

3,2	0,80 x 0,40	12.500
3,0	1,0 x 0,25; 1,0 x 0,16; 1,0 x 0,125	20.000; 31.250; 40.000
4,0	1,0 x 0,25	16.000

*Estimativa considerando-se fileiras duplas.

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2001); Donato et al. (2017a); Santos et al. (2017, 2019); Araújo et al. (2019); Lima et al. (2019); Queiroga et al. (2020).

Na Embrapa Semiárido, as pesquisas com espaçamentos compostos foram realizadas justamente com o intuito de facilitar os tratos culturais e o transporte da forragem colhida, além de ampliar o uso de tração mecanizada e possibilitar o cultivo consorciado com outras espécies vegetais. A partir desses estudos, foram recomendados os espaçamentos 3,0 m x 0,8 m x 0,4 m ou 3,2 m x 0,8 m x 0,4 m em fileiras duplas ou quádruplas (Albuquerque, 2000).

Portanto, para o cultivo da palma-forrageira, há várias possibilidades de espaçamentos e essa diversidade é importante para atender aos diferentes sistemas de produção. Um exemplo desse modelo de espaçamento é o 3,0 m x 1,0 m x 0,25 m (Donato et al., 2017a) (Figura 2).

Ilustração: Katellyn Mascimento

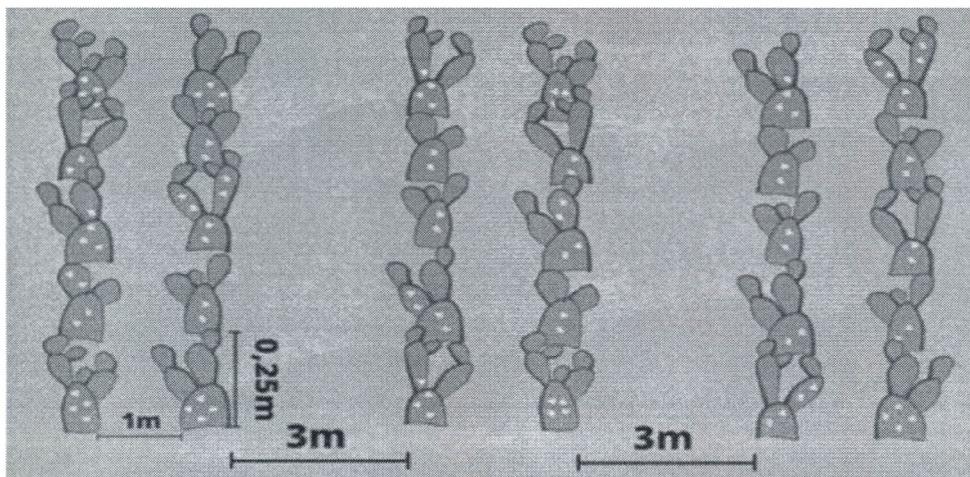


Figura 2. Exemplo de espaçamento duplo com linhas duplas espaçadas a cada 3,0 m, 1,0 m entre cada uma das linhas e 0,25 m entre as plantas.

Diversos autores indicam que o adensamento no cultivo, ou seja, o plantio com maior número de plantas na área, aumenta a produtividade (Ramos et al., 2011; Cavalcante et al., 2014; Queiroga et al., 2020). De acordo com Lima et al. (2019) e Santos et al. (2019), nem sempre o aumento na densidade de cultivo leva à maior produtividade, considerando-se que o espaçamento determina a área a ser explorada pela parte aérea e pelo sistema radicular, interferindo na disponibilidade de água, luz e nutrientes para as plantas.

Posição dos cladódios no solo

A posição do cladódio no plantio pode ser inclinada ou vertical dentro da cova ou sulco, de modo que fique com 40% a 50% de sua área enterrada, permitindo boa fixação do cladódio no solo e 50% a 60% acima, para proporcionar área de emissão de brotos e interceptação de luz.

Autores deste tópico: Alessandra Monteiro
Salviano, Anderson Ramos de Oliveira, Tadeu Vinhas
Voltolini, Sergio Guilherme de Azevedo

Nutrição mineral, calagem e adubação

Alessandra Monteiro Salviano
Vanderlise Giongo
Tony Jarbas Ferreira Cunha (in memoriam)

A palma (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.), quando colhida, é ofertada aos animais fora da área de cultivo, não permitindo a ciclagem de nutrientes, seja por meio da deposição de excretas ou pelas características da cultura. Como não há deposição de cladódios no solo, também não há formação de serrapilheira (também chamada de liteira, que é a camada formada pela deposição dos restos vegetais como folhas, caules, ramos, frutos, flores, sementes e acúmulo de material orgânico vivo em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o solo) nas áreas de cultivo, deixando o solo descoberto e reduzindo a ciclagem de nutrientes. Assim, os processos de extração de nutrientes pela colheita da palma são superiores aos de adição via ciclagem, acarretando na depleção dos teores de nutriente no solo.

Desse modo, ao longo do tempo, se os nutrientes não forem repostos, comprometerão a capacidade de suporte das áreas de cultivo, necessitando de uma agricultura itinerante e de baixa eficiência que culmina na degradação dos solos e elevação dos riscos de desertificação. Assim, para otimizar a produtividade dos cultivos de palma, o uso de estratégias que contemplem a aplicação de corretivos e fertilizantes é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Outro aspecto importante são as características da maior parte dos solos do Semiárido, arenosos e de baixa fertilidade, apresentando uma baixa capacidade de suporte para qualquer cultivo. Assim, visando à sustentabilidade e à maior resiliência do sistema de produção, é importante implementar práticas de manejo que melhorem a qualidade desses solos. Para isso, faz-se necessário um manejo adequado da fertilidade por meio do uso de calagem, gessagem e adubação adequada, tanto por meio de fertilizantes químicos quanto orgânicos, bem como de outras técnicas como adubação verde, rotação de cultura, consórcios, e etc., aumentando sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas.

Um terceiro aspecto, mas não menos importante, diz respeito à qualidade dos cladódios. O uso de fertilizantes, principalmente as fontes de fósforo e nitrogênio, quando os demais nutrientes estão em condições satisfatórias, pode aumentar a produtividade e o teor de proteína da forragem, por exemplo. Isso é muito importante, já que o desempenho animal está diretamente ligado à qualidade nutricional dos cladódios, ao teor de proteína e à digestibilidade (Iqbal et al., 2020), que, por sua vez, estão diretamente relacionados com a disponibilidade de nutrientes. Diante disso, utilizar adubos e corretivos pode ser uma estratégia viável, não somente para aumentar a produtividade, mas também a qualidade nutricional da forragem.

Gomes et al. (2018) avaliaram os efeitos da adubação combinada de nitrogênio e fósforo, e da frequência de colheita sobre a composição química de cladódios da palma-forrageira `Gigante` [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller] em dois municípios do estado do Ceará. Os pesquisadores observaram que o efeito da adubação com N e P sobre os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, matéria orgânica e carboidratos totais dos cladódios varia com o tipo de cladódio, com a frequência de colheita e com o local de plantio. Cladódios provenientes de colheita bianual apresentam maiores quantidades de massa seca, carboidratos totais e fibra em detergente neutro, mas menores teores de proteína bruta, independentemente do local de plantio. No entanto, a colheita anual melhora a qualidade nutritiva de cladódios, variando de acordo com o local de cultivo. O uso das mesmas doses e manejo de nutrientes nas duas áreas de cultivo não proporcionaram os mesmos resultados, podendo até reduzir algumas variáveis analisadas. O acúmulo e exportação de nutrientes foram diferenciados em função do local de plantio, adubação e manejo de corte. As condições edafoclimáticas modulam a resposta da planta à adubação, principalmente em regiões semiáridas. Por isso, recomenda-se que a fertilização em palma-forrageira seja planejada de acordo com o potencial produtivo, manejo da colheita, da região de cultivo e do tipo de solo, com base na necessidade nutricional e considerando-se a eficiência de recuperação de nutrientes.

Porém, até chegar ao processo de adubação, é necessário conhecer a área de plantio (características edafoclimáticas), selecionar cultivares, definir a densidade de plantas e o nível tecnológico a ser utilizado, escolher o tipo de adubação e utilizar quantidades de adubo de acordo com as necessidades nutricionais da planta e a fertilidade do solo.

Diagnose da fertilidade do solo

O manejo da adubação deve ser realizado com base na fertilidade dos solos, nas exigências nutricionais e nos padrões de acúmulo de nutrientes pela palma, de forma a disponibilizá-los na quantidade adequada e de forma sincronizada com a demanda da cultura. Para isso, precisamos realizar a diagnose da fertilidade do solo; conhecer as exigências nutricionais da palma, em função do genótipo/variedade cultivado(a) e das características do sistema de produção, como o uso ou não de irrigação, intervalo de colheita, produtividade esperada, etc.

A diagnose do solo é o estudo detalhado das condições químicas e físicas do solo que visam conhecer o seu potencial para disponibilizar nutrientes para as plantas e definir estratégias de manejo de correção e fertilização mais adequadas de modo a aumentar a eficiência de uso dos adubos, a produtividade e, conseqüentemente, a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A amostragem do solo é a primeira etapa, e também a mais crítica, para diagnose adequada da fertilidade do solo por meio da análise química. Fatores como a experiência do agricultor e o conhecimento do histórico das áreas são importantes para definir a qualidade da amostragem do solo e não comprometer a representatividade do resultado da análise química obtida, ou seja, que esse resultado represente adequadamente a área onde foi coletada a amostra. Isso garante recomendações mais eficientes, evitando-se deficiências ou excessos na aplicação de adubos que trazem prejuízos ao produtor, seja por reduzir a produtividade e a qualidade da forragem, por aumentar o custo de produção, ou por causar problemas ambientais causados, entre eles a salinização e a contaminação do solo ou dos mananciais.

Para garantir que a amostra seja representativa, o responsável pela coleta deve separar a área em diferentes glebas de acordo com diferenças em cor, textura (argiloso, arenoso, siltoso, etc.), topografia (baixada, plano, encosta e topo), uso atual (contendo vegetação remanescente ou cultivado), adubação (recebe adubação ou não, discriminando principalmente o uso de fosfato natural ou pó de rocha).

Deve-se atentar para a representatividade de sua amostra composta. A respeito de quantidade do solo, é bom saber:

- a) Uma estimativa considerando-se que a densidade do solo igual a 1,4 e a camada amostrada seja de 20 cm de profundidade, 1 ha de solo possuirá 2.800 t de solo.
- b) Uma amostra composta padrão encaminhada ao laboratório para análises físicas e químicas pesará, em média, 500 g; e a quantidade utilizada pelo laboratório não passará de 20 g.
- c) Considerar, também, que uma amostra composta poderá representar de 10 ha a 20 ha. Assim, deve-se evitar usar apenas uma amostra composta para representar áreas muito grandes, mesmo aparentemente homogêneas.

O solo apresenta, naturalmente, grande variabilidade espacial de suas características químicas e físicas, e essa variabilidade pode ser ainda maior em solos sob uso agrícola, com prática de adubação.

Amostragem do solo

O solo poderá ser amostrado em qualquer época do ano, antecedendo o plantio da palma e desde que a área não passe por um cultivo temporário entre o período da amostragem do solo e o cultivo da palma. Esses cultivos também extraem nutrientes que podem alterar a disponibilidade destes para os cultivos sucessivos, neste caso, da palma. Entretanto, cabe salientar que o que é disponibilizado para planta é a quantidade de nutrientes que está adsorvida nas argilas do solo (capacidade de troca de cátions) e migrou para a solução do solo por difusão ou fluxo de massa.

Utiliza-se como critério e bom senso, encaminhar as amostras de solo para a análise 3 meses antes da data prevista da primeira operação agrícola referente ao plantio da palma. Isso permitirá o uso de calagem, gessagem, fosfatagem para correção da acidez do solo, redução da salinidade/sodicidade e melhoria da fertilidade com a antecedência recomendada antes do plantio. É aconselhável repetir a amostragem para a análise de solo uma vez a cada ano. É importante ressaltar que o uso do histórico dos resultados das análises, associado ao registro das recomendações de adubações, da produtividade,

da qualidade da palma produzida, das precipitações anuais etc., é uma importante ferramenta para o alcance de um manejo mais eficiente das adubações.

Após subdividir a área a ser amostrada em subáreas ou glebas homogêneas, deve-se retirar uma amostra composta. Para tal, é necessário coletar, no mínimo, 15 amostras simples em vários pontos do terreno nas camadas de 0-20 cm (Figura 1) e 20 cm-40 cm, colocando o solo em recipiente (balde de plástico) limpo. Em seguida, misturar bem todo o solo coletado e, dessa mistura homogeneizada, retira-se, aproximadamente, 0,5 kg de solo, para acondicioná-lo num saco de plástico limpo ou numa caixinha de papelão, que representará a amostra composta.

A fase de identificação é tão importante quanto a coleta para evitar erros de diagnóstico e recomendação.

Ilustração: Katellyn Nascimento

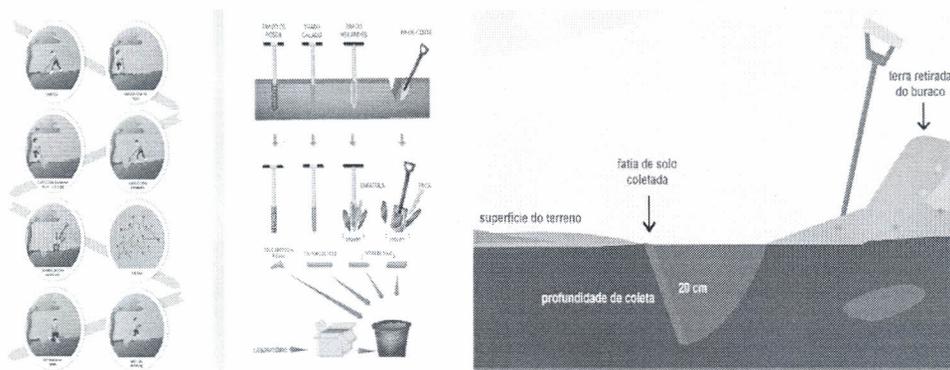


Figura 1. Representação da forma de coleta do solo.

As amostras podem ser coletadas com trado (Figura 2), com cano galvanizado de 1 ou 3/4 de polegada, ou ainda com enxadeco e pá reta. No caso de usar o enxadeco, a amostra deve ser coletada na fatia de 0-20 cm de profundidade. Dispositivos automatizados de coleta também já são encontrados. Quando se utiliza o cano galvanizado, o uso da marreta auxilia na sua introdução no solo.

Ilustração: Katellyn Nascimento



Figura 2. Ferramentas para a coleta manual de amostras de solo.

Interpretação de análises químicas do solo

Com os resultados das análises químicas do solo, é necessário interpretá-las para avaliar os desvios de fertilidade existentes e para a tomada de decisão em relação ao manejo a ser recomendado, como correção de salinidade, acidez e deficiências de nutrientes. Para isso utilizam-se tabelas com classes de interpretação da fertilidade do solo (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Apesar de essas tabelas não terem sido elaboradas para as condições específicas de cada estado ou região, abrangem extenso banco de dados com solos de diferentes classes e granulometrias, sendo amplamente utilizadas devido à deficiência na disponibilidade de informações para outras regiões.

Tabela 1. Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH)⁽¹⁾.

Classificação química						
Acidez muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez Fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	> 7,8
Classificação agrônômica ⁽²⁾						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0		

⁽¹⁾pH em H₂O, relação 1:2,5, TFSA: H₂O; ⁽²⁾ a qualificação indica adequado (bom) ou inadequado (muito baixo e baixo ou alto e muito alto).

Fonte: Alvarez V et al. (1999).

Tabela 2. Classes de interpretação da fertilidade do solo.

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ⁽¹⁾	Bom	Muito bom
Carbono orgânico (CO) ⁽²⁾	g/kg	≤ 4,0	4,1-11,6	11,7-23,2	23,3-40,6	> 40,6
Matéria orgânica (MO) ⁽³⁾	g/kg	≤ 7,0	7,1-20,0	20,1-40,0	40,1-70,0	> 70,0
Cálcio trocável ⁽⁴⁾	cmol _c /dm ³	≤ 0,40	0,41-1,20	1,21-2,40	2,41-4,00	> 4,00
Magnésio trocável ⁽⁴⁾	cmol _c / dm ³	≤ 0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	> 1,50
Acidez trocável ⁽⁴⁾	cmol _c /dm ³	≤ 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00 ¹¹	> 2,00 ¹¹
Soma de bases (SB) ⁽⁵⁾	cmol _c / dm ³	≤ 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	> 6,00
Acidez potencial (H+Al) ⁽⁶⁾	cmol _c /dm ³	≤ 1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00 ¹¹	> 9,00 ¹¹
CTC efetiva (t) ⁽⁷⁾	cmol _c /dm ³	≤ 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) ⁽⁸⁾	cmol _c /dm ³	≤ 1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,00	> 15,00
Saturação por Al ³⁺ (m) ⁽⁹⁾	%	≤ 15	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0 ¹¹	> 75,0 ¹¹
Saturação por bases (V) ⁽¹⁰⁾	%	≤ 20	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	> 80,0

⁽¹⁾O limite superior dessa classe indica o nível crítico; ⁽²⁾método Walkley & Black; ⁽³⁾MO = 1,724 x C.O; ⁽⁴⁾ extrator KCl 1 mol/L; ⁽⁵⁾ SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; ⁽⁶⁾ extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L, pH 7; ⁽⁷⁾ t = SB + Al³⁺; ⁽⁸⁾ T = SB + (H + Al); ⁽⁹⁾ m = 100 Al³⁺/t; ⁽¹⁰⁾ V = 100 SB/T; ⁽¹¹⁾ a interpretação dessas características nessas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Fonte: Alvarez V et al. (1999).

Tabela 3. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo e para o potássio.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Argila (%)	⁽¹⁾ Fósforo (P) (mg/dm ³)				
60-100	≤ 2,7	2,8-5,4	5,5-8,0	8,1-12,0	> 12,0
35-60	≤ 4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15-35	≤ 6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0-15	≤ 10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45
Potássio (K) disponível (mg/dm ³)					

≤ 15 16-40 41-70 71-120 > 120

(1) Extrator Mehlich-1. Para transformar mg/dm³ de K em cmol_c/dm³ dividir por 390.

Fonte: adaptado de Alvarez V et al. (1999).

Tabela 4. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ⁽¹⁾	Bom	Muito bom
		-----mg/dm ³ -----			
Zinco (Zn) ²	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Manganês (Mn) ²	≤ 2	3-5	6-8	9-12	> 12
Ferro (Fe) ²	≤ 8	9-18	19-30	31-45	> 45
Cobre (Cu) ²	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
Boro (B) ³	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

(1)O limite superior desta classe indica o nível crítico; (2)método de extração: Mehlich-1; (3)método de extração: água quente.
Fonte: Adaptado de Alvarez V et al. (1999).

A partir dessa interpretação pode-se decidir sobre a adubação. Os teores classificados como médios nas tabelas são considerados como nível crítico (NC) do nutriente no solo, ou seja, o teor disponível necessário para a obtenção da produção de máxima eficiência econômica, considerando-se que não existam outros fatores limitantes da produção. Assim, quanto menores esses teores no solo, maiores as doses a serem aplicadas e maior a probabilidade de resposta das culturas à adubação. No entanto, em teores mais elevados, maiores que o nível crítico, a resposta à adubação, em produtividade, é menor, reduzindo também a eficiência econômica dessa prática (Tabela 5).

Tabela 5. Probabilidade de resposta à aplicação de fósforo (P) e potássio (K) no sulco.

Classe de interpretação da fertilidade para teores de P e K	Probabilidade de resposta à adubação para P e K (%)
Baixo	95-100
Médio	65-95
Alto	30-65
Muito alto	10-30

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (1998).

Além da redução no retorno econômico, a aplicação de doses elevadas de adubos, quando a fertilidade do solo está elevada (altos teores de nutrientes no solo) aumenta os riscos de salinização, perdas por lixiviação (principalmente em solos arenosos) e, conseqüentemente, contaminação do solo e da água.

Vale ressaltar que a interpretação dessas classes deve ser feita levando-se em consideração, também, a cultura de interesse e, se possível, as variedades cultivadas, devido à grande variabilidade em exigências nutricionais e tolerância à fatores adversos do solo, como salinidade, acidez, alcalinidade, alagamento, e etc. Essa relação será apresentada mais especificamente para a cultura da palma no item relacionado à nutrição e à adubação. Quando os teores estão classificados como "muito bom", pode-se usar como estratégia de adubação a reposição das quantidades extraídas pela cultura durante o ciclo de produção. Essa estratégia também será discutida no item que tratará da demanda nutricional.

Outra informação importante que deve ser avaliada durante a diagnose da fertilidade do solo é a ocorrência de salinidade. Apesar de o sódio (Na) ser considerado como um nutriente benéfico para as plantas CAM (Broadley et al., 2012), seus teores elevados no solo, bem como a condutividade elétrica muito elevada, podem prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas e causar desordens fisiológicas devido à sua toxicidade, bem como desequilíbrios nutricionais.

Assim, deve-se avaliar a necessidade de utilizar estratégias de manejo para reduzir a salinidade e a sodicidade, entre elas o uso de corretivos do solo e de genótipos de palma mais tolerantes à salinidade.

Nesse sentido, Freire (2012), avaliou a resposta de 20 clones de palma ao estresse salino e, observou que os genótipos apresentam diferentes graus de adaptação às condições de salinidade da água e do solo. Segundo a autora, o clone Liso forrageiro apresentou a melhor tolerância (ciclo mais longo), enquanto Chile Fruit e Copena-V1 apresentaram menor tolerância entre os clones avaliados (baixo desenvolvimento radicular), quando irrigados com água salina (CE=3,6 dS/m). As maiores produtividades foram alcançadas pela 'Orelha de Elefante Africana', 'IPA Clone 20' e 'Orelha de Elefante Mexicana'. Assim, em caso de salinidade do solo ou da água de suplementação, o uso desses genótipos, ou de outros identificados como tolerantes, deve ser considerado pelos produtores. Na Tabela 6 pode-se observar as classes de interpretação para a salinidade do solo.

Tabela 6. Classes de interpretação para salinidade do solo.

Classificação	Característica*
Solos normais	CE ¹ < 2 dS/m PST ² < 15% pH < 8,5
Solos salinos	CE > 2 dS/m PST < 15% pH < 8,5
Solos sódicos	CE < 2 dS/m PST > 15% pH > 8,5
Solos salino sódicos	CE > 4 dS/m PST > 15% pH < 8,5
Não sódico	PST <7
Ligeiramente sódico	7-10
Medianamente sódico	11-20
Fortemente sódico	21-30
Excessivamente sódicos	>30
pH	
<7	Quanto menor o pH maior a quantidade de H ⁺ na solução do solo
<7,5	Não contém carbonatos
<8,5	PST pode ser >15% ou < 15%
>8,5	PST quase sempre > 15% e presença de carbonatos formados com cálcio, magnésio e sódio, entre outros.

*Proposto por Bohn et al. (1985). ⁽¹⁾CE: condutividade elétrica; ⁽²⁾PST: porcentagem de saturação por sódio.

Fonte: Adaptado de Queiroz et al. (2010).

Dependendo da composição granulométrica do solo e do tipo de argila presente, os efeitos do sódio na dispersão da argila e na desagregação do solo podem ocorrer em valores bem mais baixos de PST (<15%). Solos mais argilosos e com a presença de argilas expansivas (presentes em solos expansivos, que racham quando secos) são mais suscetíveis ao efeito do sódio na dispersão. Além do tipo de solo, para avaliação dos riscos da sodificação (excesso de sódio no solo, representado pelo aumento da PST) e salinização (excesso de sais, mas sem predominância de sódio, representado pela CE), também devem ser levados em consideração o local na paisagem onde o solo está localizado e o manejo utilizado. Locais mais baixos na paisagem ou com deficiência de drenagem tendem a acumular mais sais. Sistemas de produção com grande adição de fertilizantes são mais propensos à salinização, sendo necessário o monitoramento dessas áreas.

A seguir são apresentadas as faixas de suficiência e níveis críticos para os atributos químicos do solo em função da produtividade da palma cultivada em ambiente semiárido (Tabela 7). No entanto, ressalta-se que, apesar do avanço, e da Tabela 7 foi elaborada para condições edafoclimáticas específicas (solo de textura média, com adubação orgânica, condições climáticas do município de Guanambi, BA) e considerando-se as exigências nutricionais e o potencial produtivo da variedade Gigante.

Mais detalhes sobre a metodologia utilizada para a elaboração da Tabela 7 podem ser observados no rodapé dessa tabela e em Donato et al. (2017b). Assim, elas devem ser usadas com cautela em outras

condições de cultivo, fazendo-se as calibrações necessárias para condições diferentes, principalmente no que concerne aos solos de textura mais fina e, principalmente, com argila de alta atividade como os Vertissolos, por exemplo, e sob regime pluviométrico diferente.

Tabela 7. Faixas de suficiência (FS) e níveis críticos de atributos (NCRiz) químicos do solo na profundidade de 0-20 cm e classes de produtividade de matéria seca (MS), para palma-forrageira `Gigante` [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller] cultivada no Semiárido baiano.

Classe ⁽¹⁾	MS	pH	MO	P	K	Ca	Mg
	t/ha por ciclo	H ₂ O	g/kg	-----mg/dm ³ -----	-----mg/dm ³ -----	-----cmol _c /dm ³ -----	
Muito baixa	< 17,0	< 5,3	< 10,0	< 10	< 60,0	< 1,6	< 0,6
Baixa	17,0 - 21,8	5,3 - 5,6	10,0 - 13,0	10 - 22,0	60,0 - 100,0	1,6 - 2,0	0,6 - 1,0
Média (suficiente)	21,8 - 31,2	5,6 - 6,3	13,0 - 20,0	22,0 - 48,0	100 - 180	2,0 - 3,0	1,0 - 1,6
Boa (alta)	31,2 - 36,0	6,3 - 6,7	20,0 - 23,0	48,0 - 60,0	180 - 220	3,0 - 4,0	1,6 - 2,0
Muito boa (muito alta)	≥ 36,0	≥ 6,7	≥ 23,0	≥ 60,0	≥ 220	≥ 4,0	≥ 2,0
⁽²⁾ NCRiz	23,75	6	13,8	21,7	101,4	2,2	1
Classe	H+Al	SB	T	T	V	P-rem	CE
	-----cmol _c /dm ³ -----				%	mg/L	dS/m
Muito baixa	<1,0	<2,5	<2,5	<4,1	<52,4	<39,8	<0,3
Baixa	1,0 - 1,4	2,5 - 3,3	2,5 - 3,3	4,1 - 4,9	52,4 - 61,1	39,8 - 41,7	0,3 - 0,4
Média (suficiente)	1,4 - 2,0	3,3 - 4,8	3,3 - 4,8	4,9 - 6,6	61,1 - 78,5	41,7 - 45,6	0,4 - 0,7
Boa (alta)	2,0 - 2,3	4,8 - 5,6	4,8 - 5,6	6,6 - 7,4	78,5 - 87,2	45,6 - 47,6	0,7 - 0,8
Muito boa (muito alta)	≥ 2,3	≥ 5,6	≥ 5,6	≥ 7,4	≥ 87,2	≥ 47,6	≥ 0,8
⁽²⁾ NCRiz	1,5	3,7	3,7	5,7	67,4	40,8	0,4

⁽¹⁾Classes estabelecidas a partir de dados de ensaio experimental com palma-forrageira `Gigante` submetida a diferentes doses de adubação orgânica, cultivada em solo de textura média, classe franco-argilo-arenosa. Para transformar mg/dm³ de K em cmol_c/dm³ dividir por 390. ⁽²⁾Maia et al. (2001).
 MO – matéria orgânica; H+Al – Acidez potencial; SB – Soma de bases; t- Capacidade de troca catiônica efetiva do solo; T – Capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; V- Saturação por bases; P-rem – Fósforo remanescente, concentração de P na solução de equilíbrio após agitar durante 1 hora a terra fina seca ao ar (TFSA) com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10; CE – Condutividade elétrica dos solos. NCRiz – Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida.
 Fonte: Adaptado de Donato et al. (2017b).

Estratégias de recomendação de adubação

A diagnose da fertilidade é muito importante, considerando-se a manutenção de produtividades elevadas e a qualidade da forragem produzida. A palma é uma cultura exigente, pois absorve grandes quantidades de nutrientes; assim a reposição desses nutrientes é importante para a manutenção da qualidade do solo sob cultivo.

O uso de calagem e/ou gesso como estratégia para aumentar a saturação por bases e reduzir problemas relacionadas à salinidade, inclusive em camadas mais profundas do solo, antes da implantação da área, e de adubação fosfatada em fundação, são estratégias importantes para a correção de desvios da fertilidade.

Quando, ao longo dos anos e com manejo adequado de adubação orgânica e química, os teores nos solos são elevados a níveis considerados muito bons, pode-se trabalhar com a reposição de nutrientes

pelos dados de extração pela cultura ou, melhor ainda, quando se têm as informações específicas para a variedade cultivada.

Diagnose nutricional das plantas

A análise do solo indica a disponibilidade de nutrientes presentes no solo e que potencialmente podem ser absorvidos pelas plantas. Já a análise foliar, de acordo com a Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (1998), pode ser usada para confirmar a diagnose feita por sintomas visuais, avaliar o estado nutricional da planta mostrando possíveis ocorrências de deficiências e excessos de nutrientes, antes mesmo que eles sejam expressos em sintomas visuais (fome escondida), localizar áreas ou manchas de solo onde ocorre a deficiência de um ou mais nutrientes, determinar se os nutrientes aplicados foram absorvidos pela planta, entender sobre a interação entre os diferentes nutrientes (quando o excesso na aplicação de um reduz a absorção do outro, por exemplo), estudar o funcionamento interno dos nutrientes, bem como sugerir testes adicionais ou estudos para identificar possíveis problemas na produção (quantidade e qualidade). Quando a cultura apresenta sintomas de deficiência ou de excesso de nutrientes, a produtividade e a qualidade da forragem já podem ter sido comprometidas. A partir do uso dessas ferramentas em conjunto é possível traçar um programa de adubação mais eficiente, principalmente para plantas de ciclo mais longo como a palma-forrageira.

Donato et al. (2017b) destacam que a análise química dos cladódios para ajustes de adubação é mais recomendada e deve ser de uso mais frequente que a análise de solo, principalmente por seu uso permitir avaliar, também, sua qualidade nutricional. Na Tabela 8 pode-se observar as classes de interpretação estabelecidas por Donato et al. (2017b) para a interpretação do estado nutricional da palma-forrageira `Gigante`.

Tabela 8. Teores de proteína bruta (PB), macros e micronutrientes nos cladódios de palma-forrageira `Gigante` associados à produtividade de matéria seca (MS) cultivada em solo textura média, sob diferentes doses de adubação orgânica no Semiárido baiano.

Classe ⁽¹⁾	MS (t/ha por ciclo)	PB	g/kg ⁻¹					S
			N	P	K	Ca	Mg	
Deficiente	< 17,0	< 80,3	< 10,0	< 0,6	< 25,3	< 18,3	< 7,0	< 0,7
Marginal	17,0 - 21,8	80,3 - 95,1	10,0 - 12,9	0,6 - 0,9	25,2 - 31,6	18,3 - 23,2	7,0 - 9,5	0,7 - 1,0
Suficiente	21,8 - 31,2	95,1 - 124,8	13,0 - 18,9	1,0 - 1,7	31,6 - 44,1	23,2 - 32,8	9,5 - 14,3	1,1 - 1,9
Bom	31,2 - 36,0	124,8 - 139,7	19,0 - 21,9	1,8 - 2,1	44,1 - 50,4	32,8 - 37,6	14,3 - 16,7	2,0 - 2,3
Muito bom	≥ 36,0	≥ 139,7	≥ 22,0	≥ 2,2	≥ 50,4	≥ 37,6	≥ 16,7	≥ 2,3
⁽²⁾ NCRIz	23,75	111,1	14,4	1,0	31,9	24,6	10,2	1,1
Classe	MS (t/ha por ciclo)	B	mg/kg ⁻¹					Na
			Cu	Fe	Mn	Zn		
Deficiente	< 17,0	< 17,1	< 1,1	< 28,4	< 136,0	< 15,0	< 16,6	
Marginal	17,0 - 21,8	17,1 - 22,3	1,1 - 2,0	28,4 - 61,1	136,0 - 260,0	15,0 - 30,6	16,6 - 29,8	
Suficiente	21,8 - 31,2	22,3 - 32,7	2,0 - 3,7	61,1 - 126,6	260,0 - 507,7	34,5 - 57,8	29,8 - 56,2	
Bom	31,2 - 36,0	32,7 - 37,8	3,7 - 4,5	126,6 - 159,3	507,7 - 631,6	57,8 - 69,5	56,2 - 69,3	
Muito bom	≥ 36,0	≥ 37,8	≥ 4,5	≥ 159,3	≥ 631,6	≥ 69,5	≥ 69,3	
⁽²⁾ NCRIz	23,75	23,7	1,6	62	111	30,3	19,4	

⁽¹⁾ Classes estabelecidas a partir de dados de ensaio experimental: no qual utilizaram 30 t/ha, 60 t/ha e 90 t/ha por ciclo, de esterco bovino, em 72 parcelas, foram definidos os valores dos teores de PB e macronutrientes nos tecidos dos cladódios associados à produtividade de MS, para avaliação do estado nutricional da palma forrageira `Gigante` pela técnica da faixa de suficiência (FS) e nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida (NCRIz). ⁽²⁾ Maia et al. (2001).

Fonte: Adaptado de Donato et al. (2017b).

De acordo com Donato et al. (2017b), na amostragem dos cladódios para a análise química devem ser escolhidos os recém-maduros, da posição mediana da planta, evitando-se a retirada daqueles jovens (topo da planta) ou muito lignificados (parte mais baixa). Assim como para a amostragem de solo, a área deve ser estratificada em partes homogêneas, considerando-se cor, textura e topografia do solo, variedade e características do manejo cultural, coletando-se de 10 a 20 amostras simples para cada amostra composta, que deverá ter em torno de 250 g a 500 g de material verde. Essa quantidade é essencial para garantir o volume de amostra seca necessário para a análise no laboratório.

A coleta das amostras se dá pelo uso de uma serra-copo adaptada a uma furadeira, retirando-se uma fatia circular e uniforme do cladódio escolhido. Mais detalhes da metodologia de construção das tabelas e ilustrações do esquema de amostragem podem ser consultados em Donato et al. (2017b).

Exigências nutricionais

As exigências nutricionais da palma correspondem às quantidades de nutrientes necessárias para a planta completar os ciclos vegetativo e reprodutivo. Entretanto, o potencial produtivo máximo varia de acordo com os genótipos e se expressa em condições ideais, nas quais água e nutrientes não são limitantes, além de outros estresses bióticos ou abióticos.

Assim, para o alcance de produtividades elevadas, o produtor precisa realizar o manejo adequado da fertilidade do solo, visando atender às necessidades nutricionais da palma. Para isso, é necessário entender as diferenças entre os conceitos de extração e exportação de nutrientes. A extração ou absorção de nutrientes refere-se à quantidade de um nutriente que a palma necessita retirar do solo para produzir uma tonelada de forragem. Já a exportação refere-se às quantidades de nutrientes retiradas da área a cada corte da forragem. Em plantas graníferas e frutíferas, a extração e exportação são diferentes; nas forragens são semelhantes, mas dependerá do tipo de corte realizado.

A seguir são apresentadas as extrações de nutrientes e recomendações de adubações de acordo com estudos realizados considerando-se cultivares/genótipos, densidade populacional e estimativa de produtividade (Tabelas 9, 10 e 11).

Tabela 9. Exportação de macronutrientes (kg/t de MS produzida) e micronutrientes (g/t de MS produzida) em seis genótipos de palma-forrageira cultivadas em ambiente semiárido, Petrolina, PE.

Nutriente	Genótipo					
	Gigante	IPA	Língua de Vaca	Orelha de Elefante Mexicana	Orelha de Elefante Africana	Redonda
N	8,3	7,0	9,6	5,6	10,9	7,3
P-P ₂ O ₅	3,0	3,4	3,4	1,6	3,2	3,0
K-K ₂ O	29,9	32,9	32,5	26,4	33,1	35,9
Ca	16,2	21,3	14,8	24,4	18,2	17,1
Mg	3,5	3,6	3,9	3,6	2,8	3,5
S	2,4	1,9	2,7	1,9	2,3	1,8
B	36,3	31,7	40,2	42,5	40,5	25,4
Cu	4,8	5	4,7	8,7	5,1	4,5
Fe	63,6	84,5	103,7	94,6	96,4	101,2
Mn	57,5	54,4	57,9	133,7	137,4	47,6
Zn	52,7	52,1	44,0	20,5	59,1	54,2

Espaçamento: 1,0 m x 1,0 m e intervalo de corte de 24 meses.

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2020a, 2020b).

Independente do genótipo, os macronutrientes mais acumulados foram o nitrogênio (N), potássio (K) e cálcio (Ca) (Tabela 9). No entanto foram observadas duas sequências de acúmulo: Ca>K>N, para os genótipos IPA e Língua de Vaca e K>Ca>N, para os genótipos Gigante, Orelha de Elefante Mexicana, Orelha de Elefante e Redonda.

Todos os genótipos apresentaram a mesma sequência de acúmulo de magnésio, enxofre e fósforo (Mg>S>P).

As quantidades extraídas de nutrientes (Tabela 9), principalmente N, são menores que os observados por Silva et al. (2016), devido à baixa utilização de insumos na área onde foram coletados os dados.

Silva et al. (2016), avaliando a extração e a exportação de nutrientes e produção de matéria seca na palma-forrageira `Gigante`, cultivada em diferentes espaçamentos, adubações e colhida aos 620 dias após o plantio (Tabela 10) observaram que, de um modo geral, alguns nutrientes são requeridos em maior proporção que outros e estabeleceram a seguinte ordem decrescente de macronutrientes e micronutrientes extraídos: K>Ca>N>Mg>S>P>Mn>Zn> Fe>Na>B >Cu (Tabela 9). Não houve interação entre adubação e espaçamentos, mas as adubações elevaram as extrações principalmente de N, P e S, no espaçamento 1 m x 0,50 m e aumentaram a produção de matéria seca. Além disso, considerando-se o balanço entre as quantidades de nutrientes fornecidas pelas adubações e as extraídas pela palma, os pesquisadores observaram um deficit, indicando que as doses aplicadas não são suficientes para que a planta expresse seu potencial de produção.

Assim, com o cultivo contínuo, é provável que as reservas de solo diminuam e comprometam ainda mais a produtividade e a longevidade da cultura, exigindo doses maiores para a plena produção.

Tabela 10. Extração/exportação média (kg/t de MS produzida) de macros e micronutrientes (g/t de MS produzida) da palma forrageira cultivar Gigante (620 dias após o plantio) sob diferentes fertilizações químicas e espaçamentos.

Nutriente	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha ao ano)				Média
	000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
N	11,8	15,3	25,7	27,2	20,0
P-P ₂ O ₅	1,9	3,0	3,1	3,3	2,8
K-K ₂ O	31,2	31,8	30,5	39,9	33,3
S	1,1	2,1	6,6	6,6	4,1
Ca	29,2	33,2	28,4	31,3	30,5
B	25,0	25,0	24,3	28,3	25,6
Cu	4,6	4,6	5,9	6,6	5,4
Fe	44,7	55,9	53,2	61,1	53,7
Mn	1.069,5	730,9	1.997,6	2.442,6	1.560,1
Zn	64,4	64,4	81,5	80,9	72,8
Na	47,3	41,4	34,2	40,1	40,8
Produtividade (t/ha)	15,2	16,8	17,6	18,9	17,1

População de 20 mil plantas por hectare com espaçamentos de 1,0 m x 0,5 m; 2,0 m x 0,25 m.
Fonte: Adaptado de Silva et al. (2016).

Vale destacar que as quantidades de manganês (Mn) extraídas (Tabela 10) estão bem mais elevadas que as observadas em outros trabalhos, principalmente nos tratamentos onde se aplicou o sulfato de amônio como fonte de N por seu potencial de reduzir o pH do solo, aumentando a disponibilidade de alguns micronutrientes. O uso da fertilização mineral não foi tão efetivo quanto à elevação da produtividade, provavelmente por dois motivos: por não ter sido suficiente para que a planta demonstre seu potencial e pelo desbalanço nutricional, já que outros nutrientes não foram fornecidos, limitando a produtividade e por efeito de toxidez de Mn. Na Tabela 11, são apresentadas as quantidades de nutrientes acumulados na palma-forrageira considerando-se a alta produtividade (27 t/ha de MS) e baixa produtividade (15 t/ha de MS).

Tabela 11. Quantidade de nutrientes acumulados em cladódios de alta produtividade (27 t/ha de MS) e baixa produtividade (15 t/ha de MS) para palma-forrageira `Gigante` cultivada em condições semiáridas sob fertilização orgânica no estado da Bahia.

Produtividade esperada	N	P-P ₂ O ₅	K-K ₂ O	S	Ca	Mg
	-----kg/t-----					

$NC = [2 \times Al] + [3 - (Ca + Mg)]$, sendo:

NC = necessidade de calagem, t/ha, na camada de 0-20 cm de profundidade;

Al = teor de alumínio trocável do solo;

Ca = teor de cálcio trocável do solo;

Mg = teor de magnésio trocável do solo.

No manual *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco* (Cavalcanti, 1998), o método recomendado para cálculo da necessidade de calagem para palma é:

$NC = f \times [2 - (Ca + Mg)]$.

Em que: $f = 1,5; 2,0$ e $2,5$ para solos com teores de argila $<15\%$, de 15% a 35% e $>35\%$.

Nesse método, a quantidade de corretivo é a necessária para se obter a máxima eficiência econômica do cultivo de palma por meio das quantidades adequadas de Ca e Mg no solo, sem perder de vista o valor adequado de pH, no qual a disponibilidade de macro e micronutrientes está adequada ao desenvolvimento da planta, conforme pode ser observado na Figura 3.

Ilustração: Gabriela Yane Lima

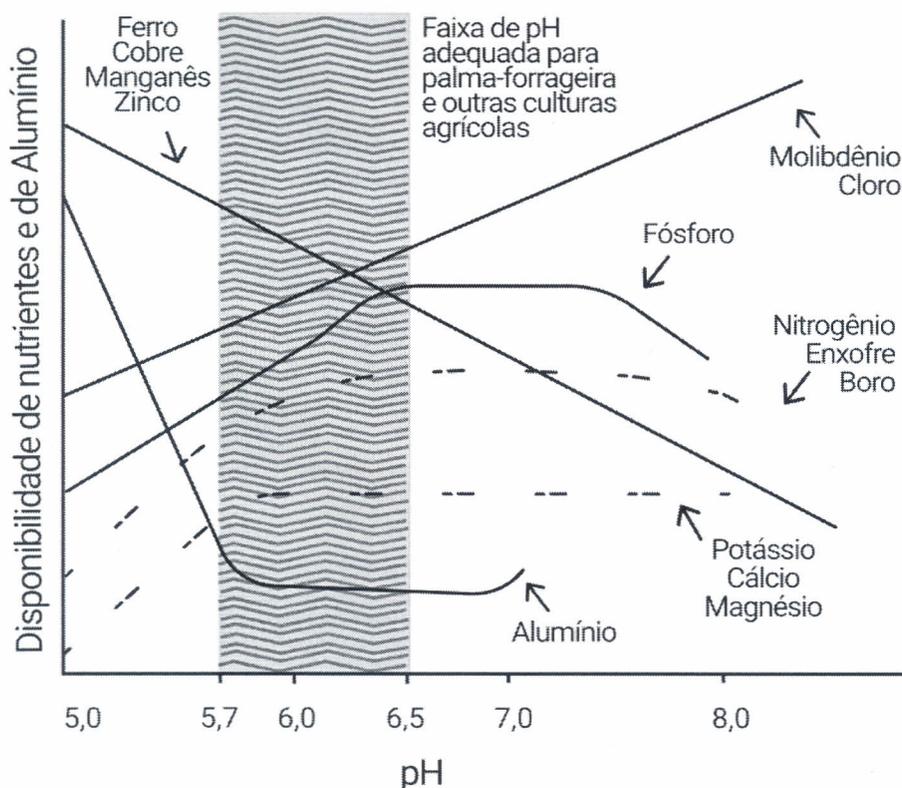


Figura 3. Disponibilidade de nutrientes no solo para absorção pelas raízes das plantas em função do pH.

Fonte: Adaptado de Novais e Mello (2007).

A escolha do método deve ser baseada em critérios técnicos, como textura e capacidade tampão do solo.

Santos et al. (2015), discutindo a dinâmica da fertilidade em solos arenosos, apresentam dados que mostram que, apesar de pequenas doses de calcário aplicadas em solos de textura leve já serem suficientes para a elevação do pH em patamares adequados ao cultivo, doses mais altas não acarretam

elevação acima da faixa de alcalinidade, possivelmente porque, devido ao pequeno poder tampão destes solos, uma parte da dose aplicada fique sem reagir. No entanto, os autores deixam claro que os estudos se restringiram à reação do solo (pH), sem discussão sobre possíveis desequilíbrios entre nutrientes no solo e alteração nas doses requeridas na adubação, bem como retorno econômico. Assim, como sugestão, em solos muito arenosos, deve-se calcular a necessidade de calagem pelos métodos disponíveis, escolhendo o que proporcione a maior recomendação, mas sem exceder a dose de 3 t/ha (PRNT=100%) por aplicação. A experiência do técnico e o conhecimento do histórico de uso e das características específicas do solo da área são essenciais para possíveis ajustes na tomada de decisão pelo produtor.

A aplicação de calcário sem considerar os resultados da análise de solo, muito comum entre os agricultores, não é recomendada. Isso porque, dependendo das características do solo, o pH poderá atingir valores acima de 7,0, o que poderá ocasionar perda de N por volatilização, desequilíbrio entre os nutrientes Ca, Mg e K, reduzindo a absorção do último, e menor disponibilidade de micronutrientes como Cu, Fe, Mn e Zn (Figura 3). A principal vantagem da calagem é aumentar a eficiência da adubação que, quando feita sem critérios técnicos, pode reduzir essa eficiência, trazendo prejuízos econômicos, tanto pelo alto investimento quanto pela baixa produtividade.

Adubação química

A tabela de recomendação de adubação baseada na análise de solo (Tabela 12) indica a quantidade de nutrientes necessária que pode ser suprida por fertilizantes sintéticos e/ou orgânicos, tanto para o plantio quanto para a manutenção da palma. A tabela foi elaborada para condições edafoclimáticas do estado de Pernambuco sem o uso de irrigação, permitindo que a recomendação de adubação seja ajustada para a população de plantas e para a produtividade esperada. Além disso, disponibiliza recomendação por fase da cultura, sendo dividida em duas fases: implantação (plantio e crescimento) e produção (segundo ciclo em diante). Isso permite uma ampla aplicação da tabela pelos produtores.

No entanto, na Tabela 12 não se leva em consideração o estado nutricional do palmar, que é o mais comum em tabelas de recomendação. Mas esses ajustes podem ser realizados pelo agricultor/técnico responsável, a cada ciclo, avaliando-se as adubações utilizadas, as produtividades obtidas, pela observação de sintomas visuais de deficiências e pelos teores foliares de nutrientes (diagnose do estado nutricional da cultura) para averiguar se as quantidades aplicadas de fertilizantes foram suficientes, deficientes ou excessivas, fazendo-se os ajustes necessários para melhorar tanto a produtividade quanto o retorno econômico da prática de adubação.

Outra desvantagem é que, a partir do segundo ciclo de cultivo, a tabela recomenda quantidades iguais de nutrientes, independentemente dos teores observados no solo, considerando-se apenas a produtividade esperada. Isso pode acarretar em quantidades insuficientes de nutrientes, principalmente em níveis mais baixos de fertilidade. No caso de níveis elevados de fertilidade, com teores acima dos níveis críticos, conforme já discutido anteriormente, pode-se utilizar as tabelas de extração e a produtividade esperada para definir a adubação. No entanto, recomenda-se uso da diagnose do estado nutricional e das produtividades alcançadas como importantes ferramentas de ajuste dos programas de adubação em cada propriedade. Outra vantagem das tabelas de extração é a consideração das especificidades da variedade/genótipo utilizado.

Assim, utilizando-se diversas ferramentas para o monitoramento da fertilidade do solo, estado nutricional das plantas e produtividade, é possível verificar se o programa de adubação está sendo suficiente para manter a capacidade de suporte do solo e permitir a expressão do potencial produtivo da variedade/genótipo utilizado.

Tabela 12. Tabela de recomendação de adubação de palma-forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) para o estado de Pernambuco.

Palma-forrageira	
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller; <i>Nopalea cochennilifera</i> (L.) Salm – Dick	
Cultivares	Gigante, Redonda, Miúda, IPA-20
Espaçamentos	2,00 m x 1,00 m ou 3,00 m x 1,00 m x 0,50 m; 1,00 x 0,50 m e 1,00 x 0,25 m
plantas por hectare	(A) 5.000 ou 10.000 (B) 20.000 e (C) 40.000

Produtividade média (t/ha de MS) (2 anos)	(A) 5; (B) 10 e (C) 15								
Produtividade esperada (t/ha de MS) (2 anos)	(A) 10 (B) 20 e (C) 30								
Matéria orgânica	Havendo disponibilidade, aplicar 25 m ³ /ha de esterco de curral, bem curtido, após cada colheita								
Teor no solo	Implantação						2º ciclo em diante		
	Plantio			Crescimento			(A)	(B)	(C)
	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
	Nitrogênio (kg/ ha de N)								
(Não considerado)	-	-	-	40	100	200	40	100	200
	Fósforo (kg/ha de P ₂ O ₅)								
P (mg/dm ³)									
< 11	50	80	100	-	-	-	40	60	80
11 a 30	-	25	50	-	-	-	40	60	80
> 30	-	-	-	-	-	-	40	60	80
	Potássio (kg/ha de K ₂ O)								
K (cmol _c /dm ³)									
< 0,12	60	100	130	-	-	-	60	100	130
0,12 a 0,38	30	50	65	-	-	-	60	100	130
> 0,38	-	-	-	-	-	-	60	100	130

Observações: fazer a fertilização do crescimento no início do período de chuvas; caso não haja disponibilidade de matéria orgânica, dobrar as doses sugeridas para N e K₂O.

Fonte: Cavalcanti (1998).

Outras recomendações de adubação de implantação do palmar com os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, considerando-se os teores de matéria orgânica e nutrientes disponíveis no solo, textura do solo e fator capacidade, podem ser observadas nas Tabelas 13 e 14. As duas tabelas são muito ricas em informações que permitem uma boa recomendação de adubação. Recomendações de Ca e Mg em função dos teores dos elementos no solo, bem como de N em função dos teores de matéria orgânica, são importantes informações disponibilizadas. Para diferenciar as recomendações de P, utiliza-se o teor de P no solo e a textura, como capacidade do solo em "fixar" P. Todavia, são específicas para o período de implantação e o primeiro ciclo, além de condições específicas de clima, solo e variedade de Palma que são descritas no rodapé das tabelas e em Donato et al. (2017b). Em condições similares, as tabelas podem ser usadas sem restrições. No entanto, em condições muito diferentes, como em solos com texturas ou com mineralogia da argila muito diferentes, o uso das tabelas deve ser associado às mesmas técnicas e ferramentas discutidas anteriormente para ajuste das recomendações.

Tabela 13. Recomendação de adubação para as fases de implantação e primeiro ano de cultivo com palma-forrageira 'Gigante' [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller] no Semiárido baiano.

Nitrogênio (N)				
Teor de MO no solo (g/kg)				
< 10	≥ 10 e < 15	≥ 15 e < 20	≥ 20 e < 25	≥ 25
(1) kg/ha ao ano de N - implantação e primeiro ano				
300	200	150	75	0
Potássio (K)				
(2) Teor de K no solo (mg/dm ³)				
< 60	≥ 60 e < 100	≥ 100 e < 180	≥ 180 e < 220	(3) ≥ 220
(1, 4) kg/ha ao ano de K ₂ O - implantação e primeiro ano				
(4) 600	450	300	150	75
Enxofre (S)				
Teor de MO no solo (g/kg)				
< 10	≥ 10 e < 15	≥ 15 e < 20	≥ 20 e < 25	≥ 25
(1) kg/ha ao ano de S - implantação e primeiro ano				
40	30	20	10	0

(5) Magnésio (Mg)				
(2) Teor de Mg no solo (cmol _c /dm ³)				
< 0,6	≥ 0,6 e <1,0	≥ 1,0 e < 1,6	≥ 1,6 e < 2,0	≥ 2,0
(1) kg/ha ao ano de MgO – implantação				
200	150	100	50	0
(5) Cálcio (Ca)				
(2) Teor de Ca no solo (cmol _c /dm ³)				
< 1,6	≥ 1,6 e < 2,0	≥ 2,0 e < 3,0	≥ 3,0 e < 4,0	≥ 4,0
(1) kg/ha ao ano de CaO				
400	300	150	75	0
Adubação orgânica (t /ha ao ano)				
(6) ≥ 30				

(1) Doses de nutrientes correspondentes ao ano: para primeira colheita, planejada para acontecer 18 meses após o plantio. Utilizar a dose total na estação chuvosa do ano de plantio, dividida em duas aplicações (início e final do período chuvoso). Na estação chuvosa seguinte, devem-se repetir essas mesmas doses também em duas aplicações. (2) Extrator Mehlich-1. (3) Para teores de K no solo maiores que 300 mg/dm³, não adubar com K₂O. (4) Dose de K₂O para máximo retorno econômico da matéria seca (MS) produzida. (5) Se o solo apresentar necessidade de calagem e esta tiver sido realizada, as recomendações de Ca e Mg podem ser dispensadas. (6) Dose referente a esterco bovino aplicado no sulco de plantio; doses maiores que 30 t/ha ao ano, aplicar o restante em cobertura, durante a estação chuvosa. No segundo ano, ainda referente ao primeiro ciclo, e anos subsequentes, aplicar em cobertura imediatamente após cada corte ou no início da estação chuvosa.
Fonte: Donato et al. (2017b).

Tabela 14. Recomendação de adubação fosfatada para palma-forrageira 'Gigante' [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller] no Semiárido baiano, com base nos teores de fósforo disponível e em medidas do fator capacidade de P dos solos para a fase de implantação do palmar.

Fator capacidade (FC) de fósforo (P) do solo		(2) P no solo (mg/dm ³)	P ₂ O ₅ no plantio (kg/ha ao ano)
(1) P - rem (mg/L)	(1) Teor de argila (%)		
< 38	≥ 35 (textura argilosa)	< 5	150
-	-	≥ 5 e <11	100
-	-	≥ 11 e < 24	60
-	-	≥ 24 e < 30	40
-	-	≥ 30	0
(3) ≥ 38 e < 50	≥ 15 e <35 (textura média)	(4) < 10	150
-	-	≥ 10 e < 22	100
-	-	≥ 22 e < 48	60
-	-	≥ 48 e < 60	40
-	-	≥ 60	0
(5) ≥ 50	< 15 (textura arenosa)	(5) < 20	150
-	-	≥ 20 e < 44	100
-	-	≥ 44 e <60	60
-	-	≥ 60 e < 120	40
-	-	≥ 120	0

(1) O fator capacidade (FC), uma estimativa da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), pode estar correlacionado com o fósforo remanescente (P-rem) e/ou com o teor de argila do solo (Ribeiro et al., 1999; Novais et al., 2007). P-rem, concentração de P na solução de equilíbrio após agitar durante 1 hora a terra fina seca ao ar (TFSA) com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10. (2) Extrator Mehlich-1. (3) Classes de P-rem estabelecidas a partir da adaptação de Ribeiro et al. (1999), com base na CMAP dos solos comumente utilizados com palma-forrageira no Semiárido brasileiro, solos pouco intemperizados, mesmo para os Latossolos, predominantemente cauliniticos, menor FC, comparados a solos sob Cerrado com maior CMAP. (4) Classes estabelecidas a partir de dados de ensaio experimental com palma-forrageira 'Gigante' submetida a diferentes doses de adubação orgânica, cultivada em solo de textura média, classe franco-argilo-arenosa, com 340 g/kg de areia

grossa 320 g/kg de areia fina, 140 g/kg de silte e 200 g/kg de argila, teor de P de 16,3 mg/dm³ (Extrator Mehlich-1) e teores de P-rem entre 19,8 mg/L e 47,6 mg/L. ⁽⁵⁾ Classes estabelecidas a partir de trabalho de Blanco Macías et al. (2010), conduzido em solos com textura média, classe silto-argilosa, com 322 g/kg de areia, 416 g/kg de silte e 262 g/kg de argila, teor de P de 40,5 mg/dm³ (extrator Olsen) e baixa CMAP.
Fonte: Donato et al. (2017b).

Na Tabela 15 é apresentada a recomendação de adubação de manutenção para a palma considerando-se a concentração de nutrientes nos cladódios definidos por Donato et al. (2017b) (Tabela 5). Caso haja necessidade de reposição dos demais micronutrientes, o que não é comum, a dose pode ser ajustada conforme os dados de extração contidos nas Tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 15. Recomendação de adubação de manutenção para macro e micronutrientes considerando a produtividade e o estado nutricional dos cladódios de palma-forrageira `Gigante` [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller].

Classe ⁽¹⁾	N ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O ⁽³⁾	kg /ha		S	g/ha ao ano	
				ao ano				
Deficiente	300	120	600	400	200	40	650	1.270
Marginal	225	90	450	300	150	30	487	952
Suficiente	150	60	300	150	100	20	325	635
Bom (alta)	75	30	150	75	50	10	162	317
Muito bom (muito alta)	30	15	75	0	0	5	81	159

⁽¹⁾Classes estabelecidas de acordo com metodologia descrita na Tabela 11. ⁽²⁾Dose anual total de N a ser dividida em duas aplicações, início e final da estação chuvosa subsequente a cada corte, para planejamento de colheitas anuais. ⁽³⁾Dose de K₂O para máximo retorno econômico da matéria seca produzida. Dose anual total a ser dividida em duas aplicações, início e final da estação chuvosa subsequente a cada corte, para um planejamento de colheitas anuais. ⁽⁴⁾Para Ca e Mg, se o solo apresentar necessidade de calagem (NC) e se esta foi realizada, são dispensáveis essas recomendações. ⁽⁵⁾Caso haja necessidade de reposição dos demais micronutrientes, a dose pode ser ajustada conforme extração contida nas Tabelas 13, 14 e 15.
Fonte: Adaptado de Donato et al. (2017b).

O uso de corretivos e adubos tem como premissa manter ou melhorar a fertilidade do solo, permitir boa nutrição da palma, além de ser uma prática economicamente viável. Não esquecendo do quanto a água é imperativa para a produção de palma, o aspecto nutricional é particularmente importante, pois garante a produtividade e a qualidade do cultivo. A utilização de corretivos e fertilizantes, quando a água não for limitante, é uma das práticas de maior efeito na produção de palma. Porém, mesmo na presença de água (sem limitação hídrica), a eficiência de aproveitamento do investimento de correção do solo e da adubação pode ficar comprometida quando o solo apresenta pH baixo (ácido) ou alto (alcalino). Assim, a necessidade de calagem deve ser avaliada com critérios técnicos.

Autores deste tópico: Vanderlise Giongo, Tony Jarbas Ferreira Cunha, Alessandra Monteiro Salviano

Irrigação

Gherman Garcia Leal de Araújo
Welson Lima Simões
Tadeu Vinhas Voltolini

A palma-forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) é uma espécie extremamente adaptada às condições do Semiárido brasileiro e apresenta alta eficiência hídrica, ou seja, demanda pouca água para seu cultivo e produção. Entretanto, em algumas áreas, em função dos fatores agroclimáticos e dos efeitos das alterações do clima, a exemplo das depressões sertanejas, os chamados sertões de baixa altitude, baixa umidade e altas temperaturas noturnas, a utilização da suplementação de água (doce ou salobra) de forma estratégica e sazonal pode ser uma alternativa para viabilizar e garantir o sucesso dos cultivos, alcançando maiores produtividades.