhas deixar uma sem passar a roçadeira, para recolher sementes para o próximo plantio. Contudo, para grandes áreas de plantio, verificar o menor custo entre mão de obra para a colheita de sementes ou compra direta de sementes no mercado.

No período das chuvas não é necessário controlar as plantas daninhas nas entrelinhas da cultura principal enquanto elas estiverem com plantas de cobertura, já que existe água o suficiente para não causar prejuízo à produção. Efeitos supressores ou alelopáticos inibindo a germinação ou o estabelecimento de plantas daninhas têm sido observados em várias leguminosas utilizadas como plantas de cobertura, tais como feijão-de-porco, crotalárias, mucuna-preta, calopogônio e outras. O início do controle das plantas daninhas nas linhas e entrelinhas de plantio deve ser ao final do período das chuvas e durante todo o período seco, devendo-se evitar o uso da grade, utilizando ceifadeiras, escarificadores ou herbicidas pós-emergentes. Reduzir ao mínimo o tempo de permanência da superfície do solo sem cobertura vegetal.

De preferência, a linha de plantio deve ser mantida com vegetação rasteira (roçagem) ou mesmo limpa (capina manual) ou ainda recorrendo

ao uso de herbicidas pós-emergentes, que proporcionem a formação de cobertura morta. Para que haja uma boa proteção do solo, o herbicida pós-emergente só deve ser aplicado quando as plantas daninhas estiverem bem desenvolvidas (antes de produzirem sementes para não dispersarem e aumentar a infestação), para possibilitar a formação de uma boa cobertura morta. Quando for possível, utilizar roçadeiras laterais arrastadas por trator, que mantêm a fitomassa sob a copa das plantas.

A cobertura morta do solo pode ser realizada com:

- a) a fitomassa da própria cultura, como ocorre no cultivo da bananeira;
- b) por meio da ceifa das plantas daninhas; ou
- c) com o cultivo de plantas melhoradoras do solo, cultivadas nas entrelinhas das culturas.

Dependendo da disponibilidade na região pode-se utilizar ainda material vegetal produzido em outro local e transportado até a propriedade, para ser espalhado no solo como cobertura morta, mesmo que não atinja toda a área cultivada, o que seria o ideal, ou apenas as linhas de plantio ou mesmo somente o rodapé de plantas de maior porte.

Deve-se proceder a rotação de culturas, principalmente com leguminosas ou com uma mistura com gramíneas e/ou outras espécies, para evitar ou reduzir o esgotamento de nutrientes do solo, bem como para interromper o ciclo de pragas e doenças.

A consorciação da cultura principal com outras plantas, sendo estas para produção ou para melhorar o solo, é uma prática que contribui para diminuir erosão do solo e aumentar a diversidade de espécies na área. Isso é particularmente importante em áreas inclinadas, já que a cobertura do solo é o fator isolado que mais contribui para controlar a erosão. Aumentar a diversidade de espécies também é importante para manter

o equilíbrio do meio ambiente, pois pode favorecer o surgimento de inimigos naturais de pragas e insetos benéficos ao sistema de produção, por exemplo, polinizadores.

Outras práticas conservacionistas recomendadas para áreas inclinadas são:

- a) combinação de faixas de plantio de diferentes culturas;
- b) enleiramento em nível da fitomassa;
- c) sistema de capinas alternadas, ou seja, capinar uma linha e deixar a seguinte sem capinar até chegar-se ao final da área, para que o solo não fique descoberto e desprotegido contra o escoamento das águas; depois de uma ou duas semanas, retorna-se capinando aquelas linhas que ficaram para trás; e
- d) cordões em contorno vegetados utilizando plantas de crescimento denso, como o capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) e o capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*).

As práticas conservacionistas mencionadas são eficientes por si só em áreas com declividade até 5%. Daí em diante, além de tais medidas, deve-se recorrer às práticas mecânicas de conservação do solo (terraços e canais escoadouros), que são mais onerosas que as anteriores e, por isso, somente utilizadas em condições extremas de riscos de erosão. A realização de práticas mecânicas deve ser inicialmente orientada por um técnico capacitado para que haja eficiência do método aplicado, justificando o custo da sua aplicação.

Referências

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (ed.) **Defining soil quality for a**

sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. p. 1-21. (SSSA special publications, v. 35).

GODEFROY, J.; MULLER, M.; ROOSE, E. J. Estimation des pertes par lixiviation des elements fertilizants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire. **Fruits**, v. 25, n. 6, p. 403-423, 1970.

GODERFROY, J.; ROSSE, E. J.; MULLER, M. Estimation des pertes par les eaux de ruissellement et de drainage des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie du sud de Côte d'Ivoire. **Fruits**, v. 30, n. 4, p. 223-235, 1975.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 1, 507 p.



capítulo 4

Amostragem de solo

Ana Lúcia Borges
Arlene Maria Gomes Oliveira
Luiz Francisco da Silva Souza

Para uma recomendação correta de calagem e adubação, objetivando preservação do ambiente e retorno econômico de uma cultura, é fundamental a análise química do solo. Esta análise avalia, de forma rápida e a baixo custo, a disponibilidade de nutrientes ou o excesso de elementos tóxicos no solo para a cultura.

O processo de amostragem do solo é a primeira e mais crítica etapa da análise química, pois um erro na amostragem poderá comprometer as etapas seguintes para a definição das quantidades de calcário e adubos a serem aplicadas.

As ferramentas necessárias para amostragens, como trado, pá de corte, espátula, faca, balde(s), sacos plásticos, canetas e etiquetas para identificação das amostras devem ser providenciadas com antecedência.

Todos os equipamentos para a amostragem e embalagem do solo devem estar limpos e, principalmente, não devem conter resíduos de calcário ou adubos. Para amostras nas quais se pretende também analisar micronutrientes, deve-se usar trado de aço e utilizar baldes plásticos.



Área amostrada e número de amostras

A área a ser amostrada deve ser dividida em estratos, glebas ou talhões de no máximo 10 hectares, que devem ser homogêneos quanto à cor do solo (amarela, vermelha, cinza ou preta), topografia (topo, encosta ou baixada), textura (argilosa, média ou arenosa), condições de drenagem, grau de erosão, tipo de vegetação, cultura anterior, histórico de uso (com ou sem cultivo, com ou sem calagem, adubado ou não), manejo e produtividade agrícola.

Deve-se amostrar o solo em vários pontos (cada ponto será uma subamostra ou amostra simples), sendo misturados durante a amostragem para formar uma amostra composta. Na coleta das amostras simples deve-se caminhar ao acaso em zigue-zague, de modo a cobrir toda a área a ser amostrada. Não se deve coletar amostras em manchas de solo atípicas, muito diferentes do resto da área ou próximas a casas, galpões, brejos, voçorocas, caminhos de pedestres, formigueiros, etc., evitando-se assim introduzir erros no processo de amostragem. Assim, amostras compostas devem ser coletadas em separado para cada talhão ou gleba, identificadas e, em seguida, encaminhadas para o laboratório. Locais de lavoura já instalada onde são percebidos desenvolvimento atípico das plantas, devem ser amostrados separadamente para verificar se o problema pode estar relacionado à fertilidade química do solo.

O número de amostras simples não deve ser inferior a 20 pontos por gleba homogênea, sendo ideal em torno de 30 pontos, principalmente em solos argilosos e aluviais, número utilizado por Grego et al. (2017) para os solos do circuito das frutas no estado de São Paulo. Contudo, quanto maior o número de amostras simples, maior será a representatividade da amostra composta e, por consequência, melhor será a avaliação dos teores de nutrientes do solo (Borges; Souza, 2009).

Profundidade de amostragem

A profundidade de coleta de cada amostra simples varia com o tipo de cultivo, manejo do solo e objetivo da avaliação. Para fins de recomendação de calagem e adubação, a profundidade normalmente indicada é a de 0 a 20 cm. Antes da implantação da cultura, é aconselhável a amostragem também de camadas mais profundas do solo, 20 cm a 40 cm e também de 40 cm a 60 cm, objetivando detectar a ocorrência de barreiras físicas (pedregosidade, compactação, zonas de acúmulo de água) ou químicas (altos teores de alumínio trocável e baixos teores de cálcio), que impedem o crescimento radicular em profundidade, limitando a absorção de nutrientes e água. A amostragem nas camadas mais profundas deve ser realizada no mesmo ponto da amostra de 0 a 20 cm e é mais necessária no caso de culturas cujos sistemas radiculares alcançam maiores profundidades no solo (Borges; Souza, 2009).

Local de amostragem

Em culturas perenes já implantadas, as amostras simples devem ser coletadas onde usualmente são aplicados os adubos e há maior influência da queda dos resíduos vegetais. Qualquer vegetação natural ou restos de cultura porventura existentes na superfície do solo devem ser eliminados nos pontos de coleta das subamostras. Entretanto, deve-se evitar a raspagem da camada superficial do solo.

Para efeito de comparação dos dados analíticos do solo, poderão também, de forma adicional, ser tomadas amostras na faixa não adubada, para onde se espera a expansão do sistema radicular de absorção. No caso de culturas intercalares, recomenda-se realizar, separadamente, amostragem do solo também nas linhas e entrelinhas (Borges; Souza, 2009).

Época de amostragem

A época de amostragem varia com o manejo do solo, a cultura e outros fatores. A amostragem pode ser feita em qualquer época do ano, porém, recomenda-se realizá-la no final ou início do período chuvoso, com antecedência suficiente para receber os resultados do laboratório e adquirir os insumos recomendados. Como a maioria do calcário comercializado no Brasil necessita em torno de 90 dias para reagir completamente, para um novo plantio que requeira correção da acidez do solo, deve-se realizar amostragens com antecedência de no mínimo 120 dias. Para culturas perenes em produção, a amostragem deve ser feita preferencialmente logo após a colheita e antes de se realizar a adubação para o novo ciclo da planta.

Em casos de culturas em que se deseja monitorar o estado nutricional das plantas, a amostragem do solo deve ser feita 30 dias após a última adubação ou 15 dias após a fertirrigação.

A análise química do solo da mesma gleba ou talhão deve ser repetida anualmente ou, em alguns casos, até duas vezes no ano, podendo ser conciliada com a análise química foliar (Borges; Souza, 2009).

Acondicionamento e identificação das amostras

As amostras simples da mesma profundidade devem ser coletadas e colocadas em um balde ou recipiente limpo, preferencialmente de plástico (evitar contaminação com metais), identificando a profundidade. Em seguida mistura-se bem, com as mãos protegidas, a massa de solo coletada, obtendo-se uma amostra composta, da qual se separam 300 g a 500 g em saco plástico limpo. Identificar as amostras com data, local, cultura e profundidade da coleta e enviar para o laboratório (Borges; Souza, 2009).

Encaminhamento das amostras

As amostras, após devidamente coletadas e identificadas, devem ser enviadas o mais rápido possível para o laboratório. Caso não seja possível encaminhá-las em menos de 12 horas, deve-se secá-las à sombra, em local bem ventilado, espalhando-a em uma superfície limpa, formando uma camada de 1 (um) cm de altura e encaminhar para o laboratório quando possível. Em geral, recomenda-se realizar as seguintes determinações: acidez ativa (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez trocável – alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial – hidrogênio e alumínio (H + Al), matéria orgânica e os micronutrientes manganês (Mn) e zinco (Zn), como também os cálculos da soma de bases, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). Para auxiliar na recomendação de P e do parcelamento da adubação, sugere-se também realizar a análise da granulometria do solo.

Havendo um questionário, preenchê-lo com as informações solicitadas sobre a área, remetendo-o ao laboratório junto com a amostra. Tais informações serão importantes para as recomendações de calagem e/ou adubação (Borges; Souza, 2009).

Referências

BORGES, A. L.; SOUZA, L. F. da S. Amostragem de solo. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 22-25.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; CRISCUOLO, C.; GARÇON, E. A. M.; ALVAREZ, I. A. **Amostragem do solo para incremento da base de dados e diagnóstico da fertilidade do solo das propriedades familiares no Circuito das Frutas (SP)**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017. 9 p.



capítulo 5

Riscos climáticos

Maurício Antonio Coelho Filho
Tibério Santos Martins da Silva
José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro

O solo e a atmosfera são os sistemas que abrigam as plantas e fornecem as condições ambientais para produção agrícola mundial, sendo a base para sustentação de toda humanidade. A planta é fortemente influenciada pelas características do solo, atmosfera e seus elementos (radiação solar, umidade do ar, velocidade do vento, chuva, etc.) que afetam o balanço energético da planta e conseqüentemente a taxa de crescimento em suas diferentes fases. Por isso, as plantas interagindo com os sistemas solo e atmosfera respondem fisiológica, bioquímica, morfológica e anatomicamente alterando, por exemplo, a duração de ciclos de produção, frutificação e qualidade, dependendo da influência dos elementos climáticos e de suas diferentes escalas espaciais, seja regional (macro) ou locais (micro e topo) onde estão localizados os empreendimentos agropecuários.

Quando se deseja caracterizar climaticamente a região, estimadores estatísticos são utilizados, sendo a média o mais comum, considerando uma série histórica de pelo menos 30 anos (Figura 1); esses estimadores servem de base para o planejamento de atividades comerciais dependentes do clima. As variações dos elementos nas escalas diárias, mensais ou anuais determinam o planejamento, gestão agrícola e tomadas de decisões com base em sua variabilidade temporal local, que impactam, por exemplo, o balanço de água no solo, necessidades de reposições de irrigação, pulverizações e, mais importante,



implicam nas respostas produtivas no ano agrícola. A variabilidade espacial desses elementos determina grandes diferenças regionais e sazonalidades dos componentes dos balanços hídricos climatológicos e disponibilidade energética, significando que as práticas agrícolas deverão ser realizadas em diferentes épocas do ano a depender da região do Brasil.

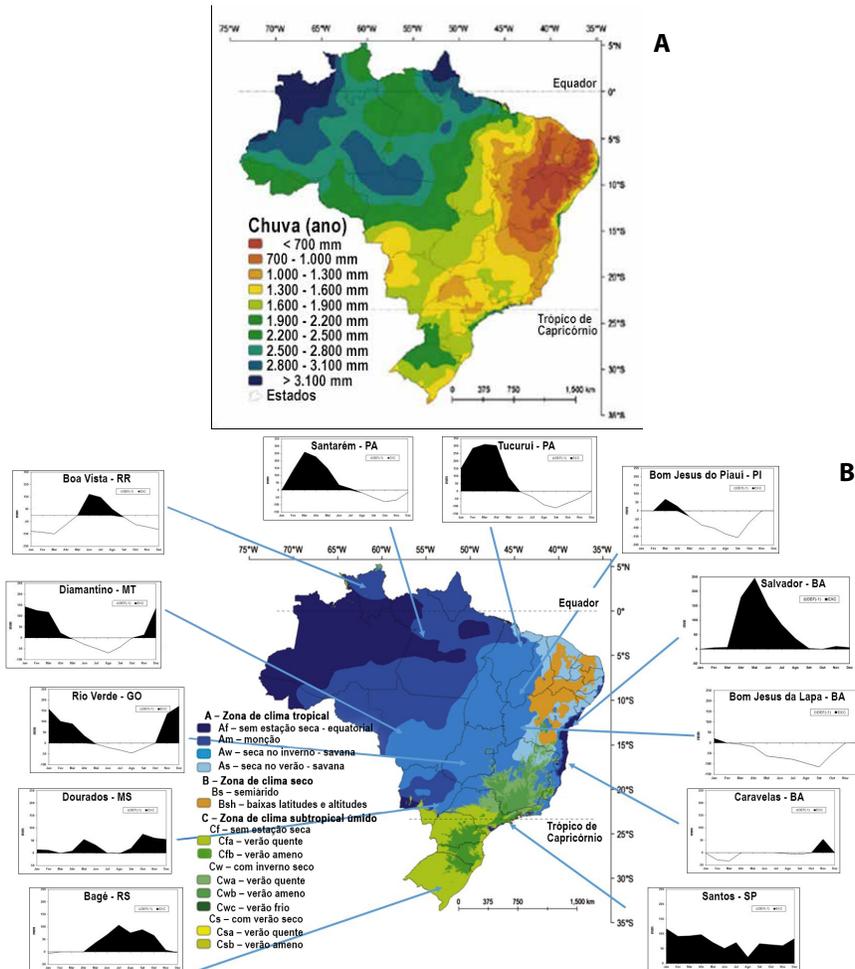


Figura 1. Valores totais precipitados anualmente no Brasil (A); classificação climática para o Brasil, segundo critérios de Köppen (1936) e balanços hídricos climatológicos anuais de algumas localidades (B).

Fonte: Adaptado de Alvares et al. (2013).

Como toda atividade econômica, há riscos envolvidos na produção agrícola, principalmente relacionado ao sistema atmosfera, do qual o homem não pode controlar plenamente. Há, entretanto, a possibilidade de quantificá-los com base no conhecimento da variabilidade interanual dos principais elementos climáticos que promovem estresse às plantas e perdas produtivas e/ou de qualidade do produto. Como exemplo, com base em informações históricas sobre disponibilidade de energia solar, temperatura do ar, disponibilidade hídrica nas fases críticas da planta e fotoperíodo, é possível estimar os riscos que podem ocorrer em função da frequência de eventos dos diferentes fatores do clima. Os eventos mais comumente associados às perdas de produção são os relacionados às temperaturas extremas, geadas, ação mecânica dos ventos, veranicos, estiagem prolongada e inundação. A dependência da epidemiologia de organismos, principalmente ao molhamento foliar, temperatura, umidade do ar e velocidade de vento, também são importantes para definições dos riscos ou favorabilidade de ocorrência e dispersão de pragas.

Como a planta é fortemente influenciada pelos sistemas solo e atmosfera, os riscos são também muito dependentes das interações genótipo x ambiente. O solo que serve para ancoragem das plantas, também disponibiliza água e nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal, sendo que a eficiência de disponibilização à planta é altamente dependente do genótipo e de sua capacidade de explorar seus recursos lateralmente ou em profundidade, da variabilidade dos elementos do clima e do manejo e conservação do solo, que modelam as suas características física, química e microbiológica.

Os riscos climáticos são maiores quando o evento de estresse ocorre na fase fenológica mais sensível da planta. Há variações grandes nas respostas das culturas e de suas variedades, seja em função da duração

do ciclo fenológico, conservação de água pela planta ou efetividade no uso de água associada pelo desenvolvimento radicular (mecanismo de escape); de suas tolerâncias diferenciadas aos estresses abióticos relacionados ao ajustamento osmótico e/ou proteções bioquímicas (mecanismos de tolerância ao deficit hídrico); ou por meio de mecanismos que aumentam a eficiência do uso de água da planta ou uso eficiente de água disponível no solo (mecanismo eficiente). Como exemplo, variedades que completam o ciclo fenológico com maior precocidade podem minimizar ou escapar dos riscos relacionados a temperaturas extremas, ocorrência de geadas ou deficit hídrico na fase mais crítica para planta. Essa vantagem, por outro lado, geralmente implica em custos e redução da produtividade potencial. Geralmente as fases mais críticas estão ligadas ao florescimento e fase de produção (crescimento de frutos). O conhecimento dessas respostas é utilizado para definição das melhores épocas de semeadura/plantio que viabilizem, com certo nível de risco, a plena germinação/pegamento da planta e crescimento inicial de um determinado genótipo, quer seja este precoce ou tardio.

Os riscos relacionados ao deficit de água no solo para cultura da mandioca, por exemplo, são importantes nos cinco primeiros meses, determinantes para definir a produção final (Oliveira et al., 1982), período também de necessidades crescentes de água para planta (Coelho Filho, 2020). Deficit hídrico nessa fase implica em necessidade de alongar o período de cultivo para o enchimento de raízes para níveis comerciais. No caso do semiárido, esse ciclo deve ser quase sempre superior a 12 meses, pelo volume precipitado ser inferior a 700 mm anuais, em média, e pela má distribuição, o que determina a existência de poucos meses ao longo do ano com balanço de água positivo (Figura 1). Em locais quentes e com boa disponibilidade de água, seja pela regularidade de distribuição de chuvas ou irrigação, dependendo do genótipo, a colheita pode se iniciar a partir do sexto mês após o plantio (Coelho Filho, 2020).

Os riscos relacionados ao excesso de água no solo implicam em maior favorabilidade para o desenvolvimento de doenças de solo, exemplo da podridão radicular da mandioca. Nesse caso, além da opção por variedades mais tolerantes e de estratégias de manejo de solos que evitem o contato permanente de raízes com excesso de água, como o cultivo em camalhões, deve-se evitar o plantio em épocas muito úmidas quando há riscos permanentes de encharcamento, que também dependem das características físicas do solo. Situação comum em regiões litorâneas do Brasil e especialmente na região Amazônica, onde os totais de chuva geralmente superam 1.600 mm anuais (Figura 1A), mesmo assim associados a um período de ocorrência de deficits hídricos cujas intensidades e duração (até seis meses) variam muito dependendo do município, o que intensifica a precipitação nas estações mais chuvosas do ano, revelado nos diferentes extratos do balanço hídrico climatológico apresentados na Figura 1B (Alves et al., 2020).

Critérios para o zoneamento de risco climáticos para culturas perenes

Variáveis meteorológicas

Para um estudo de risco climático são fundamentais séries históricas de registros diários de variáveis meteorológicas: chuva e temperaturas mínima e máxima, sendo necessária a seleção das séries históricas em diferentes localizações bem distribuídas no espaço. Falhas ou inconsistências em séries de temperatura podem ser preenchidas a partir de dados estimados por krigagem ordinária com correção do gradiente térmico vertical em função da altimetria Shuttle Radar Topography Mission (SRTM 30 m). No caso das chuvas, são utilizadas, preferencialmente, séries pluviométricas com 30 anos de duração; entretanto, em regiões com pouca disponibilidade de séries históricas, as séries mais curtas também podem ser utilizadas, mas com pelo menos 15 anos de duração. Séries de precipitação com menos de 5% de dados ausentes ou inconsistentes são utilizadas nas avaliações

de risco e, suas falhas, podem ser preenchidas a partir de interpolação com estações vizinhas e também com os dados do The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) disponíveis a partir de 1999. Geralmente os dados meteorológicos são obtidos junto às diversas instituições federais, a exemplo do Inmet, e estaduais que mantêm ou mantiveram redes de monitoramento por longos períodos. Essa malha de estações é muito importante para qualidade da interpolação de pontos não existentes.

Variáveis da planta e do clima

De maneira simplificada, os modelos de crescimento utilizados no zoneamento de risco climáticos envolvem o conhecimento da fisiologia da planta e suas respostas aos fatores climáticos, como as exigências térmicas, hídricas e sensibilidade nas diferentes fases fenológicas da cultura, da profundidade radicular no tempo, etc. É necessário também ter o conhecimento das fases críticas para cultura, ou seja, que fase os estresses abióticos são mais limitantes ao crescimento e produção. Nesse aspecto é importante conhecer a disponibilidade hídrica e térmica que ocorrerão ao longo do ciclo da cultura (Doorenbos; Kassam, 1979).

Geralmente para fruteiras, o período mais sensível às condições meteorológicas coincide com a fase reprodutiva compreendida desde a floração até o ponto de maturação do fruto. Estudos têm mostrado que é possível o aumento da eficiência de uso de água em condições irrigadas e manutenção de produtividade usando o deficit hídrico controlado como estratégia (Coelho et al., 2014). Saliente-se, ainda, que há culturas que necessitam de um ciclo de estresse hídrico, como forma de melhorar a produtividade; esse aspecto está relacionado à necessidade do estresse hídrico para a indução floral. Caso da limeira-ácida 'Tahiti', que responde muito bem ao estresse hídrico no processo de indução ao florescimento.

Outro ponto básico se refere ao conhecimento das necessidades hídricas nas fases fenológicas, por meio do coeficiente de cultura K_c (Allen et al., 1998), que também variam em função de cada genótipo. Esse coeficiente

geralmente advém de pesquisas agrometeorológicas envolvendo lisimetria ou estudos micrometeorológicos (Pereira et al., 2013). O balanço de água no solo também é uma alternativa para culturas anuais que cobrem homoganeamente o solo e possuem sistema radicular mais superficial.

As faixas térmicas e hídricas ótimas para os processos fisiológicos das culturas, que são específicas para cada planta, são utilizadas nos trabalhos de zoneamento de aptidão climática. Na Figura 2, um exemplo de estudo para a cultura do mamão, especificamente para o estado da Bahia. Nesse exemplo, além das limitações impostas pelo deficit de água no solo (DEF) e deficit de pressão de vapor do ar, representados pela umidade relativa (UR), são usados os limites de temperatura, seja pelo uso da média anual (T_m) durante o ciclo de crescimento e produção e/ou especificamente para o período de floração e/ou desenvolvimento inicial de frutos ($T_x >$ limite), importantes para o abortamento floral e distúrbios fisiológicos aos frutos, assim como a umidade relativa. Neste estudo, foram separados os grupos de mamoeiro (Formosa ou Solo) que apresentam graus diferentes de sensibilidade quanto às temperaturas extremas superiores (T_x).

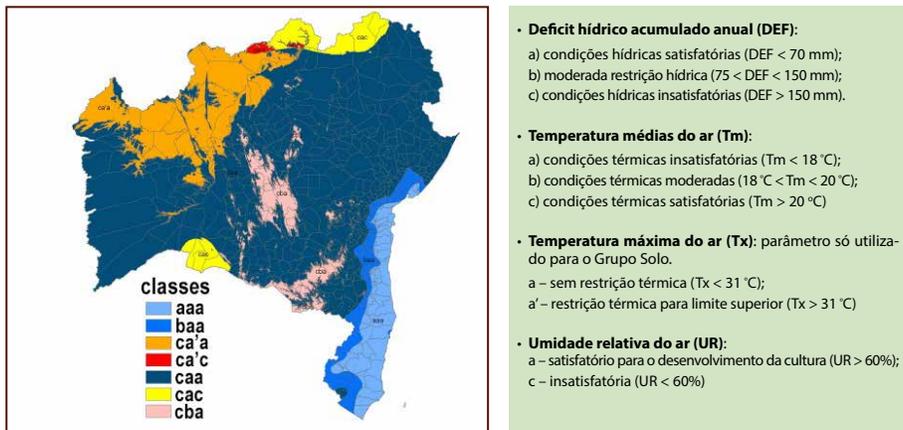


Figura 2. Aptidão do estado da Bahia para a cultura do mamoeiro.

A primeira letra dentro das classes se refere à variável DEF, a segunda a temperaturas médias e máximas (T_m e T_x) e a terceira para UR. GS e GF são respectivamente abreviaturas de Grupo Solo e Grupo Formosa.

Fonte: Coelho Filho et al. (2009).

Apesar desses critérios térmicos limiares para o desenvolvimento da planta já restringirem o cultivo de uma espécie e estabelecer zonas com aptidão para uma determinada cultura, quando se trata especificamente de riscos climáticos, há necessidade de se quantificar os níveis de probabilidade de ocorrência de mínimas/máximas no momento da floração/frutificação, por exemplo. Poderia ser o caso de usar frequências de ocorrências de temperaturas amenas ($< 17\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou elevadas ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), que estão ligadas ao aumento das chances de desordem fisiológica em frutos de mamoeiro (Santamaría et al., 2015). Adicionalmente existem riscos relacionados às frequências de ocorrência de temperatura mínima abaixo da basal inferior, causando resfriamento ou chilling à planta, muito comum em bananeiras cultivadas em baixas latitudes, ou em altitudes elevadas. Os riscos associados à ocorrência de geadas também são estabelecidos com base na frequência de temperaturas mínimas menores ou iguais a um limiar ($^{\circ}\text{C}$) que pode ser aplicado à toda base de dados do território brasileiro e podem variar dependendo da região estudada. Nesse caso, quanto maior o risco aceitável, menor a extensão do território zoneado para geada, em cinza na Figura 3.

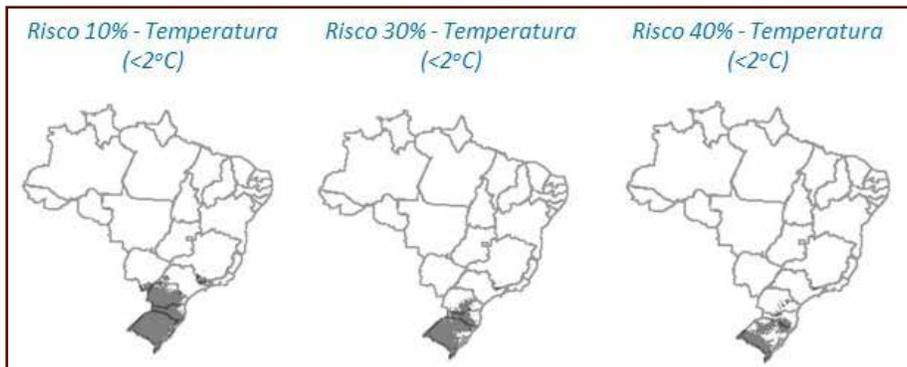


Figura 3. Diferentes níveis de risco aceitáveis (10%, 30% e 40%) para ocorrência de temperaturas inferiores a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em cinza) no território brasileiro.

Fonte: Santamaría et al. (2015).

Plantas de clima subtropical, menos sensíveis às baixas temperaturas, comparadas a espécies tropicais que geralmente não toleram geadas, necessitam de frio hibernal no inverno para diferenciação de gemas dormentes em gemas floríferas. Frutas como maçã, pêssego, pera, necessitam de um número de horas mínimos acumuladas de frio (por exemplo, 400 horas com temperaturas inferiores a 7 °C) para quebra da dormência (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Plantas cítricas respondem bem ao acúmulo de frio, temperaturas inferiores a 20 °C, assim como o deficit hídrico, em especial a limeira-ácida 'Tahiti', no que diz respeito à indução floral. Estas vegetam excessivamente em detrimento à produção quando em locais muito úmidos ou uso excessivo de irrigação. Temperaturas amenas inibem a floração de aceroleiras, quando as plantas respondem muito bem à elevação de temperatura após período úmido e mais frio. Respondem muito bem também ao deficit hídrico, florando intensamente ao restabelecimento de água no solo combinado com temperaturas adequadas. Limites térmicos para algumas culturas encontram-se resumidamente na Tabela 1.

Tabela 1. Limites térmicos e sensibilidade ao fotoperíodo para as fruteiras e mandioca.

Cultura	Temp. Base Inf. (°C)	Temp. Base sup. (°C)	Faixa ótima de temperatura (°C)	Fotoperíodo	Distúrbios na Floração/ Frutificação	Fonte
Abacaxi	5	40	22 a 32	Sensível	–	Cunha et al. (2009).
Acerola	15	–	24 a 31	Insensível	–	Nakasone e Paul (1998); Calgaro e Braga (2012).
Banana	13	38	20 a 29	Insensível	Dificuldade lançamento da inflorescência; distúrbio fisiológicos nos frutos (T < 12 °C)	Coelho et al. (2009); Lima et al. (2012).
Citros	13	35 – 40	25 a 30	Insensível	Abortamento a 38 °C	Davies e Albrigo (1994); Volpe et al. (2002).

continua...

Tabela 1. Continuação.

Cultura	Temp. Base Inf. (°C)	Temp. Base sup. (°C)	Faixa ótima de temperatura (°C)	Fotoperíodo	Distúrbios na Floração/ Frutificação	Fonte
Mamão	15	40	21 a 33	Insensível	Carpeloidia de frutos (T < 17 °C); flores não funcionais, carpeloidia (\cong 35 °C); abortamento floral (35-40 °C)	Allan e De Jager (1978); Marin et al. (1995); Camprotrini e Glenn (2007); Vázquez et al. (2010).
Mandioca	15	38	25 a 35	Sensível	–	Alves (2002); El-Sharkawy (2003).
Maracujá	15	37	20 a 32	Sensível	Abortamento a 38 °C	Castro e Kluge (1998); Ferreira et al. (2002).

Variáveis do solo

O conhecimento das relações físico-hídricas do solo é fundamental nos estudos de riscos climáticos. A forma mais exata de se trabalhar é considerar também a variabilidade dos solos mapeando a fertilidade natural física numa escala de zoneamento que permitisse um maior detalhamento dos resultados. O desenvolvimento de modelos mais complexos, para quantificar o desenvolvimento e produtividade, requerem alguns atributos do solo como variáveis de entrada, comparativamente aos modelos mais empíricos. A escassez de informações para alimentar os modelos em escala local e regional é mais um impeditivo para melhoria das respostas.

O uso de funções de pedotransferência em estimativas das propriedades físico-hídricas de difícil determinação é uma alternativa, como na estimativa da capacidade de água disponível dos solos, variável muito importante para os estudos de balanço de água. Propriedades do solo mais fáceis de determinar, como a granulometria e atributos estruturais podem ser base para essas estimativas (Assad et al., 2001; Michelin

et al., 2010), porém o desafio é grande (Barros et al., 2013) e o uso limitado aos estudos acadêmicos.

Para viabilizar e tornar trabalhos práticos em escala regional, os solos podem ser agrupados em três categorias quanto à textura, associada à sua capacidade para retenção de água: arenoso (Tipo 1), de baixa capacidade de armazenamento hídrico, $0,7 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo; textura média (Tipo 2), de média capacidade de armazenamento hídrico, $1,1 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo; e argiloso (Tipo 3), de alta capacidade de armazenamento hídrico, $1,5 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo (Tabela 2). Esses dados significam que ao considerar uma fruteira arbórea com profundidade efetiva média do sistema radicular de 1 metro, a capacidade de armazenamento de água dos solos tipo 1, 2 e 3 seriam, respectivamente, de 70 mm, 110 mm e 150 mm.

Tabela 2. Valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível para as diferentes classes texturais de solo.

Textura	Capacidade de campo		Ponto de murcha		Água disponível	
	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média
%						
Arenosa						
Areia franca	11 – 19	14	3 – 10	6	6 – 12	8
Moderadamente arenosa						
Franco arenoso	18 – 28	23	6 – 16	10	11 – 15	13
Textura média						
Franco	20 – 30	26	7 – 16	12	11 – 18	15
Franco siltoso	22 – 36	30	9 – 21	15	11 – 19	15
Moderadamente argilosa						
Franco argilo-siltoso	30 – 37	34	17 – 24	19	12 – 18	15
Argilosa						
Argiloso	32 – 39	36	19 – 24	21	10 – 20	15

Fonte: Jensen et al. (1990).

Critérios hídricos – balanço hídrico climatológico

O risco hídrico é quantificado a partir da frequência de ocorrência de anos ou safras cujo período crítico, do florescimento à maturação do fruto ou enchimento de raízes, esteve sujeito a uma condição de restrição hídrica, caracterizada pelo índice de satisfação das necessidades de água (Isna). Esse índice é variável anualmente e relaciona-se com a produtividade das culturas numa simulação de balanço hídrico, podendo se estabelecer a perda aceitável considerada econômica, dependente da cultura e suas variedades (Cunha; Assad, 2001). O Isna é dado pela relação entre evapotranspiração real da cultura (ET_r) e a evapotranspiração potencial da cultura (ET_c). A ET_r é calculada a partir de um modelo de balanço hídrico sequencial, diário, tendo como variáveis de entrada a precipitação diária e a evapotranspiração potencial da cultura (ET_c). A ET_c é estimada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) multiplicada pelo coeficiente de cultivo (K_c).

A evapotranspiração de referência (ET_o), conforme Allen et al. (1998), tem como padrão o método de Penman-Monteith que inclui todos os parâmetros que governam as trocas energéticas e o fluxo de calor latente (evapotranspiração) de uma vegetação contínua e uniforme. Entretanto, como o método exige um número grande de variáveis de entrada, e algumas variáveis são de difícil obtenção, muitas vezes não disponíveis na região de interesse, foram sugeridos métodos alternativos para estimativa dessa variável, como o modelo de Hargreaves-Samani para regiões interiores e regiões costeiras (Hargreaves; Samani, 1982; Borges et al., 2010). Em locais onde há ausência de informações sobre radiação solar, de vento e/ou umidade relativa, os autores sugerem a utilização do método de estimativa de ET_o de Hargreaves (Equação 1), necessitando-se uma análise da acurácia e precisão desse método em localidades onde o

método Penman-Monteith possa ser aplicado. Esse procedimento pode ser uma alternativa para estudos regionais nas condições brasileiras, tendo como dados de entrada as temperaturas mínima (Tmin) e máxima diárias (Tmax) de cada localidade.

$$ET_o = 0,0023 \times R_o \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T_{med} + 17,8) \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

R_o = radiação solar extraterrestre ($R_o - \text{mm dia}^{-1}$), calculada ou obtida em tabelas (Pereira et al., 2013), variam em função da latitude e dia do ano;

T_{max} = temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$);

T_{min} = temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$);

T_{med} = temperatura média ($^{\circ}\text{C}$).

Zoneamento de risco para fruteira perene – exemplo da bananeira

A metodologia do zoneamento agrícola de risco climático (Zarc) para cultura da bananeira é apresentada resumidamente. Até então os riscos analisados, majoritariamente, têm sido aqueles associados às condições térmicas e hídricas prejudiciais à planta ou impeditivas à sobrevivência e desenvolvimento de mudas recém-plantadas. No presente trabalho, as simulações para quantificação dos riscos foram realizadas a partir de um zoneamento específico considerando os riscos climáticos na fase de produção e depois de uma delimitação das épocas mais propícias à implantação e à produção do pomar.

Critérios utilizados no modelo agrometeorológico – Zarc Banana

Fase de implantação do pomar

Os estudos na fase de implantação e suas necessidades hídricas e térmicas específicas são importantes para definição das melhores épocas para o plantio da cultura. São estabelecidas épocas com baixos riscos, com disponibilidade hídrica e térmica que permitam o pleno enraizamento inicial da planta e desenvolvimento inicial adequado para viabilizar a produção no primeiro ciclo. Nesse estudo, os seguintes critérios foram utilizados para caracterizar as condições ótimas para o bom desenvolvimento da bananeira nos primeiros 180 dias da cultura:

- a) para a avaliação dos riscos de implantação do pomar, a diferenciação entre grupos de banana é pequena e, por isso, as cultivares de bananeira e seus tipos (Cavendish, Maçã, Prata e Terra) não foram diferenciados.
- b) estabeleceu-se a profundidade efetiva inicial do sistema radicular de 0,3 m e máxima de 0,6 m no final da fase de crescimento.
- c) três categorias de solos foram consideradas nas simulações, quanto à capacidade de retenção de água associada à textura, ou seja: arenoso (Tipo 1 – 0,70 mm cm⁻¹ de profundidade do solo), de baixa capacidade de armazenamento hídrico; textura média (Tipo 2 – 1,1 mm cm⁻¹ de profundidade do solo), de média capacidade de armazenamento hídrico; e argiloso (Tipo 3 - 1,5 mm cm⁻¹ de profundidade do solo).
- d) como a profundidade efetiva do sistema radicular chega a um máximo de até 0,60 m no primeiro ciclo produtivo, a capacidade de armazenamento máxima dos solos tipo 1, 2 e 3 poderá chegar a 42 mm, 66 mm e 90 mm, respectivamente, dependendo da disponibilidade hídrica para o crescimento radicular.

e) risco térmico: como a planta é sensível à geada, foram calculadas as frequências ou riscos de ocorrência de temperaturas mínimas menores ou iguais a um limiar de 1 °C.

f) risco hídrico, relacionado às fases de estabelecimento (até 30 dias após o plantio) e crescimento mais acelerado das plantas (90 a 180 dias após o plantio), quantificando-se a frequência de ocorrência de estresse por restrição hídrica à planta, caracterizada pelo Isna abaixo de 0,65.

g) os coeficientes de cultura utilizados para estimativa da ETc variaram para a fase de estabelecimento da planta e crescimento inicial mensalmente: 1 = 0,40; 2 = 0,40; 3 = 0,45; 4 = 0,60; 5 = 0,70; 6 = 0,75.

Fase de produção do pomar

Na fase de produção foram considerados riscos que possam promover a queda significativa da produtividade em um ano produtivo. As diversas variedades de bananeiras foram agrupadas em três tipos, com características homogêneas: bananeiras do tipo I ou Cavendish; bananeiras do tipo II ou Maçã; bananeiras do tipo III ou Prata. Os seguintes critérios foram usados:

a) o período considerado como crítico da cultura, mais sensível às condições meteorológicas, é a fase reprodutiva, compreendida desde a floração até o ponto de maturação do fruto. As simulações são realizadas considerando riscos dos possíveis ciclos de floração-frutificação ao longo do ano, iniciadas em cada decêndio do ano, totalizando 36 ciclos.

b) é sabido que o tempo decorrido entre a floração e a colheita é muito variável para cultura da bananeira. A duração da fase de produção sofre influência direta dos elementos da atmosfera, variedade,

estação do ano, mês, sombreamento, estresses abióticos e bióticos, etc. Os efeitos térmicos são marcantes. No semiárido, por exemplo, é possível colher frutos com menos de 100 dias contados da floração à colheita. Em regiões mais frias o ciclo pode se estender e superar 200, isso para bananeiras do tipo Cavendish. Para efeito de risco climático a duração da fase expressa em número de dias da floração ao ponto de maturação do fruto (n) foi: bananeiras Cavendish (n = 110 dias), Tipo II bananeiras Maçã (n = 110 dias) e Tipo 3 bananeiras Prata (n = 130 dias).

As definições da duração de frutificação se concentraram em valores médios de períodos mais quentes quando os estresses por déficit hídrico são mais relevantes. O risco por restrição hídrica foi caracterizado pelo Isna abaixo de 0,49 para bananeiras do Tipo I (Cavendish); 0,46 para bananeiras do Tipo II (Maçã); e 0,41 para bananeiras do Tipo III (Prata). A ETc foi estimada a partir da ETo multiplicada pelo coeficiente de cultivo (Kc). As ETc corresponderam a um valor médio e constante para o cultivo estabelecido da bananeira, em fase de produção, de 0,85 para bananeiras Tipo I; 0,75 para bananeiras Tipo II; e de 1,00 para bananeiras Tipo III. A profundidade efetiva do sistema radicular foi de 0,60 m e a capacidade de armazenamento máxima dos solos tipo 1, 2 e 3 foram de 42 mm, 66 mm e 90 mm, respectivamente, dependendo da disponibilidade de água do solo no ciclo de produção.

Os riscos térmicos foram definidos para delimitar regiões com riscos elevados de chilling ou friagem, distúrbio fisiológico nos frutos afetando os tecidos, principalmente os da casca, prejudicando o processo de maturação, além de danos na roseta foliar afetando o lançamento de inflorescência, deformando o cacho e inviabilizando a comercialização (Lima et al., 2012), quando há danos severos por geada. O risco foi quantificado pelas frequências de ocorrência de temperaturas mínimas menores ou iguais a um limiar (1 °C).

Zoneamento de risco com base nos critérios apresentados

De maneira geral, ao se admitir riscos mais baixos para o plantio, proporcionalmente se restringem as áreas para o plantio em uma mesma época do ano (Figura 4). Há grande variabilidade temporal e espacial das melhores datas para o plantio, considerando um nível de risco, sendo esta informação útil e importante de ser considerada no planejamento agrícola (Sentelhas; Monteiro, 2009).

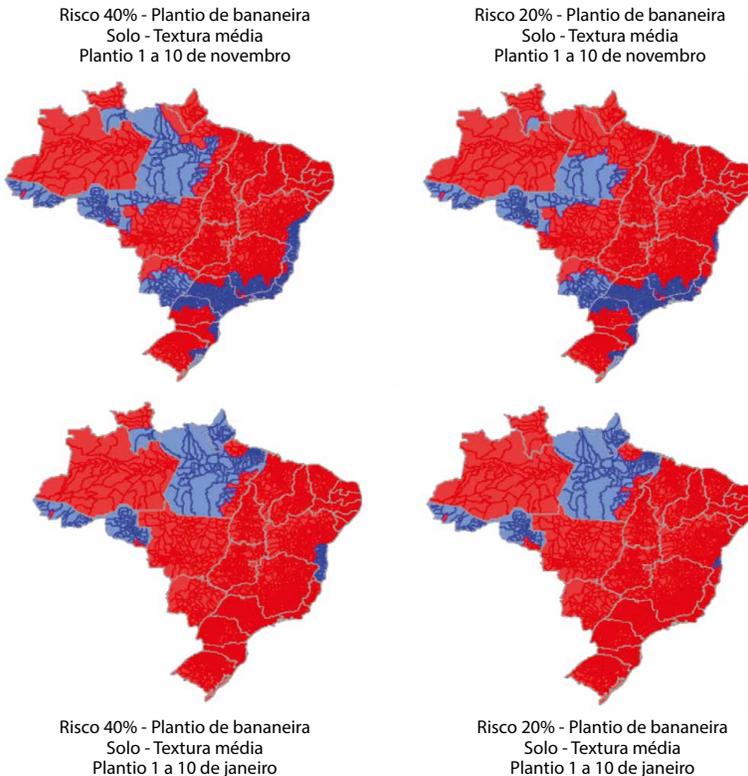


Figura 4. Riscos climáticos para o plantio de bananeira.

Em azul região cujos riscos são inferiores aos estabelecidos como aceitáveis no exemplo (40% e 20%), referente à fase de implantação do pomar no território brasileiro. Em vermelho, não indicado para o plantio dependendo do solo, data de plantio e riscos aceitáveis.

Com relação à fase de produção, há grande variabilidade de risco climático em dois importantes estados produtores de banana do Brasil (São Paulo e Bahia) (Figura 5). Os riscos hídricos são os maiores limitadores para a produção de banana e exclusivos para Bahia, sendo maiores em direção ao interior, no sentido Leste-Oeste. Pode ser verificado que muitos municípios pertencentes ao grupo que produz 90% de banana no estado da Bahia encontra-se na zona com riscos elevados para produção em sequeiro (cor vermelha), nesse caso a contribuição do cultivo irrigado é muito importante, principalmente no sudoeste do estado onde se encontram perímetros irrigados com a cultura no médio São Francisco, em especial o perímetro irrigado de Formoso, responsável por 13% da banana produzida no estado da Bahia e 3% do Brasil, maior produtor nacional de banana (IBGE, 2018). Por outro lado, nas regiões do Baixo Sul, Recôncavo e Litoral do estado, os riscos climáticos para o cultivo de sequeiro são predominantemente baixos, onde há grande concentração de municípios produtores de banana de sequeiro (Figura 5). Nessa grande área com riscos variando até 40%, se produz em condição de sequeiro 55% do volume de bananas do estado.

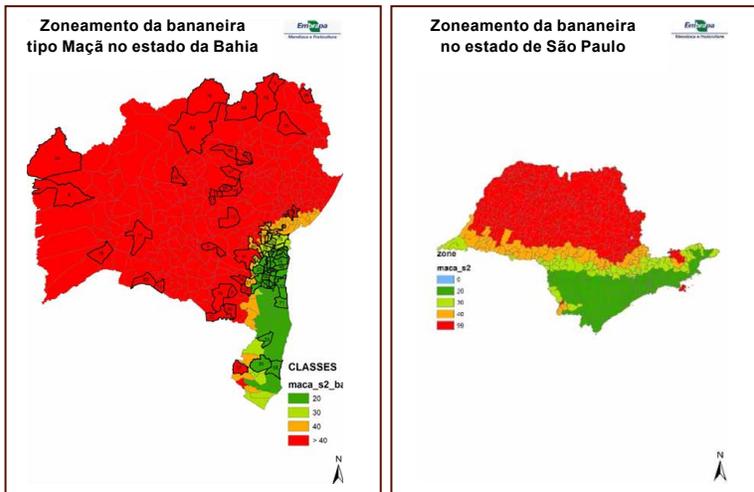


Figura 5. Zoneamento de risco climático para cultura da bananeira tipo Maçã em condições de sequeiro para os estados da Bahia e São Paulo.

Verde-escuro para riscos até 20%, verde-claro para riscos até 30%, laranja para riscos de até 40% e vermelho para riscos superiores a 40%. No mapa da Bahia estão destacados os municípios responsáveis por 90% da produção.

No estado de São Paulo, alguns municípios sofrem com temperaturas mais baixas e apresentam riscos elevados para produção. Quanto aos riscos relacionados ao déficit de água no solo, também são maiores no sentido do interior, com transições mais suaves entre os níveis de risco climáticos (20%, 30% e 40%) comparado ao estado da Bahia.

Os estresses por déficit hídrico do solo nos fluxos de floração-frutificação ao longo do ano é problema mais limitante para produção da cultura no Brasil (regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste), principalmente nos cerrados e semiárido, áreas claras na Figura 6. Representam regiões com número superior a quatro meses de déficit, nesse caso quando o balanço climatológico indica valores de Isna abaixo do valor crítico aos estabelecidos para os tipos de bananeira. Pode ser verificada, também, uma grande área onde as quedas de produção causadas pela variabilidade climática são elevadas (Figura 6 – intensificada ao se afastar da coloração azul), quando o déficit pode comprometer até quatro meses tanto o crescimento e desenvolvimento de frutos como o crescimento de plantas, impactando negativamente a produtividade anual. Novos genótipos mais tolerantes à seca e estratégias de manejo que aumentem a resiliência dessa cultura nessas regiões devem ser focados como prioridade de pesquisa, a fim de garantir a oferta do produto num futuro de aumento crescente de demanda por alimentos e de cenários de escassez hídrica (Figura 6).

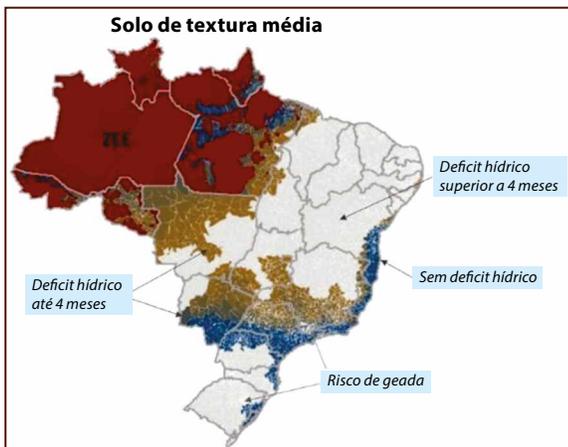


Figura 6. Zoneamento de risco climático para cultura da bananeira tipo Maçã para o Brasil.

Colorações refletem o número de de-cêndios que o fluxo de floração estará sofrendo com deficiência hídrica do solo ao ponto de impactar a produção.

As restrições térmicas ficam restritas ao Sul do país e a poucos municípios do Sudeste (principalmente em Minas Gerais), quando há chances elevadas de ocorrência de geadas.

Referências

ALLAN, P.; DE JAGER, J. Net photosynthesis in macadamia and papaw and the possible alleviation of heat stress. **Journal South African Society of Crop Production**, v. 7, p. 125-128, 1978.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements**, v. 300, n. 9, 1998. FAO Irrigation and drainage paper 56.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (ed.) **Cassava: biology, production and utilization**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 67-89.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S.; SILVA, A. R. B. e; NAKASONE, A. K.; FARIAS NETO, J. T. de. **Podridões em raízes de mandioca: problemas e soluções para o seu controle**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. 24 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 455).

ASSAD, M. L. L.; SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 588-596, 2001.

BARROS, A. H. C.; LIER, Q. D. J. V.; MAIA, A. D. H. N.; SCARPARE, F. V. Pedotransfer functions to estimate water retention parameters of soils in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 379-391, 2013.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017, 352 p.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M. da; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 144 p. il. (Coleção plantar, 69).

CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D. M. Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 413-424, 2007.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de fruteiras tropicais: abacaxizeiro, maracujazeiro, mangueira, bananeira e cacaueteiro**. São Paulo: Nobel, 1998, 111 p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; COTRIM, C. E. C.; SILVA, A. J. P. da. **Mecanismos para otimização da eficiência do uso da água em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 209).

COELHO FILHO, M. A. **Irrigação da cultura da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2020. 12 p. il. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 172).

COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; COELHO, E. F.; MARTINS, T. S.; MARIN, F. R. Aptidão agroclimática do Estado da Bahia para o cultivo do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Mudanças climáticas, recursos hídricos e energia para uma agricultura sustentável: [trabalhos apresentados]**. Belo Horizonte: SBA; Viçosa: UFV; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 1 CD ROM. pdf 415

CUNHA, G. R. da; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, 2001. p. 377-385, 2001

CUNHA, G. A. P. da; REINHARDT, D. H.; ALMEIDA O. A. de; SOUZA, L. F. S. Abacaxi. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET. 2009, p. 16-32.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. CAB International, Wallingford, v.254, 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**, v. 33, p. 257, 1979.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant molecular biology**, v. 53, n. 5, p. 621-641, 2003.

FERREIRA, E. T.; EVANGELISTA, B. A.; AGUIAR, J. L. P. de; JUNQUEIRA, N. T. V. **Áreas aptas ao cultivo do maracujazeiro em condições de sequeiro**: estado de Goiás e Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 44 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 23).

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 108, p. 225-230, 1982.

IBGE. **Banco de Dados Agregados, Pesquisas, Produção Agrícola Municipal**, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 30 set. 2019.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. (Eds.) **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. ASCE, Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70, New York, 332 pp.1990.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. In: KÖPPEN, W., R. GEIGER (Ed.): *Handbuch der Klimatologie*: Gebrüder Bornträger, p. 1-44, part C, 1936.

LIMA, M. B.; SILVA, S. O.; FERREIRA, C. F. (Ed. Tec.) **Banana: o produtor pergunta, Embrapa responde**, 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MARIN, S. L. D., GOMES, J. A., SALGADO, J. S., MARTINS, D. S., FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed., 1995, Vitória: EMCAPA, 57 p. (Circular Técnica 3).

MICHELON, C. J.; CARLESSO, R.; OLIVEIRA, Z. D.; KNIES, A. E.; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D. Funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n.4, p. 848-853, 2010.

NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. Tropical fruits. **Queensland Agricultural Journal**, v.3, p. 93-98, 1998.

OLIVEIRA, S. L.; MACEDO, M. M. C.; PORTO, M. C. M. Efeito do deficit de água na produção de raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p. 121-124, 1982.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, V.; AUGUSTO, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: FUNDAG, 2013. 323 p.

SANTAMARÍA B., F.; MIRAFUENTES H., F.; AZPEITIA M., A. **BS y BS-2, variedades de papaya con resistencia a altas temperaturas**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 20p., 2015.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável. In: MONTEIRO, J. E. B. de A. (Ed.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**, Brasília, DF: INMET p. 3-12, 2009.

VÁZQUEZ G., E.; MATA V., H.; ARIZA F., R.; SANTAMARÍA B., F. **Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol em la Planicie Huasteca**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Libro Técnico N. 4., 2010, 155 p.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, E. R.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'Natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.



capítulo 6

Calagem e adubação para o abacaxizeiro

Luiz Francisco da Silva Souza
Arlene Maria Gomes Oliveira

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma planta tropical, monocotiledônea, herbácea e perene, da família Bromeliaceae. Por ser de hábito terrestre, diferentemente de inúmeras outras espécies da mesma família, o abacaxizeiro retira diretamente do solo, por meio do seu sistema radicular, a maioria dos nutrientes de que necessita para o crescimento e produção. Vale ressaltar, sobretudo quando se considera explorações comerciais, que parte substancial do suprimento das suas necessidades nutricionais pode ser feita pela via foliar, inclusive com a participação do sistema radicular axilar (raízes localizadas nas axilas das folhas).

É uma planta exigente, quanto aos aspectos nutricionais, demandando normalmente quantidades de nutrientes que a maioria dos solos cultivados não consegue suprir integralmente (exceção para alguns solos virgens, recém-desmatados ou em pousio prolongado). Este nível elevado de exigências justifica a quase obrigatoriedade da prática da adubação, nos plantios com fins comerciais. A ordem decrescente de extração/acumulação de macronutrientes pelo abacaxizeiro é potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P). Quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente de acumulação é: manganês (Mn) > ferro (Fe) > zinco (Zn) > boro (B) > cobre (Cu).



As variedades de abacaxi mais plantadas no Brasil são a 'Pérola', responsável por cerca de 90% da produção nacional e a 'Smooth Cayenne'. Além delas, algumas outras variedades têm sido gradativamente plantadas no país, a exemplo da 'MD2' (Gold), 'Gomo de Mel', 'BRS Imperial' e 'BRS Vitória', sendo que as duas últimas são resistentes à fusariose, doença fúngica de maior importância na abacaxicultura brasileira. Os plantios são feitos normalmente em fileiras simples ou fileiras duplas. Em função da variedade e do sistema de produção utilizado, as densidades de plantio na abacaxicultura brasileira têm variado, na maioria das situações, entre 28 mil e 50 mil plantas por hectare.

- **Clima:** regiões ótimas para cultivo do abacaxizeiro possuem temperatura na faixa entre 22 °C e 32 °C, com pluviosidade de 1.000 mm a 1.500 mm anuais, bem distribuídos, com alta luminosidade (2.500 a 3.000 horas de brilho solar por ano), com a média anual de umidade relativa do ar (UR) próxima a 75% e com altitudes inferiores a 400 m acima do nível do mar.
- **Solo:** boa drenagem e boa aeração do solo são requisitos básicos para o bom desenvolvimento do abacaxizeiro. A cultura pode ser instalada em solos de textura arenosa, média e argilosa, desde que não haja camadas de adensamentos que impeçam a drenagem das águas de chuva e provoquem encharcamentos do solo, mesmo que temporários. A profundidade efetiva do solo deve ser superior a 80 cm. Preferencialmente devem ser utilizadas áreas planas ou de pouca declividade (até 5% de declive) para o seu cultivo.

Recomendação de calcário

A análise química do solo é uma ferramenta indispensável para uma recomendação correta de calagem para o abacaxizeiro. Havendo necessidade de correção de acidez, o calcário deve ser distribuído de dois a três meses antes do plantio, de preferência quando das operações de

preparo do solo, para a necessária incorporação do material. Em função das características da exploração, tal incorporação pode também ser efetuada por intermédio de equipamentos de tração animal, ou mesmo de forma manual (com o uso de enxadas). A umidade do solo é necessária para a reação do corretivo, sendo, portanto, aconselhável a sua aplicação antes do início da estação chuvosa.

Como o abacaxizeiro é considerado uma planta “ávida” pelo Mg, deve-se dar preferência ao calcário dolomítico, que contém este nutriente na sua composição. É muito comum, em algumas regiões, a ocorrência de sintomas foliares de deficiência de Mg (as folhas se tornam amarelas, principalmente ao longo da parte central do limbo, permanecendo verdes apenas as áreas sombreadas por folhas mais jovens).

A determinação das quantidades de calcário para a cultura do abacaxi recomendadas nos manuais estaduais de recomendações de calagem e adubação tem sido baseada em critérios que buscam o aumento dos teores de Ca e Mg e eliminação do alumínio (Al) tóxico do solo, e/ou a elevação da saturação por bases (V). A faixa de saturação por bases mais frequentemente utilizada é de 50%. Vale lembrar que, embora o custo do calcário seja baixo em relação aos demais insumos, a calagem muitas vezes é relegada a segundo plano devido ao abacaxizeiro ser mais tolerante a condições de acidez do solo; contudo, é a principal fonte de Ca para planta, que quando em deficiência expressa prejuízos na produção e na qualidade dos frutos.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(V2-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

V2 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); e

PRNT = poder relativo de neutralização total (%) do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo.

Em geral, as recomendações com base na análise química de solo, nas áreas de produção tradicional de abacaxi, ficam em torno de 1-2 t ha^{-1} de calcário. Caso a indicação seja de volumes mais elevados de calcário, isso pode levar a deficiências de micronutrientes e reduzir o crescimento das plantas. Se a quantidade não for suficiente para atingir o nível adequado de saturação por bases no solo, recomenda-se repetir a aplicação de doses de calcário limitadas a 2 t $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ao longo de vários ciclos de produção e realizar o monitoramento nutricional durante o ciclo vegetativo das plantas, por meio da análise foliar, para ajustar as adubações de cobertura e corrigir eventuais deficiências de Ca e Mg.

Recomendação de adubação

As recomendações de adubação para o abacaxizeiro devem ser baseadas em resultados de análises químicas de solo e/ou da planta (análises foliares), sendo que no Brasil as análises de solo são utilizadas com maior frequência. Muitos dos principais estados brasileiros produtores de abacaxi dispõem de tabelas de recomendação de adubação para o abacaxizeiro, com bases nos resultados analíticos do solo. Mas, por vezes, estados de grande expressão na produção de abacaxi, como o da Paraíba, não possuem manuais de adubação atualizados para as principais culturas cultivadas no estado, sendo necessário muitas vezes o uso de recomendações de outras regiões.

Além das exigências nutricionais do abacaxizeiro e da disponibilidade de nutrientes no solo (avaliadas pelas análises químicas), é importante considerar, para uma adequada recomendação de adubação, fatores

outros como a variedade plantada, o nível tecnológico adotado na exploração, o destino da produção e o retorno econômico (relação benefício/custo da adubação). Em função das características próprias de cada região produtora, podem ocorrer significativas variações no conjunto de fatores listados acima, evidenciando claramente que as recomendações das quantidades de fertilizantes a serem aplicadas na cultura do abacaxi devem ter, como situação ideal, abrangências regionais em cada estado, o que nem sempre tem sido possível de viabilizar.

Na Tabela 1 são apresentadas recomendações gerais para a adubação do abacaxi, com base em resultados analíticos do solo. Estas recomendações pressupõem densidades de plantio entre 30 mil e 40 mil plantas por hectare e cultivo sob condição de sequeiro. Em função do caráter generalizado, tais recomendações podem demandar ajustes/adaptações para atender adequadamente às diferentes peculiaridades de diferentes sistemas produtivos. O seu uso é mais indicado para regiões ou estados que não possuam suas próprias tabelas de recomendação. De forma semelhante, a Tabela 2 contém recomendações para o abacaxizeiro cultivado sob irrigação em regiões semiáridas.

Tabela 1. Recomendação de adubação para o abacaxizeiro não irrigado, com base em resultados analíticos do solo.

Nutriente	Plantio	Cobertura – após o plantio		
		1º ao 2º mês	5º ao 6º mês	8º ao 10º mês
N (kg ha⁻¹)				
N mineral ou orgânico	-	75	110	125
P₂O₅ (kg ha⁻¹)				
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)				
0 – 5	90	-	-	-
6 – 10	70	-	-	-
11 – 15	40	-	-	-

continua...

Tabela 1. Continuação.

Nutriente	Plantio	Cobertura – após o plantio		
		1º ao 2º mês	5º ao 6º mês	8º ao 10º mês
K₂O (kg ha⁻¹)				
K no solo (cmol_c dm⁻³)				
0 – 0,07	-	110	165	190
0,08 – 0,15	-	75	110	125
0,16 – 0,23	-	60	80	95
0,24 – 0,31	-	40	55	60

Fonte: Modificado de Souza (2000).

Tabela 2. Recomendações de adubação para o abacaxizeiro irrigado nas regiões semiáridas, com base em resultados analíticos do solo.

Nutriente	Em cobertura – após o plantio			
	1º ao 2º mês	4º ao 5º mês	6º ao 7º mês	8º ao 9º mês
N (kg ha⁻¹)				
N mineral ou orgânico	60	80	90	90
P₂O₅ (kg ha⁻¹)				
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)				
0 – 5	120	-	-	-
6 – 10	80	-	-	-
11 – 15	40	-	-	-
K₂O (kg ha⁻¹)				
Potássio no solo (cmol_c dm⁻³)				
0 – 0,07	90	120	135	135
0,08 – 0,15	75	100	110	115

continua...

Tabela 2. Continuação.

Nutriente	Em cobertura – após o plantio			
	1º ao 2º mês	4º ao 5º mês	6º ao 7º mês	8º ao 9º mês
K₂O (kg ha⁻¹)				
Potássio no solo (cmol_c dm⁻³)				
0,16 – 0,23	60	80	90	90
0,24 – 0,31	45	60	65	70
Densidade de plantio: As doses recomendadas na tabela pressupõem densidades de plantio em torno de 40 mil plantas ha ⁻¹ (variedade Pérola). Para densidades em torno de 50 mil plantas por hectare, recomendadas para a variedade Smooth Cayenne, as doses devem ser acrescidas em 25%.				
Adubação fosfatada: Se conveniente para o produtor, pode ser efetivada por ocasião do plantio, em fundação, nas covas ou sulcos.				
Adubação pela via líquida: Havendo a opção pelas adubações pela via líquida, para o suprimento do N e do K, deve-se promover um parcelamento bem maior dos fertilizantes (intervalos mensais ou quinzenais). A via líquida é também indicada para aplicações suplementares de Mg e de micronutrientes.				
Indução de florescimento: Nono ou décimo mês após o plantio.				

Fonte: Souza et al. (2001).

Para o estado da Bahia, os estudos realizados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura em parceria com a extensão, possibilitou a elaboração das Tabelas 3 e 4 que contemplam respectivamente a região semiárida de Itaberaba e o extremo sul da Bahia e se constituem em exemplos de recomendações regionalizadas. Na Tabela 5, pode-se observar também uma recomendação regionalizada e direcionada para o abacaxizeiro ‘BRS Imperial’ para a mesorregião sul da Bahia.

Tabela 3. Recomendação de adubação para o abacaxizeiro em condições de sequeiro, em Itaberaba, BA.

Nutriente	Em cobertura – após plantio				
	Duas aplicações		Três aplicações		
N (kg ha⁻¹)					
N mineral ou orgânico	85	125	60	70	80
P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)					
0 – 5	50	-	50	-	-
6 – 10	40	-	40	-	-
11 – 15	30	-	30	-	-
K₂O (kg ha⁻¹)					
K no solo (cmol_c dm⁻³)					
0 – 0,07	105	155	75	85	100
0,08 – 0,15	85	125	60	70	80
0,16 – 0,23	60	95	45	50	60
0,24 – 0,31	40	65	30	35	40

Fonte: Matos et al. (2011).

Tabela 4. Recomendação de adubação para o abacaxizeiro plantado sem irrigação e em densidade em torno de 38 mil plantas por hectare, nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, BA.

Nutriente	Em cobertura – após o plantio			
	1º ao 2º mês	4º ao 5º mês	6º ao 7º mês	8º ao 9º mês
N (kg ha⁻¹)				
N mineral ou orgânico	60	80	90	90
P₂O₅ (kg ha⁻¹)				
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)				
0 – 5	90	-	-	-
6 – 10	60	-	-	-
11 – 15	40	-	-	-
K₂O (kg ha⁻¹)				
K no solo (cmol_c dm⁻³)				
0 – 0,07	90	120	135	135
0,08 – 0,15	60	80	90	90
0,16 – 0,23	45	60	70	70
0,24 – 0,31	30	40	50	50

Fonte: Oliveira et al. (2006).

Tabela 5. Recomendação de adubação para a primeira safra do abacaxizeiro ‘BRS Imperial’ em condições de sequeiro, considerando densidade de 38.461 plantas por hectare, para a mesorregião sul da Bahia.

Nutriente	Em cobertura – mês após plantio				
	Plantio	1º ao 2º	4º ao 5º	6º ao 7º	8º ao 9º
N (kg ha⁻¹)					
N-mineral	-	60	100	120	120
P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)					
0 – 5	100	-	-	-	-
6 – 10	70	-	-	-	-
11 – 15	40	-	-	-	-
K₂O (kg ha⁻¹)					
K no solo (mg dm⁻³)					
0 – 0,07	-	100	150	200	200
0,08 – 0,15	-	80	120	170	180
0,16 – 0,23	-	70	100	140	140
0,24 – 0,31	-	50	80	100	120

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2015).

O Pará é o estado maior produtor nacional de abacaxi e adota a recomendação de adubação com base na análise química do solo e na produtividade esperada (Tabela 6). Essa recomendação é feita para plantios em espaçamento de fileiras duplas de 1,00 m x 0,40 m x 0,30 m, com uma densidade de 47.619 plantas ha⁻¹. A dose total deve ser parcelada em duas aplicações, sendo a primeira dois a três meses após o plantio e a segunda aos 12 meses após plantio, junto com a indução floral.

Tabela 6. Recomendação de adubação para a primeira safra de abacaxi, de acordo com os teores de P e K no solo e a produtividade esperada, para o estado do Pará.

Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N	P no solo – Mehlich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (mg dm ⁻³)		
		0 – 10	11 – 20	21 – 30	0 – 40	41 – 70	71 – 106
	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)		
< 30	80	40	20	10	200	140	100
30 – 40	100	60	40	20	260	200	140
> 40	120	80	60	40	320	260	200

Fonte: Adaptado de Rodrigues e Veloso (2010).

Aplicação dos adubos

Em princípio, recomenda-se que a adubação do abacaxizeiro seja feita ao longo da fase vegetativa do ciclo da planta (do plantio à indução do florescimento). Por ocasião do plantio podem ser aplicados nas covas ou sulcos os adubos orgânicos (0,5 L a 1,0 L de esterco bovino curtido por planta, por exemplo) e os adubos fosfatados, enquanto os fertilizantes nitrogenados e potássicos, solúveis em água, devem ser aplicados em cobertura após o estabelecimento da cultura. A alternativa da adubação pós-plantio também pode ser adotada para os fertilizantes fosfatados solúveis em água (como os superfosfatos), desde que seja mais conveniente para o produtor.

As adubações em cobertura devem ser iniciadas após o enraizamento das plantas (30 a 90 dias após o plantio), prolongando-se até o mês anterior à indução artificial do florescimento. Normalmente se observa entre o 6º e o 9º mês após o plantio um aumento significativo na taxa de absorção dos nutrientes pelo abacaxizeiro. Portanto, é vital que no período entre o 5º mês pós-plantio e a indução artificial da floração a planta seja adequadamente

suprida de nutrientes, de modo, inclusive, a acumular reservas que serão importantes na fase de desenvolvimento e crescimento dos frutos.

O esquema de parcelamento da adubação deve considerar, em princípio, se os fertilizantes serão aplicados sob a forma sólida ou líquida e se a cultura será conduzida com ou sem irrigação, o que determinará maior ou menor parcelamento da adubação.

Nos plantios conduzidos sem irrigação têm prevalecido, na maioria das regiões produtoras, a recomendação de fracionar as adubações sólidas com N e K em três vezes, no período compreendido entre o plantio (na maioria das vezes 30 a 60 dias após) e os 30 dias que antecedem o tratamento de indução floral. Nessas circunstâncias é imprescindível que seja levado em consideração o regime de chuvas da região, de modo que as adubações coincidam com períodos de boa umidade no solo. O P, como já mencionado, é normalmente aplicado de uma única vez, na cova ou sulco do plantio ou na primeira adubação em cobertura. As adubações sólidas em cobertura são feitas junto às plantas ou na base das folhas mais velhas. É importante, após as adubações em cobertura, que se faça uma amontoa (chegamento de terra às plantas), para cobrir os adubos que foram aplicados.

Nos plantios irrigados, a distribuição dos adubos sob a forma sólida pode ser parcelada em um número maior de vezes – entre quatro e cinco vezes – em épocas previamente estabelecidas, ao longo da fase vegetativa do ciclo (por exemplo: a cada dois meses a partir do plantio).

Quando se utiliza a alternativa da aplicação dos fertilizantes pela via líquida, promove-se, geralmente, um parcelamento bem maior da adubação. Em tais situações, as adubações foliares via equipamentos de pulverização ou as aplicações através da fertirrigação, são normalmente feitas a intervalos mensais, quinzenais e até semanais, no período compreendido entre o plantio e a indução do florescimento. Nestas adubações predominam sempre o N e o K, podendo-se incluir também outros nutrientes (como o Mg e micronutrientes), se recomendados.

As pulverizações foliares devem ser feitas nas horas mais frescas do dia (no início da manhã ou no final da tarde), para que não ocorra “queima” das folhas. É normal, principalmente em grandes plantios, a realização das pulverizações foliares à noite. Deve-se também evitar o escorrimento excessivo e acúmulo das soluções nas axilas das folhas e observar, com especial atenção, a concentração das soluções utilizadas (a concentração total dos adubos na solução não deve ultrapassar 10% – 100 g por litro de água), como formas de prevenir danos às plantas. Outro aspecto a ser observado, na aplicação conjunta de vários produtos, é o grau de compatibilidade entre os componentes da mistura, de modo a evitar o comprometimento da eficiência de alguns deles ou mesmo da operação como um todo.

Fontes de nutrientes

Na escolha dos fertilizantes é importante considerar o custo em relação às suas concentrações em nutrientes (custo por unidade de N, P_2O_5 , K_2O). De maneira geral, os adubos mais concentrados fornecem o nutriente por um preço menor.

As alternativas mais frequentes para o suprimento do N são a ureia (45% de N) e o sulfato de amônio (20% de N). Outras fontes de N, como o nitrato de potássio (13% de N) e o nitrato de amônio (33% de N), podem ser utilizadas na abacaxicultura, desde que economicamente viáveis.

Como fontes de P têm sido mais utilizados os adubos fosfatados solúveis em água, como o superfosfato triplo (42% de P_2O_5), o fosfato monoamônico-MAP (48% de P_2O_5), o fosfato diamônico-DAP (45% de P_2O_5) e o superfosfato simples (18% de P_2O_5), sendo que este último também pode suprir as plantas em enxofre (10%-12% de S). Os termofosfatos magnesianos (17% de P_2O_5) têm sido também utilizados como fonte de P na abacaxicultura, constituindo-se ainda em fonte de Mg (9%).

O K pode ser suprido com o cloreto de potássio (58% de K_2O), sulfato de potássio (50% de K_2O), sulfato duplo de potássio e magnésio (20% de K_2O) e o nitrato de potássio (44% de K_2O), sendo que as três últimas fontes são mais caras e menos encontradas no comércio.

No que diz respeito aos micronutrientes, especial atenção deve ser dedicada ao Fe, Zn, Cu e B. O suprimento deles pode ser feito por via sólida ou por via líquida. As aplicações pela via líquida são feitas mediante pulverizações foliares, usando-se fórmulas comerciais que contenham os micronutrientes pretendidos ou os sais dos respectivos nutrientes, conforme indicado na Tabela 7. As aplicações do sulfato de cobre devem ser feitas no solo, perto das plantas, considerando que a pulverização direta sobre as folhas pode causar fortes queimaduras. Com relação ao sulfato ferroso, recomenda-se protegê-lo da oxidação, podendo-se para tanto utilizar o ácido cítrico na solução (quantidade correspondente a $\pm 20\%$ do peso do sal de ferro). De modo geral, a presença de ureia nas soluções favorece a absorção dos micronutrientes.

Tabela 7. Doses, fontes e concentrações de soluções de micronutrientes usualmente recomendadas para o abacaxizeiro, nos países produtores.

Micronutriente	Dose (kg ha ⁻¹)	Fonte	Concentração das soluções (%)
Zinco – Zn	1 a 6	Sulfato de zinco 7H ₂ O (20% de Zn)	1
Cobre – Cu	1 a 10	Sulfato de cobre 5H ₂ O (13% de Cu)	1 a 2
		Oxicloreto de cobre (35% a 50% de Cu*)	0,15*
Boro – B	0,3 a 2	Bórax 10 H ₂ O (11% de B)	0,3
Ferro – Fe	1 a 10	Sulfato ferroso 7 H ₂ O (20% de Fe)	1 a 3
Manganês – Mn	1 a 2,5	Sulfato de manganês 4 H ₂ O (25% de Mn)	0,5 a 1,0

*Em relação ao produto comercial.

Fonte: Souza (2009).

Para as aplicações pela via sólida existe a alternativa da utilização de óxidos e fritas (silicatos sintetizados) dos respectivos nutrientes, além dos sais indicados para a aplicação pela via líquida. Quando são utilizados os óxidos e fritas, a aplicação pode ser associada à adubação de macronutrientes nos sulcos ou covas de plantio, se esta estiver prevista. Pode-se recorrer ainda à aplicação dos micronutrientes sob a forma de quelatos, tanto pela via sólida como pela líquida. O custo das diversas fontes de micronutrientes constitui um fator importante a ser considerado na escolha daquelas a serem utilizadas. Tal escolha deve estar também associada ao modo de aplicação pretendido.

Adubação orgânica

O abacaxizeiro responde bem à aplicação de adubos orgânicos, como esterco animal, camas de frango, tortas vegetais, etc. (Tabela 8), principalmente em solos de textura arenosa e/ou degradados. Na maioria das vezes, as limitações à utilização de adubos orgânicos são determinadas pela não disponibilidade na propriedade ou na região e/ou pela inviabilidade econômica da aquisição e do transporte. Não havendo tais limitações, os produtores devem utilizar adubos orgânicos nos seus plantios. Conforme já mencionado, os adubos orgânicos são normalmente aplicados nas covas ou sulcos, podendo também ser usados após a instalação da cultura, em cobertura ao lado das plantas. Adotando-se esta última alternativa, é conveniente fazer também a amontoa recomendada para os adubos minerais.

Tabela 8. Teores médios de nutrientes, com base em porcentagem de matéria seca, presentes em alguns materiais orgânicos passíveis de utilização no cultivo do abacaxizeiro.

Material orgânico	Teor de nutrientes		
	N %	P %	K %
Pó de coco	0,82	0,03	1,11
Bagaço de cana	0,35	0,04	0,50
Casca de cacau	1,55	0,10	4,30
Bagaço de laranja	0,71	0,08	0,34
Cinza de madeira	-	-	4,80
Polpa de sisal	5,85	0,21	0,36
Raspa de mandioca	0,50	0,11	1,06
Torta de algodão	5,68	0,92	1,11
Torta de cacau	3,28	1,06	1,22
Torta de mamona	5,44	0,83	1,28
Torta de usina de cana	2,19	1,01	1,03
Cascas e palhas de café	1,12	0,41	1,68
Cama de frango	3,71	1,91	2,79
Esterco bovino	2,04	1,05	2,48
Esterco caprino	2,47	1,60	0,93
Esterco suíno	3,25	0,99	2,54

Fonte: Adaptado de Matos et al. (2017).

Análise foliar

A análise química de tecidos vegetais é um recurso para a avaliação do estado nutricional da planta, podendo inclusive ser usada em conjunto com as análises do solo. No caso específico do abacaxizeiro, efetua-se normalmente a análise da folha 'D' (Figura 1), que se constitui na folha mais jovem entre as adultas e a mais ativa fisiologicamente entre todas as demais, sendo considerada a que melhor representa o estado nutricional da planta. Em geral, a folha 'D' insere-se no caule formando um ângulo de 45° em relação a um eixo imaginário que passa pelo centro da planta (Figura 1). Um procedimento prático para a sua identificação é reunir com as mãos todas as folhas, num "feixe" vertical no centro da planta, e verificar quais as mais compridas. Estas correspondem à folha 'D', que normalmente se destaca da planta com mais facilidade que as outras.

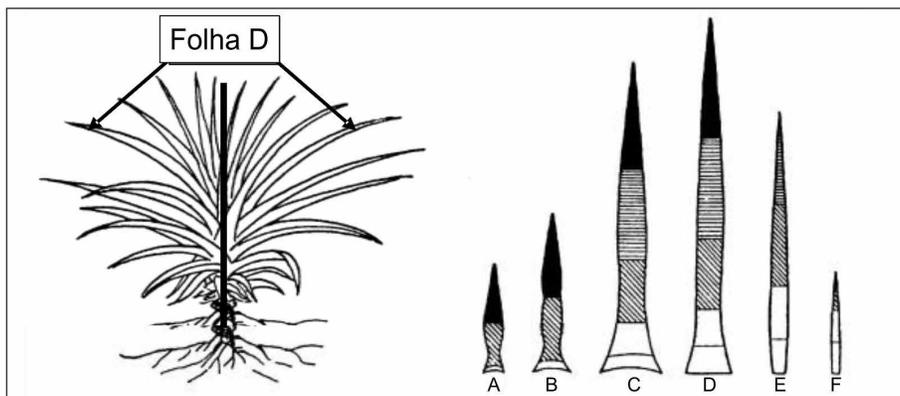


Figura 1. Distribuição das folhas do abacaxizeiro, de acordo com a idade (A – mais velha; F – mais nova).

Fonte: Souza (2009).

De acordo com o objetivo da avaliação do estado nutricional, a coleta das folhas pode ocorrer ao longo do ciclo vegetativo da planta. No monitoramento sistemático, as coletas devem ser feitas em datas que correspondam a um terço (cerca de 4 meses após o plantio) e a dois terços (aos oito meses) do período vegetativo enquanto a última coleta é realizada a cerca de quatro a seis semanas antes da realização da indução floral das plantas; portanto, um tempo suficiente para obter os resultados das análises e a aplicação de nutrientes, caso sejam necessários ajustes no esquema de adubação adotado. Em função da baixa expectativa de resposta na massa do fruto, a aplicação de fertilizantes após a indução floral só é recomendada quando as plantas induzidas se encontram em deficiências nutricionais importantes, devendo ser realizada no máximo até 60 dias após a indução e por via foliar. Em se tratando de plantios comerciais, recomenda-se a coleta de uma amostra formada por um mínimo de 25 folhas tomadas ao acaso, para cada talhão uniforme de plantio, coletando-se uma folha por planta, caminhando em zigue-zague.

Após a coleta, é recomendável que as folhas sejam submetidas a uma pré-secagem, feita à sombra e em local ventilado, podendo ser cortadas em pedaços menores, para a embalagem e envio ao laboratório, onde receberão os tratamentos subsequentes. Para as análises pode-se utilizar o terço mediano não clorofilado (de cor branca) da zona basal (técnica havaiana) ou a folha inteira (técnica francesa).

A Tabela 9 reúne as informações mais amplamente utilizadas, de diferentes autores/instituições, sobre as concentrações adequadas de nutrientes para interpretação dos resultados da diagnose foliar em abacaxi.

Sintomas visuais de deficiência

A análise química foliar se constitui no recurso mais adequado para a avaliação quantitativa do estado nutricional do abacaxizeiro. Não obstante, a visualização de sintomas de deficiências, manifestados pelas plantas ainda no campo, pode se constituir em recurso auxiliar importante na identificação de possíveis carências nutricionais, mesmo reconhecendo-se as limitações das inferências feitas a partir de tais observações (a expressão de sintomas no campo pode estar associada à ação simultânea de mais de um fator e, além disso, tal expressão ocorre normalmente quando algumas das funções vitais e/ou econômicas da planta já podem ter sido comprometidas).

Na Tabela 10 estão descritos sintomas visuais de deficiência de macronutrientes. O grau de experiência/convivência com a cultura é fundamental para que se faça uma melhor interpretação dos sintomas que as plantas estão expressando.

Tabela 10. Sintomas visuais de deficiências minerais de macronutrientes no abacaxizeiro.

Nutriente	Sintoma de deficiência/ocorrência
Nitrogênio	<p>Deficiência: folhagem amarelo-esverdeada a amarela; folhas pequenas, estreitas e pouco numerosas; planta fraca e de crescimento lento; fruto pequeno, muito colorido e com coroa pequena; ausência de mudas.</p> <p>Ocorrência: frequente em solos pobres em matéria orgânica, sem adubação, em ambientes quentes e bem ensolarados.</p>
Fósforo	<p>Deficiência: folhagem de cor escura, verde-azulada, mais pronunciada com adubação nitrogenada pesada; folhas que se dessecam a partir da ponta, começando pelas mais velhas; folhas velhas com pontas secas de cor marrom-avermelhada e estrias transversais marrons. A margem dessas folhas amarelece a partir da ponta; planta de porte ereto, com folhas longas e estreitas; raízes com pelos mais longos, muito coloridos e menos ramificados; frutos pequenos, com coloração avermelhada.</p> <p>Ocorrência: ocorre raramente, podendo aparecer de forma mais ou menos temporária, sobretudo em períodos secos, em solos pobres ou onde horizontes profundos foram expostos devido ao preparo ou revolvimento.</p>

continua...

Tabela 10. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência/ocorrência
Potássio	<p>Deficiência: folhas com pequenas pontuações amarelas, que crescem, se multiplicam e podem se reunir sobre as margens do limbo (Figura 2); ressecamento das extremidades; planta de porte ereto; pedúnculo do fruto pouco resistente; fruto pequeno, sem acidez e sem aroma.</p> <p>Ocorrência: ocorre com frequência, exceto em solos ricos em K. É favorecida por adubação desequilibrada rica em N, por insolação forte, por lixiviação intensa, em solos com pH elevado, ricos em Ca e Mg.</p>
Cálcio	<p>Deficiência: folhas muito pequenas, curtas, estreitas e quebradiças; entrenós muito curtos; em meio controlado, pode evoluir até a morte do ápice, com desenvolvimento de brotos laterais que têm aspecto semelhante.</p> <p>Ocorrência: é rara, exceto em solos fortemente degradados.</p>
Magnésio	<p>Deficiência: folhas velhas amarelas, cujas partes sombreadas por folhas mais jovens permanecem verdes (Figura 3). Manchas amarelas que se tornam marrons em meio controlado; ressecamento das folhas velhas que não completaram seu crescimento quando do aparecimento da deficiência. Frutos sem acidez, pobres em açúcar, sem sabor.</p> <p>Ocorrência: muito frequente nos solos pobres em Mg, sobretudo com uma forte adubação potássica, em situações fortemente ensolaradas.</p>
Enxofre	<p>Deficiência: folhagem amarelo-pálida a dourada; margem das folhas de cor rósea, sobretudo nas folhas velhas; planta de porte normal; frutos muito pequenos.</p> <p>Ocorrência: rara, exceto no caso de a adubação não conter sulfatos.</p>

Fonte: Py et al. (1987).



Fotos: Domingo Haroldo Reinhardt (A); Milton F. Sanches (B)

Figura 2. Sintoma de deficiência de K nas folhas do abacaxizeiro 'Pérola'.

Fotos: Domingo Haroldo Reinhardt (A);
Nilton Fritzens Sanches (B)



Figura 3. Sintoma de deficiência de Mg nas folhas do abacaxizeiro.

Na Tabela 11 estão descritos os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes.

Tabela 11. Sintomas visuais de deficiências minerais de micronutrientes no abacaxizeiro.

Nutriente	Sintoma de deficiência/ocorrência
Zinco	<p>Deficiência: em plantas jovens o centro da roseta foliar apresenta-se fechado, as folhas jovens são rígidas, quebradiças e às vezes encurvadas (“crook-neck”) (Figura 4). Em plantas velhas as folhas basais apresentam nervuras irregulares, com aparência de mármore e descoloração amarelo-alaranjada nas margens da folha, e ponta seca. Ataques frequentes da cochonilha <i>Diaspis</i> com sintomas característicos.</p> <p>Ocorrência: pouco frequente, exceto em solos com pH elevado, com calagem excessiva ou onde houve má incorporação do calcário ou do fósforo.</p>

continua...

Tabela 11. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência/ocorrência
Cobre	<p>Deficiência: folhas verde-claras, estreitas com bordos ondulados e com uma pronunciada calha em forma de U na seção transversal; raros tricomas; pontas das folhas se curvam para baixo; folhas velhas caídas com coloração vermelho-purpúrea na dobra; raízes curtas com pelos reduzidos; planta raquítica.</p> <p>Ocorrência: seria relativamente comum, mas a descrição dos sintomas é frequentemente imprecisa.</p>
Ferro	<p>Deficiência: desenvolvimento de clorose, iniciando-se nas de folhas jovens; as folhas são geralmente flácidas, largas, amarelas, com uma “rede” verde correspondendo aos vasos condutores; folhas velhas secas; folhas apresentando faixas transversais verdes, no caso de pulverizações com grandes quantidades de ferro; fruto vermelho com coroa clorótica.</p> <p>Ocorrência: muito frequente num conjunto variado de situações: solos com pH elevados, solos ricos em Mn ($Mn/Fe = 2$), solos compactados, áreas onde ocorrem casas de cupins, quando grandes quantidades de nitrato são aplicadas a plantas submetidas a uma diminuição bastante rápida da atividade radicular devido ao ataque de cochonilhas, seca, etc.</p>
Boro	<p>Deficiência: são atribuídos ao B certo número de sintomas verificados em diversas situações: descoloração amarela a alaranjada, tornando-se marrom em um só lado da folha; paralisação do crescimento da folha em dois terços de seu comprimento e pontas secas; tendência da folha a se enrolar (condições hidropônicas na Costa do Marfim); clorose das folhas jovens com envermelhecimento dos bordos mortos do ápice (condições hidropônicas na Malásia); frutos com coroas múltiplas (Havaí, Martinica); formação de tecido suberoso entre os frutinhos, frutos podem ser muito pequenos e esféricos (Austrália, Martinica).</p> <p>Ocorrência: esses sintomas aparecem frequentemente em razão da insolubilização do B no solo, devido à seca ou ao pH muito elevado.</p>
Manganês	<p>Deficiência: os sintomas não são bem definidos; as folhas atingidas apresentam aspecto de mármore com áreas verde-claras, principalmente onde os vasos estão localizados, circulando áreas de um verde mais escuro.</p> <p>Ocorrência: é rara, podendo ocorrer em solos ricos em Ca e com pH elevado.</p>
Molibdênio	<p>Deficiência: não identificada e não obtida em condição hidropônica.</p> <p>Ocorrência: mais provável em solos com $pH < 4$, em associação com toxidez de Al.</p>

Fonte: Py et al. (1987).

Foto: Nilton Fritzens Sanches



Figura 4. Sintoma de deficiência de Zn no abacaxizeiro, com o centro da roseta foliar fechado e encurvado.

Informações complementares

O aproveitamento dos restos culturais do abacaxizeiro (plantas que ficam no campo após a colheita dos frutos e das mudas) é uma prática recomendada aos produtores. Tais restos culturais representam valores entre 60 e 150 toneladas de massa verde por hectare. Admitindo-se que essas plantas têm em torno de 20% de massa seca, pode-se estimar quantidades de matéria orgânica que variam de 12 a 30 toneladas por hectare. Nessa matéria orgânica estão normalmente contidas quantidades expressivas de nutrientes, que, em números redondos, podem chegar a ultrapassar 200 kg de N, 100 kg de P_2O_5 , 800 kg de K_2O , 30 kg de Ca e 60 kg de Mg por hectare.

Assim, o aporte da biomassa vegetal ao solo pode promover significativa melhoria nas suas condições físicas, químicas e biológicas, inclusive viabilizando plantio subsequente de abacaxi ou outra cultura, com significativa redução nas quantidades de adubos aplicadas na área.

Duas alternativas se apresentam para tal aproveitamento:

- a) incorporação à massa do solo.
- b) manutenção sobre a superfície, como cobertura. Para ambas as alternativas, a operação inicial consiste no corte do material que, pelo caráter fibroso, impõe ao produtor algumas dificuldades, maiores ou menores em função dos equipamentos com os quais a propriedade pode contar. Assim, tal corte pode ser executado mecanicamente, mediante roçadeiras ou implementos outros próprios para a operação (como um equipamento denominado de “trincha”), ou, em áreas pequenas, até manualmente com facões. Quando se usam as roçadeiras, costuma-se executar um primeiro corte direcionado à parte mais alta da planta e posteriormente um segundo corte, direcionado à sua base.

No que se refere à conservação do solo, trabalhos realizados no Brasil e no exterior têm mostrado que tanto a incorporação como a manutenção da fitomassa da cultura na superfície têm influências benéficas marcantes no controle da erosão, quando comparadas ao tratamento em que os restos culturais foram queimados ou eliminados da área. Neste particular, os dados até então obtidos indicam que a cobertura da superfície com os restos culturais tem se mostrado mais eficiente do que a incorporação.

Referências

BOARETTO, A. E.; CHITOLINA, J. C.; RAIJ, B. VAN; SILVA, F. C.; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. S. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de**

solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

COSTA RICA. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Fitosanitario del Estado. **Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción sostenible del cultivo de la piña.** San José: C.R.: MAG; SFE, 2018. 59 p.

DALLDORF, D. B.; LANGENEGGER, W. Macroelement fertilization of Smooth Cayenne pineapples, **Fmg. in S. Afr.**, 1978. Pineapple Series, E. 2,

FARIA, D. C. de. **Desenvolvimento e produtividade do abacaxizeiro ‘Smooth cayenne’ em função de adubação nitrogenada e tipos de mudas no Norte Fluminense.** 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2008.

IRFA, Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes. **La culture de l’ananas d’exportation em Cote D’Ivoire: Manuel du Planteur.** Abdijan: Nouvelles editions Africaines, 1984. 112 p.

LACOEUILHE, J. J. Ananas. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. (Ed.). **L’analyse végétale dans le contrôle de l’alimentation des plantes tempérées et tropicales.** Paris: Tec. & Doc., 1984. p. 675-694.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1982. p. 121-153.

MATOS, A. P. de; PADUA, T. R. P. de; CORDEIRO, Z. J. M. (Ed.). **Sistema Orgânico para Produção de Abacaxi para Lençóis, Chapada Diamantina – BA.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 45).

MATOS, A. P. de; SANCHES, N. F.; ALVES, A. de A.; LOPES, A. C.; SANTOS, A. C. F.; JUNGHANS, D. T.; REINHARDT, D. H.; PÁDUA, T. R. P.; CUNHA, G. A. P da; BEZERRA, J. A.; CABRAL, J. R. S.; SILVA, J. L. A da; SOUZA, L. F. da S.; SANTOS NETO, M. M. dos; MONTEIRO, T. M. B.; VITOR, V. V. **Cultura do abacaxi:** sistema de produção para região de Itaberaba, Bahia. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 138). 59 p.

- OLIVEIRA, A. M. G.; NATALE, W.; PREREIRA, M. E. C. **Adubação N-P-K para o abacaxizeiro 'BRS Imperial' para o Extremo Sul da Bahia**. Cruz Das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 158).
- OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S.; COUTINHO, S. da C.; BENFICA, A. F. Recomendação de adubação para abacaxi Pérola não irrigado em Municípios do Extremo Sul da Bahia–1ª aproximação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27., Bonito, 2006. **Anais...** Bonito, MS: SBCS; SBM; Embrapa Agropecuária do Oeste, 2006. p.1-4.
- PINON, A. **L'ananas de conserverie et sa culture**. Côte d'Ivoire: Institute de Recherches sur les fruits et Agrumes, 1978. 82 p.
- PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISON, C. **The pineapple, cultivation and uses**. Paris: G.P.: Maisonneuve et Larose, 1987. 568 p.
- RAMOS, M. J. M, MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; PINTO, J. L. A; SILVA, J. A. Nutritional deficiency in 'Imperial' Pineapple in the vegetative growth phase and leaf nutrient concentration. **Acta Horticulturae**, v. 702, p. 133-139, 2006.
- RAMOS, M. J. M; MONNERAT, P. H.; PINHO L. G. da R.; SILVA, J. A. da. Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 261-271, 2011.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis – an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1988. p. 218.
- RODRIGUES, J. E. L. F.; VELOSO, C. A. C. Abacaxizeiro. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1. ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 203-204.
- SIEBENEICHLER, S. C.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de; SILVA, J. A. da. Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. SP, v. 24, n. 1, p. 194-198, 2002
- SIEBENEICHLER, S. C.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de; SILVA, J. A. da. Deficiência de boro na cultura do abacaxi 'Pérola'. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 651-656, 2008.

SOUZA, L. F. da S. Calagem e adubação para o abacaxizeiro. BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 26-45, 2009.

SOUZA, L. F. da S. Adubação. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi. produção: aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 30-34. (Série Frutas do Brasil, 7).

SOUZA, L. F. da S.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Adubação. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi irrigado em condições semi-áridas.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. p.54-59.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; ZAMBROSI, F. C. B. Preliminary Dris normas for 'Smooth Cayenne' pineapple and derivation of critical levels of leaf nutrient concentrations. In: PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, João Pessoa: ISHS, 2007. **Acta Horticulturae**, n. 822, p. 131-138, 2009.



capítulo 7

Calagem e adubação para a aceroleira

Rogério Ritzinger
Ana Lúcia Borges

A aceroleira (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC.) é uma planta arbustiva, originária das Antilhas, que encontrou no Brasil condições favoráveis ao seu cultivo comercial, buscando principalmente o aproveitamento dos frutos, que apresentam elevado teor de vitamina C.

As variedades de aceroleira podem ser classificadas em doces, semidoces e ácidas. Estes tipos diferenciam-se principalmente pelos teores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) nos frutos maduros. As variedades doces e semidoces, como as variedades Rubra e Cabocla, respectivamente, recomendadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura para o estado da Bahia, são preferidas para consumo in natura, pela sua melhor palatabilidade. As variedades ácidas são mais utilizadas para processamento, sendo que apresentam sabor pouco agradável, por conter teor de acidez elevado. Neste grupo, destacam-se as variedades Flor Branca, Okinawa e Sertaneja, cultivadas no Vale do Rio São Francisco, nos estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe. Também estão incluídas no grupo as variedades Apodi, Cereja, Roxinha e Frutacor, recomendadas pela Embrapa Agroindústria Tropical para o estado do Ceará. É importante ressaltar que todos os grupos incluem genótipos com teores relativamente altos de ácido ascórbico (vitamina C) nos frutos.



Em um pomar de aceroleira, o espaçamento é escolhido em função do nível de manejo a ser adotado (mecanizado ou não), do porte da variedade (ereto ou globular) e da maior ou menor disponibilidade de nutrientes no solo. Os espaçamentos mais utilizados variam de 4,0 m x 3,0 m a 6,0 m x 4,0 m, com densidades de 833 a 416 plantas ha⁻¹, respectivamente.

- **Clima:** devido à sua rusticidade, a aceroleira desenvolve-se bem tanto em climas tropicais como subtropicais. A temperatura ideal está em torno de 26 °C, desenvolvendo-se bem na faixa de 15 °C e 32 °C. A disponibilidade de água adequada durante o ano é fundamental para que a planta cresça e produza bem. Pluviosidades variando entre 1.200 mm a 2.000 mm, bem distribuídas ao longo do ano, são consideradas ideais. A aceroleira adapta-se a regiões de baixas altitudes, especialmente aquelas situadas ao nível do mar, embora apresentem bom desenvolvimento até altitudes em torno de 800 m. Em altitudes mais elevadas, a produtividade diminui em função da ocorrência de baixas temperaturas. A cultura é muito exigente à insolação, sendo que a radiação solar influencia bastante a produção de vitamina C pela planta.
- **Solo:** a aceroleira desenvolve-se bem em quase todos os tipos de solos, desde que sejam bem drenados. Solos muito argilosos, que apresentam maior capacidade de encharcamento e baixa capacidade de aeração, e solos muito arenosos, que apresentam baixa capacidade de retenção de água e maior possibilidade de infestação de nematoides, devem ser evitados. É importante que os solos tenham uma profundidade mínima efetiva de 1,00 m a 1,20 m, livres de pedras, camadas pouco permeáveis e lençol freático elevado.

Para uma recomendação correta de calagem e adubação, deve-se realizar a análise química do solo. A amostragem do solo para análise química deve ser representativa e criteriosa. Em plantios a serem formados, a amostragem do solo deve ser efetuada antes do

seu preparo, coletadas ao acaso, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm. Em plantios em produção, deve-se retirar amostras nos locais onde foram aplicados os adubos e, preferencialmente, nas duas profundidades. As amostras, após a coleta, devem ser encaminhadas ao laboratório o mais rápido possível. Informações mais detalhadas encontram-se no capítulo 4 deste livro sobre Amostragem de solo.

Recomendações de calagem e gessagem

A prática da calagem pela aplicação de calcário tem a finalidade de corrigir a acidez do solo e suprir as possíveis deficiências de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), neutralizar elementos tóxicos, principalmente o alumínio (Al), e elevar o pH do solo. A faixa ideal de pH do solo para aceroleira está entre 5,5 e 6,5.

A recomendação de calagem é realizada em função dos resultados da análise química do solo. O cálculo para estimar a quantidade de calcário é efetuado considerando-se a porcentagem de saturação por bases, elevando-a para 70%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

70 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total (%) do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo.

A eficiência da aplicação do calcário depende, dentre outros fatores, de sua incorporação nas camadas subsuperficiais. Em terreno irregular e com mato alto, deve-se usar o arado de disco a pouca profundidade, para nivelar a superfície do solo; em local com mato alto mas com a superfície regular, deve ser utilizada a roçadeira, seguida de uma espera de três a cinco dias para que o mato seque. O calcário deve sempre ser aplicado em toda a área. Em pomares a serem implantados, quando houver necessidade de calagem, definida em função dos resultados da análise química do solo, deve-se aplicar primeiro a dose de calcário recomendada para a profundidade de 20 cm a 40 cm, juntamente com o gesso e realizar uma escarificação com hastes retas. Aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário recomendada para 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação. Aguardar mais 15 a 20 dias para realizar o plantio.

Em pomares já estabelecidos, a distribuição deve ser a lanço em faixas entre as linhas de plantio, calculando-se a quantidade a ser aplicada (QC) de acordo com a área a ser coberta e profundidade a ser atingida. Vale lembrar que a NC é calculada para a profundidade de 0-20 cm.

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = NC \times SC/100 \times PF/20,$$

onde:

QC = quantidade de calcário a ser aplicada (t ha⁻¹);

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

SC = superfície do solo a ser coberta com o calcário (%); e

PF = profundidade a ser incorporado o calcário (cm).

A gessagem é realizada em solos deficientes em Ca e Mg, com altos teores de Al em subsuperfície. Assim, além da calagem pode-se aplicar

gesso em quantidade definida pela análise química do solo, visando o fornecimento de Ca e enxofre (S), propiciando maior movimentação de Ca, Mg e sulfato (SO_4^{-2}) para as camadas mais profundas, resultando na precipitação como sulfato de Al e aprofundamento das raízes.

A necessidade de gesso (NG) é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC) pelo critério de saturação por bases, substituindo, por gesso, 25% da quantidade de calcário recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm, ou seja:

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = 0,25 \times \text{NC}_{(20-40\text{cm})}$$

onde:

NG = necessidade de gesso (t ha^{-1}); e

NC = necessidade de calagem (t ha^{-1}).

Recomendação de adubação

A adubação é uma prática essencial, uma vez que a aceroleira apresenta elevada demanda de nutrientes em função das várias safras anuais. Além disso, deve-se considerar que a maioria dos pomares de acerola no Brasil estão implantados em solos com baixos teores de nutrientes, especialmente em relação a fósforo (P).

A cultura é exigente em nutrientes, principalmente potássio (K) e nitrogênio (N), que são os nutrientes mais exportados pelos frutos seguindo a ordem decrescente $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{ferro (Fe)} > \text{zinco (Zn)} > \text{manganês (Mn)} > \text{cobre (Cu)}$. A disponibilidade dos nutrientes N, P e K no substrato é fundamental para o bom desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular de mudas de aceroleira.

As recomendações de N com base no teor de matéria orgânica e idade do pomar encontram-se na Tabela 1. Como a disponibilidade de P é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 2 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. Na Tabela 3 estão apresentadas as recomendações de P e K do plantio até o 5º ano de produção, com base nos teores de P e K no solo.

Tabela 1. Recomendação de nitrogênio (N) para aceroleira com base no teor de matéria orgânica do solo (MOS) e idade do pomar.

Teor de MOS (g kg ⁻¹)	Idade do pomar					
	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
	N (kg ha ⁻¹)					
< 10	20	20	45	60	70	90
10 – 20	20	20	40	55	65	80
21 – 40	18	18	40	55	65	80
> 40	18	18	35	50	60	75

Fonte: Adaptado de Ritzinger e Magalhães (2009).

Tabela 2. Classificação dos teores de fósforo (P-Mehlich-1) no solo (mg dm⁻³) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo (g kg ⁻¹)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P no solo (mg dm ⁻³)				
> 600	≤ 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
351 – 600	≤ 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
151 – 350	≤ 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 – 150	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Tabela 3. Recomendação de adubação de fósforo (P) e potássio (K) para a aceroleira, com base na análise química do solo e idade do pomar.

Nutriente	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)		P₂O₅ (kg ha⁻¹)				
Muito baixo	30	40	50	60	60	80
Baixo	20	30	30	40	40	60
Médio	10	20	20	30	30	40
Alto	5	10	10	15	15	20
Muito alto	0	0	0	0	0	0
K no solo (cmo_c dm⁻³)		K₂O (kg ha⁻¹)				
0 – 0,08	50	70	120	120	160	200
0,09 – 0,16	30	40	80	80	100	140
0,17 – 0,24	20	30	40	40	60	80

Fonte: Adaptado de Ritzinger e Magalhães (2009).

- **Nitrogênio:** no plantio deve ser aplicado metade na forma orgânica na cova, juntamente com o P; e o restante em cobertura com o K 45 a 90 dias após o plantio. Geralmente são aplicados 20 litros de esterco bovino, bem curtido, ou 1 litro de torta de mamona por cova. Nos anos seguintes, quando a aceroleira inicia a produção, recomenda-se parcelar os adubos nitrogenados em duas aplicações em cobertura por ano, no início e no final do período das chuvas.
- **Fósforo:** os adubos fosfatados, pela sua baixa mobilidade no solo, podem ser aplicados de uma única vez, por ocasião da primeira aplicação anual. Recomenda-se usar sempre uma fonte de S, ou seja, ao utilizar-se superfosfato triplo deve-se de preferência combiná-lo com sulfato de amônio; caso se opte pela ureia, utilizar superfosfato simples.

- **Potássio:** recomendado quando os teores no solo forem inferiores a $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e parcelado juntamente com o N mineral.

Os fertilizantes minerais devem ser aplicados na projeção da copa, em uma faixa, sem tocar o caule da planta, e, quando possível, adicionar cobertura morta (Figura 1).



Figura 1. Adubação nitrogenada e potássica ao redor da planta de acerola e cobertura morta após a aplicação.

Fontes dos fertilizantes

As fontes de adubos químicos devem ser as disponíveis no mercado, considerando-se o custo por nutriente e incluindo sempre uma fonte que contenha S.

As fontes de N recomendadas são: ureia (45% de N), sulfato de amônio (20% de N) e nitrato de amônio (33% de N). As fontes de P são: superfosfato simples (18% de P_2O_5) e triplo (42% de P_2O_5), fosfato monoamônico-MAP (48% de P_2O_5) e fosfato diamônico-DAP (45% de P_2O_5). E as fontes de K são: cloreto de potássio (58% de K_2O) e sulfato de potássio (50% de K_2O).

Assim, para o sucesso da adubação é importante levar em consideração os 4Cs, que correspondem à dose certa, a fonte certa, a época certa e a localização certa.

Análise foliar

A análise foliar é utilizada para diagnosticar as deficiências nutricionais e excesso dos elementos na planta. Juntamente com a análise química do solo, proporcionará orientação mais segura na adubação da aceroleira. Recomenda-se amostrar 25 plantas por talhão homogêneo, coletando-se quatro folhas por plantas, amostrando no terço superior da copa e no terço mediano e basal dos ramos, após o início da brotação de dezembro ou setembro e outubro, selecionando o 3º ou 4º par de folhas a partir do ápice de ramos em crescimento (Figura 2). As amostras devem ser acondicionadas em saco de papel, identificadas e encaminhadas para análise (Deon, 2012).

Foto: Rogério Ritzinger



Figura 2. Amostragem foliar em aceroleira, para análise química em ramos em desenvolvimento.

Para interpretação dos resultados da análise foliar são apresentados na Tabela 4 os teores de referência de nutrientes nas folhas da aceroleira.

Tabela 4. Teores foliares de referência para os macro e micronutrientes considerados adequados para a aceroleira.

N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
Terço mediano dos ramos									
28,4	1,6	12,9	22,2	7,9	1,5	2	48	158	15
Terço basal dos ramos									
29,6	1,8	18,1	21,6	6,6	1,6	2	52	183	16

Fonte: Cantarutti et al. (2007).

Sintomas visuais de deficiência

Se os nutrientes necessários à vegetação, floração e frutificação não estão disponíveis no solo e não são fornecidos por meio de fertilizantes e corretivos, a aceroleira mostrará sintomas visuais de deficiência, tais como redução do tamanho das folhas, dos frutos, ou da própria planta, além de mudanças na coloração (cloroses). Na Tabela 5 estão descritos os sintomas que permitem caracterizar as principais deficiências na aceroleira.

Tabela 5. Sintomas visuais de deficiências de nutrientes na aceroleira.

Nutriente	Sintoma no limbo foliar	Sintoma adicional
Macronutriente		
Nitrogênio	Amarelecimento completo, iniciando nas folhas mais velhas, com posterior queda.	Raleamento da folhagem, com folhas menores e mais estreitas; redução drástica no desenvolvimento e produção.
Fósforo	Sintomas não específicos, iniciados nas folhas mais velhas, com secamento do ápice até metade do limbo.	Redução drástica do crescimento e produção.

continua...

Tabela 5. Continuação.

Nutriente	Sintoma no limbo foliar	Sintoma adicional
Potássio	Formação de um grande número de manchas pequenas de cor amarela sobre toda a lâmina foliar.	Redução do diâmetro da copa e dos frutos.
Cálcio	Amarelecimento com posterior necrose “tip-burning” nos ápices foliares.	Sintomas evidentes nos ápices dos ramos, com folhas pequenas e deformadas, e morte de gemas laterais; redução marcante no desenvolvimento da planta.
Magnésio	Amarelecimento ao longo das margens nas folhas mais velhas, estendendo-se entre as nervuras, no caso de deficiência aguda.	Folhas mais claras e estreitas com nervuras ligeiramente mais claras.
Enxofre	Sintomas semelhantes àqueles resultantes da falta de N, com amarelecimento das folhas velhas e novas.	Redução drástica da produção.
Micronutriente		
Boro	Amarelecimento e posterior necrose nas extremidades superiores das folhas e suberificação das nervuras principais.	Morte de gemas laterais e ausência de folhas no ápice do ramo principal.
Ferro	Presença de conjunto reticular de nervuras verdes sobre fundo amarelo.	Redução drástica da produção.
Manganês	Clorose foliar em fundo verde-claro com nervuras verde-escuras.	Algumas folhas tornam-se enrugadas devido ao maior crescimento do tecido intervalar que das nervuras.
Zinco	Amarelecimento geral das folhas novas.	Diminuição do crescimento.

Fontes: Cibes e Samuels (1955); Ledin (1958); Fernandes et al. (2000).

Recomendação de adubação para sistema orgânico

- **Adubação verde:** consiste em utilizar plantas cultivadas no próprio local ou provenientes de outra área, ou mesmo as espontâneas, cuja fitomassa é deixada na superfície do solo, visando preservar e/ou melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. As espécies para adubo verde, leguminosas e não leguminosas (gramíneas e oleaginosas) podem ser utilizadas em pré-plantio ou como plantas de cobertura cultivadas nas entrelinhas da aceroleira.

A quantidade de fitomassa produzida depende da época de plantio, disponibilidade de água, práticas culturais, fertilidade do solo e incidência de pragas e doenças. O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é uma das leguminosas que mais se destaca, pelo grande volume de fitomassa que produz, pela agressividade do seu sistema radicular, pela grande competição com as plantas espontâneas e pela ampla adaptabilidade a condições variadas de solo e clima. Outras leguminosas como as crotalárias – *Crotalaria spectabilis*, *C. juncea* ou *C. ochroleuca* podem ser utilizadas. A ceifa, preferencialmente, deve ser feita no início da floração, ou no início da produção de vagens, neste caso por estar o material vegetal mais lenhoso e mais resistente à decomposição que permanecerá por mais tempo cobrindo o solo.

- **Compostagem:** é o processo de produção do composto, onde se utilizam diversos materiais orgânicos colocados em uma única pilha, que são molhados e revirados até a obtenção do produto final, aproximadamente após 90 dias, sugerindo-se aplicar em torno de 10 litros por planta. Como essa compostagem é preparada fora da área, para reduzir a mão de obra, uma opção é a compostagem laminar. Essa prática é feita diretamente ao redor da planta, em lâminas, sugerindo-se montar na sequência de camadas: gliricídia (*Gliricidia sepium*) (N-verde), capins ou palhadas (fonte de C), torta de mamona (fonte de

N), esterco de animal (fonte de N), gliricídia (fonte de N) e capins ou palhadas (fonte de C).

Além disso, se a análise química do solo indicar teores de P inferiores a 20 mg dm^{-3} é necessário aplicar o nutriente, sugerindo-se as fontes termofosfatos (18% de P_2O_5 total), hiperfosfatos de Arad (33% de P_2O_5 total) ou Gafsa (29% de P_2O_5 total) e farinha de osso (24% de P_2O_5 total). Como fonte de K, se os teores no solo forem inferiores a $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ as fontes como o sulfato de potássio (48% de K_2O) e o sulfato duplo de potássio e magnésio (K-Mag), este de origem mineral natural (22% de K_2O), são permitidas, desde que livres de substâncias tóxicas. As cinzas provenientes de madeira, como as de carvoarias, fábricas de cerâmicas ou fogão de lenha, podem ser utilizadas, cuja concentração média é de 5,5% de K_2O .

Referências

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

CIBES, H.; SAMUELS, G. **Mineral deficiency symptoms displayed by acerola trees grown in the greenhouse under controled conditions**. Rio Piedras: University of Puerto Rico/Agricultural Experiment Station, 1955. 18 p. (Technical Paper, 15).

DEON, M. D. **Diagnose foliar da aceroleira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 100).

FERNANDES, A. A.; SILVA, G. D.; MARTINEZ, H. E. P.; BRUCKNER, C. H. Sintomatologia das deficiências minerais e quantificação de macronutrientes em mudas de aceroleira. **Revista Ceres**, v. 47, n. 274, p. 639-650, 2000.

LEDIN, R. B. **The Barbados or West Indian cherry**. Gainesville: Florida Agricultural Experiment Station, 1958. 28 p. (Bulletin, 594)

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação 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, 359 p.

RITZINGER, R.; MAGALHÃES, A. F. de J. Calagem e adubação para aceroleira. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 46-56.



capítulo 8

Calagem e adubação para a bananeira

Ana Lúcia Borges
Luciano da Silva Souza

A bananeira (*Musa* spp.) é uma planta monocotiledônea herbácea que apresenta caule subterrâneo (rizoma) de onde saem as raízes. O pseudocaule é formado por bainhas foliares abarcantes (que abraça), terminando por uma copa de folhas compridas e largas, com nervura central desenvolvida.

O Brasil ocupa a quarta posição mundial de produção de bananas (5,8%), com 6,81 milhões de toneladas, em uma área colhida de aproximadamente 462 mil hectares e produtividade média de 14,75 t ha⁻¹. Dentre os principais estados produtores destacam-se: São Paulo (14,8%), Bahia (12,2%), Minas Gerais (12,1%) e Santa Catarina (10,6%), que respondem por 49,7% da produção do país (IBGE, 2019).

Os fatores que influenciam no crescimento e produção da bananeira podem ser internos (atributos da variedade utilizada) e externos (condições de clima, solo, agentes bióticos e ação do homem).

- **Clima:** a bananeira é cultivada de norte a sul do país, envolvendo desde a faixa litorânea até os planaltos. A temperatura ótima situa-se em torno de 28 °C, com faixa ideal de 15 °C a 35 °C. A pluviosidade varia de 100 mm a 180 mm por mês, dependendo da capacidade de retenção de água do solo; contudo, deve ser

maracujá
mango
mandioca
mamão
cítricos
banana
acerola
abacaxi

assegurada uma disponibilidade de água não inferior a 75% da capacidade de campo. A bananeira requer alta luminosidade, a qual reduz o tempo de colheita do cacho; porém, níveis excessivamente altos podem provocar queima das folhas. A velocidade do vento deve ser inferior a 40 km por hora, pois pode levar à desidratação da planta, fendilhamento das nervuras secundárias e diminuição da área fotossintética. Quanto à umidade relativa do ar (UR), valor superior a 80% favorece o desenvolvimento da planta, porém, beneficia o aparecimento de doenças foliares. A altitude influencia nos fatores climáticos, principalmente na temperatura.

- **Solo:** a bananeira é cultivada e se desenvolve em diversos solos, devendo ser observados alguns fatores. Os terrenos planos a levemente ondulados (< 8%) são os mais adequados, com profundidade superior a 75 cm. A aeração do solo interfere no desenvolvimento das raízes, que perdem a rigidez e apodrecem na falta de oxigênio, seja por excesso de água ou compactação do solo. A textura do solo é importante na retenção de água e nutrientes.

Para uma recomendação correta de calagem, gessagem e adubação, objetivando produtividade econômica e sustentável da cultura, é fundamental a análise química do solo, a qual avalia a disponibilidade de nutrientes e/ou o excesso de elementos tóxicos no solo para a planta.

Nos bananais em produção, recomenda-se que a análise química do solo seja feita, preferencialmente a cada seis meses, na profundidade de 0 a 20 cm, a fim de permitir o acompanhamento e a manutenção dos níveis adequados de nutrientes durante o ciclo da planta. Nesse caso, a coleta das amostras deve ser feita na região de aplicação do adubo, onde as raízes da bananeira se desenvolvem, ou na faixa úmida da área, quando a adubação for via água de irrigação, sempre obedecendo ao prazo de, no mínimo, 20 a 30 dias após a última adubação.

Recomendações de calagem e gessagem

A calagem, ou aplicação de calcário, quando recomendada, deve ser a primeira prática a ser realizada, com antecedência mínima de 30 dias do plantio, preferencialmente. O calcário deve ser aplicado a lanço em toda a área. Aplica-se primeiro a dose recomendada para a profundidade de 20 cm a 40 cm. Para incorporar o calcário deve-se realizar uma escarificação com hastes retas para atingir 30 cm de profundidade. Embora o escarificador não revolva o solo, como o arado, a água das chuvas deverá conduzir/transportar o calcário aplicado, para a macroporosidade do solo ampliada pelo escarificador, atingindo assim uma maior profundidade. Aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário recomendada para 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação. Aguardar mais 15 a 20 dias para realizar o plantio. Caso não seja possível o uso do escarificador, tanto pela topografia superior a 8% de inclinação, quanto pela indisponibilidade do implemento, recomenda-se aplicar a metade da quantidade para atingir 10 cm de profundidade. Neste caso, considera-se apenas a recomendação de 0 a 20 cm.

A Instrução Normativa nº 35 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) define como corretivo de acidez, o produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos e deve apresentar características físicas e químicas específicas (Brasil, 2006). O uso de calcários líquidos não está regulamentado pelo Mapa e as pesquisas não são conclusivas.

Recomenda-se o uso do calcário dolomítico, que contém cálcio (Ca) e magnésio (Mg), evitando assim o desequilíbrio entre potássio (K) e Mg e, conseqüentemente, o surgimento do distúrbio fisiológico denominado “azul da bananeira” (deficiência de Mg induzida pelo excesso de K). A recomendação de calagem deve basear-se na elevação da saturação por bases (V) para 70%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

70 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total (%) do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo.

Em pomares já estabelecidos, a distribuição deve ser a lanço em faixas entre as linhas de plantio, calculando-se a quantidade a ser aplicada (QC) de acordo com a área a ser coberta e profundidade a ser atingida. Vale lembrar que a NC é calculada para a profundidade de 0-20 cm.

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = NC \times SC/100 \times PF/20,$$

onde:

QC = quantidade de calcário a ser aplicada (t ha⁻¹);

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

SC = superfície do solo a ser coberto (%); e

PF = profundidade a ser incorporado o calcário (cm).

Recomenda-se a gessagem ou aplicação de gesso agrícola quando na camada de 20 cm a 40 cm apresentar teores de Ca²⁺ menor ou igual a

0,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou teor de Al^{3+} maior que 0,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou valor de saturação por Al maior que 30%, mesmo sendo a fitomassa da bananeira rica em K, Ca e Mg, que poderá elevar os teores de bases do solo, e também a maior concentração do sistema radicular da planta nos primeiros 40 cm. A presença de camadas subsuperficiais (abaixo de 20 cm) com baixos teores de Ca e/ou elevados teores de Al trocáveis leva ao menor volume de solo explorado, com menos nutrientes e água disponíveis para a cultura. A necessidade de gesso (NG) é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC) pelo critério de saturação por bases, substituindo, por gesso, 25% da quantidade de calcário recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm, ou seja:

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = 0,25 \times \text{NC}_{(20-40\text{cm})}$$

onde:

NG = necessidade de gesso (t ha^{-1}); e

NC = necessidade de calagem recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm (t ha^{-1}).

Recomendação de adubação

As quantidades de adubos recomendadas nas fases de plantio, formação e produção da bananeira, com base na análise química do solo e na produtividade esperada encontram-se nas tabelas seguintes. As recomendações de nitrogênio (N) com base no teor de matéria orgânica nas épocas e produtividade esperada da bananeira encontram-se na Tabela 1. Como a disponibilidade de fósforo (P) é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 2 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as recomendações de P e K com base nos teores dos nutrientes no solo e na produtividade esperada, respectivamente.

Tabela 1. Sugestão para recomendação de nitrogênio (N) para bananeira com base no teor de matéria orgânica do solo (MOS).

Época	Teor de MOS (g kg ⁻¹)			
	< 10	10 - 20	21 - 40	> 40
N (kg ha⁻¹)				
Plantio¹	85	75	70	65
Formação	160	150	145	140
Produtividade esperada (t ha⁻¹ ano⁻¹)	Produção			
< 20	160	150	145	140
20 - 40	200	190	185	180
40 - 60	240	230	225	220
> 60	280	270	265	260

¹Na forma de esterco bovino curtido.

Fonte: Adaptado de Borges e Souza (2009).

Tabela 2. Classificação dos teores de fósforo (P) (Mehlich-1) no solo (mg dm⁻³) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo (g kg ⁻¹)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P no solo (mg dm⁻³)				
> 600	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0
351 - 600	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
151 - 350	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 150	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Tabela 3. Recomendação de adubação fosfatada (P_2O_5) no plantio e produção da bananeira com base na disponibilidade de fósforo (P) no solo.

	P solo - Mehlich-1 ($mg\ dm^{-3}$)				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)				
Plantio					
	120	80	40	0	0
Produtividade Esperada ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	Produção				
< 20	80	60	40	0	0
20 – 40	100	80	50	0	0
40 – 60	120	100	70	0	0
> 60	160	120	80	0	0

Fonte: Adaptado de Borges et al. (2016).

Tabela 4. Recomendação de adubação potássica (K_2O) no plantio, formação e produção da bananeira com base no teor de potássio (K) no solo.

	K solo ($cmol_c\ dm^{-3}$)			
	0–0,15	0,16–0,30	0,31–0,60	> 0,60
	K_2O ($kg\ ha^{-1}$)			
Plantio				
	20	0	0	0
Dias após o plantio	Formação			
30	20	0	0	0
60	30	30	0	0
90	30	30	20	0
120	50	40	30	0
120 – 360	300	250	150	0
Produtividade esperada ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	Produção			
< 20	300	200	100	0
20 – 40	450	300	150	0
40 – 60	600	400	200	0
> 60	750	500	250	0

Fonte: Borges et al. (2016).

Estas tabelas poderão ser utilizadas para sistemas de cultivo de sequeiro ou irrigado, como também nos Estados que não possuam sua própria tabela de recomendação de adubação para a bananeira. Recomendações de adubação para as variedades de banana BRS Platina (tipo prata), BRS Princesa e BRS Tropical (tipo maçã) e para os plátanos (bananas consumidas fritas, cozidas ou assadas), que contam com sistemas de produção específicos, disponíveis pela Embrapa, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5. Recomendação de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P_2O_5) e potássica (K_2O) nas fases de plantio, formação e produção da bananeira ‘BRS Platina’.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação		
	Plantio	Formação (1º ano)	Produção
N (kg ha⁻¹)			
N	75 ¹	130	150
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)		P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	70	0	80
Baixo	55	0	60
Médio	35	0	40
Alto	0	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)		K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,15	20	310	400
0,16 – 0,30	0	210	250
0,31 – 0,60	0	100	100
> 0,60	0	0	0

¹Na forma de esterco bovino curtido.
Fonte: Adaptado de Borges et al. (2012).

Tabela 6. Recomendação de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P_2O_5) e potássica (K_2O) nas fases de plantio, formação e produção das bananeiras cv. BRS Princesa e cv. BRS Tropical.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação		
	Plantio	Cobertura	
		Formação (1º ano)	Produção
N (kg ha⁻¹)			
N mineral ou orgânico	75 ¹	150	200
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)			
P₂O₅ (kg ha⁻¹)			
Muito baixo	120	0	100
Baixo	80	0	70
Médio	40	0	40
Alto	0	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)			
K₂O (kg ha⁻¹)			
0 – 0,15	20	430	450
0,16 – 0,30	0	350	300
0,31 – 0,60	0	200	150
> 0,60	0	0	0

¹Na forma orgânica, calculado como esterco de curral (0,6% de N).
Fonte: Borges e Cordeiro (2017).

Tabela 7. Recomendação de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P_2O_5) e potássica (K_2O) para plátanos (bananas para consumo frita, cozida ou assada).

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação	
	Plantio	Cobertura
cv. Terra (40 – 50 t ha⁻¹)		
N (kg ha⁻¹)		
N mineral ou orgânico	100 ¹	190

continua...

Tabela 7. Continuação.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação	
	Plantio	Cobertura
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)	P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	135	0
Baixo	90	0
Médio	45	0
Alto	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)	K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,15	50	450
0,16 – 0,30	0	300
0,31 – 0,60	0	150
> 0,60	0	0
cv. Terrinha (30 t/ha⁻¹) e cv. D'Angola (25 t ha⁻¹)		
	N (kg ha⁻¹)	
N mineral ou orgânico	100 ¹	150
P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)	P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	120	0
Baixo	80	0
Médio	40	0
Alto	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)	K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,15	50	360
0,16 – 0,30	0	240
0,31 – 0,60	0	120
> 0,60	0	0

¹Na forma orgânica, calculado como esterco de curral (0,6% de N).
Fonte: Borges (2015).

Adubação de plantio

- **Nitrogênio (N):** o N é muito importante para o desenvolvimento vegetativo da bananeira, principalmente nos três primeiros meses de crescimento. É responsável pelo aumento do número de pencas e pela emissão e crescimento dos rebentos. Por isso na instalação do bananal deve ser aplicado no plantio, na forma orgânica (Tabelas 1, 5, 6 e 7), principalmente em solos arenosos e de baixa fertilidade. A adubação orgânica é importante, pois exerce efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. As fontes de adubos orgânicos a serem utilizados dependem da sua disponibilidade, e as quantidades variam de acordo com os teores em nutrientes dos diversos materiais. De maneira geral, recomenda-se esterco bovino curtido (10 a 15 litros por cova) ou esterco de aves curtido (3 a 5 litros por cova) ou torta de mamona (2 a 3 litros por cova) ou outros compostos disponíveis na região ou propriedade. Vale lembrar da necessidade de se conhecer a procedência do esterco bovino, pois herbicidas para folhas largas aplicados no pasto causam toxidez nas bananeiras.
- **Fósforo (P):** o P favorece o desenvolvimento do sistema radicular; é um nutriente de baixa mobilidade no solo, por isso, quando recomendado, deve ser aplicado no plantio (Tabela 3), cuja disponibilidade é influenciada pelo teor de argila no solo (Tabela 2). As fontes de P recomendadas são o superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 20% de Ca e 11% de S), o superfosfato triplo (42% de P_2O_5 e 14% de Ca) ou o termofosfato magnésiano (17% de P_2O_5 , 18% de Ca e 7% de Mg). Em solos com pH em água maior que 6,5 e plantios com mudas micro-propagadas, o MAP (48% de P_2O_5 e 9% de N), mesmo contendo N, pode ser utilizado.
- **Potássio (K):** o K é o nutriente mais importante na nutrição da bananeira, influenciando na produção de cachos e pencas e na qualidade e resistência dos frutos. Quando a análise química do solo julgar

necessária, pode-se utilizar adubos químicos potássicos no plantio (Tabelas 4 a 7), pois o nutriente tem estimulado o desenvolvimento do sistema radicular. A fonte mais utilizada é o cloreto de potássio (58% de K_2O e 45% de Cl), podendo ser aplicado o sulfato de potássio (50% de K_2O e 16% de S) e o sulfato de potássio e magnésio (18% de K_2O , 4,5% de Mg e 23% de S).

- **Micronutrientes:** considerando que o boro (B) e o zinco (Zn) são os micronutrientes que, normalmente, causam mais deficiências na bananeira, a recomendação encontra-se na Tabela 8. O B pode ser suprido pelo bórax (11% de B) ou ácido bórico (17% de B) e a fonte de Zn mais utilizada é o sulfato de zinco (20% de Zn e 17% de S). Caso não se tenha análise química do solo para micronutrientes, recomenda-se aplicar 50 g de FTE BR12 na cova de plantio (1,8% de B; 0,85% de Cu; 2,0% de Mn e 9,0% de Zn).

Tabela 8. Recomendação de boro (B) e zinco (Zn) para a bananeira.

Micronutriente (extrator)	Teor no solo ($mg\ dm^{-3}$)	Quantidade recomendada ($kg\ ha^{-1}$)
B (água quente)	< 0,21	2
	> 0,21	0
Zn (Mehlich-1)	< 0,60	10
	> 0,60	0

Fonte: Borges e Souza (2009).

Adubação de formação

O N mineral, de maneira geral, deve ser suprido a partir dos 30 dias até 360 dias após o plantio (Tabelas 1, 5, 6 e 7). A ureia (44% de N) e o sulfato de amônio (20% de N e 23% de S) são as fontes mais utilizadas. A recomendação de potássio, nessa fase de crescimento da planta, é baseada na análise química do solo (Tabelas 4 a 7).

Adubação de produção

As quantidades de N, P_2O_5 e K_2O recomendadas para a bananeira na fase de produção são baseadas na produtividade esperada ou na variedade plantada, e, apenas para P e K, levam em consideração também os teores desses nutrientes no solo (Tabelas 3 a 7). Além disso, a cada seis meses sugere-se aplicar 20 litros de esterco bovino curtido (procedência conhecida) ou outra fonte orgânica disponível na propriedade por família em solos argilosos, e a cada quatro meses em solos de textura arenosa. Mesmo sendo o P de baixa mobilidade no solo, o nutriente deve ser aplicado anualmente, em cobertura, se recomendado pela análise química do solo.

Vale lembrar que a adubação de manutenção do bananal deve basear-se nos resultados das análises químicas de solo e folhas, na idade e produtividade do bananal (exportação de nutrientes), na variedade plantada e na ocorrência de sintomas de deficiências nutricionais, sempre que possível, seguindo as recomendações do técnico responsável.

Análise foliar

A análise química foliar é importante para confirmação dos distúrbios nutricionais e para avaliar o estado nutricional das plantas, complementando a análise química do solo. A época, estágio de crescimento da planta e a posição da folha amostrada devem ser observados.

As análises foliares devem ser realizadas, pelo menos, uma vez ao ano, juntamente da análise química do solo, amostrando-se a terceira folha a contar do ápice, no início da emissão da inflorescência (Figura 1A) ou com a inflorescência no estágio de todas as pencas femininas descobertas e não mais de três pencas de flores masculinas (Figura 1B). Coleta-se 10 cm a 25 cm da parte interna mediana do limbo,

eliminando-se a nervura central (Figura 1B). As amostras devem ser acondicionadas em saco de papel, identificadas e encaminhadas para análise o mais rápido possível (até 48 horas) para determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. No caso de avaliação do estado nutricional do pomar amostrar 10 a 25 plantas por talhão homogêneo, 1% da área.

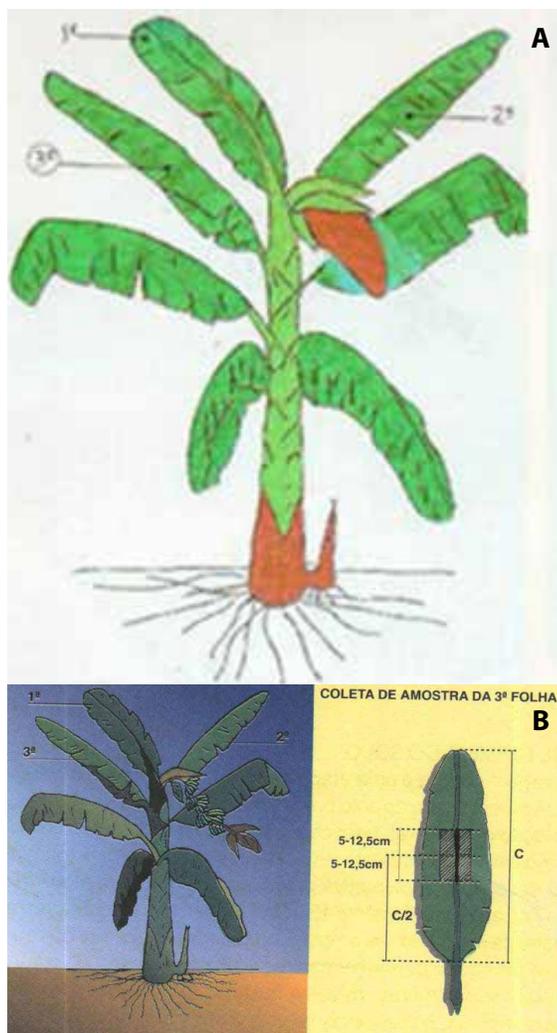


Figura 1. Amostragem foliar em bananeira, para análise química em dois estádios de crescimento da planta: início do florescimento (A) e com o cacho emitido (B).

Fontes: Figura A (Silva et al., 2015); Figura B (Borges et al., 2016).

Nesses estádios de crescimento existem teores-padrões de nutrientes definidos, que podem ser utilizados como referência (Tabela 9).

Tabela 9. Faixas de teores de macro e micronutrientes consideradas adequadas para a bananeira, para diferentes variedades.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
‘Nanica’, ‘Nanicão’ e ‘Grande Naine’ (estádio de amostragem, Figura 1A)										
33 – 37	1,5 – 2,9	45 – 50	8 – 13	3 – 4	2,6	11	9	101 – 299	160 – 2500	21
‘Nanica’, ‘Nanicão’, ‘Grande Naine’ e Williams (estádio de amostragem, Figura 1B)										
27 – 36	1,6 – 2,7	32 – 54	6,6 – 12	2,7 – 6,0	1,6 – 3,0	10 – 25	6 – 30	80 – 360	200 – 1800	20 – 50
‘Prata Anã’ (estádio de amostragem, Figura 1A)										
25 – 29	1,5 – 1,9	27 – 35	4,5 – 7,5	2,4 – 4,0	1,7 – 2,0	12 – 25	2,6 – 8,8	72 – 157	173 – 630	14 – 25
‘Pacovan’ (estádio de amostragem, Figura 1B)										
22 – 24	1,7 – 1,9	25 – 28	6,3 – 7,3	3,1 – 3,5	1,7 – 1,9	13 – 16	6 – 7	71 – 86	315 – 398	12 – 14
‘BRS Tropical’ e ‘BRS Princesa’ (estádio de amostragem, Figura 1B)										
21 – 31	1,3 – 1,7	22 – 25	3,5 – 8,7	2,7 – 3,6	0,9 – 2,1	22 – 36	5 – 7	57 – 125	50 – 272	15 – 17

Fonte: Adaptado de Borges e Souza (2009).

Sintomas visuais de deficiência

Quando um nutriente está em deficiência ou excesso, a planta expressa este distúrbio por sintomas visuais que se manifestam, principalmente, por meio de alterações nas folhas, como coloração, tamanho e outras, uma vez que este é o órgão da planta em plena atividade fisiológica e química (Tabela 10). Além das folhas, alguns sintomas podem ocorrer também nos cachos e frutos (Tabela 11). Após constatado visualmente o distúrbio, deve-se realizar a análise química foliar para confirmação do sintoma.

Tabela 10. Sintomas visuais de deficiências de nutrientes em folhas da bananeira.

Nutriente	Idade da folha	Sintoma no limbo	Sintoma adicional
Nitrogênio	Todas as idades	Verde-claro uniforme (Figura 2).	Pecíolos róseos.
Cobre		–	Nervura principal se dobra.
Ferro		Folhas amarelas, quase brancas.	–
Enxofre		Folhas, inclusive nervuras, tornam-se verde-pálidas a amarelas.	Engrossamento das nervuras secundárias.
Boro	Jovem	Listras perpendiculares às nervuras secundárias.	Folhas deformadas (limbos incompletos).
Zinco		Faixas amareladas ao longo das nervuras secundárias.	Pigmentação avermelhada na face inferior das folhas jovens.
Cálcio		Clorose nos bordos.	Engrossamento das nervuras secundárias; clorose marginal descontínua e em forma de “dentes de serra”; diminuição do tamanho da folha.

continua...

Tabela 10. Continuação.

Nutriente	Idade da folha	Sintoma no limbo	Sintoma adicional
Manganês	Mediana	Limbo com clorose em forma de pente nos bordos.	Ocorrência do fungo <i>Deightoniella torulosa</i> , que pode contaminar os frutos.
Fósforo		Clorose marginal em forma de “dentes de serra” (Figura 3).	Peciolo se quebra; folhas jovens com coloração verde-escura tendendo a azulada.
Magnésio	Velha	Clorose da parte interna do limbo; nervura central e bordos permanecem verdes.	Descolamento das bainhas.
Potássio		Clorose amarelo-alaranjada e necroses nos bordos do limbo (Figura 4).	Limbo se dobra na ponta da folha, com aspecto seco e encarquilhado (Figura 4).

Fonte: Borges e Souza (2009).

Foto: Ana Lúcia Borges



Figura 2. Sintoma de deficiência de nitrogênio (N) em folha de bananeira, com coloração verde-claro.

Foto: Ana Lúcia Borges

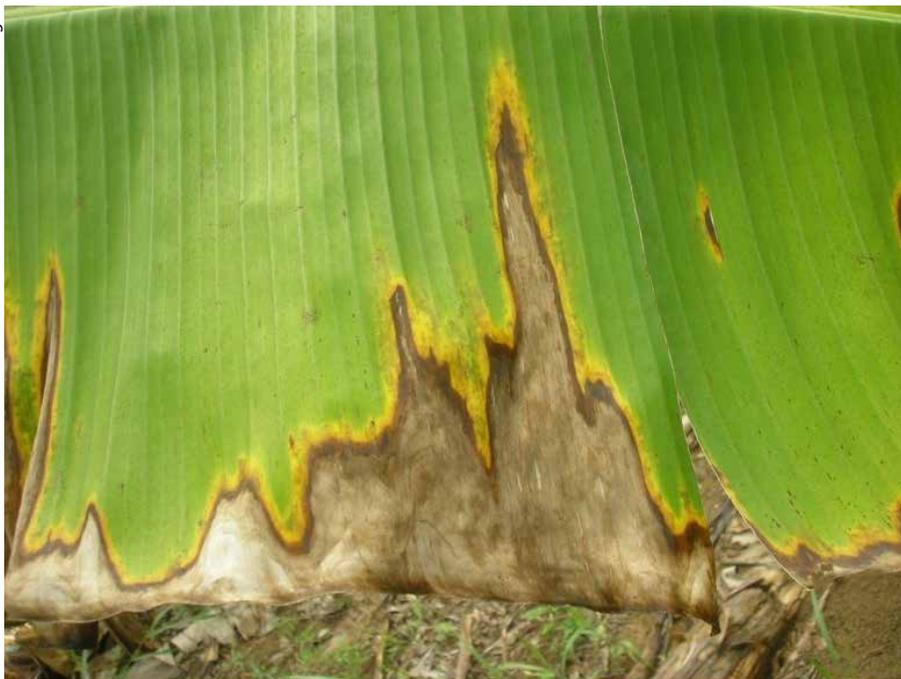


Figura 3. Sintoma de deficiência de fósforo (P) em folha velha de bananeira em forma de “dentes de serra”.

Foto: Ana Lúcia Borges



Figura 4. Sintoma de deficiência de potássio (K) em folha velha de bananeira com coloração amarelada e seca na ponta.

Tabela 11. Sintomas de deficiências de nutrientes nos cachos e frutos da bananeira.

Nutriente	Sintoma
Nitrogênio	Cachos raquíticos, menor número de pencas (Figura 5).
Fósforo	Frutos com menor teor de açúcar.
Potássio	Cachos raquíticos, frutos pequenos e finos, maturação irregular, polpa pouco saborosa.
Cálcio	Maturação irregular, frutos verdes junto com maduros, podridão dos frutos, pouco aroma e pouco açúcar. A sua falta pode ser uma das causas do empedramento na banana 'Maçã'.
Magnésio	Cacho raquítico e deformado, maturação irregular, polpa mole, viscosa e de sabor desagradável, apodrecimento rápido do fruto.
Enxofre	Cachos pequenos.
Boro	Deformações do cacho, poucos frutos e atrofiados. A sua falta pode levar ao empedramento na banana 'Maçã'.
Ferro	Pencas anormais, frutos curtos.
Zinco	Frutos tortos e pequenos, com ponta em forma de mamilo (Cavendish) e de cor verde-pálida.

Fonte: Borges e Souza (2009).

Foto: Ana Lúcia Borges



Figura 5. Bananeira deficiente em nitrogênio (N) com cacho raquítico.

Além da deficiência dos nutrientes, as relações entre eles têm grande importância para a bananeira, além de influenciar no aparecimento de doenças. O desbalanço entre N e K torna os pedicelos frágeis e leva à queda de frutos amadurecidos, principalmente o excesso de N amoniacal (NH_4^+). A relação N/K nas folhas na emissão da inflorescência deve estar na faixa de 0,7 a 0,9. O excesso de sódio (Na) no solo, apesar de não ser um nutriente, mas às vezes presente nos sítios de troca dos solos da região semiárida, reduz a absorção K; a relação K/Na ideal no solo deve ser de 2,5. Assim, a saturação por Na ($\% \text{Na} = \text{Na}/\text{CTC} \times 100$) deve ser menor que 4% e não exceder 8%, sendo o solo considerado inadequado para bananeira quando superior a 12%. O excesso de K pode induzir à deficiência de Mg, causando o “azul da bananeira”, quando aparecem manchas pardo-violáceas nos pecíolos, que pode reduzir a produção em até 50%; a relação K/Mg no solo deve estar na faixa de 0,2 a 0,5, enquanto nas folhas na época da emissão da inflorescência na faixa de 7 a 11 (Borges et al., 2016).

O desbalanço de nutrientes predispõe as plantas a doenças. O N na forma amoniacal aumenta a severidade da murcha de *Fusarium*, enquanto na forma de nitrato (NO_3^-) ocorre a diminuição; o sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) e a ureia ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) acidificam o solo; assim, o fungo conta com um ambiente mais favorável pelo pH ácido dos solos adubados com essas fontes nitrogenadas; por outro lado, nos solos adubados com nitratos, o pH tende a ser mais alto observando-se menor severidade da doença. Doses mais elevadas de P aumentaram a incidência da murcha de *Fusarium*, pois inibem a absorção de Zn pela planta e este nutriente é um dos precursores do ácido indol acético (AIA), que induz resistência à murcha de *Fusarium*, já que o Zn estimula a produção de tiloses na parede dos vasos condutores de seiva. A presença de K em doses adequadas dificulta o estabelecimento e desenvolvimento do patógeno, uma vez que reduz a presença de compostos solúveis que proporcionam o meio favorável para o desenvolvimento de parasitas. Além disso, o K favorece

a cicatrização de ferimentos e dificulta a penetração do patógeno, pois atua na estrutura das paredes celulares, aumentando a resistência mecânica dos frutos. Deficiências de K e S estão relacionadas à maior severidade da sigatoka-amarela. Assim, acredita-se que as deficiências desses nutrientes estejam relacionadas também com maior severidade da sigatoka-negra.

Informações complementares

Para sustentabilidade da produção, econômica e ambiental, o manejo adequado dos adubos somente será possível se forem observados os 4Cs, a dose certa, a fonte certa, a época certa e a localização certa.

- **Parcelamento das adubações:** o parcelamento da adubação dependerá da textura e da CTC (capacidade de troca catiônica) do solo, bem como do regime de chuvas e do manejo adotado. Em condições de sequeiro, o adubo deve ser aplicado durante o período de chuva, quando o solo estiver com umidade. Em solos arenosos e com baixa CTC, deve-se parcelar semanalmente ou quinzenalmente. Em solos mais argilosos, as adubações podem ser feitas mensalmente ou a cada dois meses, principalmente nas aplicações na forma sólida.
- **Localização dos adubos:** as adubações em cobertura devem ser feitas em círculo, numa faixa de 10 cm a 20 cm de largura e de 20 cm a 40 cm distantes da muda, aumentando-se essa distância com a idade da planta, podendo ser aplicado em cima da palhada (Figura 6). No bananal adulto, os adubos são distribuídos em meia-lua, em frente às plantas filha e neta (Figura 6). Em terrenos inclinados, a adubação deve ser feita em meia-lua, do lado de cima da cova. Em casos de plantios muito adensados e em terrenos planos, a adubação pode ser feita a lanço, nas ruas.

Fotos: Ana Lúcia Borges



Figura 6. Localização do adubo em círculo em planta jovem (A) e em meia lua em planta adulta (B).

- **Fertirrigação:** em plantios irrigados, recomenda-se a fertirrigação, ou seja, a aplicação dos adubos via água de irrigação. Constitui-se no meio mais eficiente de nutrição, pois combina dois fatores essenciais para o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas: água e nutrientes. Essa prática é indicada para os sistemas de irrigação localizados (microaspersão e gotejamento), uma vez que aproveita as características próprias do método, tais como baixa pressão, alta frequência de irrigação e possibilidade de aplicação da solução na zona radicular, tornando mais eficiente o uso do adubo. A frequência de fertirrigação pode ser a cada 15 dias em solos com maior teor de argila; em solos mais arenosos, recomenda-se a frequência de fertirrigação semanal ou até a cada três dias. Para o monitoramento do efeito da fertirrigação, recomenda-se a análise química do solo, incluindo a condutividade elétrica, a cada seis meses, para verificar se os níveis dos nutrientes aplicados e outros atributos estão de acordo com os valores esperados ou permitidos.

Recomendação de adubação para sistema orgânico

O solo para o cultivo orgânico da bananeira deve ser rico em nutrientes e em matéria orgânica. A matéria orgânica melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A origem da matéria orgânica deve ser do próprio local ou adquirida próxima, para não onerar a produção, além de ter boa procedência.

- **Nitrogênio (N):** os adubos verdes, principalmente as leguminosas, permitem a produção de matéria orgânica e o fornecimento de N. Leguminosas como o feijão-de-porco – *Canavalia ensiformis* (49 a 190 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹), guandu – *Cajanus cajan* (41 a 280 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹), kudzu tropical – *Pueraria phaseoloides* (30 a 100 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹), crotalárias – *Crotalaria spectabilis*

(150-165 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹) e mucuna preta – *Stizolobium aterrimum* (170 a 210 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹) podem incorporar quantidades significativas de N, dependendo da densidade plantada e da eficiência das bactérias fixadoras. Recomenda-se o pré-cultivo após o preparo da área ou na fase de formação do bananal o plantio das leguminosas nas entrelinhas, deixando-as sobre o solo, após o corte.

Os estercos, resíduos de agroindústrias, palhadas e compostos orgânicos, dentre outras fontes disponíveis na propriedade, podem ser utilizados, em quantidade calculada de acordo com a necessidade. Além disso, a vegetação espontânea, por fornecer matéria orgânica para o solo, deve ser roçada e deixada na sua superfície.

A utilização da fitomassa da bananeira para formação de cobertura morta do solo, na própria cultura, é uma prática recomendada no sistema convencional, mas fundamental no sistema orgânico de cultivo. O solo deve ser coberto com uma camada da fitomassa de mais ou menos cinco centímetros de espessura, em toda a área.

- **Fósforo (P):** no plantio, se a análise química do solo indicar baixo teor do nutriente, aplicar o fosfato natural, termofosfato (18% de P₂O₅ total), hiperfosfatos de Arad (33% de P₂O₅ total) ou Gafsa (29% de P₂O₅ total), farinha de osso (24% de P₂O₅ total). Tanto o P quanto a adubação orgânica estimularão o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de bananeira.
- **Potássio (K):** a bananeira é uma planta muito exigente em K e a falta desse nutriente interfere na produção e qualidade dos frutos. A quantidade do nutriente a ser aplicada vai depender da análise química do solo. O sulfato de potássio (48% de K₂O) e o sulfato duplo de potássio e magnésio (K-Mag), este de origem mineral natural (22% de K₂O), podem ser utilizados no sistema orgânico, desde que livres de substâncias tóxicas. As cinzas provenientes de madeira, tais como

as retiradas de carvoarias, fábricas de cerâmicas ou fogão de lenha, podem ser utilizadas, porém apresentam baixas concentrações do nutriente, na faixa de 3,6% a 6,0% de K_2O .

- **Micronutrientes:** as fontes de micronutrientes permitidas no sistema orgânico são o bórax e os quelatos naturais.

Os adubos devem conter o mínimo possível de metais pesados, levando-se em consideração os danos causados ao ambiente durante o processo de extração e transformação dos minerais.

O sistema orgânico de produção para a cultura da banana foi elaborado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura e está disponível no site da Embrapa (Borges, 2016).

Referências

BORGES, A. L. (Ed.) **Cultivo de plátanos (Bananeiras Tipo Terra)**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 42).

BORGES, A. L. (Ed.). **Sistema orgânico de produção para a cultura da banana**. 3. ed. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 18).

BORGES, A. L.; ALBUQUERQUE, A. F. A. de; AMORIM, E. P.; ROCHA, H. S.; PEREIRA, M. E. C.; RODRIGUES, M. G. V.; SILVA, S. de O e; DONATO, S. L. R.; CORDEIRO, Z. J. M. **Sistema de produção:** cultivo da bananeira BRS PLATINA. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 20).

BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo de bananeiras tipo maçã - 'BRS Princesa' e 'BRS Tropical'**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 43).

BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. da; OLIVEIRA, A. M. G.; D'OLIVEIRA, P. S. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 331-398.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. Calagem e adubação para bananeira. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 57-73.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 35**, 04 de junho de 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf>. Consultada em: 20 abr. 2020.

IBGE. **Produção agrícola municipal, 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 27 out. 2020.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação 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, 359 p.

SILVA, J. T. A. da; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L. da; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira ‘Prata-Anã’ para o Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 16p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 70).



capítulo 9

Calagem e adubação para os citros (laranjeiras, limeiras-ácidas e tangerineiras)

Ana Lúcia Borges
Eduardo Augusto Girardi
Luciano da Silva Souza

O Brasil ocupa atualmente posição de destaque na citricultura mundial, liderando a produção de frutos de laranja e a produção e exportação de suco concentrado congelado de laranja. Apesar de centralizada no estado de São Paulo (64%, 54% e 21% da área colhida e 78%, 74% e 34% da produção, respectivamente de laranja, lima-ácida e tangerina), os citros são cultivados em todos os estados do Brasil, sendo São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Bahia os maiores produtores de laranja a qual representa, aproximadamente, 91% da produção de citros (IBGE, 2019). A cultura de citros encontra-se difundida em todo o território nacional, das regiões mais quentes do Norte e Nordeste às mais frias do Sudeste e Sul do País.

A citricultura movimenta 8,4 bilhões de reais por ano e um milhão de empregos diretos e indiretos, constituindo-se num dos maiores agonegócios do país (Anuário, 2018). A área colhida em 2019 foi de 699 mil hectares, com uma produção de frutos de 19,6 milhões de toneladas (IBGE, 2019).

A adubação racional e equilibrada tem importância fundamental na otimização da produtividade das plantas. A eficiência das adubações é influenciada pela dose certa, localização certa, fonte certa e época certa de aplicação do adubo. Além disso, as práticas de manejo e atributos do solo são importantes para a eficácia da adubação, a qual torna a planta



bem nutrida, e contribui para mitigar problemas fisiológicos (estresses) e biológicos (doenças).

As plantas de citros requerem os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), além dos micronutrientes boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e níquel (Ni), disponíveis no solo ou incorporados pelos fertilizantes e corretivos.

De maneira geral, os diversos órgãos da planta cítrica armazenam nutrientes na seguinte ordem decrescente: $Ca > N > K > Mg > P > S$, sendo que as folhas são os mais importantes. A exportação de nutrientes pelos frutos ocorre na seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > P > Mg = S$ para os macronutrientes, e $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ para os micronutrientes. Estudo com as variedades Valência e Hamlin mostrou maior exportação de K pelos frutos, $1,6 \text{ kg t}^{-1}$, seguido de N ($1,4 \text{ kg t}^{-1}$), Ca ($0,5 \text{ kg t}^{-1}$), P ($0,2 \text{ kg t}^{-1}$) e Mg ($0,1 \text{ kg t}^{-1}$) (Paramasivam et al., 2000).

A planta cítrica absorve os nutrientes durante todo o ano, com maior intensidade nos períodos de floração e formação de novas folhas, frutos e ramos. Dos nutrientes aplicados, 25% do N, 14% do P e 34% do K são assimilados durante a floração, para posterior formação dos frutos. Observa-se um acúmulo crescente dos macronutrientes até o fim da maturação, tanto em frutos de variedades precoces como de tardias (Magalhães; Souza, 2009).

As condições de clima e solo influenciam no desenvolvimento e produção das plantas de citros.

- **Clima:** o vigor e a longevidade das plantas cítricas, bem como a qualidade e a quantidade de frutos são influenciados pelo clima. A temperatura, pluviosidade, umidade relativa do ar (UR), luz e vento agem diretamente sobre as plantas, determinando o crescimento dos ramos, o tamanho das folhas, a emissão das flores, a frutificação,

o pegamento, o tamanho, a forma, a coloração e o sabor dos frutos. As raízes, influenciadas pela precipitação e temperatura do solo, podem ser estimuladas ou paralisadas no processo de fornecimento de água e nutrientes às plantas (Moreira, 1985).

As plantas cítricas preferem temperaturas entre 23 °C e 32 °C. Acima de 40 °C e abaixo de 13 °C a taxa de fotossíntese diminui, o que leva a perdas de produtividade. Nos climas frios, os frutos têm melhor coloração da casca e da polpa, bem como teores mais altos de açúcares e ácidos, que acentuam o sabor equilibrado. Nos climas quentes, os frutos são menos coloridos interna e externamente, com teores mais baixos de açúcares e, principalmente, de acidez, o que resulta em frutos com sabor mais doce. Sob temperaturas mais altas, o período de floração-maturação é bastante encurtado e os frutos permanecem pouco tempo na planta depois de maduros. Os citros desenvolvem-se melhor em regiões cuja pluviosidade atinge cerca de 1.200 mm anuais bem distribuídos durante o ano, podendo-se suplementar os deficits com água de irrigação. Em climas que registram alta UR e alta temperatura, os frutos são relativamente maiores e mais suculentos, enquanto em condições de baixa UR e temperatura alta, com grande variação diurna e noturna (amplitude térmica), os frutos apresentam-se mais coloridos, porém menos suculentos e com casca mais fina.

- **Solo:** as plantas cítricas apresentam diversas exigências quanto aos atributos do solo. Apesar de preferirem os solos areno-argilosos, elas se adaptam aos solos muito arenosos, como também aos argilosos. Áreas com solos argilosos e declividade superior a 18% ou com solos arenosos e declividade maior que 15% não são adequadas para a instalação de pomares cítricos, pois existe grande risco de ocorrência de erosão e degradação do solo. A profundidade efetiva do solo deve ser no mínimo de 1,00 m a 1,20 m. É importante observar se há ocorrência de impedimentos

à drenagem e ao desenvolvimento do sistema radicular e a que profundidade eles se encontram. Nos solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil, em razão da presença de camadas coesas, é necessário determinar a sua profundidade inicial e espessura, para orientar práticas de manejo do solo, de forma a minimizar a sua influência negativa.

Recomendações de calagem e gessagem

Quando houver necessidade de calagem, a aplicação de calcário deverá ser realizada em toda a área, com antecedência ao plantio ou à adubação. A quantidade é definida em função dos resultados da análise química do solo, aplicando-se primeiro a dose de calcário recomendada para a profundidade de 20-40 cm, juntamente com o gesso agrícola. Aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário recomendada para 0-20 cm e, após mais 15 a 20 dias, pode-se realizar o plantio.

Deve-se preferir o calcário dolomítico que, além de Ca (25% a 30% de CaO), contém também o Mg (> 12% de MgO).

O cálculo para estimar a quantidade de calcário a ser aplicada é feito levando em consideração a elevação da saturação por bases (V) para 70%, segundo a fórmula:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

70 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); e

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo (%).

Em pomares já estabelecidos, distribuir do calcário a lanço entre as linhas de plantio. Calcula-se a quantidade a ser aplicada (QC) de acordo com a área a ser coberta e profundidade a ser atingida; como não é feita incorporação, o calcário é mantido na superfície do solo, cuja profundidade atingida, normalmente, é de 5 cm a 10 cm. Vale lembrar que a NC é calculada para a profundidade de 0-20 cm.

$$QC (\text{t ha}^{-1}) = NC \times SC / 100 \times PF / 20$$

onde:

QC = quantidade de calcário a ser aplicada (t ha^{-1});

NC = necessidade de calagem (t ha^{-1});

SC = superfície do solo a ser coberto (%); e

PF = profundidade a ser incorporado o calcário (cm).

A presença de camadas subsuperficiais (abaixo de 20 cm) com baixos teores de Ca e/ou elevados teores de Al trocáveis leva ao menor aprofundamento do sistema radicular, refletindo em menor volume de solo explorado, ou seja, menos nutrientes e água disponíveis para a cultura. A melhoria do ambiente radicular dessas camadas é realizada por meio da incorporação de gesso.

Assim, o gesso deve ser aplicado se na camada de 20 cm a 40 cm apresentar teor de Ca^{+2} menor ou igual a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou teor de Al^{+3} maior que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou valor de saturação por Al maior que 30%.

A necessidade de gesso (NG) é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC) pelo critério de saturação por bases, substituindo, por gesso, 25% da quantidade de calcário recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm, ou seja:

$$NG \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = 0,25 \times NC_{(20-40\text{cm})}$$

onde:

NG = necessidade de gesso (t ha⁻¹); e

NC = necessidade de calagem recomendada para a camada de 20-40 cm (t ha⁻¹).

Recomendação de adubação

Como a disponibilidade de P é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 1 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. As quantidades de nutrientes recomendadas para as épocas de plantio, formação (1^o e 2^o ano) e produção da planta cítrica, com base na análise química do solo e teor de N foliar, são apresentadas nas Tabelas 2 a 4, para densidades de 420 a 650 plantas por hectare.

Tabela 1. Classificação dos teores de P (Mehlich-1) no solo (mg dm⁻³) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo (g kg ⁻¹)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P no solo (mg dm ⁻³)				
> 600	≤ 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
351 – 600	≤ 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
151 – 350	≤ 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 – 150	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Tabela 2. Quantidades de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas para a adubação de citros (laranja, limeira-ácida e tangerina) no plantio e formação (1º e 2º ano), com base na análise química do solo, para densidades de 420 a 650 plantas por hectare.

Nutriente	Plantio	Formação	
		1º ano	2º ano
N (kg ha⁻¹)			
N	40	60	80
P no solo (Mehlich-1)(mg dm⁻³)		P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	40	0	60
Baixo	20	0	40
Médio	10	0	30
Alto	0	0	0
Muito alto	0	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)		K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,05	40	60	80
0,06 – 0,12	0	40	60
0,13 – 0,18	0	0	40
> 0,18	0	0	0

Fonte: Magalhães e Souza (2009).

Tabela 3. Quantidades de P_2O_5 recomendadas para a adubação de citros (laranjeira, limeira-ácida e tangerineira), na produção, em função da disponibilidade de P no solo e da produtividade esperada, para densidades de 420 a 650 plantas por hectare.

Produtividade esperada ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	P no solo (Mehlich-1) ($mg\ dm^{-3}$)				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)				
< 15	80	50	20	0	0
16 – 20	90	60	30	0	0
21 – 25	100	70	40	0	0
26 – 35	110	80	50	0	0
36 – 40	120	90	60	0	0
> 40	130	100	70	0	0

Fonte: Adaptado de Magalhães e Souza (2009).

Tabela 4. Quantidades de N e K_2O recomendadas para a adubação de citros (laranjeira, limeira-ácida e tangerineira), na produção, em função dos teores de N nas folhas, teores de P e K no solo e da produtividade esperada, para densidades de 420 a 650 plantas por hectare.

Produtividade esperada ($t\ ha^{-1}$)	N nas folhas ($g\ kg^{-1}$)				K no solo ($cmol_c\ dm^{-3}$)			
	< 20	20–22	23–27	> 27	< 0,06	0,06–0,12	0,13–0,18	> 0,18
	N ($kg\ ha^{-1}$)				K_2O ($kg\ ha^{-1}$)			
< 15	120	100	80	0	100	80	60	0
16 – 20	140	120	100	0	120	100	80	0

continua...

Tabela 4. Continuação.

Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N nas folhas (g kg ⁻¹)				K no solo (cmol _c dm ⁻³)			
	< 20	20–22	23–27	> 27	< 0,06	0,06–0,12	0,13–0,18	> 0,18
	N (kg ha ⁻¹)				K ₂ O (kg ha ⁻¹)			
21 – 25	160	140	120	0	140	120	100	0
26 – 35	180	160	140	0	160	140	120	0
36 – 40	200	180	160	0	180	160	140	0
> 40	220	200	180	0	200	180	160	0

Fonte: Adaptado de Magalhães e Souza (2009).

- **Adubação orgânica:** adubação feita com esterco de bovinos, de caprinos e de aves, tortas, compostos e outros resíduos que favorece a produção e a qualidade do fruto. A limitação no uso dos adubos orgânicos decorre da necessidade de grandes quantidades para suprir a exigência da planta e do custo de transporte. Os adubos orgânicos são considerados os fertilizantes mais equilibrados, pela capacidade de fornecer macro e micronutrientes e pelas vantagens adicionais que agregam: reduzem as perdas de nutrientes do solo por lavagem dos fertilizantes químicos de grande solubilidade, favorecem a vida microbiana, estimulando o desenvolvimento de microrganismos benéficos, e promovem agregação das partículas do solo, melhorando a sua estrutura e a aeração.

Desde que haja disponibilidade de material e viabilidade econômica, no plantio aplicar o nitrogênio na forma orgânica. Recomenda-se no plantio 10 L de esterco de curral curtido ou 5 L de esterco de aves ou 2 L de torta de mamona por cova. Utilizar, preferencialmente, fontes orgânicas disponíveis na propriedade.

A adubação verde, fonte orgânica de nutrientes, incorpora biomassa vegetal, mantém o teor de matéria orgânica e a fertilidade dos solos. Dentre as vantagens do uso da adubação verde inclui a fixação do N pelas leguminosas, a redução no uso de adubos químicos, o controle de plantas espontâneas e a melhoria na infiltração, retenção de água e desenvolvimento da vida microbiana do solo. Além de leguminosas pode-se cultivar junto uma gramínea, como o milheto (*Pennisetum glaucum*), cuja associação tem proporcionado bons resultados na cultura dos citros como proteção do solo, uma vez que a taxa de decomposição é mais lenta, bem como redução das plantas espontâneas em 80% (Figura 1).

Foto: José Eduardo Borges de Carvalho



Figura 1. Associação leguminosa (*Canavalia ensiformis*) e gramínea (*Pennisetum glaucum*) em cultivo de citros.

- **Adubação nitrogenada:** no plantio, recomenda-se o nitrogênio na forma orgânica. Em plantios em formação ou produção, o N deve ser aplicado, pelo menos, duas vezes ao ano, em cobertura, na projeção da copa ou entrelinha, com o solo úmido para evitar/minimizar a perda por volatilização. As normas das boas práticas agrícolas da cultura de citros recomendam aplicar os fertilizantes parceladamente (Silva, 2011). As principais fontes minerais recomendadas são: ureia (45% de N), sulfato de amônio (20% de N e 23% de S), nitrato de potássio (12% de N e 45% de K_2O), nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) e nitrato de amônio (33% de N).
- **Adubação fosfatada:** a planta cítrica é menos exigente em P, mas a deficiência no solo e/ou na planta poderá afetar o seu desenvolvimento e produção. A dose recomendada pela análise química do solo deve ser aplicada na cova, por ocasião do plantio, e de uma só vez em cobertura nas plantas em formação e produção, na projeção da copa ou entrelinha, juntamente com o nitrogênio e/ou potássio recomendados na primeira adubação. É importante que a aplicação seja repetida anualmente, após nova análise química do solo. Os adubos mais recomendados são: superfosfatos simples (18% de P_2O_5 , 11% de S e 19% de Ca) e triplo (45% de P_2O_5 e 10% de Ca), termofosfatos magnesianos (17% de P_2O_5 , 18% de Ca e 7% de Mg), fosfato monoamônico-MAP (48% de P_2O_5 e 9% de N) e fosfato diamônico-DAP (45% de P_2O_5 e 17% de N). O superfosfato simples tem a vantagem de incluir enxofre na sua composição.
- **Adubação potássica:** o K é um dos nutrientes mais exigidos pela planta cítrica, juntamente com o N e o Ca, influenciando o rendimento e a qualidade do fruto. A dose recomendada pela análise química do solo deve ser aplicada em cobertura, juntamente com o N. Não se recomenda utilizar K no plantio, quando o seu teor no solo for superior a $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os principais adubos

recomendados são: cloreto de potássio (58% de K_2O) e sulfato de potássio (50% de K_2O).

- **Adubação com micronutrientes:** recomenda-se no plantio aplicar 50 g de FTE BR 12 por cova. Os micronutrientes Zn, B e, em menor escala, o Mn são os que têm apresentado, com maior frequência, sintomas foliares de deficiência em citros. Em função disso, por ocasião do plantio podem ser aplicados, 7,5 g de Zn (34 g de sulfato de zinco), 3,7 g de B (22 g de ácido bórico ou 34 g de bórax) e 7,5 g de Mn (38 g de sulfato de manganês) por cova.

Pulverizações com micronutrientes em mistura ou isoladamente podem ser feitas duas vezes por ano ou quando do aparecimento de sintomas foliares ou detecção dessa necessidade pela análise química de solo ou foliar. As quantidades de micronutrientes recomendadas para pulverização foliar em citros são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidades de micronutrientes recomendadas para aplicação em pulverizações foliares em citros.

Micronutriente	¹ Quantidade a ser aplicada (g L ⁻¹)
Zinco	0,70
Manganês	0,65
Boro	0,17
Cobre	0,33
Molibdênio	0,12

¹Recomenda-se adicionar 5 g L⁻¹ de ureia para estimular a vegetação e melhorar a absorção do micronutriente, como também 2 g L⁻¹ de cal para reduzir a acidez da solução.

Fonte: Adaptado de Magalhães e Souza (2009).

Análise foliar

Como métodos de avaliação do estado nutricional da planta cítrica, a análise foliar, notadamente o teor de N, e a do solo podem completar-se na caracterização de deficiências ou excessos e na orientação de um programa de adubação.

As deficiências de nutrientes influenciam no desenvolvimento radicular, no crescimento e na longevidade das plantas, bem como na produtividade e qualidade dos frutos. O diagnóstico de deficiências nutricionais em plantas cítricas é difícil, visto que alguns sintomas aparentes como redução de tamanho, clorose, queda de folhas, etc., são comuns a várias outras causas. Assim, a análise foliar ser de grande valia, pela indicação do estado nutricional das plantas, já que a composição das folhas poderá fornecer informações sobre os nutrientes deficientes.

Vários fatores são responsáveis pela variação dos teores foliares de nutrientes na planta cítrica, como a presença ou ausência de frutos, a idade da folha, as variedades copa e porta-enxerto, a época do ano, as práticas culturais e as interações de nutrientes.

Alguns procedimentos devem ser padronizados para facilitar a amostragem:

- a) separar áreas com a mesma idade, copa, porta-enxerto, produtividade e localização.
- b) coletar folhas no mínimo um mês antes da adubação.
- c) evitar folhas danificadas e não misturar aquelas sem e com sintomas de deficiências.
- d) fazer uma amostra composta de, pelo menos, 100 folhas por área ou talhão ou em 1% do pomar, ou quatro folhas por planta em 25 plantas por área homogênea.

e) observar a altura da coleta, cerca de 1,00 m a 2,00 m, considerando-se os quatro pontos cardeais.

f) retirar, em ramos com frutos (2-4 cm de diâmetro), a 3ª e 4ª folhas a partir do fruto, com seis meses de idade; não misturar com aquelas de ramos sem frutos.

g) as amostras devem ser acondicionadas em saco de papel, identificadas e encaminhadas para análise o mais rápido possível, para determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e também do elemento sódio (Na).

Para interpretação dos resultados existem teores de nutrientes de referência (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de macro e micronutrientes de referência em folhas de citros de ramos com (F) e sem frutos (NF).

Nutriente	Ramos	Baixo	Adequado (ótimo)	Excessivo
		g kg ⁻¹		
N	F	< 23	23 – 30	> 30
	NF	< 24	24 – 26	> 28
P	F	< 1,2	1,2 – 1,6	> 1,6
	NF	< 1,2	1,2 – 1,6	> 3,0
K	F	< 10	10 – 16	> 16
	NF	< 12	12 – 17	> 23
Ca	F	< 35	35 – 50	> 50
	NF	< 30	30 – 55	> 70
Mg	F	< 3,0	3,0 – 5,0	> 5,0
	NF	< 2,6	2,6 – 6,0	> 11,0

continua...

Tabela 6. Continuação.

Nutriente	Ramos	Baixo	Adequado (ótimo)	Excessivo
		g kg ⁻¹		
S	F	< 2,0	2,0 – 3,0	> 3,0
	NF	-	-	-
mg kg ⁻¹				
B	F	< 50	75 – 150	> 150
	NF	-	-	-
Cu	F	< 10	10 – 20	> 20
	NF	< 5,0	5 – 16	> 22
Fe	F	< 50	50 – 150	> 150
	NF	< 60	60 – 120	> 200
Mn	F	< 35	35 – 70	> 70
	NF	< 25	25 – 200	> 500
Mo	F	< 0,5	0,5 – 2,0	> 2
	NF	-	-	-
Zn	F	< 50	50 – 75	> 75
	NF	< 25	25 – 100	> 200

Fontes: Adaptada de Malavolta e Violante Netto (1989); Mattos Junior et al. (2009); Mattos Junior et al. (2018).

Sintomas visuais de deficiência

Se os nutrientes necessários à vegetação, floração e frutificação faltam no solo ou não são fornecidos em quantidades suficientes, as plantas cítricas poderão mostrar sintomas visuais de deficiência, tais como deformações e redução no tamanho das folhas, frutos e da própria planta, além de mudanças na coloração (cloroses).

A falta de um nutriente pode, muitas vezes, levar a não absorção de outro e este resultar deficiente, mesmo existindo no solo. Como cada elemento tem função específica, quando há falta ou excesso os sinais de anormalidade servem de alerta, para se aplicar ou modificar a dose e/ou proporção do nutriente na mistura de adubos. Nas Tabelas 7 e 8 estão descritos sintomas visuais típicos de deficiência de macronutrientes e de micronutrientes em citros.

Tabela 7. Sintomas visuais de deficiência e excesso de macronutrientes em citros.

Macronutriente	Sintoma de deficiência / excesso
Nitrogênio	<p>Deficiência: raleamento da folhagem, clorose das folhas até a nervura (Figura 2), notadamente de folhas mais velhas e, com o avanço da deficiência, de forma generalizada, retardamento e até paralisação do desenvolvimento da planta, redução na formação de novos brotos e folhas, seca das extremidades dos ramos, diminuição da floração, produção e tamanho dos frutos, que se apresentam com casca fina, cor verde pálida e maturação precoce.</p> <p>Excesso: crescimento exuberante, presença de folhas grandes, verdes, escuras e grossas, deficiência de cobre, e frutos menores, com casca grossa. Os tecidos são suculentos, com maior suscetibilidade a doenças.</p>
Fósforo	<p>Deficiência: folhas maduras maiores, sem brilho e bronzeadas, desfolhamento com seca das folhas, menor florescimento e vingamento de frutos, redução do rendimento, seca e morte de ramos novos, e produção de frutos com miolo oco (columela aberta) (Figura 3).</p> <p>Excesso: redução no crescimento da planta, deficiência de boro, cobre e zinco.</p>
Potássio	<p>Deficiência: em casos severos, pode ocorrer secamento de margens do limbo de folhas novas, frutos menores, com casca lisa e fina, queda prematura dos frutos, maturação precoce, menor resistência ao transporte e armazenamento, ocorrência de frutos com rachaduras (<i>splitting</i>) especialmente após períodos de estiagem.</p> <p>Excesso: reverdecimento dos frutos, com atraso na maturação, frutos grandes com casca grossa e áspera, e deficiência de magnésio e cálcio.</p>

continua...

Tabela 7. Continuação.

Macronutriente	Sintoma de deficiência / excesso
Cálcio	Deficiência: raízes mal desenvolvidas, atraso no desenvolvimento da planta e morte descendente de ramos (<i>dieback</i>); nas folhas novas, às vezes observa-se o amarelecimento das margens, queda prematura de frutos e produção de frutos pequenos e deformados. Excesso: provoca deficiência de K e Mg e aumenta a relação Ca/K nas folhas, com a ocorrência do inchamento dos frutos (<i>puffing</i>).
Magnésio	Deficiência: aparecimento de clorose sob a forma de um "V" invertido, verde nas folhas velhas ou bronzeamento, queda excessiva de folhas, morte descendente dos ramos e alternância de safras. É comum em solos arenosos, com pH baixo.
Enxofre	Deficiência: amarelecimento de folhas novas, clorose uniforme, redução do tamanho e queda prematura de folhas.

Fonte: Magalhães e Souza (2009).



Foto: Luadir Gasparotto

Figura 2. Sintomas de deficiência de N em planta de citros com clorose das folhas.

Foto: Luadir Gasparotto

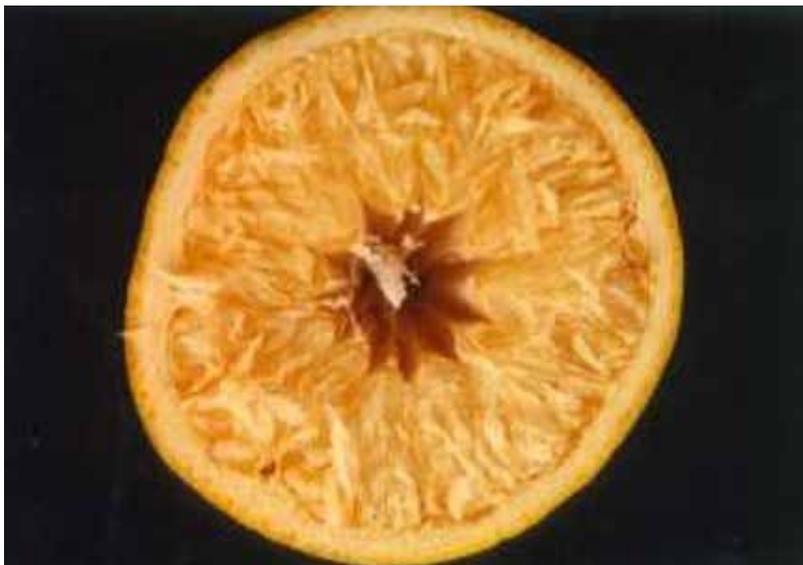


Figura 3. Sintoma de deficiência de fósforo mostrando o miolo oco (columela aberta).

Tabela 8. Sintomas visuais de deficiência e excesso de micronutrientes em citros.

Micronutriente	Sintoma de deficiência / excesso
Boro	<p>Deficiência: morte apical de ramos e superbrotamento, folhas novas menores, grossas e deformadas, frequentemente cordiformes (ponta em forma de coração) com nervuras suberificadas e salientes, queda excessiva de frutos novos, frutos com tamanho reduzido, deformados, com muito albedo, manchas escuras, com aparecimento de goma externamente e nos lóculos, manchas escuras no centro e redução no teor de suco. Associada a períodos de estiagem e baixa matéria orgânica no solo.</p> <p>Excesso: amarelecimento intenso das pontas e margens das folhas e entre as nervuras, resultando em clorose malhada; com a evolução dos sintomas ocorre pontos de goma e necrose no limbo e margem foliares, especialmente na face abaxial do limbo, queda de folhas e, nos lançamentos subsequentes, formação de folhas quase brancas, com nervuras verdes.</p>
Cobre	<p>Deficiência: morte descendente de ramos, aparecimento de goma nos ramos, folhas grandes e flácidas, rachaduras nos frutos, com formação de goma. Cor verde intensa nas folhas, que são grandes e com espessura anormal; formação de ramos em forma de S e crescimento arbustivo. Associada ao excesso de nitrogênio.</p>

continua..

Tabela 8. Continuação.

Micronutriente	Sintoma de deficiência / excesso
Cobre	Excesso: morte das radículas, perda de vigor e definhamento da planta, manchas escuras na casca dos frutos.
Ferro	Deficiência: clorose da folha nova, com reticulado fino de nervuras, folhas menores e morte das brotações; crescimento débil e redução no rendimento. Associada a solos alcalinos ou encharcamento.
Manganês	Deficiência: amarelecimento suave entre as nervuras, tanto de folhas novas quanto velhas, sem afetar o seu tamanho (Figura 4). Excesso: amarelecimento marginal da folha, com uma área central verde; pontos necróticos e pequenos depósitos resinosos de cor marrom.
Molibdênio	Deficiência: amarelecimento entre as nervuras secundárias, com aparecimento de manchas pardas e alongadas, e encurvamento do limbo foliar para cima (<i>cupping</i>); manchas cloróticas distribuídas ao acaso no limbo, com centros pardos e halos amarelos ou alaranjados.
Zinco	Deficiência: encurtamento dos internódios dos ramos, morte descendente destes, folhas pequenas e estreitas, lanceoladas mosqueadas, com malha amarelo-brilhante em fundo verde (Figura 5), presença de frutos pequenos e pálidos. Excesso: queima das folhas, desfolhamento e morte descendente de ramos e clorose semelhante à falta de ferro.

Fonte: Magalhães e Souza (2009).

Foto: Luciano da Silva Souza



Figura 4. Sintoma de deficiência de manganês em laranja com amarelecimento entre as nervuras das folhas.



Figura 5. Sintoma de deficiência de zinco em laranjeira com folhas estreitas e limbo amarelo em fundo verde.

Para o sucesso da adubação é necessário considerar os 4Cs, a dose certa, a fonte certa, a época certa e a localização certa do fertilizante.

- **Épocas das adubações:** o período de maior demanda por nutrientes é no crescimento vegetativo, florescimento e frutificação. Na fase de produção, a primeira aplicação deve ser feita no final do florescimento e a segunda no fluxo de vegetação. Para os micronutrientes B, Mn e Zn que têm baixa mobilidade no floema, as aplicações foliares devem ser feitas nos principais fluxos de vegetação (primavera e verão), pois as folhas novas facilitam a absorção e translocação dos nutrientes (Mattos Junior et al., 2018).
- **Parcelamento das adubações:** o parcelamento das adubações aumenta a eficiência da absorção e o aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo. Havendo umidade suficiente e no caso de

pomares irrigados, as doses devem ser parceladas mais vezes, visto que as floradas demandam fornecimento de nutrientes. Segundo as normas das boas práticas agrícolas da cultura de citros é obrigatório o parcelamento dos adubos (Silva, 2011). Em áreas irrigadas recomenda-se a adubação via água de irrigação (fertirrigação), quando o parcelamento poderá ser feito mais vezes.

Referências

ANUÁRIO **Brasileiro da Fruticultura 2018**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88 p.

IBGE. **Produção agrícola municipal, 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 27 out. 2020.

MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, L. da S. Calagem e adubação para laranjeiras, tangerineiras e híbridos. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 74-91.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: Potafos, 1989. 153 p.

MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; MACEDO, L. O.; QUAGGIO, J. A.; HIPPLER, F. W. R.; STIPP, S. R. Avanços na nutrição de citros e café. **Informações Agronômicas**, n. 163, p. 1-11, 2018.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R. M. Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. **Informações Agronômicas**, n. 128, p. 5-12, 2009.

MOREIRA, C. S. Clima e produtividade na citricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DE CITROS, 1, Jaboticabal, 1985. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1985. p.13-19.

PARAMASIVAM, S.; ALVA, A. K.; HOSTLER, K. H.; EASTERWOOD, G. W.; SOUTHWELL, J. S. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. **Journal Plant Nutrient**, v. 32, n. 3, p. 313-327, 2000.

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

SILVA, J. A. A. da (Ed.). **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Citros, São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 64 p. (Documentos IAC, 105).



capítulo 10

Calagem e adubação para o mamoeiro

Arlene Maria Gomes Oliveira
Eugênio Ferreira Coelho

A espécie *Carica papaya* L. é o mamoeiro mais cultivado em todo mundo. É uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, muito provavelmente, o Noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima.

O Brasil é o terceiro produtor mundial de mamão, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu. A produtividade média nacional é da ordem de 42 t ha⁻¹. É uma fruteira cultivada em quase todo o território brasileiro, merecendo destaque os estados do Espírito Santo, primeiro produtor, Bahia e Ceará, segundo e terceiro produtores, respectivamente, responsáveis por cerca de 78% da produção nacional (IBGE, 2019).

O mamoeiro produz plantas com flores masculinas, femininas ou hermafroditas, que originam frutos de formatos distintos. De uma forma geral, as variedades de mamoeiros mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos: Solo (ex.: 'Sunrise Solo', 'Golden', 'Golden THB', 'Aliança Solo' e 'Sunrise Solo BS'), com variedades mais utilizadas para a exportação, e Formosa (ex.: 'Tainung nº 1', 'Tainung nº 2', 'Calimosa' e 'Rubi Incaper'), preferidas para agroindústria e hotelaria.



As variedades comerciais de ambos os grupos, após o plantio, iniciam a floração entre três a quatro meses e a colheita ocorre entre oito a dez meses. Nesse grupo, são plantadas três mudas por cova e, na floração, realiza-se a eliminação de duas deixando-se apenas uma planta com flores hermafroditas. Os frutos pesam em média de 400 g a 650 g, possuindo formato, na maior parte das variedades, piriforme a ovalado com polpa de cor vermelho alaranjada. As variedades do grupo Formosa apresentam frutos alongados nas plantas hermafroditas e arredondados nas plantas femininas, variando o peso médio entre 900 g a 1.600 g. Nesse grupo, alguns mercados ainda aceitam frutos oriundos de plantas femininas, diferentemente do grupo Solo, onde somente frutos de plantas hermafroditas são comercializados.

- **Clima:** o mamoeiro se desenvolve bem em regiões de grande insolação com temperaturas variando de 22 °C a 26 °C. A pluviosidade ideal para as plantas de mamão deve variar entre 1.800 mm e 2.000 mm anuais e ser bem distribuída. Altitudes até 200 m acima do nível do mar são mais adequadas para o desenvolvimento da cultura.
- **Solo:** os atributos do solo interferem no desenvolvimento do mamoeiro. Solos com textura areno-argilosa e pH variando de 5,5 a 6,7 são mais adequados. Devem-se evitar solos argilosos, pouco profundos ou localizados em baixadas, pelo fato de encharcarem com facilidade na época de chuvas intensas, o que provoca o apodrecimento de raízes e morte de plantas. Recomenda-se o plantio em áreas com uma pequena declividade, em locais de pluviosidade elevada, a fim de se evitar o acúmulo de água próximo às raízes.

Análise química do solo

Para se determinar as necessidades de adubação do mamoeiro é necessário realizar previamente a análise química do solo para o conhecimento

dos teores dos nutrientes da área (disponibilidades e deficiências). Quando o plantio está estabelecido, além da análise química do solo, é importante a realização da análise química de folhas para a confirmação de deficiências e/ou o conhecimento do estado nutricional da planta. Conhecendo-se a disponibilidade dos nutrientes, pode-se definir a necessidade de calagem e a recomendação de adubação de forma mais acertada.

Para a coleta das amostras de solo deve-se separar a área em talhões homogêneos, medindo no máximo 10 hectares. Na separação das áreas, levar também em conta a idade das plantas e a variedade cultivada. Em cada talhão a ser amostrado coletar o solo antes do seu preparo nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm, em cerca de 20 pontos tomados ao acaso, para formar uma amostra composta para cada profundidade, que deverá ser enviada ao laboratório. Após o estabelecimento do plantio, as amostras de solo devem ser retiradas na zona de aplicação dos adubos.

Recomendações de calagem e gessagem

A correção da acidez pela calagem é necessária em solo ácidos (pH 4,5-5,0) ou de acidez média (pH 5,1-5,5), com teores de Al maiores que $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ menores que $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A prática da calagem, recomendada com base na análise química do solo, eleva o pH do solo, contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes (N, P, K, S e Mo), neutralização do Al e/ou excesso de Mn trocáveis, fornecimento do Ca e Mg para as plantas, elevação da saturação por bases (V%) e melhoria da atividade microbiana.

Nos estados do Espírito Santo e Bahia, os dois principais produtores de mamão do Brasil, a cultura encontra-se estabelecida, em sua maioria, em solos de baixa fertilidade química. As recomendações de calagem nesses estados baseiam-se nos teores de Ca, Mg e Al e na saturação por bases.

A recomendação de calagem com base na saturação por bases (V) visa a elevar o valor de V do solo a 70%, sempre que esta for inferior a 60%, sendo a necessidade de calagem (NC) calculada pela seguinte fórmula:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

70 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica do solo (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total (%) do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo.

Todas as informações necessárias para estimar a NC são fornecidas pela análise química completa do solo. A aplicação de calcário, quando recomendada, deve ser realizada com antecedência de dois a três meses antes do plantio. Quando o teor de Mg²⁺ for inferior a 0,9 cmol_c dm⁻³, deve-se dar preferência ao calcário dolomítico (25%-35% de CaO e MgO >12%). O teor mínimo de Ca⁺² no solo deve ser de 2,0 cmol_c dm⁻³.

O calcário deve ser aplicado em toda a área, se possível, com um distribuidor de calcário, e garantir uma distribuição uniforme. Aplica-se primeiro a dose recomendada para a profundidade de 20 cm a 40 cm, juntamente com o gesso agrícola. Considerando três situações do terreno para incorporação do calcário:

a) em terreno irregular e com mato alto, utilizar o arado de disco a pouca profundidade, para nivelar a superfície do solo.

- b) em terreno regular e com mato alto, utilizar a roçadeira, seguida de uma espera de três a cinco dias para que o mato seque e permita realizar uma escarificação com hastes retas.
- c) em terreno regular e com mato baixo, utilizar apenas o escarificador.

Após a aplicação da recomendação para 20 cm a 40 cm, aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário calculada para 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação. Aguardar mais 15 a 20 dias para realizar o plantio. Caso não seja possível o uso da máquina, recomenda-se aplicar a metade da quantidade do calcário para atingir 10 cm de profundidade, considerando apenas a necessidade de calagem (NC) de 0 a 20 cm.

A gessagem é recomendada quando a camada subsuperficial (20 cm a 40 cm de profundidade) apresentar teores muito baixos de cálcio ($\text{Ca} < 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e/ou toxidez de Al ($\text{Al} > 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) promove melhor desenvolvimento do sistema radicular, associando-se sua aplicação ao calcário. A presença do íon SO_4^{-2} no gesso agrícola leva à movimentação de Ca e Mg a maiores profundidades, reduzindo o efeito da toxicidade de Al trocável nessas camadas. Por outro lado, caso seja utilizado sistematicamente no plantio de mamão misturas contendo superfosfato simples, levar em consideração este aspecto pelo fato deste adubo fosfatado já conter sulfato de cálcio (10% a 12% de S e 18% a 20% de Ca).

A necessidade de gesso (NG) é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC), substituindo, por gesso, 25% da quantidade de calcário recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm, ou seja:

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = 0,25 \times \text{NC}_{(20-40\text{cm})}$$

onde:

NG = necessidade de gesso (t ha^{-1}); e

NC = necessidade de calagem para a profundidade de 20 cm a 40 cm (t ha^{-1}).

Recomendação de adubação

Embora apresentem produtividades diferentes, ainda não se tem estudos de adubação específicos para os diferentes grupos de mamão, porém pode-se recomendar, com base na análise química de solo, a adubação para algumas fases do cultivo do mamoeiro.

Nas Tabelas 1 a 3 são encontradas as recomendações de adubação para as diversas fases de cultivo do mamoeiro. Essas recomendações são aplicadas para densidades de plantios que variam de 1.543 a 2.057 plantas por hectare, para variedades do grupo Solo, e de 1.111 a 1.250 plantas por hectare, para variedades do grupo Formosa, densidades essas que variam em função do espaçamento adotado.

Tabela 1. Recomendação de adubação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e boro (B), com base na análise química de solo, do plantio aos 120 dias pós-plantio do mamoeiro.

Plantio e pós-plantio										
Fase	N Orgânico	P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (cmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		<10	10 – 30	>30	0 – 0,15	0,16 – 0,30	>0,30	0 – 0,2	0,2 – 0,6	>0,6
	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
Plantio	60	60	40	20	0	0	0	0	0	0
Pós-plantio	N Mineral	P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (cmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		<10	10 – 30	>30	0 – 0,15	0,16 – 0,30	>0,30	0-0,2	0,2 – 0,6	>0,6
Dias	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
30	10	-	-	-	20	15	10	1,0	0,5	0
60	10	20	15	10	20	15	10	0	0	0
90	20	-	-	-	20	15	10	0	0	0
120	20	20	15	10	20	15	10	0	0	0

Fonte: Oliveira e Coelho (2009).

Tabela 2. Recomendação de adubação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e boro (B), com base na análise química de solo e produtividade esperada. Floração até 360 dias pós-plantio do mamoeiro.

Floração e frutificação (5 ^o mês em diante)										
Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N Mineral	P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (cmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		<10	10 – 30	>30	0 – 0,15	0,16 – 0,30	> 0,30	0 – 0,2	0,2 – 0,6	> 0,6
	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
30-50	180	60	40	20	220	140	60	1	0,5	0
50-70	230	70	50	30	270	180	80	1	0,5	0
> 70	280	80	60	40	320	210	100	1	0,5	0

Fonte: Oliveira e Coelho (2009).

Tabela 3. Recomendação de adubação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e boro (B), com base na análise química de solo e produtividade esperada. Segundo ano pós-plantio do mamoeiro.

Segundo ano (produção)										
Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N Mineral	P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (cmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		<10	10 – 30	>30	0 – 0,15	0,16 – 0,30	> 0,30	0 – 0,2	0,2 – 0,6	> 0,6
	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
30-50	200	130	80	40	240	160	80	2	1	0
50-70	240	150	100	50	280	190	95	2	1	0
> 70	280	170	120	60	320	220	110	2	1	0

Fonte: Oliveira e Coelho (2009).

A adubação orgânica do mamoeiro proporciona excelente resposta no desenvolvimento e produção da planta, principalmente pelo fato de os solos tropicais apresentarem baixa fertilidade, o que está ligado, entre outros fatores, aos seus baixos teores de matéria orgânica. A prática

da adubação orgânica traz como vantagem a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, devendo-se, sempre que possível, utilizar adubos como tortas de mamona e cacau, esterco de gado ou de galinha curtidos e compostos diversos. Não se deve, entretanto, utilizar restos do mamoeiro como adubo orgânico, pois este material pode inibir o crescimento da planta. O adubo orgânico, quando utilizado, deve ser misturado à terra da cova ou aplicado diretamente no sulco de plantio, juntamente com os adubos minerais.

No segundo ano após o plantio, fazer nova análise química de solo para ajustar a adubação, seguindo-se as recomendações descritas na Tabela 3.

Análise foliar

A análise foliar é útil para o produtor confirmar deficiências diagnosticadas por sintomas visuais, observar a intensidade de absorção dos nutrientes aplicados no solo e conhecer o estado nutricional da sua cultura. Alguns fatores podem influenciar no processo de absorção dos nutrientes pelas plantas, como as condições adversas do meio ambiente e a incidência de pragas e doenças no sistema radicular. Portanto, para que a planta possa responder à aplicação de adubos é necessário que ela tenha uma boa condição fitossanitária e não esteja sob estresse hídrico. Desta forma, a análise química foliar pode ser utilizada como um instrumento para diferenciar sintomas de ataque de doenças e pragas de anomalias nutricionais devido ao excesso ou falta de algum nutriente. Porém, para que esta ferramenta seja utilizada adequadamente é necessário que se observe principalmente a época e posição do tecido amostrado. Nas principais regiões produtoras, utiliza-se apenas o pecíolo para a diagnose nutricional, descartando-se o limbo das folhas do mamoeiro. A folha a ser amostrada para análise foliar, a partir do topo da planta, é a primeira que apresenta em sua axila uma flor recém-aberta (Figuras 1A e 1B).



Fotos: Arlene Maria Gomes Oliveira

Figura 1. Amostragem foliar no mamoeiro para análise química: localização da folha na planta (A); folha a ser amostrada, cujo pecíolo possui uma flor recém-aberta (B).

- **Amostragem:** os passos a seguir devem ser adotados para retirada de folhas para análise química do pecíolo.
 - a) coletar somente folhas saudas, no mínimo 12 por amostra.
 - b) as folhas devem ser amostradas de uma mesma variedade, de plantas com a mesma idade e que representem a média da plantação.
 - c) retirar apenas as folhas que apresentarem em sua axila uma flor recentemente aberta (Figura 1).
 - d) escolher as horas mais frescas do dia para retirada das folhas.
 - e) destacar o pecíolo do limbo (Figura 2).
 - f) amostrar isoladamente áreas com plantas cloróticas, de diferentes variedades e idades e cultivadas em solos diferentes.

g) no caso de áreas no pomar com sintomas suspeitos de representarem deficiência, retirar amostras compostas pareadas, das plantas com sintomas e das plantas sadias

h) colocar os pecíolos num saco de papel comum, encaminhando-os para o laboratório o mais rápido possível.

Foto: Arlene Maria Gomes Oliveira



Figura 2. Amostragem foliar no mamoeiro com o pecíolo e o limbo destacados.

A quantidade de água disponível para as plantas influencia os teores de nutrientes nas suas folhas. Em estudos desenvolvidos no norte do Espírito Santo, em várias lavouras em produção, foi observado que a estação climática do ano (época de chuvas ou de seca) influenciou os teores dos nutrientes nos pecíolos das folhas do mamoeiro do grupo Solo, como mostram os dados da Tabela 4.

Tabela 4. Teores médios de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo das folhas do mamoeiro do grupo Solo, em duas épocas de amostragem.

Época	Macronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg⁻¹					
Seca	11,0	1,7	28,1	18,4	5,3	2,6
Chuvosa	26,4	1,6	24,9	16,5	5,7	3,2
	Micronutriente					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg kg⁻¹					
Seca	25,2	2,4	51,0	41,7	15,3	
Chuvosa	23,1	2,9	43,3	42,9	10,5	

Fonte: Costa (1995).

Na Tabela 5 são apresentados os teores adequados de nutrientes dos mamoeiros dos grupos Solo e Formosa, que podem ser utilizados para acompanhar o estado nutricional das plantas e ajustar a adubação em qualquer fase do ciclo de cultivo.

Tabela 5. Teores adequados de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo das folhas dos mamoeiros do grupo Solo e Formosa.

	Macronutrientes (g kg ⁻¹)		Micronutrientes (mg kg ⁻¹)	
	¹ Solo	² Formosa	¹ Solo	² Formosa
N	26,4	11,5	B	23,1
P	1,6	1,0	Fe	43,3
K	24,9	27,8	Mn	42,9
Ca	16,5	17,7	Zn	10,5
Mg	5,7	4,1	Cu	2,9
S	3,2	2,3		

Fonte: Adaptado de ¹Costa (1995) e ²Costa; Costa (2003), citados por Costa et al. (2013).

Sintomas visuais de deficiência e excesso de nutrientes

Na Tabela 6 estão descritos os sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de micronutrientes no mamoeiro.

Tabela 6. Sintomas visuais de deficiências e excesso de macro e micronutrientes no mamoeiro.

Nutriente	Sintoma de deficiência/excesso
Nitrogênio	<p>Deficiência: as folhas maduras apresentam áreas amarelas entre as nervuras. Posteriormente, tornam-se amareladas, secando e destacando-se do tronco. Podem ainda apresentar necrose com o centro marrom e margens púrpuras. Com o agravamento toda a folhagem torna-se amarela; as folhas novas se apresentam com pecíolo mais delgado e limbo foliar menos desenvolvido.</p> <p>Excesso: proporciona crescimento excessivo do mamoeiro, com maior distância entre os frutos no tronco e polpa menos consistente.</p>
Fósforo	<p>Deficiência: os sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, apresentando um mosqueado amarelo ao longo das margens. Com a evolução da carência, as áreas amarelas tornam-se necróticas e as folhas apresentam as pontas dos lóbulos e as margens enroladas para cima. Posteriormente, as folhas amarelecem completamente e soltam-se do tronco. As folhas novas apresentam-se menores e com tonalidade verde-escura. Além disso, pode ocorrer o aparecimento de manchas púrpuras no limbo das folhas maduras, onde o centro de cada mancha torna-se necrótico com o tempo, com tonalidade tendendo para marrom.</p>
Potássio	<p>Deficiência: os sintomas aparecem primeiramente nas folhas mais velhas. Observa-se redução do número de folhas, com pecíolo em posição oblíqua em relação ao tronco. As folhas mais velhas se apresentam com cor amarelo-esverdeadas entre as nervuras e nas margens. Nas extremidades dos lóbulos dessas folhas, posteriormente, surge uma leve necrose marginal. As folhas tendem a secar da ponta para o centro. As folhas em desenvolvimento apresentam-se com os bordos cloróticos, com pequenos pontos necróticos. Em deficiência severa o ponto de crescimento da planta é afetado.</p>
Cálcio	<p>Deficiência: inicialmente o sintoma é clorose das folhas recém-maduras, com pequenos pontos necróticos espalhados pelo limbo. Estende-se posteriormente para as folhas mais novas e as folhas afetadas apresentam pecíolos tortos e dobrados. Podem também manifestar-se nas folhas mais novas em expansão, apresentando margens encurvadas, prejudicando o seu desenvolvimento. Além disso, pode levar ao amolecimento da polpa do fruto, provocando menor resistência ao transporte e menor tempo de prateleira na comercialização.</p>
Magnésio	<p>Deficiência: folhas maduras com cor amarela intensa, enquanto as áreas próximas às nervuras permanecem verdes. Em deficiência acentuada, as folhas novas também apresentam sintomas semelhantes.</p>

continua...

Tabela 6. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência/excesso
Enxofre	Deficiência: folhas novas (em expansão) com coloração verde-claras, tornando-se uniformemente amareladas. Com o agravamento da deficiência as folhas completamente expandidas também se tornam amareladas. Crescimento do mamoeiro prejudicado, antes dos sintomas visuais nas folhas.
Boro	Deficiência: afeta a qualidade e a produção de frutos. Na deficiência severa os pontos de crescimento da parte aérea e de raízes são afetados, os frutos se apresentam com aspecto encaroçado e com má-formação, com escorrimento de látex pela casca em 1 a 5 pontos bem distintos. Ocorrem ainda abortamentos de flores em períodos de estiagem, produção de frutos de forma alternada no tronco, folhas amareladas com pecíolos curtos e o sistema vascular pode ou não se apresentar escurecido (Figura 3).
Zinco	Deficiência: clorose entre as nervuras das folhas em expansão, posteriormente tornando-se manchas de cor púrpura. Com o agravamento da deficiência, as folhas mais jovens ficam de tamanho reduzido, podendo apresentar necrose nas bordas e no limbo (entre as nervuras principais); encurtamento dos internódios.

Fonte: Oliveira e Coelho (2009).



Foto: Arlene Maria Gomes Oliveira

Figura 3. Frutos do mamoeiro deformados pela deficiência de boro.

Informações complementares

A adubação é uma prática cujo sucesso depende da época de aplicação, da fonte utilizada, da quantidade e da localização adequadas dos adubos.

O mamoeiro possui necessidades diferenciadas de nutrientes durante todo o seu ciclo, pois é uma planta de crescimento rápido. As adubações na condição de sequeiro são comumente feitas por via sólida, enquanto em condições irrigadas podem ser feitas por via sólida ou líquida (fertirrigação). As adubações devem ser efetuadas em intervalos frequentes, dando preferência a fontes solúveis de adubos, sendo que uma delas deve ser também fonte de enxofre.

As adubações em cobertura com adubos sólidos devem sempre ser feitas com umidade adequada no solo, a lanço, e distribuída uniformemente entre a parte mediana da projeção da copa e o tronco da planta. O N deve ser fracionado o quanto possível, de preferência mensalmente. Os adubos nitrogenados mais utilizados são a ureia e o sulfato de amônio. As adubações de cobertura com P devem ser parceladas de dois em dois meses. Utilizar de preferência o superfosfato simples, para reduzir problemas de competição de Cl^- e SO_4^{2-} , quando da utilização exclusiva de cloreto de potássio (KCl). Não misturar termofosfato com adubos nitrogenados (principalmente ureia e adubos orgânicos), para evitar as perdas de N por volatilização. Em solos com pH elevado, não aplicar termofosfato devido à sua reação alcalina. Para a melhoria dos teores de P do solo, pode-se efetuar uma fosfatagem (fosfato natural), aplicada e incorporada antes da calagem. Em solos com menos que 5 mg dm^{-3} de P, a aplicação deve ser de 3 kg a 5 kg de P_2O_5 para cada 1% de argila. O K deve ser fracionado o quanto possível, da mesma forma que o N, ou seja, mensalmente. Os adubos mais utilizados são o KCl e o sulfato de potássio. Quando da utilização do KCl, utilizar uma fonte de SO_4^{2-} (gesso agrícola ou superfosfato simples). A adubação com micronutrientes pode ser feita na cova, em cobertura no solo ou via foliar. O B recomendado pela análise de solo deve ser parcelado duas vezes no ano. Optando-se pelo

uso de FTE, deve-se aplicar na cova em torno de 50 g a 100 g de FTE BR 8 ou FTE BR 9, sempre se baseando na concentração de B do produto (de 1 g a 2 g de B por cova).

A adubação via água de irrigação ou fertirrigação visa a atender a demanda por nutrientes das culturas de forma mais aproximada com os períodos de maior exigência de um determinado nutriente, com menores perdas por processos de lixiviação, fixação e volatilização, aumentando a eficiência do processo de adubação. Porém, assim como os fatores que influenciam os atributos de irrigação são acompanhados, deve-se monitorar os atributos nutricionais das plantas para adequação do esquema de fertirrigação, já que as condições edafoclimáticas são variáveis para cada local e a planta é influenciada por estas variações e de todas as interações que ocorrem com o ambiente.

As fontes de adubos nitrogenados mais utilizadas são ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e a solução líquida uran. Para o P, as principais fontes de adubos utilizadas via água são o fosfato monoamônico (MAP), fosfato diamônico (DAP) e o ácido fosfórico. Na escolha da fonte de P, deve-se atentar para o risco da precipitação de fosfatos, devendo-se avaliar as condições da água de irrigação quanto aos teores de Ca e o pH. Quanto ao K, as fontes mais utilizadas são o cloreto de potássio branco e o nitrato de potássio.

Os intervalos de aplicação dos adubos devem ser ajustados de acordo com a resposta do mamoeiro e a economicidade do processo. O parcelamento é realizado de forma a seguir a marcha de absorção dos nutrientes (Figura 4). Com base na curva de absorção dos macronutrientes para o mamoeiro, obtêm-se as porcentagens de N, P e K necessárias à cultura em cada fase de desenvolvimento da planta no primeiro ano de cultivo (Tabela 7). No segundo ano, a recomendação de adubação deve ser dividida em 12 partes iguais e as doses mensais aplicadas em frequências de 3 a 7 dias, ficando a escolha do intervalo a critério do produtor em função da sua logística de irrigação.

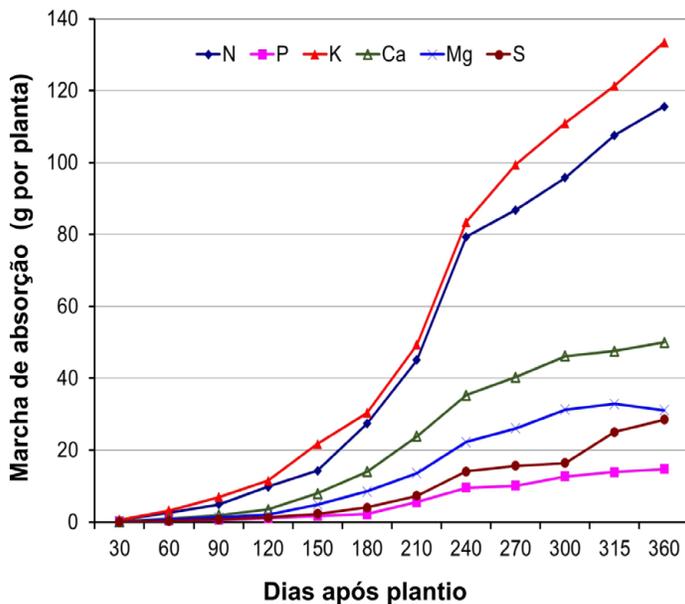


Figura 4. Marcha de absorção de macronutrientes pelo mamoeiro 'Sunrise Solo' sob fertirrigação.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

Tabela 7. Porcentagem da quantidade total necessária de nitrogênio, potássio e fósforo para a cultura do mamoeiro durante o primeiro ano de cultivo.

Nitrogênio		Potássio		Fósforo	
Período (dias)	Quantidade (%)	Período (dias)	Quantidade (%)	Período (dias)	Quantidade (%)
0 – 90	4,2	0 – 120	8,6	0 – 180	15,3
91 – 150	8,1	121 – 180	14,2	181 – 300	71,1
151 – 240	56,3	181 – 270	51,7	301 – 360	13,6
241 – 360	31,3	271 – 360	25,5	-	-

Fonte: Adaptado de Coelho et al. (2007).

Na adubação deve-se sempre estar atento para utilização de fontes que contenham S, de modo a equilibrar as relações entre Cl e SO_4^{-2} e não provocar deficiências de S pelo uso exclusivo de adubos concentrados.

Referências

- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L. **Fundamentos e manejo da fertirrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 28 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos, 169).
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F. da S.; OLIVEIRA, A. M. G. de; SILVA, T. S. M. da. **Marcha de absorção de macro e micronutrientes do mamoeiro sunrise solo**. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. (Ed.). *Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão*. Vitória: Incaper, 2007. p. 29-40.
- COSTA, A. N. da. **Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo**. 1995. 95f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas), Viçosa: UFV, 1995.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. Nutrição e adubação. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. (eds.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 201-227.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da; FERREGUETTI, G. A. Manejo da fertilidade do solo e da nutrição do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 275, p. 38-47, 2013.
- IBGE. **Levantamento sistemático da Produção Agrícola Municipal**, 2019. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default>. Acesso em out. 2020.
- OLIVEIRA, A. M. G.; COELHO, E. F. Calagem e adubação para mamoeiro. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 108-125.



capítulo 11

Calagem e adubação para a mandioca

Ana Lúcia Borges
Jaeveson da Silva
Luciano da Silva Souza
Jayme de Cerqueira Gomes

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada em todas as regiões do Brasil, desempenhando papel importante na alimentação humana e animal, como matéria-prima para vários produtos industriais e na geração de emprego e de renda.

O Brasil ocupa a 5ª posição na produção mundial de mandioca (5,8% do total), com área colhida de cerca de 1,2 milhão de hectares, produção da ordem de 17,5 milhões de toneladas de raízes e produtividade média de 14,7 t ha⁻¹ (FAO, 2019). Dentre os principais estados produtores destacam-se: Pará (21,7%), Paraná (18,2%), São Paulo (7,8%), Rio Grande do Sul (5,1%), Amazonas (5,0%), Mato Grosso do Sul (4,6%) e Bahia (3,7%), que respondem por 65,6% da produção do país (IBGE, 2019).

As regiões Norte e Sul sobressaem-se com uma participação, respectivamente, de 35,2% e 25,2% da produção nacional; as demais regiões participam com 19,5% (Nordeste), 12,7% (Sudeste) e 7,4% (Centro-Oeste) (IBGE, 2019).

De maneira geral, para o plantio de mandioca usando fileiras simples, recomenda-se o espaçamento de 1,00 m x 0,60 m (16.666 plantas por hectare). No plantio usando fileiras duplas, recomenda-se o espaçamento de 2,00 m x 0,60 m x 0,60 m (12.820 plantas por hectare), arranjo espacial



que, embora seja usado em cultivo solteiro, tem sido indicado para cultivo de mandioca em consórcio, tais como o milho, feijão, arroz e amendoim. Em locais com solos com teores elevados de nutrientes e alta precipitação pluvial, deve-se aumentar o espaçamento entre plantas, principalmente daquelas variedades com hábito de crescimento ramificado. Em áreas de solos pobres e com baixa precipitação pluvial deve-se diminuir o espaçamento, para que o aumento da população por área compense o menor rendimento individual das plantas.

- **Clima:** a mandioca é cultivada entre 30° de latitudes Norte e Sul, embora sua maior concentração de plantio esteja entre as latitudes 15° Norte e 15° Sul. A altitude varia desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, sendo as regiões baixas ou com altitude de 600 m até 800 m as mais favoráveis. A faixa ideal média de temperatura situa-se entre 20 °C a 27 °C. As temperaturas baixas, em torno de 15 °C, retardam a germinação e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa. A faixa mais adequada de chuvas está entre 1.000 mm a 1.500 mm por ano, bem distribuídos. Em regiões tropicais, a mandioca produz em locais com índices de até 4.000 mm por ano, sem estação seca em nenhum período do ano; nesse caso, é importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento favorece a podridão de raízes. É também muito cultivada em regiões semiáridas, com 500 mm a 700 mm de chuva por ano; nessas condições, é importante adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo, com prejuízos para a produção; a deficiência de água após os primeiros cinco meses de cultivo, quando as plantas já formaram suas raízes de reserva, não causa reduções significativas na produção. Em cultivos irrigados, 3 mm a 6 mm diários são suficientes para atender à demanda hídrica da planta, a depender da fase fisiológica da cultura, regime pluviométrico e teor de argila no solo. O período de luz ideal está em torno de 12 horas por dia; dias mais longos favorecem o

crescimento de parte aérea e reduzem o desenvolvimento das raízes de reserva, o contrário ocorrendo nos dias mais curtos (Souza et al., 2009).

- **Solo:** como uma planta rústica, a mandioca produz em solos com baixos teores de nutrientes; contudo, expressa seu potencial produtivo em solos com teores adequados de nutrientes, profundos, bem estruturados e bem drenados. Para o bom desenvolvimento das raízes, principal produto da mandioca, os solos devem ser profundos e friáveis (soltos), sendo ideais os de textura arenosa ou média, por possibilitarem fácil crescimento das raízes, adequada drenagem e facilidade de arranquio das raízes na colheita. Os solos com alto teor de argila devem ser evitados, pois apresentam maior compactação, dificultando o crescimento das raízes, maior risco de encharcamento e de apodrecimento das raízes, bem como dificultam a colheita, principalmente se ela coincidir com a época seca. Quanto à topografia, os terrenos de baixada, com topografia plana e sujeitos a encharcamentos periódicos, são inadequados para o cultivo da mandioca, por causarem desenvolvimento reduzido das plantas e favorecer o apodrecimento das raízes. São indicados terrenos planos ou levemente ondulados, com declividade menor que 10%. Em ambos os casos, é necessário o uso de curvas de nível e renques de vegetação ou barreira viva (faixas de vegetação permanente, plantadas em curva de nível, cuja largura varia com a declividade do terreno e a textura do solo), pois os plantios de mandioca estão sujeitos a acentuadas perdas de solo e água por erosão. É importante observar o solo em profundidade, pois a presença de camada argilosa ou compactada imediatamente abaixo de 20 cm de profundidade pode limitar o crescimento das raízes, principalmente as exploratórias, além de prejudicar a drenagem e a aeração do solo.

A faixa favorável de pH em água do solo é de 5,5 a 6,5, embora a mandioca seja menos afetada pela acidez do solo do que outras

culturas. O pH acima de 6,5 tende a maior efeito salino nas plantas, podendo reduzir seu crescimento, queima de folhas e menor produção de raízes; a água salina pode ocasionar o mesmo efeito. O solo necessita de atributos físicos, químicos e biológicos adequados para o crescimento e produção da planta. Um solo fértil e saudável é um sistema vivo e dinâmico capaz de fornecer água, ar, calor e nutrientes às plantas, no momento e na medida em que elas necessitam para sustentar a produção. A mandioca produz bem em solos de alta fertilidade, embora o agricultor cultive em solos fisicamente degradados e com baixos teores de nutrientes.

O solo é responsável por suprir os nutrientes necessários para o crescimento e produção da planta e quando o teor de nutrientes no solo não for suficiente, é necessário complementar pela calagem e adubação. Os nutrientes são classificados em macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Assim, para uma recomendação correta de calagem e adubação é necessária a análise química do solo. A amostragem de solo para essa recomendação deve ser realizada com antecedência de 60 a 90 dias do plantio, enviando imediatamente as amostras ao laboratório, para que sejam realizadas a análise química e as devidas recomendações. Esse período de tempo é suficiente para receber os resultados, adquirir os insumos e aplicar o calcário, se necessário, permitindo a sua reação no solo antes do plantio, por ocasião de chuvas que ocorram até o plantio.

Na coleta das amostras de solo devem ser considerados os seguintes passos:

a) separar o terreno em quadras uniformes quanto ao tipo (arenoso, misto ou argiloso) e cor do solo (escuro, vermelho, amarelo, acinzentado, etc.), uso do solo e declividade. Em cada quadra homogênea

coletar uma amostra de solo composta de 15 a 20 subamostras, separando as amostras das demais quadras.

b) percorrer toda a quadra em zigue-zague, retirando ao acaso as subamostras, coletando a terra na profundidade de 0 a 20 cm em cada ponto, com o auxílio de um trado, enxadeta, cavadeira ou pá reta.

c) reunir em um recipiente limpo (um balde plástico, por exemplo) as subamostras coletadas em campo. Ao finalizar a amostragem, misturar bem o solo sobre um plástico limpo ou no próprio balde utilizado em campo.

d) após isso, retirar uma quantidade de terra de aproximadamente 500 gramas (meio litro), colocar em um saco plástico limpo, identificar com o nome do proprietário, nome da propriedade, município e identificação da quadra amostrada, e enviar imediatamente (24 horas) para o laboratório credenciado. Caso não possa enviar imediatamente para o laboratório, a amostra deve ser seca à sombra.

Em geral, recomenda-se realizar as seguintes determinações: acidez ativa (pH), P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis, acidez trocável – alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial – hidrogênio e alumínio (H+Al), matéria orgânica (MO) e os micronutrientes, principalmente Mn e Zn, como também os cálculos da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

$$SB = K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^+, \text{ em cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$CTC = SB + (H^+ + Al^{+3}), \text{ em cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$V = (SB \times 100) / CTC, \text{ em } \%$$

Recomendação de calagem

De modo geral no Brasil, não se tem conseguido aumentos acentuados na produção da mandioca pela aplicação de calcário, confirmando a tolerância da cultura à acidez do solo. No entanto, após vários cultivos na mesma área, a planta responde à aplicação de calcário, principalmente como suprimento de cálcio e magnésio, que são, respectivamente, o terceiro e quinto nutrientes mais absorvidos pela cultura (Souza et al., 2009).

Sugere-se recomendar a quantidade de calcário para mandioca pelo critério da saturação por bases (V%), elevando o valor de V para 50%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(50-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

50 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo (%).

Aconselha-se o máximo de uma tonelada de calcário por hectare, ainda que tenha sido encontrada quantidade mais elevada, pelo fato de a mandioca apresentar tolerância à acidez do solo. Vale lembrar que a má distribuição do calcário provoca o aparecimento de áreas localizadas (reboleiras) com pH elevado, o que induz a deficiências de Zn e Mn, refletidas em manchas amarelas que ocorrem nas plantas (Figura 1) (Souza et al., 2009; Lorenzi, 2012).



Figura 1. Sintomas de deficiência de manganês e zinco na planta (A) e na folha (B) da mandioca que são muito semelhantes e se confundem.

Ao final do ciclo da cultura e colheita das raízes, mas antes de preparar o solo para o plantio, deve-se realizar nova amostragem do solo e encaminhar para análise química.

Deve-se fazer a rotação de cultura na área antes de realizar um novo plantio de mandioca. A cultura em rotação pode ser de ciclo curto (3 a 5 meses) ou anual. Nessa situação, utiliza-se a dose máxima de calcário recomendada pela análise química do solo.

Deve-se dar preferência ao calcário dolomítico ou magnesiano, em razão da maior concentração em Mg. O calcário deve ser aplicado a lanço em toda a área, de modo uniforme, e incorporado até a profundidade de 20 cm ou mais, com antecedência de um a dois meses do plantio, para dar tempo de ele reagir no solo. A reação do calcário vai depender da disponibilidade de água no solo.

Recomendação de adubação

A mandioca absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido, quase nada retornando ao solo sob a forma de resíduos culturais: as raízes tuberosas são destinadas à produção de farinha, fécula e outros produtos, bem como para a alimentação humana e animal; a parte aérea (manivas e folhas), para novos plantios e também para a alimentação humana e animal. Em média, para a produção de 25 toneladas de raízes + parte aérea de mandioca por hectare, são extraídos 146 kg de K, 123 kg de N, 46 kg de Ca, 27 kg de P e 20 kg de Mg; assim, a ordem decrescente de absorção de nutrientes é a seguinte: $K > N > Ca > P > Mg$ (Gomes; Silva, 2006). A calagem e a adubação da mandioca preveem a reposição desses nutrientes.

Realizando-se a calagem e a adubação nas doses, épocas e modos de aplicação recomendados, e uso adequado das demais práticas de cultivo, estima-se um rendimento médio de 25 toneladas de raízes por hectare. Há que se ressaltar que a média nacional é de 14,7 toneladas de raízes por hectare (IBGE, 2019).

- **Adubação nitrogenada:** a mandioca tem apresentado baixas respostas em produção de raízes à aplicação de N mineral, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica, embora ele seja o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela planta. Possivelmente, esse fato deve-se à presença de bactérias diazotróficas,

fixadoras de N atmosférico, no solo da rizosfera, nas raízes absorventes, nas raízes tuberosas e no caule da mandioca (Souza et al., 2009). Em função disso, a adubação com N mineral é um suporte preventivo, principalmente na fase de brotação e instalação da planta. Quando o objetivo é a produção de folhas ou hastes, com previsões de vários cortes da parte aérea no ano, a reposição do adubo nitrogenado é necessária, para proporcionar rápido crescimento vegetativo.

Na Tabela 1 descreve-se a recomendação de N para produção de raiz de mandioca e na Tabela 2 para produção de manivas-semente. No plantio sugere-se aplicar o N na forma orgânica e em cobertura o mineral, sendo 30 kg ha⁻¹ para produção de raízes e 60 kg ha⁻¹ para produção de manivas-semente.

Tabela 1. Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para a produção de raiz de mandioca.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação	
	Plantio	Cobertura
	N (kg ha⁻¹)	
N mineral ou orgânico	0	30
P no solo Mehlich-1 (mg dm⁻³)	P₂O₅ (kg ha⁻¹)	
Muito baixo	60	0
Baixo	40	0
Médio	20	0
Alto	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)	K₂O (kg ha⁻¹)	
0 – 0,05	40	0
0,06 – 0,10	30	0
0,11 – 0,15	20	0

Fonte: Souza et al. (2009).

Tabela 2. Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para produção de manivas-sementes de mandioca.

Nutriente	Quantidades e épocas de aplicação		
	Plantio	Cobertura	
		60 dias	120 dias
N (kg ha⁻¹)			
N mineral ou orgânico	0	30	30
P no solo Mehlich-1 (mg dm⁻³)			
P₂O₅ (kg ha⁻¹)			
Muito baixo	50	0	0
Baixo	30	0	0
Médio	10	0	0
Alto	0	0	0
K no solo (cmol_c dm⁻³)			
K₂O (kg ha⁻¹)			
0 – 0,05	30	0	0
0,06 – 0,10	20	0	0
0,11 – 0,15	10	0	0

Fonte: Rocha et al. (2014).

A cultura da mandioca apresenta respostas na produção de raízes e parte aérea, à aplicação de adubos orgânicos (estercos, tortas, compostos, adubos verdes e outros), principalmente em função das melhorias físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem no solo. Devido a isso, esses adubos devem ser preferidos como fonte de N. A adubação mineral pode ser realizada na forma de ureia (44% de N) ou sulfato de amônio (20% de N).

- **Adubação fosfatada:** embora o P seja absorvido em pequenas quantidades pela mandioca, a resposta da planta à adubação fosfatada tem sido significativa, com aumentos expressivos de produtividade,

pelo fato de que os solos brasileiros em geral, e em particular os cultivados com mandioca, normalmente são pobres nesse nutriente.

Como a disponibilidade de P é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 3 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. A interpretação do resultado obtido na análise química do solo e a recomendação da quantidade de fósforo (P_2O_5) a ser aplicada estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, para produção de raízes e manivas-sementes. As doses variam de 0 a 60 kg por hectare para produção de raízes e de 0 a 50 kg por hectare para manivas-sementes, dependendo do teor do nutriente no solo.

Tabela 3. Classificação dos teores de fósforo (P-Mehlich-1) no solo ($mg\ dm^{-3}$) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo ($g\ kg^{-1}$)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	P no solo ($mg\ dm^{-3}$)				
> 600	$\leq 2,7$	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
351 – 600	$\leq 4,0$	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
151 – 350	$\leq 6,6$	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0– 150	$\leq 10,0$	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

O superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 20% de Ca e 11% de S) e o superfosfato triplo (42% de P_2O_5 e 10% de Ca) são os fertilizantes fosfatados mais utilizados. A aplicação deve ser feita no fundo da cova ou do sulco de plantio, cobrindo com uma camada de solo, para não “queimar” a maniva-semente. O superfosfato simples tem a vantagem de também conter enxofre na sua composição, nutriente que será fornecido juntamente com o fósforo.

- **Adubação potássica:** o K é o nutriente absorvido em maior quantidade pela mandioca, sendo que a resposta da planta à adubação potássica tem sido baixa nos primeiros cultivos, acentuando-se nos subseqüentes. Os solos cultivados com mandioca geralmente apresentam teores baixos (menores que $0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) a médios ($0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de K disponível, e também baixa capacidade de renovação desse nutriente no solo. Normalmente, após dois a quatro cultivos repetidos na mesma área o teor de K disponível no solo reduz significativamente e passa a limitar a produção.

A interpretação do resultado obtido na análise química do solo e a recomendação da quantidade de K (K_2O), pelo extrator de Mehlich-1, a ser aplicada são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, para produção de raízes e manivas-sementes. As doses variam de 0 a 40 kg por hectare para produção de raízes e de 0 a 30 kg por hectare para manivas-sementes, dependendo do teor do nutriente no solo.

Os adubos potássicos mais utilizados são o cloreto de potássio (58% de K_2O e 45% de Cl) e o sulfato de potássio (50% de K_2O e 16% de S). A aplicação deve ser no fundo da cova ou do sulco de plantio, juntamente com o P, cobrindo em seguida com uma camada de terra, para não “queimar” a maniva-semente. Em solos muito arenosos e/ou em regiões com altas precipitações pluviais, parcela-se o K em duas aplicações, sendo metade da dose no plantio e a outra metade em cobertura, junto com o N, no período de 30 a 60 dias após a brotação das manivas, com o solo úmido. Em áreas fertirrigadas pode-se parcelar mais vezes a aplicação (Souza et al., 2009).

- **Adubação com micronutrientes:** na Tabela 4 são apresentadas as classes de disponibilidades dos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn que podem ser considerados como níveis críticos para a mandioca.

Tabela 4. Interpretação dos resultados da análise do solo para disponibilidade de boro (B), extraído por água quente, e cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), extraídos por Mehlich-1, e recomendação de adubação no solo.

Classes de disponibilidade	B	Cu	Mn	Zn
	Teor no solo (mg dm ⁻³)			
	kg ha ⁻¹			
Baixa	< 0,2	< 0,4	< 1,9	< 1,0
	1,0	1,0	5,0	4,0
Média	0,3 - 0,5	0,5 - 0,8	2,0 - 5,0	1,1 - 1,6
	0,3	0,3	0,8	0,8
Alta	> 0,5	> 0,8	> 5,0	> 1,6
	Dispensa	Dispensa	Dispensa	Dispensa

Aplicar na cova ou no sulco de plantio. Em negrito estão descritas as recomendações de aplicação do micronutriente em kg ha⁻¹.

Fonte: Souza et al. (2009).

O B pode ser suprido pelo bórax (11% de B) ou ácido bórico (17% de B), o Cu pelo sulfato de cobre (13% de Cu e 17% de S), o Mn pelo sulfato de manganês (26% de Mn e 14% a 15% de S) ou óxido de manganês (41% de Mn) e o Zn pelo sulfato de zinco (20% de Zn e 17% de S) ou óxido de zinco (50% de Zn). Em caso de deficiência no solo de Zn e Mn recomenda-se a aplicação preventiva de 4 kg de Zn (20 kg de sulfato de zinco) e 5 kg de Mn (20 kg de sulfato de manganês) por hectare, no solo, juntamente com o P e o K. Para as lavouras com deficiências evidenciadas nas folhas, deve-se pulverizar com uma solução contendo 2% a 4% dos produtos comerciais, ou seja, 2 kg a 4 kg de sulfato de zinco e/ou de sulfato de manganês diluído em 100 litros de água (Souza et al., 2009).

Análise foliar

A análise química foliar é importante para avaliar o estado nutricional das plantas, complementando a análise química do solo. Para a mandioca devem ser amostradas folhas mais jovens totalmente expandidas ou a primeira totalmente madura, em plantas com dois a cinco meses de idade, coletando-se 30 folhas em um talhão homogêneo (Cantarutti et al., 2007; Souza et al., 2009). As amostras devem ser acondicionadas em saco de papel, identificadas e encaminhadas para análise o mais rápido possível, para determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

A interpretação da análise química de folhas pode ser feita com base nos níveis críticos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Concentrações de nutrientes nas folhas de plantas de mandioca.

Nutriente	Estado nutricional				
	Deficiente ¹	Nível crítico ¹	Normal ¹	Normal ²	Tóxico ¹
g kg⁻¹					
Nitrogênio	< 45	57	50 – 60	58 – 59	-
Fósforo	< 2	4	3 – 5	3 – 5	-
Potássio	< 10	-	12 – 20	13 – 20	-
Cálcio	< 5	-	6 – 15	7,5 – 8,5	-
Magnésio	< 2	-	2 – 5	2,9 – 3,1	-
Enxofre	-	3	3 – 4	2,6 – 3,0	-
mg kg⁻¹					
Boro	< 15	-	15 – 50	30 – 60	> 140
Cobre	-	-	7 – 15	6 – 10	-
Ferro	< 50	-	60 – 200	120 – 140	> 250
Manganês	< 50	-	50 – 250	50 – 120	> 1.000
Zinco	< 35	35 – 50	40 – 100	30 – 60	-

¹Folhas jovens totalmente expandidas de plantas com dois a cinco meses de idade (Souza et al., 2009); ²Folhas maduras de plantas com três a quatro meses de idade (Cantarutti et al., 2007).

Sintomas visuais de deficiência

A planta de mandioca expressa a deficiência ou a toxidez de um nutriente ou elemento químico no solo por meio de sintomas, os quais são detalhados na Tabela 6.

Tabela 6. Descrições dos sintomas de deficiência e de toxidez de nutrientes e alumínio em mandioca.

Nutriente	Sintoma de deficiência / toxidez
Macronutriente	
Nitrogênio	Deficiência: crescimento reduzido da planta; em algumas cultivares ocorre amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta.
Sintoma nas folhas velhas (inferiores)	
Fósforo	Deficiência: crescimento reduzido da planta, folhas pequenas, estreitas e com poucos lóbulos (divisão da folha), hastes finas; em condições severas ocorre o amarelecimento das folhas inferiores, que se tornam flácidas e necróticas e caem. Diferentemente da deficiência de N, as folhas superiores mantêm sua cor verde-escura, mas podem ser pequenas e pendentes.
Potássio	Deficiência: crescimento e vigor reduzido da planta, entrenós curtos, pecíolos curtos e folhas pequenas; em deficiência muito severa ocorrem manchas avermelhadas, amarelecimento e necrose dos ápices e bordas das folhas inferiores, que envelhecem prematuramente e caem; necrose e ranhuras finas nos pecíolos e na parte superior das hastes; redução do teor de amido nas raízes.
Magnésio	Deficiência: clorose internerval marcante nas folhas inferiores, iniciando nos ápices ou bordas das folhas e avançando até o centro; em deficiência severa as margens foliares podem tornar-se necróticas; pequena redução na altura da planta.
Sintoma nas folhas jovens (superiores)	
Cálcio	Deficiência: crescimento reduzido da planta; folhas superiores pequenas, com amarelecimento, queima e deformação dos ápices foliares; escassa formação de raízes.
Enxofre	Deficiência: amarelecimento uniforme das folhas superiores, similar ao produzido pela deficiência de N; algumas vezes são observados sintomas similares nas folhas inferiores.

continua...

Tabela 6. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência / toxidez
Micronutriente	
Sintoma nas folhas jovens (superiores)	
Boro	<p>Deficiência: altura reduzida da planta, entrenós e pecíolos curtos, folhas jovens (superiores) verde-escuras, pequenas e disformes, com pecíolos curtos; manchas cinzas, marrons ou avermelhadas nas folhas completamente desenvolvidas; exsudação gomosa cor de café nas hastes e pecíolos; redução do desenvolvimento lateral da raiz.</p> <p>Toxidez: manchas brancas ou marrons nas folhas velhas, especialmente ao longo dos bordos foliares, que posteriormente podem tornar-se necróticas.</p>
Cobre	<p>Deficiência: deformação e clorose uniforme das folhas superiores; ápices foliares tornam-se necróticos e as margens das folhas dobram-se para cima ou para baixo; pecíolos largos e pendentes nas folhas completamente desenvolvidas; crescimento reduzido da raiz.</p>
Ferro	<p>Deficiência: clorose uniforme das folhas superiores e dos pecíolos, os quais se tornam brancos em deficiência severa; inicialmente as nervuras e os pecíolos permanecem verdes, tornando-se de cor amarela-pálida, quase branca; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas, porém em formato normal.</p>
Manganês	<p>Deficiência: clorose entre as nervuras nas folhas superiores ou intermediárias completamente expandidas, semelhante à deficiência de Zn (Figura 1); clorose uniforme em deficiência severa; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas, porém em formato normal. Essa deficiência pode ocorrer quando o pH do solo está acima de 5,8 e os teores de Ca e Ca+Mg são superiores a 3,8 cmol_c dm⁻³ e 5,2 cmol_c dm⁻³, respectivamente.</p> <p>Toxidez: amarelecimento das folhas velhas, com manchas pequenas escuras de cor marrom ou avermelhada ao longo das nervuras; as folhas tornam-se flácidas e pendentes e caem no solo.</p>
Zinco	<p>Deficiência: manchas amarelas ou brancas entre as nervuras nas folhas jovens, as quais com o tempo tornam-se cloróticas (semelhante à deficiência de Mn) (Figura 1), com lóbulos muito pequenos e estreitos, podendo crescer agrupadas em roseta; manchas necróticas nas folhas inferiores; crescimento reduzido da planta.</p>
Alumínio	<p>Toxidez: Redução da altura da planta e do crescimento da raiz; amarelecimento entre as nervuras das folhas velhas sob condições severas.</p>

Fonte: Howeler (1981).

Informações complementares

O efeito benéfico da micorriza arbuscular ocorre particularmente nas plantas que apresentam um sistema radicular reduzido e pouco ramificado, como a mandioca. As micorrizas são associações simbióticas naturais entre fungos micorrízicos do solo e as raízes das plantas. As hifas (filamentos) externas do fungo podem estender-se no solo, funcionando como um sistema radicular adicional, e absorver nutrientes de um volume maior de solo, transferindo-os para as raízes colonizadas. Isso é especialmente importante para a absorção de nutrientes com baixa mobilidade no solo, como o P.

A mandioca é altamente dependente de micorrizas arbusculares e apresenta alta colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos, como é o caso da espécie *Glomus manihotis*, que se desenvolve melhor em solos ácidos. Quando presentes no solo e na planta, os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a eficiência da calagem e adubação fosfatada na mandioca. Esses fungos ocorrem naturalmente nos solos, e tem sido demonstrado que a rotação de culturas favorece a sua multiplicação e estimula a formação das micorrizas. Culturas anuais como feijão, milho e adubos verdes (mucuna, crotalárias, feijão-de-porco, guandu, girassol, milheto, mamona), assim como forrageiras (estilosantes, andropogon, urochloas), apresentam elevado grau de dependência micorrízica; quando utilizadas em um sistema de rotação essas culturas aumentam a população dos fungos micorrízicos arbusculares e beneficiam os cultivos subsequentes. Desse modo, o cultivo da mandioca de forma consorciada ou em rotação poderá aumentar a população de fungos micorrízicos arbusculares e, conseqüentemente, a eficiência dos insumos utilizados para correção da acidez e adubação (Souza et al., 2009).

Recomendação de adubação para sistema orgânico

Em cultivo orgânico, os adubos devem preferencialmente melhorar os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, ou seja, a fertilidade do solo, e não somente fornecer nutrientes à planta. Os adubos podem ser de origem animal (estercos), vegetal (leguminosas, gramíneas, oleaginosas), minerais (rochas naturais, ricas em P e K) e resíduos industriais (tortas e efluentes sem metais pesados). Alguns exemplos de adubos são esterco de animais (bovinos, caprinos, aves e suínos), torta de mamona, raspas de mandioca, manipueira, fosfatos naturais, farinha de ossos, leguminosas (feijão-de-porco, crotalárias, guandu, etc.), gramíneas (milheto, sorgo, etc.), oleaginosas (girassol, mamona) e ainda a própria vegetação espontânea.

Na aplicação, deve-se preferir que cubram toda a área de plantio; mas, quando houver baixa disponibilidade, podem ser aplicados nas covas ou sulcos de plantio. As rochas silicáticas (40% a 60% de Si) também apresentam teores significativos de K, Ca e Mg, atuando na correção da acidez do solo e fornecendo esses nutrientes às plantas.

- **Adubação nitrogenada:** o fornecimento de adubos orgânicos para as plantas geralmente baseia-se no teor de N disponível. Para mandioca, por exemplo, prevê-se a aplicação de, pelo menos, 6 (seis) toneladas de esterco de gado curtido por hectare, ou 0,5 kg a 1,0 kg de esterco de curral curtido por planta no plantio (6,2 t a 12,5 t por hectare). Observaram produtividade acima de 49 t por hectare, com a adição de 18 t por hectare de esterco curtido de galinha (Rós et al., 2013). A prática da parcagem (adubação do solo diretamente pelos animais) obteve produtividade de raízes (38,6 t por hectare) maior em relação às duas adubações orgânicas (média 32,8 t por hectare) (Gomes; Silva, 2006).

- **Adubação fosfatada:** os fosfatos naturais, apesar da baixa solubilidade e de disponibilizar prontamente apenas 4% de P_2O_5 , apresenta teor de P-total superior a 20%; aplicado juntamente com adubos orgânicos (esterços, composto), aumentam a mineralização da rocha natural, principalmente melhorando a disponibilização de P para as plantas. No preparo de compostos orgânicos recomenda-se a aplicação de P, para enriquecê-lo, utilizando rochas naturais moídas (0,04% a 1,2% de P_2O_5) e farinha de ossos (15,5% de P_2O_5).
- **Adubação potássica:** o K pode ser fornecido por meio de esterços animais (bovino, aves, caprinos e suínos) cujas concentrações variam de 0,6% a 4,4% de K_2O , raspa de mandioca (1,3% de K_2O), tortas de mamona (1,6% de K_2O), torta de algodão (1,3% de K_2O), manipueira (0,24% de K_2O). Cinzas, geradas em fornos de indústrias, como em casas de farinha e outras, apresentam teores de K de 4,5% a 17,5% de K_2O e também podem ser utilizadas como fonte do nutriente (Arruda et al., 2016). Com a manipueira, pura e diluída (1:1) obteve-se produções de raízes de mandioca de 19,56 t por hectare e 17,25 t por hectare, respectivamente, 150% superior à testemunha sem manipueira (7,07 t por hectare) (Diniz et al., 2016).

Referências

ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, n. 30, p. 1-13, 2016.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

DINIZ, M. de S.; TRINDADE, A. V.; LEDO, C. A. da S. **A manipueira na adubação da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. 6 p.

FAO. **FAOSTAT: production – crops, 2019**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 25 jan. 2021.

GOMES, J. de C.; SILVA, J. da. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 9, p. 215-247.

HOWELER, R. H. **Nutrición mineral y fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cali: Ciat, 1981. 55 p. (Ciat. Série 09SC-4).

IBGE. **Produção Agrícola Municipal, 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 27 out. 2020.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. 2 ed. Campinas: CATI, 2012. 129 p. (Boletim Técnico, 245).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação 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, 359 p.

ROCHA, H. S.; ARAUJO, J. C. de; SILVA, A. C. M. da; OLIVEIRA, S. A. S. de; BORGES, A. L.; FERREIRA FILHO, J. R.; MEISSNER FILHO, P. E.; SILVEIRA, H. F. da; RINGENBERG, R.; CARDOSO, C. E. L. **Recomendações técnicas para a produção de manivas-semente de mandioca a partir de mudas micropropagadas. O papel do “maniveiro” - Projeto RENIVA**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. 32 p.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 247-254, 2013.

SOUZA, L. da S.; SILVA, J. da; SOUZA, L. D.; GOMES, J. de C. Calagem e adubação para mandioca. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 126-144.



capítulo 12

Calagem e adubação para a mangueira

Nelson Fonseca
Ana Lúcia Borges

A mangueira, planta dicotiledônea da família Anacardeaceae, gênero *Mangifera*, tem a *Mangifera indica* como a única, no momento, cultivada comercialmente em grande escala.

Na escolha das variedades copa e porta-enxerto, deve-se levar em consideração a sua adaptabilidade às características edafoclimáticas (solo e clima) da região onde será instalado o pomar e sua adequação às exigências do mercado consumidor.

As variedades brasileiras, também chamadas de nativas, foram introduzidas pelos portugueses no início do século XVI e tiveram dominância por mais de três séculos, sendo cultivadas como plantas originadas de sementes. Estas variedades, em grande parte, não apresentam características exigidas pelo mercado consumidor, porém são muito utilizadas em melhoramento genético, principalmente como fonte de resistência a doenças e pragas. As principais variedades brasileiras são: Espada, Rosa, Bourbon, Coquinho, Ubá e Carlotinha. Atualmente existem novas variedades originadas e selecionadas do Programa de Melhoramento Genético de Manga no Brasil, que tem grande potencial para o mercado consumidor. As principais são a Roxa Embrapa 141, Lita e Ômega.



As variedades desenvolvidas nos Estados Unidos (Flórida), a partir de materiais introduzidos da Índia, ainda são a base de todos os plantios comerciais dos países exportadores, inclusive o Brasil. As principais variedades americanas introduzidas no Brasil são: Tommy Atkins, Haden, Keitt, Kent e Palmer. Outras variedades estrangeiras existentes no Brasil são mantidas em coleções e bancos ativos de germoplasma, não possuindo pomares comerciais em larga escala, mas têm grande potencial para o mercado consumidor, a exemplo da Joa e da Heidi (originadas da África do Sul).

- **Clima:** os atributos do clima influenciam o crescimento e a produção da mangueira. A temperatura é um fator de grande importância para a mangueira, principalmente pela influência sobre o seu florescimento. As plantas tendem a crescer vegetativamente e florescer irregularmente em condições de temperaturas elevadas, acima de 30 °C durante o dia e de 25 °C à noite. Por outro lado, ocorre a paralisação do crescimento do ramo a 15 °C, estimulando o intenso florescimento. A iniciação das brotações florais depende dos dias de frio que ocorrem de dezembro a fevereiro no hemisfério Norte e de junho a setembro no hemisfério Sul (inverno). Próximos do Equador esses períodos são variáveis.

A mangueira se adapta bem às regiões onde as estações secas e chuvosas são bem definidas. A planta vegeta e frutifica em regiões onde a pluviosidade varia de 240 mm a 5.000 mm anuais. Nas áreas de chuvas intensas, a mangueira apresenta desenvolvimento vegetativo vigoroso, com prejuízo ao florescimento. A ocorrência de chuvas na época do florescimento contribui para a queda de flores e frutos e faz proliferar doenças.

- **Solo:** as características do solo devem ser avaliadas, uma vez que algumas podem limitar o plantio da mangueira. O solo ideal

é o areno-argiloso, rico em matéria orgânica, com profundidade superior a 1,2 m. Embora a mangueira seja considerada uma planta bastante rústica, que cresce e produz em solos diversos (arenosos, argilosos, pedregosos), aqueles com boa estrutura física, que permitem boa penetração das raízes, boa aeração e drenagem eficiente, são os mais recomendados. A topografia deve ser plana a levemente ondulada, com o lençol freático abaixo de 3 m e sem problemas de salinidade.

Em pomares a serem implantados, é necessário retirar amostras de solo até quatro meses antes do plantio para serem enviadas a um laboratório credenciado, que fará as análises químicas e físicas. A área deve ser inspecionada e dividida em talhões pela cor, textura, vegetação, relevo, umidade e histórico de utilização. Em cada talhão de no máximo 10 hectares devem ser retiradas de 20 a 30 amostras simples, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm ou em outras profundidades quando necessário. Para a amostragem pode ser utilizado o trado, enxadão ou cavadeira. O capítulo 4 descreve detalhadamente o processo de amostragem do solo para análise química.

As amostras simples, depois de misturadas, separadamente, em baldes diferentes conforme as profundidades da coleta formarão amostras compostas, que serão embaladas em sacos plásticos e identificadas. Cada saco deve conter, aproximadamente, 500 gramas de terra. De posse de todas as amostras compostas, estas devem ser enviadas ao laboratório acompanhadas das fichas de informações.

Em pomares implantados, retira-se também de 20 a 30 amostras simples em cada talhão homogêneo de, no máximo, 10 ha para formar a amostra composta, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm. As amostras devem ser coletadas de forma aleatória

(zigue-zague), na projeção da copa das plantas, local onde são aplicados os fertilizantes. Em sistemas de irrigação localizada, a maior concentração de raízes encontra-se na faixa molhada, sendo necessário que as amostras sejam coletadas nesses locais. Para fins de recomendação de adubação de formação e produção recomenda-se que as amostras de solo e foliar sejam feitas anualmente.

Recomendações de calagem e gessagem

A calagem, ou aplicação de calcário, quando recomendada pela análise química do solo, deve ser realizada em toda a área. Para incorporar o calcário, em terreno irregular e com mato alto, deve-se usar o arado de disco a pouca profundidade, para nivelar a superfície do solo; em local com mato alto, mas com a superfície regular, deve ser utilizada a roçadeira, seguida de uma espera de três a cinco dias para que o mato seque e permita realizar uma escarificação com hastes retas; quando o mato estiver baixo, utilizar apenas o escarificador.

O cálculo para estimar a quantidade de calcário é efetuado considerando-se a porcentagem de saturação por bases, elevando-a para 80%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(80-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

80 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³); e

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo (%).

A eficiência da aplicação do calcário depende das suas características, da dosagem, do método de aplicação, bem como de sua incorporação nas camadas subsuperficiais. Em pomares a serem implantados, quando houver necessidade de calagem, definida em função dos resultados da análise química do solo, deve-se aplicar primeiro a dose de calcário recomendada para a profundidade de 20 cm a 40 cm, juntamente com o gesso agrícola. Aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário recomendada para 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação. Aguardar mais 15 a 20 dias para realizar o plantio.

Em cultivos em áreas pequenas, com declive e pouca disponibilidade de recursos do produtor, a calagem é realizada manualmente. Nesse caso pode-se considerar a quantidade para atingir 10 cm de profundidade.

De maneira geral, sugere-se fazer uma aplicação na cova de plantio de 100 g a 300 g de calcário dolomítico, dependendo do tamanho da cova. Em covas com dimensões de 60 cm x 60 cm x 60 cm, pode-se usar a maior quantidade de calcário.

Em pomares já estabelecidos, a distribuição deve ser a lanço em faixas entre as linhas de plantio, calculando-se a quantidade a ser aplicada (QC) de acordo com a área a ser coberta e profundidade a ser atingida. Vale lembrar que a NC é determinada para a profundidade de 0-20 cm.

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = NC \times SC/100 \times PF/20$$

onde:

QC = quantidade de calcário a ser aplicada (t ha⁻¹);

NC = necessidade de calagem ($t\ ha^{-1}$);

SC = superfície do solo a ser coberto (%); e

PF = profundidade a ser incorporado o calcário (cm).

A gessagem, ou seja, a aplicação do gesso agrícola ($CaSO_4$) não altera o pH do solo, mas reduz o teor de alumínio (Al) no perfil pela formação de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), além de fornecer cálcio (Ca) e enxofre (S). O suprimento de Ca melhora o desenvolvimento do sistema radicular da mangueira em profundidade e a qualidade dos frutos. Em pomares com incidência de colapso interno dos frutos sugere-se a aplicação de $2\ t\ ha^{-1}$ de gesso em solos com até 30% de argila, e $3\ t\ ha^{-1}$ nos solos argilosos.

Recomendação de adubação

Com base nos resultados da análise química do solo e foliar, pode-se fazer uma adubação adequada e, assim, manter o pomar em bom nível nutricional.

O manejo de adubação da mangueira envolve três fases:

- a) adubação de plantio.
- b) adubação de formação.
- c) adubação de produção.

Na adubação de plantio os fertilizantes minerais e orgânicos são colocados na cova e misturados com a terra da própria cova, antes do plantio das mudas (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades de N, P₂O₅ e K₂O indicadas para adubação de plantio e formação da mangueira irrigada no semiárido.

Adubação	N (g cova ⁻¹)	P no solo Mehlich-1 (mg dm ⁻³)				K no solo (cmol _c dm ⁻³)			
		<10	10 – 20	21 – 40	>40	<0,16	0,16 – 0,30	0,31 – 0,45	>0,45
		P ₂ O ₅ (g cova ⁻¹)				K ₂ O (g cova ⁻¹)			
Plantio	0	250	150	120	80	0	0	0	0
Meses		Formação							
0 – 12	150	0	0	0	0	80	60	40	20
13 – 24	210	160	120	80	40	120	100	80	60
25 – 30	150	0	0	0	0	80	60	40	20

Fonte: Silva et al. (2004).

- **Nitrogênio (N):** o N aplicado no plantio, geralmente, na forma orgânica, exerce efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. De maneira geral, recomenda-se 20 litros de esterco bem curtido (bovino, caprino ou ovino) por cova, podendo aumentar essa quantidade em solos arenosos e de baixa fertilidade.
- **Fósforo (P):** o P favorece o desenvolvimento do sistema radicular e vegetativo e deve ser aplicado todo de vez na cova de plantio. As fontes de fósforo mais recomendadas são o superfosfato simples (18% de P₂O₅, 20% de Ca e 11% de S) e o superfosfato triplo (42% de P₂O₅ e 14% de Ca).
- **Potássio (K):** quando a análise química do solo julgar necessária, podem-se utilizar adubos químicos potássicos no plantio. A fonte mais utilizada é o cloreto de potássio (58% de K₂O e 45% de Cl), podendo ser aplicado o sulfato de potássio (50% de K₂O e 16% de S).

- **Micronutrientes:** o boro (B) e o zinco (Zn) são os micronutrientes de maior importância para a cultura da mangueira. Constatando-se a deficiência de outros micronutrientes pela análise química do solo, recomenda-se o uso de fertilizantes que contenham esses nutrientes. Para suprir o B, pode-se usar a aplicação de 10 g planta⁻¹ de bórax na adubação da cova. As deficiências de zinco, bastante comuns, são corrigidas por meio da aplicação de óxido ou sulfato de zinco no solo (25 g planta⁻¹ de Zn).

A adubação de formação é recomendada com base nos resultados da análise química do solo e as adubações minerais devem ser iniciadas aos dois meses após o plantio, distribuindo-se os fertilizantes na área correspondente à projeção da copa, mantendo-se uma distância mínima de 20 cm do tronco da planta. Em solo argiloso o N é parcelado em seis vezes e em solo arenoso o parcelamento chega até 12 vezes no primeiro ano, iniciando com 10 g de N por planta aos 30 dias após o plantio. O P é parcelado em duas vezes no segundo ano e o parcelamento de K é semelhante ao do N (Tabela 1).

A partir do segundo ano, se for fazer indução floral após 30 meses de idade, deve-se fazer a recomendação de adubação com base nos resultados da análise química do solo e foliar.

A adubação de produção inicia-se a partir de três anos ou quando as plantas entrarem em produção. Os fertilizantes devem ser aplicados na projeção da copa e no bulbo molhado, por ser esta a região com maior concentração de raízes. Na fase de produção, as quantidades de fertilizantes recomendadas são baseadas na produtividade esperada e nos teores de P e K no solo e N nas folhas (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidades de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas para a adubação de produção da mangueira, em função da produtividade e da disponibilidade de nutrientes.

Produtividade esperada ¹ (t ha ⁻¹)	N nas folhas (g kg ⁻¹)				P solo Mehlich-1 (mg dm ⁻³)				K solo (cmol _c dm ⁻³)			
	< 12	12 – 14	14 – 16	> 16	< 10	10 – 20	21 – 40	> 40	< 0,16	0,16 – 0,30	0,31 – 0,45	> 0,45
	N (kg ha ⁻¹)				P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				K ₂ O (kg ha ⁻¹)			
<10	30	20	10	0	20	15	8	0	30	20	10	0
10 – 15	45	30	15	0	30	20	10	0	50	30	15	0
15 – 20	60	40	20	0	45	30	15	0	80	40	20	0
20 – 30	75	50	25	0	65	45	20	0	120	60	30	0
30 – 40	90	60	30	0	85	60	30	0	160	80	45	0
40 – 50	105	70	35	0	110	75	40	0	200	120	60	0
>50	120	80	40	0	150	100	50	0	250	150	75	0

¹Densidade de 250 plantas.
Fonte: Silva et al. (2004).

Os frutos da mangueira exportam pequenas quantidades de fósforo (P) comparadas ao N e K. Esse nutriente ocorre em maior concentração nas sementes. Após a colheita, aplica-se 50% do N, 100% do P e 25% do K. Antes da indução, aplica-se 20% do K. Na floração, aplica-se 15% do K. Após o pegamento dos frutos, aplica-se 30% do N e 15% do K. Cinquenta dias após o pegamento dos frutos, aplica-se 20% do N e 15% do K.

- **Micronutrientes:** as deficiências mais comuns de micronutrientes que ocorrem na mangueira são de zinco e boro. A correção dessas deficiências poderá ser realizada por meio da aplicação de fertilizantes ao solo ou via foliar, em função dos resultados das análises de solo e folhas. Para corrigir deficiência de boro podem ser feitas pulverizações foliares com soluções de ácido bórico ou bórax de 0,2% (2 g L⁻¹ de água) a 0,3% (3 g L⁻¹ de água).

- **Fornecimento de cálcio (Ca):** considerando a elevada exigência da mangueira em Ca, recomenda-se associar a calagem com a aplicação de gesso agrícola, antes das adubações.

Análise foliar

A análise foliar é feita em complementação à análise química do solo, principalmente para verificar se estão adequados os teores de N, K, Ca e micronutrientes (principalmente B e Zn) e suprir as necessidades desses elementos para a mangueira. A partir do segundo ano, realiza-se a análise foliar, principalmente se for fazer indução floral da planta após 30 meses de idade. No pomar em produção, devem-se fazer as amostragens anualmente, uma vez que a recomendação de N se baseia nos teores foliares.

A coleta das folhas é feita primeiro separando talhões homogêneos de até 10 hectares. A amostra é separada observando-se as plantas quanto à mesma idade, variedade, produtividade e manejo do solo. Faz-se a coleta de quatro folhas por planta, em cada lado da planta (norte, sul, leste e oeste), na altura mediana da copa e em 20 plantas ao acaso. São amostradas folhas em ramos maduros do penúltimo fluxo ou fluxo terminal da planta (um mês antes da indução floral), da parte mediana do ramo, que são as folhas em maior atividade. As amostras são acondicionadas em saco de papel, identificadas e enviadas para o laboratório em, no máximo, 24 horas. Caso não seja possível nesse tempo, limpá-las levemente com algodão embebido em água e deixar secar em papel toalha. As amostras devem ser enviadas ao laboratório para a determinação de macro e micronutrientes.

A interpretação dos resultados da análise foliar tem como base as curvas de calibração para cada nutriente, onde são estabelecidas as correlações dos teores foliares com a produtividade das plantas.

Os nutrientes foliares são agrupados em: deficiente, quando há sintoma de alguma deficiência ou desordem fisiológica (baixo teor de Ca nas folhas e colapso interno); adequado, quando observado em pomar sadio, produtivo e boa qualidade de frutos; e excessivo, quando há toxidez e desequilíbrios nutricionais causados por teores foliares elevados (Tabela 3).

Tabela 3. Interpretação de resultados de análise foliar para a cultura da mangueira.

Faixa de teor			
Nutriente	Deficiente	Adequado	Excessivo
Macronutriente (g kg⁻¹)			
N	< 8,0	12,0 – 14,0	> 16,0
P	< 0,5	0,8 – 1,6	> 2,5
K	< 2,5	5,0 – 10,0	> 12,0
Ca	< 15,0	20,0 – 35,0	> 50,0
Mg	< 1,0	2,5 – 5,0	> 8,0
S	< 0,5	0,8 – 1,8	> 2,5
Micronutriente (mg kg⁻¹)			
B	< 10	50 – 100	> 150
Zn	< 10	20 – 40	> 100
Mn	< 10	50 – 100	-
Fe	< 15	50 – 200	-
Cu	< 5	10 – 50	-
Cl	-	100 – 900	> 1.600

Fonte: Quaggio (1996).

Sintomas visuais de deficiência

A mangueira, em razão da sua eficiência em absorver nutrientes, torna-se difícil diagnosticar algum sintoma de deficiência nutricional. Contudo, a Tabela 4 apresenta a descrição dos sintomas mais comuns na cultura.

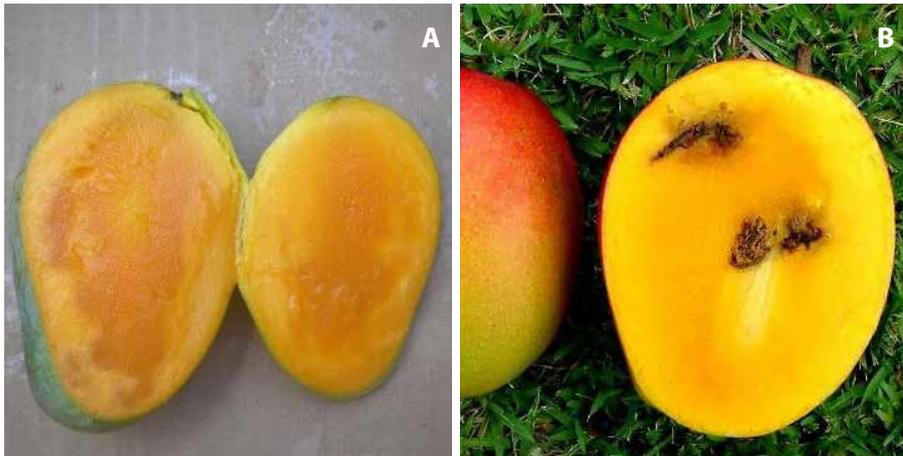
Tabela 4. Sintomas visuais de deficiências de macronutrientes na mangueira.

Nutriente	Sintoma de deficiência/excesso
Nitrogênio	<p>Deficiência: redução no crescimento, no florescimento e produção de frutos.</p> <p>Excesso: aumenta a susceptibilidade ao colapso interno devido à obstrução da cavidade abaixo do pedúnculo, amolecimento sob a casca, desintegração da polpa (Figuras 1 e 2), fendilhamento da semente, manchas necrosadas no meio da polpa, verrugas na casca da semente e às doenças após a colheita do fruto. Essa incidência é maior quando a relação N/Ca na folha é superior a 0,5.</p>
Fósforo	<p>Deficiência: reduz a produção e o desenvolvimento do sistema radicular. A planta pode apresentar crescimento retardado, seca das margens da região apical das folhas, queda prematura de folhas, seca e morte dos ramos.</p>
Potássio	<p>Deficiência: aparece nas folhas mais velhas, com pontos amarelados distribuídos de forma irregular. Está relacionada principalmente com a qualidade do fruto (menor tamanho, casca de cor opaca, pouco aroma e menor vida de prateleira) e a falta da planta de suportar as condições de estresse (seca, frio, salinidade e ataque de pragas e doenças).</p>
Cálcio	<p>Deficiência: interfere na firmeza, aparência e maior resistência ao manuseio e ao transporte dos frutos. Leva ao colapso interno do fruto (Figuras 1 e 2).</p>
Boro	<p>Deficiência: induz à formação de brotações menores, com folhas pequenas e coriáceas. Os sintomas externos são mais visíveis no florescimento com inflorescências deformadas. Também reduz o tamanho e a qualidade do fruto (Figura 3).</p>
Zinco	<p>Deficiência: encurtamento dos internódios e espessamento do limbo foliar que se torna quebradiço. Presença de folhas pequenas, recurvadas, grossas e inflexíveis, exibindo clorose e conferindo aspecto mosqueado. As inflorescências emitem folhas e apresentam flores aglomeradas e deformadas.</p>



Fotos: Nelson Fonseca

Figura 1. Colapso interno do fruto, observando apodrecimento da casca próximo da inserção do pendúnculo, causado pela deficiência de cálcio.



Fotos: Nelson Fonseca (A) e Manoel Teixeira de Castro Neto (B)

Figura 2. Colapso interno do fruto da mangueira com amolecimento da polpa em volta da semente (A) e necrose da polpa e semente (B), causados pela deficiência de cálcio.

Foto: Nelson Fonseca



Figura 3. Sintomas de deficiência de boro em folhas e em frutos de mangueira da variedade Palmer.

Informações complementares

- **Localização dos fertilizantes:** as adubações em cobertura devem ser feitas em círculo, numa faixa de 20 cm de largura e de 20 cm a 40 cm distantes da muda, aumentando-se essa distância com a idade da planta. Em plantas adultas, os adubos são aplicados na projeção da copa, espalhados ao redor da planta, num raio de 50 cm de largura. Em área irrigada, com aplicação manual, o adubo deve ser aplicado na área molhada, por ser a região com maior concentração de raiz.
- **Densidade de plantio:** é definida como o número de plantas cultivadas em uma determinada área, em função do seu espaçamento,

que depende da profundidade e fertilidade do solo, da variedade, das condições climáticas e do manejo da cultura. Em pomares não irrigados, as densidades de plantio mais comum são de 100 plantas por hectare (espaçamento de 10 m x 10 m) e 156 plantas por hectare (8 m x 8 m). Nos pomares irrigados, a densidade mais comum é a de 250 plantas por hectare, ou seja, no espaçamento de 8 m x 5 m. No entanto, tem-se utilizado atualmente densidades maiores que 250 plantas por hectare, atingindo até 1.000 plantas por hectare (espaçamento de 5 m x 2 m), tornando-se mais exigentes as operações de manejo do pomar, como: podas, irrigação, nutrição e uso de reguladores de crescimento vegetal e de deficit hídrico, principalmente para manter o tamanho da copa de acordo com o espaçamento.

- **Fertirrigação:** é a aplicação do fertilizante na água de irrigação, sendo muito utilizada nos pomares comerciais irrigados do Nordeste do Brasil. A quantidade do nutriente recomendada vai depender da demanda da mangueira nos seus diferentes estádios de desenvolvimento e da textura do solo. Em solos arenosos recomenda-se fazer a fertirrigação a cada sete dias e em solos argilosos a cada 15 dias, na fase de demanda da mangueira. Além da análise química do solo, a partir do segundo ano, as doses de N e K devem ser ajustadas em função da análise foliar. Para monitorar a fertirrigação deve-se avaliar o estado nutricional das mangueiras; como também, numa frequência de, pelo menos 30 dias, extrair a solução do solo na zona radicular por meio de extratores de solução para avaliação da condutividade elétrica da solução do solo. Numa frequência menor, a cada seis meses, coletar amostras de solo no entorno da planta para análise química. Com base nestas análises deve-se verificar se os níveis dos nutrientes aplicados, da condutividade elétrica e do pH estão de acordo com os esperados ou permitidos.

Recomendação de adubação para sistema orgânico

De maneira geral, a produtividade por hectare do cultivo orgânico em relação ao cultivo convencional é menor ou igual, porém o lucro pode ser maior por causa dos preços obtidos pelos produtos orgânicos e pelos menores custos de produção. São recomendados na adubação das mangueiras nesse sistema os esterços de curral curtidos, pó de rochas, farinha de ossos, fosfatos naturais, restos vegetais triturados, adubação verde, biofertilizantes (fermentados) e compostos orgânicos.

- **Esterco:** os mais usados são os de bovinos, de aves, de caprinos e de ovinos. Deve-se observar nesse tipo de adubação o índice salino, a qualidade da fermentação, a presença de plantas espontâneas e a origem para evitar possíveis danos à cultura. Com relação ao índice salino, em substratos com pH acima de 6,5 são esperadas deficiências de P, Fe, Mn, Zn e Cu. Em geral, os altos valores de pH com os esterços bovinos são influenciados pelos teores de sódio nestes substratos. O sódio presente no meio é adsorvido fracamente às partículas do solo, e na presença de água, forma uma base forte (NaOH) que se dissocia com facilidade, elevando o pH. Outro fator é que uma concentração em excesso de K no solo pode ocasionar salinidade afetando o crescimento das plantas.
- **Pó de rocha:** é produzido pela moagem de rochas magmáticas e serve como recuperador do solo com liberação lenta de nutrientes. Como exemplo tem-se o pó de rocha basáltica que pode ser utilizado como fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo (fonte de Ca, Mg, Fe, Zn e Cu), dependendo da composição da rocha, granulometria do pó de rocha e condições do solo.
- **Adubação verde:** são usadas as leguminosas e dentre elas o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), crotalárias (*Crotalaria juncea*,

C. spectabilis, *C. ochroleuca*), guandu (*cajanus cajan*) e estilosantes (*Stylosanthes capitata*). Geralmente são plantadas entre as fileiras das mangueiras e por ocasião do seu florescimento são ceifadas e deixadas na superfície ao solo.

- **Biofertilizante:** trata-se de um adubo orgânico líquido, proveniente da decomposição de matéria orgânica animal e vegetal por meio de fermentação anaeróbica em meio líquido. Vários tipos de biofertilizantes são citados na literatura e são aplicados tanto no solo como nas folhas. Como exemplo tem-se um tipo de fermentado orgânico com função fertilizante, pesticida e repelente, além de acelerar a decomposição do material orgânico debaixo da copa das mangueiras. O fermentado pode ser produzido em tanque de 1.000 litros, sendo 800 L de água, 1 kg de pó de rocha, 1 kg de fosfato natural, 1 kg de melação de cana, 1 kg de farinha de trigo, 250 mL de ácido fosfórico para reduzir o pH (ou suco de limão) e 200 kg de rúmen. A fermentação ocorre em três dias, sendo o material filtrado e pulverizado nas plantas.
- **Composto orgânico:** como exemplo tem-se as formulações do tipo bokashi, onde para o preparo de uma tonelada são utilizados: 250 kg de torta de mamona, 150 kg de solo de mata (fonte de microrganismos), 300 kg de esterco bovino curtido, 200 kg de pó de rocha, 50 kg de fosfato natural, 20 kg de micronutriente, 10 kg de óxido de magnésio e 20 L de melação. O preparo consiste em misturar todos os produtos deixando o melação por último para ser misturado. Após ter misturado o melação, molha-se com água e amontoa-se a mistura numa altura em torno de 30 cm, medindo a temperatura no interior do substrato. Quando estiver quente (em torno de 45 °C), deve-se revirar a mistura (cerca de duas a três vezes por dia) para evitar a queima dos ingredientes devido à fermentação. Adiciona-se mais água caso a mistura esteja seca e se ainda estiver ocorrendo a fermentação. Em torno de 15 dias, quando a temperatura interior da

mistura não aquecer mais, o composto orgânico tipo bokashi estará pronto para ser aplicado ao redor das plantas.

O Sistema Orgânico de Produção de Manga para a Região da Chapada Diamantina, Bahia, que reúne recomendações técnicas necessárias ao cultivo da mangueira em sistema orgânico, aborda aspectos socioeconômicos, exigências climáticas, preparo e manejo do solo, calagem e adubação, variedades, produção de mudas, implantação do pomar, irrigação, práticas culturais, manejo de pragas (doenças e insetos), colheita e pós-colheita, mercado e comercialização, coeficientes técnicos e rentabilidade, está disponível no link: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>.

Referências

- FONSECA, N. Calagem e adubação para mangueira. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 145-159.
- QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O.M. (Ed.). **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA:DFZ; UESB, 1996. 361 p.
- SILVA, D. J.; PEREIRA, J. R.; MOUCO, M. A. do C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. de; RAIJ, B. van; SILVA, C. A. **Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 13 p. (Embrapa Semiárido, Circular Técnica, 77).



Calagem e adubação para o maracujazeiro

Ana Lúcia Borges
Raul Castro Carriello Rosa

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae e no Brasil é representada por quatro gêneros, sendo que o *Passiflora* ocorre em todo o país, contendo em torno de 500 espécies que são utilizadas como frutos alimentícios, medicinais e ornamentais, sendo mais de 100 espécies no Brasil (Faleiro et al., 2017). A espécie *Passiflora edulis* Sims, maracujá amarelo, é a mais cultivada no Brasil. A planta é uma trepadeira sublenhosa, com crescimento vigoroso e contínuo, apresenta sistema radicular superficial e longo período de produção, com florescimento e frutificação em vários meses do ano (Faleiro; Junqueira, 2016).

A produção nacional de maracujá em 2019 foi de 593.429 toneladas em 41.584 hectares de área colhida. Dentre os principais estados produtores destacam-se a Bahia (168.457 t em 15.616 ha), o Ceará (145.102 t em 6.225 ha) e Santa Catarina (44.934 t em 1.891 ha), que juntos representam 60% da produção nacional (IBGE, 2019).

Fatores relacionados ao clima e solo influenciam no crescimento e produção das plantas.

- **Clima:** o maracujazeiro é uma planta de clima quente e úmido e cultivado nas regiões tropicais e subtropicais. Diversos fatores



climáticos interferem no crescimento e produção da cultura. A altitude indicada para o cultivo o maracujazeiro está entre 100 m a 1.000 m. As temperaturas consideradas mais favoráveis ao crescimento estão entre 21 °C e 25 °C. Vale lembrar que temperaturas noturnas abaixo de 15 °C afetam o vingamento dos frutos; temperaturas elevadas, principalmente durante a noite, inibem o florescimento e, quando aliada à baixa umidade relativa do ar (< 30%), impedem a fecundação das flores e o vingamento dos frutos (Faleiro; Junqueira, 2016). A pluviosidade necessária está em torno de 2.700 mm por ano, com maior necessidade (2.200 mm) nas fases de floração, frutificação e produção, entre 90 e 300 dias (Faleiro; Junqueira, 2016). O comprimento do dia acima de 11 horas de luz favorece o florescimento do maracujazeiro. As flores normalmente abrem a partir das 12h, imediatamente após a máxima incidência da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Ventos fortes são prejudiciais à cultura, sendo indispensável, quando ocorrem, a utilização de quebra-ventos. Quanto à umidade relativa do ar (UR), a mais favorável está em torno de 60%.

- **Solo:** o maracujazeiro desenvolve-se em diversos tipos de solos; porém os mais adequados devem ser profundos (> 60 cm), bem drenados e ricos em matéria orgânica. Os solos com textura média (areno-argilosos) são mais recomendados, uma vez que aqueles com teores elevados de argila correm riscos de encharcamento. Quanto à topografia, o relevo plano a ligeiramente inclinado facilitam as práticas culturais e a conservação do solo. Recomenda-se que o lençol freático deve situar-se a uma profundidade superior a 2 m. Solos pouco profundos correm riscos de encharcamento e as plantas de maracujá não toleram períodos longos de encharcamento, uma vez que favorecem a ocorrência de doença do sistema radicular.

Para o crescimento e a produção, o maracujazeiro requer estado nutricional adequado em todas as fases de produção, pois, desde o início da frutificação, há grande demanda de nutrientes e transferência desses a partir das folhas para os frutos em desenvolvimento. Desta forma, o crescimento vegetativo da planta será reduzido se não for feito um programa de adubação que permita o estado nutricional adequado da cultura para uma produção sustentável.

As recomendações de calagem e adubação devem ser baseadas na análise química do solo, que é usada como ferramenta básica para se conhecer o nível dos nutrientes no solo, bem como as condições adversas que poderão interferir no desenvolvimento das plantas.

Em um programa de adubação, devem ser considerados os níveis tecnológicos adotados e a expectativa de colheita para a definição correta da dose, da fonte do nutriente, da época e da localização do adubo. É importante que, para cada área homogênea, os teores de nutrientes no solo sejam considerados independentes, sendo avaliados pela análise química do solo.

A amostragem do solo para análise química deve ser realizada na camada de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm de profundidade por ocasião da implantação da área. Além disso, recomenda-se realizar, anualmente, a análise química do solo, a fim de permitir o acompanhamento e a manutenção dos níveis adequados de nutrientes durante o ciclo da planta. Neste caso, a coleta das amostras deve ser feita na região de aplicação do adubo, onde as raízes do maracujazeiro se desenvolvem, ou na faixa úmida da área, quando a adubação for via água de irrigação, na camada de 0 a 20 cm, obedecendo ao prazo de, no mínimo, 20 a 30 dias após a última adubação.

As subamostras coletadas devem ser colocadas em um recipiente limpo e misturadas. Posteriormente, retira-se uma quantidade de terra de

aproximadamente 500 gramas, coloca-se em um saco plástico limpo, identifica-se com o nome do proprietário, nome da propriedade, município e identificação da quadra, e deve-se enviar imediatamente (24 h) para o laboratório credenciado. Caso não possa enviar em 24 h para o laboratório, a amostra deve ser seca à sombra. Em geral, recomenda-se realizar as seguintes determinações: acidez ativa (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez trocável – alumínio (Al), sódio (Na), acidez potencial – hidrogênio e alumínio (H+Al), matéria orgânica e os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), como também os cálculos da soma de bases, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). A análise granulométrica é importante para auxiliar na recomendação de P e na definição do parcelamento da adubação.

Recomendações de calagem e gessagem

A necessidade de calagem ou calcário (NC), quando recomendada, é realizada em toda a área a ser plantada, objetivando neutralizar alumínio (Al) e manganês (Mn) tóxicos, fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e aumentar o pH do solo, com base no critério que eleva a saturação por bases para 70%. Se o teor de Mg^{2+} no solo estiver inferior a $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, deve-se utilizar o calcário dolomítico, que contém Ca e Mg.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70-V1) \times CTC}{PRNT}$$

onde:

NC = necessidade de calagem (t ha⁻¹);

70 = saturação por bases do solo que se pretende alcançar (%);

V1 = saturação por bases do solo revelada pela análise química do solo (%);

CTC = capacidade de troca catiônica ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); e

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, informação que deve constar na embalagem do corretivo (%).

Em pomares a serem implantados, quando necessária a calagem, aplica-se primeiro a dose de calcário recomendada para a profundidade de 20 cm a 40 cm, juntamente com o gesso agrícola (quando houver níveis de Ca igual ou abaixo de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, níveis de Al maior que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação por Al acima de 30%). Para incorporar o calcário, em terreno irregular e com mato alto, deve-se usar o arado de disco a pouca profundidade, para nivelar a superfície do solo; em local com mato alto mas com a superfície regular, deve ser utilizada a roçadeira, seguida de uma espera de três a cinco dias para que o mato seque e permita realizar uma escarificação com hastes retas; quando o mato estiver baixo, utilizar apenas o escarificador. Aguardar 10 a 15 dias e aplicar a dose de calcário recomendada para a profundidade de 0 a 20 cm, seguida de nova escarificação. Aguardar mais 15 a 20 dias para realizar o plantio, se houver umidade adequada do solo.

Em regiões de clima semiárido, o critério de aumentar a porcentagem de saturação por bases não se mostra suficiente em solos com CTC inferior a $4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, que podem apresentar saturação por bases naturalmente elevada e baixos teores de Ca e Mg. Nesses casos, deve-se elevar o teor de Ca + Mg para $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, mas sempre estar atento ao nível de Mg nesse somatório, que deve estar acima ou igual a $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A gessagem é realizada quando há presença de camadas subsuperficiais com elevados teores de Al trocáveis e/ou baixos teores de Ca que leva ao menor aprofundamento do sistema radicular, refletindo em menor volume de solo explorado, ou seja, menos nutrientes e água disponíveis para o maracujazeiro. Assim, o gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é utilizado para melhoria do ambiente radicular das camadas subsuperficiais. A necessidade de gesso (NG) é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC) pelo critério de saturação por bases, substituindo, por gesso, 25% da quantidade de calcário recomendada para a camada de 20 cm a 40 cm (Borges, 2009), ou seja:

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = 0,25 \text{ NC}_{(20-40\text{cm})}$$

onde:

NG = necessidade de gessagem (t ha^{-1});

NC = necessidade de calagem na profundidade de 20 cm a 40 cm (t ha^{-1}).

Recomendação de adubação

As recomendações de N com base no teor de matéria orgânica do solo e produtividade esperada encontram-se na Tabela 1. Como a disponibilidade de P é influenciada pelo teor de argila, na Tabela 2 consta a classificação em categoria de disponibilidade dos teores de P pelo extrator de Mehlich-1. Na Tabela 3 estão apresentadas as recomendações de P e K no plantio, formação e produção, com base nos teores de P e K no solo e produtividade esperada.

Tabela 1. Recomendação de nitrogênio (N) com base no teor de matéria orgânica do solo (MOS) no plantio e na produtividade esperada do maracujazeiro.

Teor de MOS (g kg ⁻¹)	< 10	10 – 20	21 – 40	> 40
Plantio				
kg ha⁻¹				
	160	150	145	140
Formação				
Dias após o plantio	kg ha⁻¹			
30	15	10	8	5
60	25	20	15	12
90	35	30	25	20
120 – 180	45	40	35	30
Produção				
Produtividade esperada (t ha⁻¹ ano⁻¹)	kg ha⁻¹			
< 15	60	50	45	40
15 – 25	80	70	65	60
25 – 35	100	90	80	75
> 35	130	120	110	100

Fonte: Adaptado de Borges e Rosa (2017).

Tabela 2. Classificação dos teores de fósforo (P), extrator de Mehlich-1, no solo (mg dm⁻³) em função dos teores de argila.

Teor de argila no solo (g kg ⁻¹)	muito baixo	baixo	médio	alto	muito alto
	P no solo (mg dm⁻³)				
> 600	≤ 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
351 – 600	≤ 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
151 – 350	≤ 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 - 150	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Tabela 3. Recomendação de adubação fosfatada e potássica para o maracujazeiro, com base na análise química do solo e produtividade esperada.

P no solo (Mehlich-1) (mg dm⁻³)	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Plantio					
P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
	120	100	80	60	0
Produção					
Produtividade esperada (t ha⁻¹ ano⁻¹)					
P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
< 15	60	50	30	20	0
15 – 25	100	90	60	40	0
25 – 35	130	120	80	50	0
> 35	160	150	100	60	0
K no solo (mg dm⁻³)¹					
	0 – 0,07	0,08 – 0,15	0,16 – 0,30	0,31 – 0,50	> 0,50
Plantio					
K₂O (kg ha⁻¹)					
	20	0	0	0	0
Formação					
Dias após o plantio					
K₂O (kg ha⁻¹)					
30	10	10	0	0	0
60	20	20	10	0	0
90	40	30	20	10	0
120 – 180	60	40	30	20	0
Produção					
Produtividade esperada (t ha⁻¹ ano⁻¹)					
K₂O (kg ha⁻¹)					
< 15	100	90	70	50	0
15 – 25	160	120	90	70	0
25 – 35	200	160	120	80	0
> 35	250	200	150	100	0

¹ cmol_c dm⁻³ de K = mg dm⁻³ de K / 390.

Fonte: Adaptado de Borges e Rosa (2017).

Adubação de plantio

- **Nitrogênio (N):** recomenda-se a aplicação do N no plantio na forma orgânica. A adubação orgânica é importante para manter o solo produtivo, pois exerce efeitos benéficos sobre seus atributos físicos, químicos e biológicos. As fontes orgânicas a serem aplicadas no plantio, principalmente em solos arenosos e com baixos teores de nutrientes, dependem da disponibilidade, e as quantidades variam de acordo com a composição química dos diversos materiais, ou seja, esterco bovino curtido (20 a 30 litros), esterco de galinha curtido (5 a 10 litros), torta de mamona (2 a 4 litros). Compostos diversos devem ser avaliados quanto aos teores de nutrientes.
- **Fósforo (P):** o P é responsável pelos processos de armazenamento e transferência de energia, necessária a todos os processos biológicos, bem como influencia no desenvolvimento do sistema radicular. Assim, por apresentar baixa mobilidade no solo deve ser aplicado na cova de plantio (Tabela 3). As fontes de fósforo recomendadas são o superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 20% de Ca e 11% de S), o superfosfato triplo (42% de P_2O_5 e 14% de Ca), o MAP – fosfato monoamônico (52% de P_2O_5 e 11% de N) ou o termofosfato magnésiano (17% de P_2O_5 , 18% de Ca e 7% de Mg).
- **Potássio (K):** se os teores de K no solo forem inferiores a $0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ recomenda-se aplicar o nutriente no plantio, pois também estimula o desenvolvimento do sistema radicular (Tabela 3).
- **Micronutrientes:** caso não se tenha análise química do solo para micronutrientes, recomenda-se aplicar 50 g de FTE BR12 na cova de plantio ou o termofosfato magnésiano enriquecido com micronutrientes. Considerando que os micronutrientes Zn e B são os mais absorvidos pela planta, após o Mn e o Fe, e os que levam aos maiores

problemas de deficiências, a recomendação desses micronutrientes para o maracujazeiro encontra-se na Tabela 4. É importante que as aplicações de micronutrientes sejam realizadas no plantio e posteriormente parceladas nos momentos de maior absorção pela planta durante o ciclo, ou seja, estágio de florescimento e frutificação. Aplicações foliares com micronutrientes são recomendadas em casos extremos de deficiência, e também em pomares afetados com o vírus do endurecimento dos frutos (CABMV), pois atenuam os sintomas da doença, principalmente o nutriente B. Aplicações de micronutrientes diretamente no solo, ou por meio da água de irrigação, são mais eficientes devido à maior disponibilização ao longo do tempo. Como os micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) não apresentam mobilidade na planta, quando se faz apenas aplicações foliares, há necessidade de se repetir frequentemente a cada novo ciclo de brotação.

Tabela 4. Recomendações de boro (B) e zinco (Zn) para o maracujazeiro.

Micronutriente	Teor no solo	Quantidade de nutriente a ser aplicada
	mg dm ⁻³	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
B (água quente)	< 0,20	1,5
	0,20 – 0,40	1,0
	0,41 – 0,60	0,5
	> 0,60	0,0
Zn (Mehlich-1)	< 0,80	6,0
	0,80 – 1,00	4,5
	1,01 – 1,20	3,0
	> 1,2	0,0

Fonte: Borges e Rosa (2017).

Adubação de formação

O N e o K devem ser fornecidos nessa fase de desenvolvimento da planta, até os 180 dias após o plantio, sendo a recomendação do K baseada na análise química do solo (Tabelas 1 e 3). As fontes nitrogenadas podem apresentar-se nas seguintes formas:

- a) nítrica: nitrato de cálcio (14% de N), nitrato de potássio (14% de N) e nitrato de magnésio (11% de N).
- b) amoniacal: DAP – fosfato diamônico (17% de N), MAP – fosfato monoamônico (11% de N) e sulfato de amônio (20% de N).
- c) nítrica-amoniacal: nitrato de amônio (34% de N).
- d) amídica: ureia (45% de N).

A ureia e o sulfato de amônio são as fontes mais utilizadas, principalmente a primeira em razão do menor preço. As fontes potássicas são o cloreto de potássio (60% de K_2O), o sulfato de potássio (52% de K_2O) e o nitrato de potássio (46% de K_2O), sendo o cloreto a fonte mais utilizada.

Adubação de produção

As recomendações de N, P e K na fase de produção estão apresentadas nas Tabelas 1 e 3. As quantidades de N são baseadas na produtividade esperada, enquanto as de P e K, além da produtividade esperada, levam-se em consideração os teores desses nutrientes no solo.

Análise foliar

A análise foliar determina os teores de nutrientes presentes nas folhas, pois estas constituem parte da planta que, de modo geral, reflete melhor o estado nutricional, ou seja, respondem mais às variações no suprimento de determinado elemento.

Na amostragem somente folhas saudáveis (livres de pragas e doenças) devem ser coletadas, como também não se deve misturar folhas com sintomas de deficiência de nutrientes, com folhas de desenvolvimento normal. Cada amostra deve ser coletada em plantas da mesma espécie, com a mesma idade e que representem a planta, e antes da aplicação de qualquer produto, para evitar contaminações.

Dois tipos de folhas do maracujazeiro podem ser coletados na amostragem:

- a) folhas que se situam na axila do botão floral prestes a se abrir em 24 horas; e
- b) folhas adultas (4ª folha a partir da ponta), totalmente desenvolvidas, com pecíolo, coletadas nos ramos medianos sem frutos e não podados.

A amostragem deve ser realizada em períodos que antecedam ou coincidam com a época de florescimento, o que pode variar com a região produtora entre o 5º e o 9º mês, no primeiro ano. Coletam-se 60 folhas por hectare ou talhão homogêneo, se menor. Em regiões com mais de um ciclo de colheita, as amostragens devem se repetir nos principais ciclos fenológicos da planta.

As folhas amostradas devem ser enviadas ao laboratório para análises químicas em 24h, acondicionadas em saco plástico e mantidas em baixa temperatura para minimizar a respiração, transpiração e atividade enzimática. Nessa impossibilidade, devem ser armazenadas a 5 °C, em refrigerador, em sacos plásticos com pequenas perfurações, para que chegue ao laboratório ainda verdes (Cantarutti et al., 2007).

Os resultados obtidos do laboratório podem ser interpretados segundo as faixas e teores padrões dos nutrientes apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Faixas de teores de macro e micronutrientes nas folhas de maracujazeiro em diferentes estudos.

Nutriente	¹ Marchal (1984)	² Robinson (1986)	² Malavolta et al. (1989)	³ Menzel et al. (1993)	² Carvalho (1998)	³ Sousa (2000)	² Alves (2003)	⁴ Cantarutti et al. (2007)
	g kg ⁻¹							
N	33 – 43	47,5 – 52,5	40 – 50	42 – 52	34,7 – 58,0	50	44,3 – 53,5	36 – 46
P	1,3 – 2,1	2,5 – 3,5	4 – 5	1,5 – 2,5	2,3 – 3,9	2,3	2,5 – 3,3	2 – 3
K	22 – 27	20 – 25	35 – 45	20 – 30	24,1 – 38,0	22	18,4 – 29,3	24 – 32
Ca	12,5 – 16,0	5 – 15	15 – 20	17 – 27	6,1 – 14,4	22	9,6 – 13,8	17 – 28
Mg	2,5 – 3,1	2,5 – 3,5	3 – 4	3 – 4	2,1 – 4,3	3,8	2,7 – 3,9	2,1
S	-	2 – 4	3 – 4	-	3,1 – 4,6	4	2,9 – 4,8	4,4
Cl	-	6 – 16	-	< 20	13,1 – 32,4	-	14,2 – 23,2	-
mg kg ⁻¹								
B	27,9 – 69,4	-	40 – 50	40 – 60	34,1 – 48,9	20	22,5 – 40,7	39 – 47
Cu	3,9 – 20	5 – 20	10 – 20	5 – 20	4,4 – 8,5	9	3,3 – 4,9	15 – 16
Fe	76,2 – 200	100 – 200	120 – 200	100 – 200	77 – 246	190	72 – 162	116 – 233
Mn	84,5 – 600	50 – 200	400 – 600	100 – 500	44,4 – 94,5	280	74 – 307	433 – 604
Zn	25 – 80	45 – 80	25 – 40	50 – 80	21,1 – 31,8	21	30,4 – 39,5	26 – 49

¹Folha com botão floral na axila;²Folha adulta;³Folha adulta no período de máximo crescimento vegetativo;⁴Folhas em todas as posições no 8º e 9º mês.

Sintomas visuais de deficiência

Na deficiência de nutrientes a planta expressa este desequilíbrio por sintomas visuais que se manifestam, principalmente, por meio de alterações nas folhas, como coloração, tamanho e quantidade. Na Tabela 6 são descritos os sintomas visuais de deficiências de nutrientes em maracujazeiro.

Tabela 6. Sintomas visuais e causas de deficiência de nutrientes em maracujazeiro.

Nutriente	Sintoma de deficiência nas folhas / planta
Macronutriente	
Sintoma folhas velhas (inferiores)	
Nitrogênio	Verde mais claro e menor área. Clorose generalizada e queda prematura. Plantas com crescimento lento e porte reduzido, ramos finos e em menor número. Frutos com cor verde-amarela e aspecto translúcido. Causa: baixo teor de matéria orgânica no solo, acidez (menor mineralização), lixiviação e seca prolongada.
Fósforo	Folhas verdes-escuras que posteriormente amarelecem da margem para o centro. Planta com crescimento reduzido, menor crescimento das raízes e produção de frutos. Causa: baixo teor de P no solo, pH do solo baixo que leva à menor disponibilidade do nutriente e solos alcalinos com elevados níveis de Ca.
Potássio	Clorose progressiva dos bordos para o interior, necrose e “queima” dos tecidos. Redução do peso da planta e produção dos frutos que caem precocemente ou mumificam e enrugamento do epicarpo. Causa: baixo teor de K no solo, lixiviação e calagem excessiva.
Magnésio	Clorose internerval, limbo encarquilhado e voltado para baixo. Causa: solos pobres, acidez e excesso de K na adubação.
Sintoma folhas jovens (superiores)	
Cálcio	Morte da gema apical, clorose e necrose internerval e deformações nas folhas. Frutos com rachaduras no epicarpo e no mesocarpo e podridão apical. Causa: baixo teor de Ca no solo e excesso de K na adubação.
Enxofre	Clorose com pequenas manchas mais claras, nervuras avermelhadas na face inferior da folha. Causa: baixo teor de matéria orgânica e adubos concentrados, sem S.
Micronutriente	
Sintoma folhas velhas (inferiores)	
Cobre	Folhas grandes e largas, cor verde-escura e parcialmente murchas, engrossamento das nervuras na face superior e encurvamento para baixo. Causa: baixo teor de Cu no solo, calagem excessiva e alto teor de matéria orgânica.

continua...

Tabela 6. Continuação.

Nutriente	Sintoma de deficiência nas folhas / planta
Micronutriente	
Sintoma folhas velhas (inferiores)	
Molibdênio	Clorose internerval. Causa: acidez e excesso de sulfato.
Sintoma folhas jovens (superiores)	
Boro	Plantas atrofiadas e necrose da gema terminal. Folhas reduzidas, coriáceas e com ondulações nos bordos. Frutos com faixas marrons de cortiça na casca. Causa: baixo teor de matéria orgânica, acidez excessiva e lixiviação.
Ferro	Clorose entre as nervuras. Causa: calagem excessiva, muita matéria orgânica e umidade.
Manganês	Manchas cloróticas entre as nervuras. Causa: calagem excessiva e muita matéria orgânica.
Zinco	Folhas menores, lobos delgados e pontiagudos, entrenós reduzidos, manchas necróticas esbranquiçadas e bordos amarelados. Causa: baixo teor de Zn no solo, calagem e P em excesso.

Fontes: Manica (1981); Baumgartner (1987); Cereda et al. (1991); Marteleto (1991); Ruggiero et al. (1996) e Freitas et al. (2011).

Informações complementares

- **Parcelamento das adubações:** o parcelamento das adubações depende da textura e da CTC do solo, bem como do regime de chuvas. Em solos arenosos e com baixa CTC, deve-se parcelar semanalmente ou quinzenalmente. Em solos mais argilosos, as adubações podem ser feitas mensalmente ou a cada dois meses, principalmente nas aplicações na forma sólida. As aplicações via água de irrigação podem ser feitas semanalmente ou a cada três dias, dependendo da textura do solo.

- **Localização dos adubos:** o maracujazeiro apresenta sistema radicular superficial e pouco profundo, ou seja, em torno de 60% das raízes localizam-se nos 30 cm superficiais do solo, e 87% de 0 a 45 cm da base do caule. Em pomares em formação, devem-se distribuir os adubos em uma faixa de aproximadamente 20 cm de largura ao redor do tronco e distante 10 cm deste, aumentando gradativamente essa distância com a idade do pomar. Em pomares adultos, recomendam-se aplicá-los em faixa, de ambos os lados das plantas, 20 cm a 30 cm a partir do tronco.
- **Época de aplicação dos adubos:** levar em consideração a curva de absorção dos nutrientes e a mobilidade do elemento no solo, segundo recomendações nas Tabelas 1 e 3.
- **Formas de aplicação dos adubos:** forma sólida (convencional) e via água de irrigação (fertirrigação). Em plantios irrigados, os adubos podem ser aplicados via água de irrigação, pois é possível maior parcelamento, podendo ser semanalmente em solos argilosos e de três a cinco dias em solos arenosos, o que torna mais eficiente o aproveitamento do adubo. Sugere-se preferencialmente o sistema por gotejamento com uma mangueira, sendo os gotejadores distantes 0,5 m entre eles em solos arenosos e 1,0 m em solos argilosos.

Recomendação de adubação para sistema orgânico

O manejo do solo é uma das práticas mais importantes no sistema orgânico de cultivo, devendo o solo ser mantido coberto com matéria viva e/ou morta, principalmente com plantas melhoradoras do solo, também conhecidas como adubo verde. Recomenda-se o pré-cultivo com um coquetel vegetal formado por leguminosas (crotalárias – *Crotalaria* sp.; mucunas – *Mucuna* sp.; feijão-de-porco – *Canavalia ensiformis* L.), gramíneas (sorgo

forrageiro – *Sorghum bicolor* L.; milheto – *Pennisetum glaucum* L.), e oleaginosas (girassol – *Helianthus annuus* L.). Deve-se optar por espécies que se adaptam à região e com facilidade para encontrar sementes.

Para manter o solo fértil e possibilitar o maracujazeiro a alcançar a máxima produção, práticas são necessárias como a rotação de culturas, o uso de resíduos culturais, esterco curtido (após processo de compostagem), plantio de leguminosas e não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). A aplicação de adubos orgânicos aos solos tropicais proporciona melhoria de seus atributos físicos, químicos e biológicos, obtendo-se boas respostas das plantas. Vale lembrar que mesmo em sistema orgânico, a análise química do solo é necessária para orientar as etapas de correção da acidez do solo e adubação, visando ao bom desenvolvimento das plantas.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura disponibilizou em setembro de 2018 a 1ª edição do Sistema Orgânico de Produção do Maracujazeiro para a Região da Chapada Diamantina, Bahia, que contém recomendações técnicas necessárias ao cultivo do maracujazeiro nesse sistema (Borges; Rosa, 2018).

Segundo as normativas, os sistemas orgânicos de produção vegetal devem buscar a reciclagem de matéria orgânica como base para a manutenção da fertilidade do solo e a nutrição das plantas, a manutenção da atividade biológica do solo e o equilíbrio de nutrientes. Além disso, deve-se priorizar a utilização de insumos que, em seu processo de obtenção, utilização e armazenamento, não comprometam a estabilidade do habitat natural e do agroecossistema, não representando ameaça ao meio ambiente nem à saúde humana e animal.

Os nutrientes podem ser supridos por meio de fontes orgânicas (adubos verdes, esterco animal compostado, torta vegetal e cinzas) ou fontes minerais naturais (calcários, fosfatos naturais e os pós de rocha) ou, ainda,

a mistura das duas fontes (organomineral ou biofertilizante); além disso, existem no mercado produtos certificados para sistemas orgânicos.

É importante que o agricultor possua na propriedade uma pequena unidade de compostagem para aproveitar todos os resíduos de origem vegetal e animal, e transformá-los em um composto de qualidade. Uma unidade de vermicompostagem (minhocário) é também muito útil tanto para fertilização quanto para produção de mudas. Várias fontes de nutrientes podem ser utilizadas como o composto tipo bokashi (termo japonês que significa “composto orgânico”), biofertilizantes, adubos verdes e compostagens (em leira ou pilha e laminar), cujas informações estão disponíveis ao público.

Referências

- ALVES, E. A. de B. **Estabelecimento de faixa de teores adequados de nutrientes foliares em maracujazeiro amarelo, mamoeiro Formosa e coqueiro anão verde cultivados no Norte Fluminense**. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2003
- BAUMGARTNER, J. G. Nutrição e adubação. In: RUGGIERO, C. (Ed.). **Maracujá**. Ribeirão Preto: UNESP, 1987. p. 86-96.
- BORGES, A. L.; ROSA, R. C. C. Nutrição mineral, calagem e adubação. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. de (Ed.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.115-150.
- BORGES, A. L.; ROSA, R. C. C. (Ed.). **Sistema orgânico de produção do maracujazeiro para a Região da Chapada Diamantina, Bahia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018 (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 48).
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.13, p. 769-850.

CARVALHO, A. JR. C. de. **Composição mineral e produtividade do maracujazeiro amarelo em resposta a adubações nitrogenada e potássica sob lâminas de irrigação**. 1998. 109 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 1998.

CEREDA, E.; ALMEIDA, J. M. L. de; GRASSI FILHO, H. Distúrbios nutricionais em maracujá doce (*Passiflora alata* Dryand) cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 4, p. 241-244, 1991.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2016. 341 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N. de; COSTA, A. M.; MACHADO, C. de F.; JUNQUEIRA, K. P.; ARAÚJO, F. P. de; JUNGHANS, T. G. Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. de (Ed.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 15-38.

FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de; VASCONCELLOS, M. A. da S. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1329-1341, 2011.

IBGE. **Produção agrícola municipal, 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 27 out. 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: 1. Maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 160 p.

MARCHAL, J. Passiflore. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. Coord. **L'analyse végétale dans la contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales**. Paris: Technique et Documentation-Lavoisier, 1984. p. 695-700.

MARTELETO, L. O. Nutrição e adubação. In: SÃO JOSÉ, A. R.; FERREIRA, F. R.; VAZ, R. L. (Ed.). **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 125-237.

MENZEL, C. M.; HAYDON, G. E.; DOOGAN, V. J.; SIMPSON, D. R. New standart leaf nutrient concentrations for passion fruit based on seasonal phenology and leaf composition. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 2, p. 215-230, 1993.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação 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, 359 p.

ROBINSON, J. B. Fruits, Vines e Nuts. Reuter, D. J.; Robinson, J. B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. p. 120-147.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P. **Maracujá para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1996. 64 p. (Embrapa-SPI. Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

SOUSA, V. F. de. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.)**. 2000. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz - ESALQ, 2000.



capítulo 14

Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais

Everaldo Zonta
Juliano Bahiense Stefanato
Marcos Gervasio Pereira

Os adubos ou fertilizantes são compostos químicos, minerais ou orgânicos, naturais ou sintéticos, combinados ou não, que contenham um ou mais nutrientes empregados para suprir as necessidades nutricionais das plantas. Os fertilizantes, quando adicionados ao solo, nas quantidades corretas, devem promover melhorias químicas e/ou físicas e/ou biológicas e aumentar a produtividade e qualidade da colheita.

Se considerado o uso aparente de fertilizantes, o aumento da área plantada e outros fatores de produção (novas variedades, manejo, produtos com maior eficiência) nos últimos 20 anos, o uso de adubos foi o responsável por 51% do aumento da produção agrícola do país, seguido pelos outros fatores de produção (37%) e pela expansão da área de cultivo (12%), segundo estimativa dos autores.

No Brasil, a recomendação dos adubos para as culturas é feita de acordo com os manuais de calagem e adubação de cada estado e a comercialização de acordo com a Legislação Brasileira de Fertilizantes¹ vigente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que estabelece nas suas diferentes leis, decretos e instruções

¹Os profissionais da área devem necessariamente estar sempre atentos às atualizações e modificações da legislação vigente. O Mapa (<http://www.agricultura.gov.br>) mantém em sua página uma seção exclusiva de legislação (Sislegis) que é constantemente atualizada.



normativas, a classificação, garantias mínimas dos nutrientes contidos neles, tolerâncias admitidas para cada caso, teores de metais pesados admissíveis, além de dispor sobre inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura.

Um dos fatores mais importantes para a produtividade ótima das culturas é a adubação racional, eficiente e equilibrada. A adubação otimiza a produtividade dos cultivos agrícolas, porém, o uso de fertilizantes também aumenta os custos de produção. A eficiência das adubações é influenciada pelas características específicas dos adubos, pela dose, pelo método e pela forma de aplicação, e também pelas práticas de manejo e características do solo.

O solo, mesmo quando possui fertilidade natural adequada, tende a apresentar, após cultivos sucessivos, diminuição em sua capacidade de fornecimento de nutrientes e de elementos benéficos em quantidade necessária para a manutenção dos níveis de produtividade das lavouras. Para que não ocorra uma redução da disponibilidade de nutrientes no solo, devem ser adotadas medidas para a correção, a manutenção ou o aumento da sua fertilidade química, uma vez que a atividade agrícola é exportadora de nutrientes. Essas medidas são realizadas pela aplicação de corretivos e adubos orgânicos e/ou minerais no solo e de adoção de práticas de manejo que preservem seus atributos físicos, químicos e biológicos, pois somente assim pode-se manter a sua fertilidade.

Deve-se alertar que a utilização de adubos em doses exageradas pode ser prejudicial às plantas tanto pela concentração de excesso de sais, quanto pela presença de substâncias tóxicas; ademais, doses excessivas podem produzir impactos ambientais indesejados e/ou acumular substâncias incompatíveis com a qualidade dos alimentos. Algumas práticas de adubação utilizadas em alguns modelos de produção agrícola podem

se mostrar não sustentáveis, em função do possível risco de contaminação de aquíferos, mananciais hídricos e eutrofização dos ambientes aquáticos em geral. A lixiviação de íons para as camadas mais profundas do solo, naqueles com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) também é um problema que se acentua com o uso de doses elevadas de adubos, principalmente os de alta solubilidade.

Definições de acordo com a legislação atual

Um conjunto de leis, decretos e instruções normativas dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. A última alteração foi feita pelo Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014 que alterou o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que por sua vez aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (Brasil, 2004). Nestas leis é possível encontrar todas as informações para classificar um fertilizante, bem como as demais informações que se fazem necessárias para que o agricultor tenha em mãos um produto de qualidade para uso em suas lavouras.

De acordo com a legislação vigente, os fertilizantes podem ser classificados como:

- 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 organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.
- d) Fertilizante mononutriente: produto que contém um só dos macronutrientes primários.
- e) Fertilizante binário: produto que contém dois macronutrientes primários.
- f) Fertilizante ternário: produto que contém os três macronutrientes primários.
- g) Fertilizante com outros macronutrientes: produto que contém os macronutrientes secundários, isoladamente ou em misturas destes, ou ainda com outros nutrientes.
- h) Fertilizante com micronutrientes: produto que contém micronutrientes, isoladamente ou em misturas destes, ou com outros nutrientes.
- i) Fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- j) Fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais.
- k) Fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes, como é o caso por exemplo das fórmulas NPK. Estas em particular podem ser:
- Mistura de grânulos: é o fertilizante misto onde cada nutriente principal está contido em grãos separados e resultam da mistura de fertilizantes simples; e
 - Mistura granulada ou complexa: é o fertilizante misto que contém todos os nutrientes de sua fórmula no mesmo grão.

- 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, 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.
- o) 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.
- p) Fritas: produtos químicos fabricados a partir de óxidos e silicatos, tratados a alta temperatura até a sua fusão, formando um composto óxido silicatado, contendo um ou mais micronutrientes.

Em todos os casos, é obrigatório por lei que seja dada ao produtor a garantia dos teores do(s) nutriente(s) contido(s) no produto, ou seja, deve ser indicada a quantidade porcentual 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. Contudo, há uma tolerância, ou seja, desvios admissíveis entre o resultado analítico encontrado em relação às garantias registradas ou declaradas pelo fabricante. Quanto à determinação dos teores contidos nos diferentes produtos, os métodos adotados para tal, também são indicados por lei (Instrução Normativa nº 37, de 13 de outubro de

2017), que aprovou os métodos oficiais para realização de ensaios em amostras e que constam no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (Brasil, 2017).

Quanto à forma física, os fertilizantes podem ser classificados em:

- a) Pó: fertilizantes simples ou misto sendo moídos na forma de pó.
- b) Farelado: fertilizantes com grânulos desuniformes.
- c) Granulado: fertilizantes na forma de grânulos.
- d) Líquido: fertilizantes na forma líquida.

Fertilizantes minerais

Os solos brasileiros, de clima tropical, são caracterizados por apresentarem baixos teores disponíveis de nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal e elevada acidez. Assim, há necessidade de se construir a fertilidade química desses solos, mediante o uso eficiente de fertilizantes e de corretivos e de práticas agrícolas que visem preservar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, aumentando assim os teores de matéria orgânica, fundamental para a melhoria da sua fertilidade.

O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, contudo, produzindo, aproximadamente, 2% da produção mundial, o que torna o país um grande importador de fertilizantes ou de matérias-primas para seus cultivos. Dessa forma, uma vez que a maior parte dos adubos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações, boas práticas de uso dos fertilizantes tornam-se necessários para uma adubação mais racional, eficiente e equilibrada.

Diante disso, um dos motivos que causam grandes preocupações no agronegócio brasileiro é a alta dependência das importações, tanto de

matéria-prima para a fabricação de fertilizantes minerais como também de fertilizantes acabados. Quanto à produção nacional de N, P_2O_5 e K_2O , em 1983 produziram-se 68% do total utilizado, em 2006 a quantidade de fertilizantes minerais produzida foi de apenas 35%, e estimativas apontam que provavelmente em 2025 apenas 14% das necessidades desses insumos serão produzidas no Brasil. Em 2017 o Brasil produziu somente 17% dos fertilizantes minerais utilizados (International, 2017). Desse modo, é de grande importância que a eficiência de uso de nutrientes via adição de adubos ao solo seja levada em consideração, visando uma agricultura mais sustentável.

No cenário atual, no qual as áreas agricultáveis disponíveis no mundo são cada vez menores e as pressões ambientais elevadas, o Brasil surge com área agricultável disponível, assim como possibilidade de aumento da produtividade, podendo expandir de forma acentuada a produção agrícola, contribuindo de forma positiva para o fornecimento de alimentos para a população mundial.

Dentre as maneiras de tornar mais eficiente o uso de nutrientes aplicados às culturas estão as “Boas Práticas para Uso eficiente de Fertilizantes” (BPUFs) na qual se destaca a teoria dos 4Cs, onde, de maneira geral, baseia-se na utilização da fonte certa de fertilizante, na dose certa, no local certo e na época certa de maior exigência nutricional da cultura.

Fertilizantes minerais nitrogenados

Levando em consideração os elevados custos de produção agrícola, acentuado pela variação climática, principalmente em função das oscilações pluviiais, recomenda-se, em busca de maior eficiência, a utilização de produtos que apresentem maior estabilidade em relação às alterações do ambiente. Dentre os fertilizantes utilizados, as fontes nitrogenadas são as mais susceptíveis às alterações climáticas, podendo, quando

manejadas de forma inadequada, apresentarem expressivas perdas de nitrogênio (N) para o ambiente.

Os fertilizantes nitrogenados convencionais, que predominam no mercado brasileiro, contêm N na forma solúvel e prontamente disponível. Nestes fertilizantes o nutriente encontra-se principalmente na forma amoniacal, nítrica e amídica, podendo fornecer também cálcio, magnésio e enxofre (Tabela 1).

Tabela 1. Fertilizantes minerais nitrogenados e concentração dos nutrientes.

Fertilizante	N total	N amoniacal	N nítrico	N amídico	CaO	MgO	S
	%						
Amônia anidra	82	82	-	-	-	-	-
Aquamônia	16 – 21	16 – 21	-	-	-	-	-
Nitrato de amônio	37	17	17	-	-	-	-
Nitrato de cálcio	14	-	14	-	28	-	-
Nitrato de sódio	14	-	14	-	-	-	-
Nitrocálcio	22 – 27	13,5	13,5	-	7	3	-
Sulfato de amônio	20	20	-	-	-	-	24
Ureia	45	-	-	45	-	-	-

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Um ponto de preocupação com relação ao nitrogênio se relaciona ao elevado nível de dependência do produto importado, que em 2017 alcançou a marca de 85% (International, 2017).

Atualmente, a ureia, corresponde aproximadamente a 60% dos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura brasileira. Este fertilizante pode ser utilizado de diversas formas como fonte de N para as culturas. Porém, seu uso mais comum é a aplicação sob a superfície ou

incorporado ao solo. Entretanto, devido à sua alta solubilidade, a ureia pode também ser dissolvida em água e aplicada ao solo, adicionada à água de irrigação ou pulverizada sobre a folhagem das plantas.

Contudo, a ureia apresenta como grande desvantagem, expressivas perdas de N por volatilização da amônia (NH_3), pois quando aplicada ao solo, pode sofrer hidrólise por ação da enzima urease, convertendo NH_2 a NH_4^+ . Em função de consumir H^+ do meio, essa reação promove a elevação do pH do solo próximo aos grânulos de fertilizantes, o que favorece a transformação do NH_4^+ em NH_3 , uma forma gasosa passível de perda por volatilização.

Atualmente uma das alternativas utilizadas para melhorar a eficiência da ureia e reduzir as perdas de N por volatilização é o uso de produtos de liberação controlada e estabilizados, conhecidos como “fertilizantes de eficiência aumentada”. Os fertilizantes de liberação controlada consistem no revestimento da ureia com polímeros e/ou enxofre (S), no qual o N vai sendo liberado de acordo com o desenvolvimento da planta, porém estes são relativamente mais caros, uma vez que a tecnologia de revestimento requer equipamentos mais sofisticados. Quanto ao fertilizante estabilizado, tecnologia mais utilizada no Brasil, consiste no uso de aditivos juntamente à ureia que reduzem as perdas por lixiviação e especialmente por volatilização. A ureia contendo o inibidor da urease NBPT (N-butil tiofosfórico triamida), é o produto mais conhecido e utilizado.

Fertilizantes minerais fosfatados

Os solos brasileiros, localizados em região tropical, apresentam-se de maneira geral, deficientes em fósforo (P). Como a reação desse nutriente nos solos tropicais geralmente desfavorece a sua absorção pelas plantas, é de grande importância o correto manejo dos fertilizantes fosfatados. Os solos tropicais são caracterizados por apresentarem sua mineralogia dominada por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, pH ácido, baixa

saturação por bases e altos teores de alumínio, e com carga superficial elétrica variável, podendo esta ser positiva, o que torna complexo o manejo da utilização de P no solo. Esta complexidade está relacionada à fixação do P pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tornando então o nutriente indisponível para utilização pelas plantas.

Dentre as formas de fontes de P disponíveis no mercado, os fertilizantes fosfatados totalmente acidulados ocupam posição de destaque, principalmente, em função do baixo custo por unidade do nutriente presente nestes produtos. Dentre estes, pode-se destacar os superfosfatos simples e triplo, assim como o fosfato monoamônico (MAP) e o fosfato diamônico (DAP). Estes fertilizantes podem ser utilizados tanto na forma de adubos minerais simples ou misturados a outras fontes de nutrientes, como o N e o potássio (K), produto conhecido como fórmulas NPK.

Pela legislação brasileira, os teores de P no fertilizante fosfatado são expressos sob a forma de P_2O_5 (pentóxido de fósforo) sendo esta a maneira de indicar a quantidade de P no adubo. Os principais fertilizantes minerais fosfatados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Fertilizantes minerais fosfatados e concentração dos nutrientes.

Fertilizante	P_2O_5 total	P_2O_5 solução de ácido cítrico	P_2O_5 solução em água	CaO	Observação
	%				
Superfosfato simples	19 – 21	18	16	25 – 28	Solúvel em água, contém enxofre (12-14%)
Superfosfato triplo	42 – 48	40 – 44	37	17 – 23	Solúvel em água
Termofosfato	19	18	-	30	Fosfossilicatos, contém 18% de MgO
Fosfato monoamônico (MAP)	48 – 60	48 – 60	48 – 60	-	Fosfato amoniacal, contém 11% N

continua...

Tabela 2. Continuação.

Fertilizante	P_2O_5 total	P_2O_5 solução de ácido cítrico	P_2O_5 solução em água	CaO	Observação
	%				
Fosfato diamônico (DAP)	44 – 52	44 – 52	44 – 52	-	Fosfato amoniacal, contém 18% N
Fosfato de Araxá	28 – 30	5 – 6	-	42 – 45	Fosfato natural
Fosfato de Patos de Minas	24	4	-	28	Fosfato natural
Fosfato natural parcialmente acidulado	26	11	10	35	Solúvel em água, contém 17% S

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Como consequência da forte demanda de P na agricultura brasileira aliada à baixa produção de fertilizantes fosfatados, o Brasil é um grande importador de rocha fosfática e de fertilizantes fosfatados, tendo comprado, no ano de 2017, 69% de todo o P utilizado (International, 2017). Da totalidade de fosfatados utilizados na agricultura brasileira em 2017, 46% foi na forma de MAP, seguido dos superfosfatos simples e triplo, com 30% e 20%, respectivamente.

Fertilizantes minerais potássicos

Na Tabela 3 são apresentados os fertilizantes minerais potássicos utilizados e os teores dos nutrientes acompanhantes. Da mesma forma que para o P, e de acordo com a legislação pertinente, os teores de potássio (K) nos fertilizantes são expressos sob a forma de K_2O (óxido de potássio). Todos os fertilizantes minerais potássicos convencionais são totalmente solúveis em água e compatíveis de serem misturados com a maioria dos fertilizantes comerciais.

Tabela 3. Fertilizantes minerais potássicos e concentração de nutrientes.

Fertilizante	K ₂ O	CaO	MgO	S
	%			
Cloreto de potássio	58 – 62	0 – 3	0 – 3	0 – 3
Sulfato de potássio	48 – 52	0 – 2,5	0 – 2	15 – 19
Nitrato de potássio	44	-	-	-
Sulfato de potássio e magnésio	20 – 22	-	18 – 19	20 – 22

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Assim como para o N e o P, a maior parte dos fertilizantes potássicos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações. Atualmente, o Brasil importa em torno de 95% dos fertilizantes potássicos utilizados, sendo a grande maioria sob a forma de cloreto de potássio.

O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada de K, uma vez que este é o produto que apresenta a maior concentração de K₂O, além de seu processo de produção ser, em relação aos demais fertilizantes, o de menor custo.

Contudo, cuidados devem ser tomados na utilização do KCl no que se refere à dose de K₂O aplicada, especialmente no plantio, para que não cause salinidade temporária no solo. Isso ocorre, devido ao fato do KCl apresentar dentre todos os fertilizantes minerais o maior índice salino, em virtude, de conter em sua composição de 42% a 47% de cloro. Dessa forma, o sulfato de potássio é frequentemente utilizado na adubação das culturas em substituição ao KCl quando o cloro (Cl) é indesejável.

Fertilizantes minerais sulfatados

O enxofre (S) é reconhecido, junto com o N, P e K, como um nutriente de extrema importância para o desenvolvimento das culturas. Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que fazem parte

da vida da planta. Por exercerem funções similares na planta, a clorose provocada pela deficiência de N é semelhante à causada pela falta de S, a diferença ocorre em função da mobilidade dos nutrientes dentro da planta. O N por ser móvel na planta a sua deficiência ocorre primeiro nas folhas mais velhas, ao contrário, o S por ter baixa mobilidade na planta, sua deficiência ocorre primeiro nas folhas mais novas.

Pesquisas apontam que, tanto a colheita quanto a qualidade do produto são influenciadas pelo S. De acordo com Alvarez et al. (2007), de maneira geral, a quantidade requerida de S pelas plantas aproxima-se da exigência nutricional em P, podendo em algumas culturas até superá-la. Contudo, na adubação com P e com S, para que se obtenha uma adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas, devem-se aplicar doses maiores de P do que de S, principalmente em solos argilosos, uma vez que estes tendem a apresentar maior capacidade de adsorção de P.

Os fertilizantes sulfatados podem se apresentar na forma de fertilizantes simples ou compostos, com teores variáveis de S, como apresentados na Tabela 4. As fontes mais comuns de fertilizantes sulfatados simples possuem o elemento na forma de sulfato (SO_4^{-2}).

Tabela 4. Fertilizantes contendo enxofre e a concentração no nutriente.

Fertilizante	Enxofre (S)
	%
Enxofre elementar	98 – 99
Sulfato de amônio	24
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	15 – 16
Sulfato de magnésio	13 – 14
Sulfato de potássio	15 – 19
Sulfato de potássio e magnésio	20 – 22
Superfosfato simples	12 – 14

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

O sulfato de amônio é uma das melhores opções para adição de S nos programas de adubação, uma vez que o S contido neste fertilizante estará prontamente disponível para as plantas, pois se encontra na forma de sulfato. Além disto, para culturas que demandam adubação nitrogenada em cobertura, o sulfato de amônio apresenta como vantagem a pouca perda de N por volatilização, sendo uma excelente garantia de S. O superfosfato simples tem como vantagem a presença de cálcio (Ca) e S na forma de sulfato de cálcio (gesso agrícola), o que possibilita, ao longo do tempo, a melhoria das condições subsuperficiais do solo, contribuindo para a redução do alumínio tóxico, além de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento radicular.

Recentemente, tem despertado o interesse no uso do S elementar para algumas culturas. Contudo, a forma em que o S se encontra neste fertilizante não está prontamente disponível para as plantas, e sua utilização depende de sua oxidação a sulfato, que é realizada principalmente por microrganismos do solo. Entretanto, em função da sua alta concentração de S, caracteriza-se por apresentar um custo relativamente baixo, o que permite seu uso em formulações com altos teores de N, P e K (Cantarella et al., 2007).

Fertilizantes com micronutrientes

Atualmente, a agricultura brasileira tem se caracterizado pela produtividade, eficiência, rentabilidade e sustentabilidade. Neste contexto, o uso de micronutrientes nos programas de adubação para as mais variadas culturas e condições de solo e clima passou a ser recomendado com mais frequência.

Geralmente a preocupação principal dos agricultores é a manutenção e reposição dos nutrientes do solo por meio de adubações com fertilizantes contendo N, P e K. Contudo, pesquisas têm demonstrado grandes

ganhos em produtividade quando são utilizados micronutrientes nos programas de adubação para as diversas culturas. Desse modo, para sistemas de produção tecnificados a adubação do solo com micronutrientes, principalmente, zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) é uma realidade, garantindo assim maiores produtividades e melhor qualidade do produto final.

Existem no mercado inúmeros produtos contendo micronutrientes, para uso em diferentes formas de aplicação. No entanto, tais fontes diferem bastante quanto ao estado físico, reatividade química, custo e biodisponibilidade. Em geral, as fontes de micronutrientes utilizadas são as inorgânicas, quelato sintéticos e óxidos silicatados.

As fontes inorgânicas são representadas pelos sais metálicos como os sulfatos, cloretos e nitratos, que são solúveis em água, e os óxidos e os carbonatos que são insolúveis em água. No entanto, a solubilidade em água é uma característica determinante para que o adubo apresente maior eficiência agrônômica em curto prazo, especialmente para culturas de ciclo curto.

Os quelatos sintéticos são produtos formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal por meio de ligações coordenadas. Esses são geralmente muito solúveis em água, mas, diferentemente dos sais metálicos, dissociam-se pouco em solução (Lopes, 1991). Apesar de apresentarem maior eficiência agrônômica em alguns casos, os quelatos geralmente são mais caros que as fontes inorgânicas.

Os óxidos silicatados, também conhecidos como fritas ou FTE (Fritted Trace Elements) são produtos cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas. Estes por serem insolúveis em água, apresentam maior eficiência quando aplicados na forma de pó fino, a lanço com incorporação, em solos de textura mais arenosa e sujeitos a altos índices pluviais e altas taxas de lixiviação.

O comportamento dos micronutrientes no solo é influenciado por diversos fatores, tais como: textura e mineralogia do solo, matéria orgânica, pH, condições de oxirredução e interação entre os nutrientes, o que torna a dinâmica dos micronutrientes no solo complexa interferindo na sua disponibilidade para as plantas. Interações antagônicas entre os nutrientes no solo e planta podem ocorrer e são comuns, podendo ocasionar desbalanço nutricional e deficiência de micronutrientes, por exemplo, níveis elevados de Cu inibem a absorção de Zn e vice-versa.

Um dos fatores que está diretamente relacionado com a eficiência de uso dos micronutrientes é a sua forma de aplicação, na qual a fonte do micronutriente, o tipo de solo, o pH, a solubilidade, o efeito residual, a mobilidade do nutriente e a cultura devem ser considerados na tomada de decisão. Dentre os vários métodos de aplicação destacam-se a adubação via solo, incluído adubação fluida e fertirrigação; adubação foliar; o tratamento de sementes e o tratamento de mudas (Abreu et al., 2007).

Em virtude das baixas doses empregadas, a aplicação uniforme de micronutrientes nas lavouras constitui um dos grandes problemas para o manejo da adubação. Assim, uma das formas mais utilizadas de aplicação de micronutrientes na agricultura é a sua associação (incorporado ou revestido) em misturas de grânulos NPK. A principal vantagem desse produto é que os micronutrientes podem ser misturados aos fertilizantes NPK obtendo fórmulas específicas que visam atender às recomendações tanto de NPK quanto de micronutrientes. Outra opção bastante eficiente que se encontra no mercado e que melhora a uniformidade de aplicação é o revestimento de fertilizantes NPK ou até mesmo de fertilizantes minerais simples, como a ureia. Esta pode ser revestida, por exemplo, com Cu, Zn e B em diferentes concentrações, proporcionando não somente uma adubação mais eficiente de micronutrientes, mas também melhorando a eficiência de uso do N.

Para que se consiga alcançar bons resultados, o manejo da adubação com micronutrientes deve ter por parte do aplicador maior cuidado do que

em relação aos macronutrientes, principalmente devido à maior complexidade do comportamento dos micronutrientes no solo e na planta. Diante disso, a análise química do solo é a referência principal para determinar as quantidades a serem aplicadas, especialmente em áreas que nunca foram adubadas com micronutrientes. Posteriormente, as adubações complementares com micronutrientes devem ser confirmadas por meio de análise foliar. Diante disso, o conhecimento da dinâmica dos micronutrientes no solo, das técnicas de diagnose, do manejo da adubação (fontes e métodos de aplicação) e do conhecimento do efeito residual dos adubos que contêm micronutrientes é de fundamental importância para a definição de doses e intervalos de reaplicação, constituindo importantes fatores para um uso mais eficiente deste insumo.

Fórmulas NPK

Os nutrientes podem ser aplicados separadamente com o uso de fertilizantes simples ou em conjunto com misturas que constituem as fórmulas de fertilizantes. Embora possam ser produzidas fórmulas na propriedade, geralmente são utilizados produtos prontos da indústria e das misturadoras, que proporcionam boa uniformidade, especialmente em relação à granulometria dos seus componentes.

A combinação de diferentes fertilizantes minerais simples para o fornecimento de dois ou mais nutrientes, geralmente três, são, usualmente, reconhecidos pela expressão da fórmula NPK. Esta pode ser na forma de misturas de grânulos ou mistura granulada. A mistura de grânulos consiste na combinação física de diferentes fertilizantes minerais simples para serem misturados na propriedade. A mistura granulada dos diferentes nutrientes encontra-se toda nos mesmos grânulos, sendo estes prontos para uso.

Para que se possa misturar diferentes fertilizantes, atenção tem que ser dada à sua compatibilidade. A associação ou mistura de dois ou mais materiais incompatíveis entre si do ponto de vista químico, físico e

físico-químico, ocasionará deterioração de suas propriedades, podendo comprometer a qualidade, eficiência e a aplicação do produto final.

Quanto ao aspecto físico, a compatibilidade granulométrica (tamanho das partículas) dos diferentes componentes da fórmula é de grande importância para a eficiência da adubação, uma vez que, a associação de fertilizantes com granulometria variada, poderá ocasionar segregação, que consiste basicamente na separação das partículas que compõem a mistura dos fertilizantes, por ordem de tamanho. A partir da segregação ocorrerá uma distribuição irregular dos nutrientes no campo, reduzindo a eficiência da adubação, causando prejuízos ao desenvolvimento da cultura. Em relação aos aspectos químicos e físico-químicos, cuidados também devem ser tomados para não ocasionar reações químicas adversas que poderão resultar em perda de nutrientes, como a solubilidade, a salinidade, o empedramento e a higroscopicidade. A Figura 1 mostra a compatibilidade entre os principais fertilizantes e corretivos de acidez, utilizados em formulações comerciais, destinadas à aplicação no solo.

Adubos orgânicos		C Compatíveis: podem ser misturados CL Compatibilidade limitada: podem ser misturados pouco antes da aplicação ou em proporções limitadas I Incompatíveis: não podem ser misturados																						
C	Nitrato de sódio																							
C	C	Nitrato de potássio																						
C	C	C	Nitrocálcio																					
C	C	C	C	Nitrato de amônio																				
C	C	C	C	C	Sulfato de amônio																			
C	C	C	I	I	C	Ureia																		
C	C	C	C	C	C	C	Farinha de ossos																	
C	C	C	C	C	C	C	C	Fosfatos naturais																
C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	C	Superfosfato simples													
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	C	Superfosfato triplo												
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	MAP												
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	DAP									
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	Escórias															
CL	C	CL	I	I	I	I	I	C	Termofosfato															
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	Cloreto de potássio								
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	Sulfato de potássio							
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	Sulfato de potássio e magnésio						
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	Cal virgem, hidrat., calcários calcin.											
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	C	C	Calcários							

Figura 1. Compatibilidade entre fertilizantes e corretivos para obtenção de fórmulas comerciais para aplicação no solo.

Fonte: Comissão (2004).

Neste tipo de fertilizante, a composição é definida por três números, que expressam, respectivamente, as porcentagens de N, P_2O_5 e K_2O . Por exemplo, a fórmula 4-14-8 apresenta 4% de N, 14% de P_2O_5 e 8% de K_2O , ou seja, a aplicação de 100 kg dessa fórmula adicionará ao solo 4 kg de N, 14 kg de P_2O_5 e 8 kg de K_2O .

Fertilizantes orgânicos

A matéria orgânica (MO) é a fração que mais contribui para a sustentabilidade de solos altamente intemperizados como os que ocorrem no Brasil, sendo responsável por maior atividade biológica, agregação, CTC e outras características importantes. O teor de MO varia conforme o balanço entre a quantidade que entra e a quantidade que sai do solo. As principais entradas ocorrem por meio da deposição de resíduos da vegetação que se desenvolve *in situ* e por meio da adição de adubos orgânicos ou de cobertura morta, incluindo os adubos verdes. As saídas estão associadas principalmente à erosão e à decomposição da MO com consequente evolução de CO_2 via respiração microbiana.

Há alguns anos observa-se interesse crescente na utilização de adubos orgânicos pelos seus reconhecidos efeitos benéficos também na produtividade das culturas, decorrentes de melhorias dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, em que a intensidade de cada um destes efeitos varia em função do tipo de adubo, quantidade aplicada e manejo adotado.

Adubos orgânicos, quando comparados com os minerais, possuem baixos teores de nutrientes, como também podem estar desbalanceados em relação à necessidade da cultura, quando se adota uma dose que contemple o nutriente que estiver mais limitante, e consequentemente disponibilizando uma quantidade maior dos demais elementos.

Entretanto, por mais benefícios que a adubação orgânica proporcione aos solos, esses insumos devem ser recomendados de forma correta e de acordo com as características do solo e da cultura a ser implantada.

Uma das grandes vantagens do uso de adubos orgânicos é a disponibilização dos nutrientes, que ocorre de forma mais lenta e gradual, quando comparada com adubos minerais de alta solubilidade. O N e o P possuem uma liberação mais lenta dependendo da mineralização da MO, e com isso proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que por vezes favorece melhor aproveitamento pela planta. O K é disponibilizado de forma mais rápida que estes dois nutrientes, pois se encontra livre nos materiais orgânicos e sua liberação dependente apenas do rompimento da parede celular.

O uso de adubos orgânicos pressupõe necessariamente que seja feita uma determinação dos teores totais, ao menos de N, P e K, haja vista a variabilidade entre os materiais, quando provenientes de áreas, animais e manejos distintos. Na Tabela 5 consta os teores de N, P₂O₅ e K₂O de alguns adubos orgânicos e sua variabilidade.

Tabela 5. Teores e variação de C, N, P₂O₅ e K₂O e relação C:N (carbono orgânico: nitrogênio total) de alguns adubos orgânicos utilizados na agricultura.

Fertilizante orgânico ou adubo verde	C		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Relação C:N
	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	
Aguapé	202,0	50,0	1,3	0,3	0,3	0,0	1,5	0,3	161,6
Amendoim forrageiro	220,0	10,0	25,5	2,5	7,6	0,3	9,6	1,0	8,6
Bokashi	271,5	3,5	12,5	1,5	6,0	1,0	2,5	0,5	21,7
Cama de frango	337,5	57,5	33,5	1,5	38,5	0,4	8,8	4,5	10,1
Cama de poedeira	285,0	15,0	44,4	4,6	21,5	2,5	67,5	22,5	6,4
Composto de lixo	186,2	65,1	12,1	4,4	5,9	0,8	6,3	2,6	15,4

continua...

Tabela 5. Continuação.

Fertilizante orgânico ou adubo verde	C		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Relação C:N
	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	
Composto orgânico	269,0	87,0	15,1	5,3	13,5	6,2	13,7	7,9	17,9
Coquetel de espécies¹	224,5	25,5	18,7	0,7	8,0	0,9	27,1	2,1	12,0
Crotalária júncea	180,7	28,8	32,5	6,7	10,3	4,2	32,0	5,0	5,6
Esterco bovino curtido	349,8	78,1	16,7	3,5	21,0	8,7	22,4	8,7	21,0
Esterco bovino fresco	145,3	34,9	8,6	2,5	7,5	1,1	12,3	5,2	16,9
Esterco de galinha	174,7	29,5	25,1	11,0	19,4	6,5	14,1	5,3	7,0
Esterco de porco	75,5	15,5	8,8	1,8	5,8	1,2	11,1	5,1	8,6
Esterco sólido suínos	311,0	111,0	22,1	1,1	37,6	9,6	24,2	4,8	14,1
Lodo de esgoto	242,3	54,1	24,1	6,5	27,7	7,6	7,3	5,2	10,1
Milheto	75,5	15,5	3,8	0,8	1,7	0,3	4,5	0,9	20,1
Mucuna	140,0	21,6	12,7	2,1	5,3	1,2	30,7	3,9	11,1
Torta de crambe	285,5	15,5	47,0	4,0	12,0	0,0	10,0	3,0	6,1
Torta de filtro	250,5	29,5	3,8	0,8	5,8	1,2	0,9	0,2	66,8
Torta de girassol	380,0	76,3	38,4	6,1	12,4	0,4	25,0	13,6	9,9
Torta de mamona	410,8	146,2	52,0	10,4	25,6	6,2	11,7	2,9	7,9
Torta de pinhão manso	298,5	13,5	39,5	3,5	20,0	1,0	15,0	2,9	7,6
Vermicomposto	257,0	87,0	11,0	4,0	13,5	0,5	15,7	1,3	23,4
Vinhaça in natura	11,5	3,8	0,7	0,3	0,2	0,1	4,0	0,3	17,7

¹Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) + braquiária (*Urochloa* sp) + crotalária (*Crotalaria juncea*) + milheto (*Pennisetum glaucum*).

Fontes: Rajj et al. (1996), Comissão (2004), Sobral et al. (2007), Kiehl (2010), Freire et al. (2013).

O adubo orgânico de origem animal mais conhecido é o esterco, que é formado por excrementos sólidos e líquidos de animais e pode estar misturado com restos vegetais. Sua composição é muito variada. Os principais esterco utilizados na agricultura são o esterco bovino, o esterco de galinha e a cama de aviário.

O esterco bovino tem uma composição muito variável, dependendo da idade, da alimentação dos animais e do manejo empregado. No manejo exclusivamente no pasto, o teor de N do esterco é menor que aquele em que ocorre suplementação com concentrados. Também pode ocorrer a presença de sementes viáveis de plantas daninhas, bem com a presença de resíduos de herbicidas e inseticidas caso tenha havido aplicação desses agrotóxicos no pasto e/ou nos animais. Tal acontecimento pode impedir a certificação de agricultura orgânica da propriedade.

O esterco de galinha é rico em N e muitas vezes é comercializado numa mistura com o substrato utilizado como cama no galpão de produção (cama de aviário). Se comparado a outros materiais usados como adubo orgânico, possui baixa relação C:N, concentração maior de nutrientes, assim como mineralização mais rápida.

Os resíduos de biodigestores são outra classe importante de adubo orgânico. A biodigestão é bastante complexa e um elevado número de espécies de bactérias contribui de algum modo para esse processo. Durante a biodigestão, ocorre a redução da carga orgânica do resíduo. Após a produção do biogás, a biomassa deixada no interior do biodigestor sob a forma líquida, é rica em nutrientes e com grande poder de fertilização. Porém cuidado especial deve ser tomado em relação a metais pesados, que podem estar presentes em grandes concentrações no efluente e poderão estar biodisponíveis.

Os biofertilizantes são adubos orgânicos líquidos, provenientes de um processo de decomposição da MO por meio da fermentação anaeróbica,

em meio líquido. Esses são utilizados como adubo foliar, complementar à adubação orgânica do solo, fornecendo micronutrientes, principalmente. Também atua como defensivo natural por ser meio de crescimento de bactérias benéficas. Normalmente é composto de esterco, água, sais minerais (micronutrientes), outros resíduos animais, além de melaço e leite.

A vinhaça é o produto de calda na destilação do licor de fermentação do álcool de cana-de-açúcar, sendo o líquido residual. É rica em K e possui teores elevados de outros nutrientes. A recomendação mais racional da dose aplicada deve ser tomada com base no teor de K.

Uma grande quantidade de outros resíduos agroindustriais pode ser utilizada na agricultura, diretamente ou após compostagem, por exemplo, resíduos das indústrias de café solúvel, palha de café, casca de arroz, entre outros.

O lodo de estação de tratamento de efluentes (ETE) e estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI) são materiais sólidos orgânicos ou inorgânicos, removidos das águas residuais provenientes das residências, estabelecimentos comerciais e de indústrias e agroindústrias, nas estações de tratamento de esgoto. A concentração de NPK no lodo depende das contribuições recebidas pelas águas residuais, do tipo de tratamento a que foi submetido e do manejo entre a sua produção e a aplicação no solo. Pode possuir o inconveniente de ser contaminado com agentes patogênicos e metais pesados. Para este grupo, existe uma legislação específica quanto ao seu uso na agricultura.

Ainda como alternativa se tem o lixo urbano, e seu aproveitamento é feito por diversos processos em função das quantidades, recursos e intenções, utilizando técnicas desde a decomposição ao ar livre até a fermentação em digestores fechados.

Um caso particular e especial de adubo orgânico é aquele proveniente da compostagem. A técnica é uma ferramenta muito importante no

processo de gerenciamento de resíduos orgânicos, pois, quando feita corretamente, acelera a decomposição de resíduos vegetais e animais, reduz as perdas de nutrientes e intensifica o fluxo de nutrientes entre os diversos compartimentos do sistema de produção. A compostagem promove a distribuição de nutrientes para fora do ponto gerador do resíduo, especialmente dejetos animais (aviários ou confinamentos de bovinos e suínos). Seu preparo e uso são recomendados desde a antiguidade.

De acordo com Freire et al. (2013), a compostagem consiste na biodegradação de resíduos orgânicos, em um processo predominantemente aeróbio (em presença de O_2), com uma fase termofílica longa (55 °C a 70 °C), favorecido por processos de montagem de pilhas ou leiras. Os diferentes tipos de resíduos devem formar uma mistura adequada para a compostagem, principalmente quanto à relação C:N, à porosidade (que influencia o fluxo de ar) e à umidade inicial. Por isso, essas misturas podem ser feitas com diversos resíduos orgânicos disponíveis, como: restos vegetais das culturas agrícolas; esterco animal, que são fontes de nutrientes, principalmente de N; podas de árvores; e aparas de madeira, que são fontes de carbono (C) e conferem porosidade à leira de composto. As temperaturas atingidas na compostagem, o tempo do processo e a alta atividade biológica são importantes para promover a eliminação de fitopatógenos e de patógenos comuns ao homem, além de reduzir a viabilidade de sementes de plantas daninhas que estejam misturadas ao resíduo orgânico. Isso tem relação direta com a viabilidade agrônômica da utilização do adubo ou fertilizante orgânico. A duração da compostagem será determinada pelas características da matéria-prima, pela velocidade de decomposição e pelas especificações desejadas no produto final. Os períodos variam de alguns dias a alguns meses. Quanto maior o período de compostagem, maior será o grau de estabilização e de maturação do produto final; todavia, o custo do processo e as perdas de massa e nutrientes, principalmente de N, serão maiores.

Entre os adubos orgânicos, principalmente para grandes áreas, por questões de indisponibilidade de outros, estão os adubos verdes.

A adubação verde consiste no plantio de espécies que se desenvolvem antes da cultura principal ou mesmo junto a ela. Essas espécies vegetais, em determinado momento, na floração, por exemplo, podem ser roçadas ou acamadas e serem incorporadas ao solo ou apenas deixadas na sua superfície. Se incorporadas ao solo, a mineralização será mais rápida do que se deixadas sobre o solo, liberando assim os nutrientes mais rapidamente, porém como é favorecida a via da mineralização, a maior parte do carbono dessas plantas pode evoluir na forma de CO_2 . Quando utilizadas em cobertura, as vias de humificação podem ser favorecidas e com isso poderá haver aumentos significativos do C do solo.

As espécies mais utilizadas são as leguminosas; contudo, podem ser plantadas gramíneas, principalmente quando o objetivo é o aumento do teor de C do solo. Estes grupos de plantas têm diferentes taxas de mineralização e de humificação, assim como dentro de cada grupo também existem diferenças. Quando se utiliza leguminosas em monocultura ou mesmo consorciadas, tem-se como principal objetivo a fixação de N para fins de suprimento da cultura posterior, logo é imprescindível que se tenha todos os cuidados com a inoculação das sementes para fins de que estabeleça uma eficiente simbiose.

Uma alternativa altamente positiva é o uso de um coquetel de espécies (leguminosas e não leguminosas), que por terem diferentes sistemas radiculares e diferentes exigências nutricionais não exploram somente um estrato do solo e por isso aumentam a eficiência da ciclagem de nutrientes. Além disso, por possuírem diferentes relações C:N, terão taxas de mineralização e de humificação diferenciadas. E com isso consegue-se aumentar a diversidade vegetal na área e conseqüentemente dos organismos do solo e do ambiente.

A adubação verde tem ainda grandes possibilidades para a agricultura. Em pequenas propriedades, o uso de espécies fixadoras de N e outras implantadas na forma de cerca viva, delimitação de divisas, quebra-ventos,

faixas de contorno, beiras de estrada, pode constituir uma importante fonte de material vegetal para ser utilizada nas áreas de cultivo, tendo em vista que é perfeitamente possível o transporte de um local para outro, pois se tratam de pequenos espaços.

Em se tratando de adubos orgânicos, é comum que se pergunte “qual o melhor adubo orgânico?” ou, “qual adubo orgânico devo utilizar na minha área?”. A resposta é simples: deve-se utilizar o que tiver mais próximo e a um menor custo, pois na aplicação de adubos orgânicos está envolvido inclusive o custo de transporte, distribuição e aplicação, tendo em vista que a dose será na ordem de toneladas por hectare.

Quanto às doses a serem aplicadas, elas variam de acordo com o tipo de solo e seus teores de nutrientes, com a cultura, com o tipo de adubo que se está utilizando e a técnica de aplicação, bem como o custo relativo. Entretanto, existem basicamente duas formas de recomendar a dose:

- a) em função da recomendação da cultura, com base na análise química do solo, considerando a quantidade de cada nutriente que será aportado ao sistema; e
- b) doses recomendadas pela experimentação para cada cultura e região.

Com base na recomendação para a cultura a ser implantada, pode-se utilizar a expressão abaixo para se calcular a quantidade de adubo orgânico a ser aplicada, com base em cada um dos nutrientes (NPK):

$$\text{Dose (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{QNRC (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{TNAO} \times \text{EUAO}}$$

onde:

QNRC = Quantidade do nutriente recomendado para a cultura a ser implantada (kg ha⁻¹);

TNAO = Teor de nutriente no adubo orgânico (g kg^{-1}). Se a equação for utilizada para cálculo da dose em função de P e K, os teores utilizados devem estar na forma de seus respectivos óxidos (P_2O_5 e K_2O).

EUAO = Eficiência de uso do adubo orgânico. É um parâmetro de difícil estimativa, que matematicamente pode variar de zero (0) a um (1), onde zero significa que o adubo orgânico não aporta nada do nutriente e um significa que todo o nutriente contido será utilizado pela cultura. Na prática, se utiliza um valor entre 0,2 a 0,8 em que o primeiro representa uma baixa eficiência de uso do nutriente contido no adubo orgânico e 0,8 uma excelente eficiência de uso do nutriente em questão. Dessa forma, o profissional deve estimar a EUAO em função do ciclo da cultura, da intensidade da atividade biológica, da forma de aplicação, do tempo e outros fatores edafoclimáticos.

O uso de doses recomendadas pela experimentação para cada cultura e região é também uma forma importante para a indicação de fertilizantes orgânicos. Neste caso, o acúmulo de informações provenientes da pesquisa tem papel importante e podem ser seguidas por técnicos e produtores sempre que necessário.

Quanto às doses a serem aplicadas, de acordo com experiências de campo, pode-se também afirmar que elas podem ser classificadas em: baixa (até 15 t ha^{-1}); média (15 t ha^{-1} a 30 t ha^{-1}) e alta (acima de 30 t ha^{-1}) (Kiehl, 2010).

Para os adubos orgânicos com maior concentração de nutrientes, geralmente há uma tendência à aplicação de doses mais baixas, enquanto o contrário também é verdadeiro. Mas, em ambos os casos é importante observar qual a carga de nutrientes e outros elementos (inclusive e principalmente os metais pesados) estão sendo aplicados ao solo, de forma que não causem problemas ambientais.

Com relação à contaminação com metais pesados e contaminantes biológicos, os teores permitidos são estabelecidos pela Instrução Normativa SDA (Secretaria de Defesa Agropecuária) nº 27, de 5 de junho de 2006, alterada pela IN SDA nº 7, de 12 de abril de 2016, e são apresentados na Tabela 6 (Brasil, 2006).

Tabela 6. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.

Contaminante		Valor máximo admitido
Arsênio (mg kg ⁻¹)		20,0
Cádmio (mg kg ⁻¹)		3,0
Chumbo (mg kg ⁻¹)		150,0
Cromo hexavalente (mg kg ⁻¹)		2,0
Mercúrio (mg kg ⁻¹)		1,0
Níquel (mg kg ⁻¹)		70,0
Selênio (mg kg ⁻¹)		80,0
Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP g ⁻¹ de MS)		1.000,0
Ovos viáveis de helmintos – número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)		1,0
<i>Salmonella</i> sp		Ausência em 10 g de matéria seca
Materiais inertes	Vidros, plásticos, metais > 2 mm	0,5% na massa seca
	Pedras > 5 mm	5,0% na massa seca

Fonte: Brasil (2006).

Quanto às questões legais de comércio (compra e venda) de adubos orgânicos, no momento está vigente a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura nº 25, de 23 de julho de 2009, que define as normas sobre 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 (Brasil, 2009).

Fertilizantes organominerais

Fertilizantes organominerais são produtos que combinam um componente mineral com um componente de material orgânico. Para serem considerados organominerais, esses fertilizantes precisam apresentar, de acordo com a Legislação, concentrações mínimas de nutrientes e de C orgânico.

A utilização de fertilizantes organominerais é uma tecnologia que vem ganhando espaço na agricultura brasileira, uma vez que permite a reciclagem dos nutrientes contidos nos dejetos da produção de suínos e aves, por exemplo, associado ao enriquecimento de nutrientes na forma mineral. Permite, assim, produzir fórmulas comerciais específicas para cada cultura, aumentando a uniformidade nas concentrações e a disponibilidade de nutrientes, o que de certa forma influencia em menores demandas de aplicações no campo.

O mercado de fertilizantes organominerais vem crescendo a taxas superiores à dos fertilizantes minerais convencionais, e este acréscimo no uso e produção de fertilizantes de base orgânica poderá impactar diretamente na demanda externa por NPK no Brasil, podendo, de acordo com Benites (2012) chegar a até 20% em 2020. Contudo, a produção de fertilizantes organominerais na forma granulada, apropriada para utilização em misturas de fertilizantes granulados convencionais, representa hoje um dos grandes desafios tecnológicos para a ampliação do uso desses fertilizantes na agricultura brasileira.

O principal componente orgânico utilizado na produção de fertilizantes organominerais até alguns anos atrás era a turfa, de origem sedimentar. Entretanto, em função de novos conhecimentos e de novas tecnologias, atualmente vem sendo empregado diferentes fontes orgânicas, como resíduos da agroindústria (setores sucroalcooleiros), esterco de bovinos de corte e leite, de suínos e de aves que são atividades que geram grandes

quantidades de rejeitos, na qual muitos deles são considerados passivos ambientais. Essa mudança tem favorecido a substituição de fontes não renováveis por fontes renováveis no setor de fertilizantes, atendendo inclusive à Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual determina a correta destinação e tratamento dos resíduos gerados nos diferentes setores das cadeias produtivas.

Dessa forma, além do aproveitamento e da correta destinação dos resíduos, a utilização deste tipo de fertilizante melhora a estrutura do solo mediante a adição de MO, da qual os solos brasileiros são deficientes, acarretando em benefícios adicionais às plantas, por meio do aumento da eficiência de absorção dos nutrientes. Aliado à oferta de nutrientes proveniente dos resíduos ocorre uma economia significativa de nutrientes de origem mineral, o que terá efeito direto sob a redução da alta dependência externa atual que o agronegócio brasileiro possui de fertilizantes minerais.

A ausência de MO está associada a um aumento das perdas de nutrientes no solo. O aproveitamento de nutrientes pelas plantas é superior quando se utiliza fertilizantes organominerais em comparação com os fertilizantes minerais convencionais. De acordo com Laforet (2013) o aproveitamento de nutrientes provenientes de fertilizantes organominerais é de 70% para o N, superior a 50% para o P e de 80% para o K, enquanto o de fertilizantes minerais é de 50% para N, de 20% a 50% para P e de 60% para o K. A presença então de matéria orgânica no solo possibilita a diminuição das perdas de nutrientes, conseqüentemente aumentando o aproveitamento dos nutrientes por parte dos vegetais.

Os fertilizantes fosfatados dominam o setor de organominerais no país (Benites, 2012). O uso do fertilizante organomineral fosfatado influencia na disponibilidade de fósforo, pois diminui a fixação do nutriente pelos cristais de óxidos de ferro e alumínio, que interfere no bloqueio dos sítios de fixação nesses minerais. Isso resulta em maior disponibilidade de P para as plantas, além de melhorar a qualidade do solo pelo efeito condicionador da matéria orgânica.

O fertilizante organomineral se caracteriza por apresentar potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral convencional, porém sua solubilização é gradativa no decorrer do período de desenvolvimento da cultura, desse modo, sua eficiência agrônômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis. Em estudos realizados nas culturas de milho e soja, verificou-se um aumento de 20% na produção de matéria seca dessas culturas, quando se utilizou fertilizante organomineral comparativamente a uma fonte mineral (Teixeira et al., 2011).

Os fertilizantes organominerais apresentam menores perdas de nutrientes seja por lixiviação e/ou volatilização melhorando o aproveitamento pelas plantas, uma vez que o componente orgânico deste produto, seja proveniente da turfa, de dejetos animais, compostos orgânicos ou resíduos da agroindústria, ajuda a melhorar a CTC dos solos. Assim o fertilizante organomineral pode ser aplicado de uma só vez, enquanto para os fertilizantes minerais recomenda-se o fracionamento da aplicação com objetivo de reduzir perdas e aumentar eficiência de uso.

Quanto às vantagens do fertilizante organomineral, espera-se uma redução significativa das perdas de N e maior eficiência na disponibilização do P, em função da presença de grandes quantidades de ânions orgânicos nos fertilizantes organominerais.

Escolha de fertilizantes

A decisão sobre o fertilizante a ser usado na área baseia-se, inicialmente, naquele que proporciona o menor custo por unidade do nutriente aplicado ao solo, salvo alguns casos, por exemplo, em que há alguma característica técnica que impede a escolha econômica, como quando há histórico ou diagnóstico de deficiência de S. Neste caso deve-se optar necessariamente por uma fonte que contenha este elemento, mesmo que mais cara; ou nos casos de restrição de O_2 , quando não se deve optar por fontes nítricas.

A Tabela 7 apresenta o preço de alguns fertilizantes simples e complexos. Para se calcular o custo do quilo (kg) do nutriente fornecido pelo fertilizante, é suficiente a divisão do preço da unidade de comercialização do fertilizante (saco) pela quantidade de nutriente presente nele:

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \frac{\text{Preço da unidade de comercialização do fertilizante em R\$}}{\text{Peso da unidade de comercialização} \times \text{teor de nutrientes (em decimal)}}$$

Considerando os valores da ureia granulada (Tabela 7), e fazendo o uso da equação acima, tem-se:

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \frac{\text{R\$ 150,00}}{50 \text{ kg} \times 0,45}$$

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \text{R\$ 6,67 kg}^{-1} \text{ de N da ureia}$$

Tabela 7. Preços do saco (50 kg) de alguns fertilizantes minerais simples e complexos e custo do quilo (kg) do nutriente e preço equivalente. Valores obtidos em agosto de 2019.

Fertilizante	Teor do Nutriente (%)	Preço do saco (50 kg)	Preço por kg do nutriente (R\$)
Simples			
Ureia granulada	45	150,00	6,67
Sulfato de amônio	21	84,00	8,00
Superfosfato simples	20	85,00	8,50
Superfosfato triplo	46	140,00	6,09
Cloreto de potássio	60	101,90	3,40
Sulfato de potássio	50	102,00	4,08
Complexo			Preço equivalente (R\$)
MAP	11-52-00	185,00	214,52
Fórmula 4-14-8	4-14-8	87,00	76,56
Fórmula 10-10-10	10-10-10	100,00	88,88

Fonte: autores.

Para saber se é economicamente mais viável se utilizar os adubos simples ou os complexos, como fórmulas ou o MAP (Tabela 7), é necessário calcular o custo da compra da quantidade equivalente de nutrientes presentes, a partir do custo do quilo (kg) do nutriente mais barato obtido entre os fertilizantes simples.

Exemplificado para o MAP, da seguinte forma:

- a) Um saco de MAP tem 5,5 kg de N e 26 kg de P_2O_5 (50 kg x 11% de N e 50 kg x 52% de P_2O_5).
- b) Multiplica-se as quantidades de N e P_2O_5 pelo custo do kg de N e de P_2O_5 mais baratos, respetivamente, somando-se estes valores:
 - $5,5 \text{ kg} \times R\$ 6,67 \text{ kg}^{-1} \text{ de N} + 26 \text{ kg} \times R\$ 6,09 \text{ kg}^{-1} \text{ de } P_2O_5 = R\$ 36,68 + R\$ 158,34 = R\$ 195,02$
 - Entretanto, se utilizados os fertilizantes simples, seria necessário um gasto adicional com mão de obra e/ou energia para efetuar a mistura. Assim, é necessário adicionar aproximadamente mais 10% do valor dos produtos para estes custos.
 - Dessa forma: $R\$ 195,02 + 19,50 (10\%) = R\$ 214,52$

Conclui-se que é mais barato o uso do MAP (R\$ 185,00 por saco) do que o uso de adubos simples, neste caso (R\$ 214,52 equivalentes).

O mesmo cálculo deve ser feito para os demais adubos, neste caso as fórmulas (que sejam compatíveis com a(s) adubaçã(o)es de plantio e/ou cobertura). No caso dos constantes da Tabela 7, a simulação mostra que tanto para a 4-14-8 e para a 10-10-10 é economicamente mais viável o uso de adubos simples, que representam uma significativa economia em fertilizantes.

Boas práticas de uso de fertilizantes

A pressão cada vez maior sobre a agricultura nos últimos anos, no que se refere aos danos ambientais que podem ser causados pela incorreta utilização dos fertilizantes, exige que os agricultores, pesquisadores, consultores busquem práticas para melhorar a sua eficiência. Estimativas da Organização Mundial para Alimentação e Agricultura – FAO, apontam que em 2025 a população mundial será de aproximadamente 8,3 bilhões de pessoas (United, 2015). Contudo, para que se possa alimentar essa população haverá a necessidade de se produzir 4 bilhões de toneladas de grãos. Assim, para que essa meta de produção seja alcançada, a produtividade média mundial de grãos, que em 1990 era de 2,5 toneladas por hectare, deverá ser de 4,5 toneladas por hectare em 2025. Diante disso, o uso eficiente de fertilizantes será de extrema importância para que altas produtividades e produção de alimentos sejam alcançadas, aliado à redução de riscos ao ambiente.

Aplicar a fonte certa, na dose certa, no local certo e na época certa é o fundamento das Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes (BPUFs), conhecido também como manejo ou teoria dos 4Cs. Desse modo, as BPUFs têm como finalidade combinar a oferta de nutrientes às necessidades da cultura, reduzindo o potencial de perdas no campo. De maneira geral, as BPUFs são utilizadas para assegurar o desenvolvimento da planta, melhorando a rentabilidade da agricultura e ao mesmo tempo minimizando possíveis efeitos adversos ao ambiente.

A teoria dos quatro “certos” (4Cs) é uma forma simples de se avaliar se uma determinada cultura foi adubada de forma correta. Perguntar se a cultura recebeu a fonte certa de nutrientes, na dose certa, no local certo e na época certa, consiste no uso de informações específicas do local para melhor auxiliar pesquisadores, consultores e agricultores na tomada de decisão de manejo e na utilização mais eficiente dos insumos agrícolas.

O manejo adequado dos fertilizantes ocasiona não apenas incremento na produção, mas também aumento da receita líquida e, conseqüentemente, a margem do lucro do produtor, balanço adequado de nutrientes, estabilidade da produção, preservação do ecossistema, maior eficiência no uso da água e energia, tendo como conseqüência, maior eficiência de todo o sistema.

Com a implementação da prática de manejo da teoria dos 4Cs os agricultores serão capazes de maximizar os rendimentos, otimizando a eficiência dos fertilizantes ao mesmo tempo em que se reduzem os impactos ambientais.

- **Fonte certa:** consiste na combinação de fontes de fertilizantes com a necessidade da cultura e os atributos do solo. Entretanto, atenção deve ser dada às interações dos elementos e especialmente ao equilíbrio entre N, P e K e demais nutrientes, sempre de acordo com a análise química do solo e com as exigências nutricionais da cultura, uma vez que uma adubação equilibrada é uma das razões do aumento da eficiência de uso de nutrientes.

Na escolha da fonte certa devem ser levados em consideração diversos fatores tais como: condições do solo, exigência nutricional da cultura, logística relacionada à entrega de fertilizantes, preço do produto, riscos ambientais e as restrições econômicas do agricultor.

A escolha da fonte certa de nutrientes pode ter um grande impacto na eficiência de absorção pelas plantas, o que minimiza potenciais perdas para o ambiente, promovendo assim melhores condições para que os nutrientes possam ser absorvidos. Contudo, novas tecnologias de fertilizantes que melhoram a eficiência de uso dos nutrientes podem ser geradas com o uso de fertilizantes de eficiência aumentada. Estes são produtos que mantêm os nutrientes em formas disponíveis para as plantas e ao mesmo tempo os protege

dos mais variados mecanismos de perdas, tais como: fertilizantes de liberação lenta, de liberação controlada e aqueles contendo aditivos que reduzem as perdas por lixiviação do nitrato e por volatilização da amônia. Diante disso, é necessário optar por fontes de fertilizantes que são adequadas ao sistema de produção, à necessidade da cultura, aos atributos do solo e à sua capacidade de fornecimento de nutrientes.

- **Dose certa:** a definição da dose certa de nutrientes não é uma decisão simples, devido à grande variabilidade temporal e espacial da disponibilidade de nutrientes no solo e da exigência nutricional da cultura.

Consiste na combinação da quantidade de fertilizante a ser recomendada com a real necessidade da cultura, levando em consideração a análise química do solo. O uso da dose certa é primordial para se evitar perdas de nutrientes, desequilíbrio nutricional, ineficiência fisiológica com prejuízos ambientais e econômicos, quando, por exemplo, se aplica fertilizantes em doses excessivas. Por outro lado, dose deficiente, abaixo da necessidade da cultura, promoverá menores rendimentos e qualidade da cultura, além de menores quantidades de fitomassa que poderiam proteger e melhorar o solo. Portanto, somente a dose certa é capaz de promover um desenvolvimento adequado das plantas e conseqüentemente retorno econômico esperado.

Para a determinação da dose, deve-se levar em consideração a extração e a exportação de nutrientes pelas culturas, critério esse que assume grande importância para nutrientes que são absorvidos em grandes quantidades como o N, P e K, baseado sempre na análise química do solo, ou seja, na capacidade do solo em fornecer os nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas durante todo o ciclo da cultura.

- **Época certa:** consiste na disponibilização dos nutrientes para as culturas nos períodos de maior exigência nutricional e ocorre ao longo de todo o ciclo vegetativo da planta, garantido que os nutrientes aplicados não sejam perdidos para o ambiente nem complexados organicamente ou quimicamente em formas que são indisponíveis para as plantas. Assim, os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente quando sua disponibilidade é sincronizada com a exigência da cultura, as condições do solo e do ambiente, e o tipo de fertilizante.
- **Local certo:** consiste em aplicar e manter os nutrientes onde as raízes possam absorvê-los. O método de aplicação é decisivo no aumento do uso eficiente de nutrientes adicionados ao solo via aplicação de fertilizantes. Para os nutrientes de baixa mobilidade ou imóveis no solo, tais como o P e muitos dos nutrientes secundários, a aplicação do fertilizante em faixas aumenta a sua eficiência de uso, melhorando a interceptação radicular e reduzindo a velocidade com que os nutrientes se tornam indisponíveis para as plantas pelas reações químicas que ocorrem no solo.

A cultura, o sistema de cultivo e os atributos do solo determinam o melhor método de aplicação; contudo, a incorporação do fertilizante geralmente é a melhor opção para manter os nutrientes no local e conseqüentemente aumentar a sua eficiência.

O local certo se refere então à forma de aplicação do fertilizante, que pode ser a lanço, localizado, em superfície, incorporado, em pré-plantio, no plantio, em cobertura, ou ainda via foliar. Entretanto, cada forma de suprimento de fertilizantes tem sua aplicabilidade e varia em função do nutriente a ser aplicado, do fertilizante, da tecnologia de fabricação e das condições econômicas do produtor.

Os solos brasileiros, de clima tropical, são caracterizados por apresentarem baixos teores disponíveis de nutrientes essenciais para o desenvolvimento

vegetal e elevada acidez. Mesmo os solos que possuem fertilidade natural adequada tendem a apresentar, após cultivos sucessivos, diminuição em sua capacidade de fornecimento de nutrientes e de elementos benéficos em quantidade necessária para a manutenção dos níveis de produtividade das lavouras. Assim, há necessidade de se construir a fertilidade química desses solos, mediante o uso eficiente de corretivos, fertilizantes e de práticas agrícolas que visem preservar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, aumentando, portanto, os teores de matéria orgânica, fundamental para a melhoria da sua fertilidade.

O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, contudo, produzindo, aproximadamente, 2% da produção mundial, o que torna o país um grande importador de fertilizantes ou de matérias-primas para seus cultivos. Dessa forma, uma vez que a maior parte dos adubos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações, boas práticas de uso dos fertilizantes tornam-se necessárias para uma adubação mais racional, eficiente e equilibrada. No cenário atual, no qual as áreas agricultáveis disponíveis no mundo são cada vez menores e as pressões ambientais elevadas, o Brasil surge com área agricultável disponível, assim como possibilidade de aumento da produtividade, podendo expandir de forma acentuada a produção agrícola, contribuindo de forma positiva para o fornecimento de alimentos para a população mundial.

Dentre as maneiras de tornar mais eficiente o uso de nutrientes aplicados às culturas estão as “Boas Práticas para Uso eficiente de Fertilizantes” (BPUFs), em que, de maneira geral, baseia-se na utilização da fonte certa de fertilizante, na dose certa, no local certo e na época certa de maior exigência nutricional da cultura. O manejo adequado dos fertilizantes ocasiona não apenas incremento na produção, mas também aumento da receita líquida e, conseqüentemente, a margem do lucro do produtor, balanço adequado de nutrientes, estabilidade da produção, preservação do ecossistema, uso adequado da água e energia, tendo como consequência, maior eficiência de todo o sistema de produção.

Referências

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; dos SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. 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: SBCS, 2007. p. 645-736.
- ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 595-644.
- BENITES, V. M. Fontes de nutrientes e novas tecnologias em fertilizantes para a produção de soja no Brasil. IN: Congresso Brasileiro de Soja, 6., Cuiabá, 2012. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004** (com alterações do Decreto nº 8.384/2014). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/decreto-4954-2004-com-alteracoes-do-dec-8384-2014-planalto.pdf>. 2014. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 27, 05 de junho de 2006** (Alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf/view>. 2006. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 46, de 22 de novembro de 2016**. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-46-de-22-11-2016-fert-minerais-dou-7-12-16.pdf/view>. 2016. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2017. 240 p.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>. Acesso em: 7 ago. 2019.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Nitrogênio e enxofre na cultura da

cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 355-412.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. DE C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C. DOS; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. DE A.; CAMPOS, D.V.B. DE; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. v. 1. 430 p.

INTERNATIONAL Plant Nutrition Institute - IPNI. **Evolução do consume aparente de N, P e K e total de NPK no Brasil**. 2017. 9 Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>. Acesso em: 20 mai. 201

KIEHL, J. E. **Novo Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

LAFORET, M. R. C. **A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizantes organominerais: pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada**. 2013. 186 f. Dissertação (Mestrado profissional em propriedade intelectual e inovação). Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2013.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Simpósio sobre micronutrientes na agricultura**, 1988, Jaboticabal. Anais.... Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.p. 357-390.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. 300 p. (Boletim Técnico, 100).

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

TEIXEIRA, W. G. et al. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidos a adubação mineral e organomineral. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

UNITED Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: the 2014 Revision**, [s.l.]: ST/ESA/SER.A/366). 2015.





Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE 016946