

# Aspectos nutricionais em pinhão-manso

---

*Carlos Hissao Kurihara  
Oscar Fontão de Lima Filho  
Cesar José da Silva  
Hamilton Kikuti  
Flávio Ferreira da Silva Binotti*

## Introdução

O gênero *Jatropha*, originário da América tropical, possui aproximadamente 170 espécies, entre elas o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Atualmente, essa espécie está presente em áreas de mata nativa e em áreas cultivadas das Américas do Sul e Central, África, Índia, Sudeste da Ásia e Austrália. O gênero possui diversos compostos cujas atividades biológicas são variadas; ademais, seus frutos contêm óleo. Por isso, o pinhão-manso apresenta grande potencial de uso comercial como biodiesel, que se dá por meio da esterificação e transesterificação dos ácidos graxos, principais componentes do óleo contido em suas sementes (Carels, 2009). Como essa espécie ainda está em fase de domesticação (Laviola et al., 2011), são necessários estudos sobre melhoramento genético e manejo agrônomico, a fim de que possa ser utilizada comercialmente na produção de óleo como substituto do diesel e querosene.

Nesse contexto, é importante estabelecer critérios e padrões para a avaliação do estado nutricional do pinhão-manso, a fim de detectar adequadamente problemas relacionados à falta, ao excesso ou a desbalanços na disponibilidade de nutrientes no solo. Neste capítulo, serão abordados o acúmulo de matéria seca e de nutrientes; bem como serão descritos a sintomatologia visual de deficiências nutricionais e os critérios para a coleta de amostras de tecido foliar. Dessa forma, fornecem-se subsídios para um diagnóstico mais preciso do estado nutricional dessa cultura.

## Extração e exportação de nutrientes

Determinar a quantidade de nutrientes extraída pela parte aérea e exportada pelos frutos possibilita, em conjunto com informações relacionadas à eficiência de aproveita-

mento das diferentes fontes de adubos, definir a quantidade e a época mais adequada para o fornecimento desses nutrientes. Contudo, avaliações dessa natureza, em plantas de pinhão-manso, ainda são escassas e realizadas em um período curto, algumas vezes em condições de casa de vegetação.

Com o objetivo de se avaliar a marcha de acúmulo e a partição de nutrientes em plantas de pinhão-manso, Kurihara et al. (2016) conduziram um experimento de campo em Cassilândia, MS, em Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), textura média, por um período de 52 meses. Os autores verificaram, na média de 15 avaliações efetuadas em amostras de folhas coletadas em toda a parte aérea, até 1.571 dias após o transplântio (DAT) das mudas, teores médios de 29 g kg<sup>-1</sup>, 2,2 g kg<sup>-1</sup>, 25 g kg<sup>-1</sup>, 12 g kg<sup>-1</sup>, 9,6 g kg<sup>-1</sup> e 1,6 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), respectivamente; e 31 mg kg<sup>-1</sup>, 9 mg kg<sup>-1</sup>, 226 mg kg<sup>-1</sup>, 310 mg kg<sup>-1</sup> e 25 mg kg<sup>-1</sup> de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), respectivamente. Esses teores diferiram, em maior ou menor magnitude, daqueles verificados por Saturnino et al. (2005), que foram: 64 g kg<sup>-1</sup>, 3,4 g kg<sup>-1</sup>, 24 g kg<sup>-1</sup>, 14 g kg<sup>-1</sup>, 5,3 g kg<sup>-1</sup> e 1,9 g kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente; e 70 mg kg<sup>-1</sup>, 6 mg kg<sup>-1</sup>, 168 mg kg<sup>-1</sup>, 117 mg kg<sup>-1</sup> e 28 mg kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. No entanto, as discrepâncias constatadas nos teores de N, P, Mg, B, Cu, Fe e Mn podem estar associadas à disponibilidade desses nutrientes no solo e também ao fato de que Saturnino et al. (2005) avaliaram amostras de folhas coletadas abaixo da primeira inflorescência. Por outro lado, Prates et al. (2010) encontraram, em plantas de pinhão-manso com 12 meses de idade e cultivadas em um Planossolo, teores foliares bastante distintos (3,1 g kg<sup>-1</sup>; 1,2 g kg<sup>-1</sup>; 0,9 g kg<sup>-1</sup>; 30,3 g kg<sup>-1</sup> e 2,0 g kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, e 2,3 mg kg<sup>-1</sup>; 36,9 mg kg<sup>-1</sup>; 94,7 mg kg<sup>-1</sup> e 5,4 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente), o que ressalta a influência dos atributos físico-químicos do solo e da adubação sobre a capacidade de absorção de nutrientes pelo sistema radicular dessa cultura. A sequência observada por Kurihara et al. (2016) para os teores foliares médios de nutrientes, N > K > Ca > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu, foi semelhante à obtida em condições de casa de vegetação, em amostras de folhas da planta inteira, coletada aos 60 dias após a semeadura, por Camargo et al. (2013), diferindo apenas em relação à ordem de exigência nutricional entre Ca e Mg e entre B e Zn.

Neste trabalho, também se avaliou a exigência nutricional do pinhão-manso, estabelecendo-se a quantidade de nutrientes acumulada nos caules, ramos e folhas, em diferentes épocas de amostragem (Figuras 1 e 2). Verificou-se que a demanda por nu-

trientes aumentou ao longo do período avaliado, em razão, principalmente, do acúmulo de biomassa nos caules e ramos, uma vez que o acúmulo de biomassa nas folhas variou em razão da senescência nos períodos mais frios e secos do ano. A quantidade máxima de nutrientes acumulada nos caules e ramos, aos 1.571 DAT, foi de 67 kg ha<sup>-1</sup>, 10 kg ha<sup>-1</sup>, 116 kg ha<sup>-1</sup>, 59 kg ha<sup>-1</sup>, 33 kg ha<sup>-1</sup> e 4 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Para os micronutrientes, verificou-se acúmulo máximo de 131 g ha<sup>-1</sup>, 35 g ha<sup>-1</sup>, 626 g ha<sup>-1</sup>, 5.706 g ha<sup>-1</sup> e 203 g ha<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, resultando na seguinte ordem de extração: K > N > Ca > Mg > P > Mn > S > Fe > Zn > B > Cu.

A quantidade máxima de nutrientes acumulada nas folhas, constatadas por Kurihara et al. (2016) no período entre 1.431 e 1.571 DAT, foi de 52 kg ha<sup>-1</sup>, 4 kg ha<sup>-1</sup>, 29 kg ha<sup>-1</sup>, 16 kg ha<sup>-1</sup>, 18 kg ha<sup>-1</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 41 kg ha<sup>-1</sup>, 15 kg ha<sup>-1</sup>, 354 kg ha<sup>-1</sup>, 456 kg ha<sup>-1</sup> e 54 g ha<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, resultando na seguinte ordem de extração: N > K > Mg > Ca > P > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu. Essa sequência de extração de nutrientes é muito semelhante à obtida por Laviola e Dias (2008).

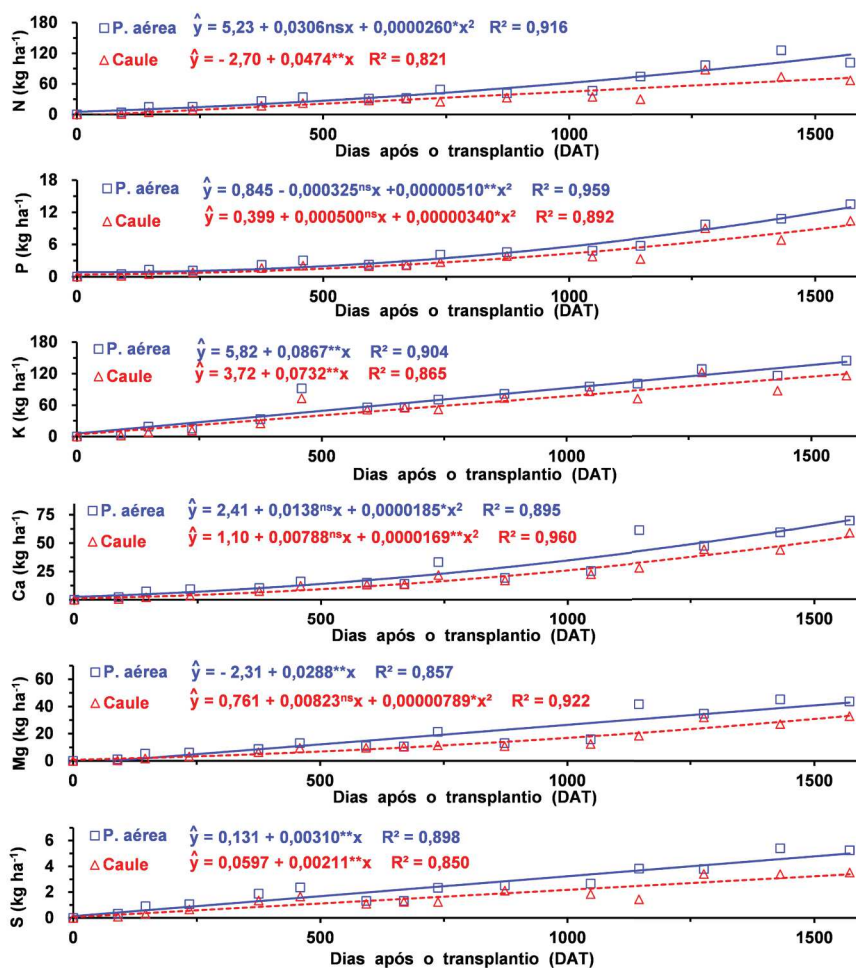
Kurihara et al. (2016) também verificaram que, para os nutrientes N, P, Ca, B, Fe, Mn e Zn, o acúmulo na parte aérea apresentou incrementos quadráticos (Figuras 1 e 2), em que, nos primeiros 22 meses (669 DAT), a demanda das plantas por esses nutrientes foi relativamente baixa. A partir do terceiro ano de crescimento, o acúmulo desses nutrientes na parte aérea tornou-se mais acentuado. Dessa forma, é plausível afirmar que a estimativa da quantidade de nutrientes necessária para a adubação de plantio de pinhão-manso, no primeiro ano de crescimento das plantas, pode ser utilizada para indicar a adubação de cobertura, no segundo ano de cultivo.

Pode-se estimar a quantidade de nutrientes requerida para o desenvolvimento e crescimento das plantas, dividindo-se o valor da demanda (acúmulo) estimada para a parte aérea pelas respectivas taxas de recuperação, pela planta, dos elementos aplicados ao solo por meio de fertilizante (Freire, 2001; Oliveira et al., 2005; Santos et al., 2008; Silva et al. 2009). A taxa de recuperação indica a eficiência da planta na absorção do nutriente proveniente do adubo (Silva et al., 2009), uma vez que ela não absorve 100% do nutriente aplicado (Santos et al., 2008). As taxas de recuperação adotadas são: 0,65 kg kg<sup>-1</sup>, 0,10 kg kg<sup>-1</sup>, 0,80 kg kg<sup>-1</sup>, 0,50 kg kg<sup>-1</sup>, 0,55 kg kg<sup>-1</sup>, 0,45 kg kg<sup>-1</sup> e 0,05 kg kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes (Freire, 2001; Oliveira et al., 2005; Santos et al., 2008), independente dos atributos químicos ou físicos do solo. Dessa forma, a partir dos dados de extração de

nutrientes pela parte aérea de plantas de pinhão-mansão, estabelecidos aos 12 meses de idade (Figuras 1 e 2), e considerando-se as taxas de recuperação anteriormente mencionados, estimou-se que a adubação de plantio de pinhão-mansão, bem como a adubação de cobertura no segundo ano, deve ser suficiente para suprir 40 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 21 kg ha<sup>-1</sup>, 16 kg ha<sup>-1</sup>, 5 kg ha<sup>-1</sup>, 0,7 kg ha<sup>-1</sup>, 0,3 kg ha<sup>-1</sup>, 4 kg ha<sup>-1</sup>, 8 kg ha<sup>-1</sup> e 1 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. Essas quantidades de nutrientes, aplicadas anualmente, serão suficientes para suprir a demanda das plantas nos dois primeiros anos de cultivo do pinhão-mansão. O fornecimento de Ca e Mg, contudo, pode ser ignorado, uma vez que, em condições adequadas de saturação por bases, a disponibilidade desses nutrientes não será limitante, pois eles são supridos em quantidades suficientes por meio da aplicação de calcário.

Salienta-se que os valores de taxas de recuperação de nutrientes são, até certo ponto, arbitrários, considerando-se que essa variável é influenciada por fatores edáficos (pH, teores de nutrientes e matéria orgânica), climáticos (temperatura, radiação, precipitação), biológicos (micorrização), da própria planta (espécie, cultivar, idade e morfologia de raiz) e de manejo (dose, fonte e forma de aplicação do adubo) (Oliveira et al., 2005; Santos et al., 2008). No entanto, em virtude da ausência de estudos de resposta à adubação de plantio, conduzidos a campo, para todos os nutrientes, sugere-se a adoção dessas indicações de fertilização, como primeira aproximação.

A exigência nutricional em plantas de pinhão-mansão, constatada por Kurihara et al. (2016), aos 52 meses de idade, foi de 102 kg ha<sup>-1</sup>, 13 kg ha<sup>-1</sup>, 144 kg ha<sup>-1</sup>, 70 kg ha<sup>-1</sup>, 44 kg ha<sup>-1</sup> e 5 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 172 g ha<sup>-1</sup>, 48 g ha<sup>-1</sup>, 980 g ha<sup>-1</sup>, 6.162 g ha<sup>-1</sup> e 238 g ha<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. Quantitativamente, a sequência de nutrientes extraídos na parte aérea foi: K > N > Ca > Mg > P > Mn = S > Fe > Zn > B > Cu. Esse resultado diferiu daquele obtido por Reis et al. (2010), que em Neossolo Quartzarênico Órtico típico, de Diamantina, MG, verificaram, na parte aérea plantas de pinhão-mansão com 19 meses de idade, uma sequência de nutrientes extraídos de N > Mg > K > Ca > S > P. Por sua vez, Pacheco et al. (2006) estabeleceram uma sequência de extração de nutrientes muito semelhante, em plantas inteiras de pinhão-mansão, incluindo-se as raízes, com cinco meses de idade: K > N > Ca > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu. Freiburger (2012) estabeleceu que a ordem de acúmulo na parte aérea de plantas de pinhão-mansão com 150 DAT era K > N > Mg > Ca > P > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu.



**Figura 1.** Quantidade de macronutrientes acumulados nos caules e na parte aérea (caules + folhas) de plantas de pinhão-manso, em função do número de dias após o transplantio das mudas, em Latossolo Vermelho distrófico típico, textura média.

Fonte: Kurihara et al. (2016).

No intuito de estimar a exportação de nutrientes, Kurihara et al. (2016) calcularam a quantidade acumulada desses nutrientes nas cápsulas e nos grãos (Tabela 1), quando as plantas estavam no quinto ano de cultivo. Diante da baixa produtividade de fitomassa obtida (358 kg ha<sup>-1</sup> e 913 kg ha<sup>-1</sup> de cápsulas e grãos, respectivamente), a quantidade total de nu-

trientes exportados na colheita também não foi expressiva (25 kg ha<sup>-1</sup>, 4 kg ha<sup>-1</sup>, 18 kg ha<sup>-1</sup>, 6 kg ha<sup>-1</sup>, 5 kg ha<sup>-1</sup> e 1 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 27 g ha<sup>-1</sup>, 16 g ha<sup>-1</sup>, 130 g ha<sup>-1</sup>, 162 g ha<sup>-1</sup> e 30 g ha<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente). Salienta-se que a baixa produtividade de grãos de pinhão-mansó obtida não estava relacionada à ocorrência de problemas fitossanitários, climatológico ou nutricional, mas sim à elevada variabilidade existente nessa espécie ainda em domesticação, cujo material genético disponível apresentava-se bastante heterogêneo e segregante. Produtividade semelhante também foi obtida por Silva (2011), Dalchiavon et al. (2013) e Saraiva et al. (2013).

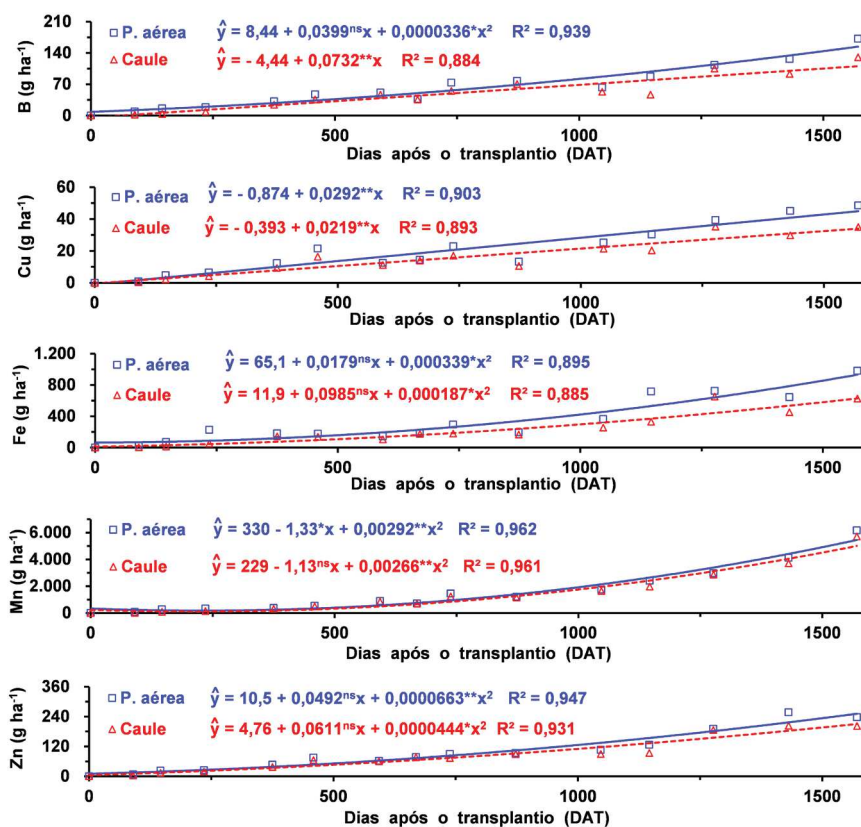


Figura 2. Quantidade de micronutrientes acumulados nos caules e na parte aérea (caules + folhas) de plantas de pinhão-mansó, em função do número de dias após o transplântio das mudas, em Latossolo Vermelho distrófico típico, textura média.

Fonte: Kurihara et al. (2016).



A partir dessa estimativa e das taxas de recuperação de nutrientes mencionadas anteriormente, Kurihara et al. (2016) estimaram que a quantidade de nutrientes a ser fornecida anualmente em cobertura, visando à reposição dos nutrientes exportados, deve ser suficiente para suprir 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup> e 3 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S, respectivamente, por tonelada de grãos a ser produzida. Esses autores salientam que, no intuito de manter a fertilidade do solo, também é necessário haver a reposição da quantidade de nutrientes extraída pela parte aérea. Dessa forma, considerando-se os valores médios de acúmulo anual de nutrientes observados no período entre 738 e 1.571 DAE (Figuras 4 e 5), Kurihara et al. (2016) estimaram a necessidade de se aplicar, anualmente, em cobertura, a partir do terceiro ano de cultivo, mais 40 kg ha<sup>-1</sup>, 110 kg ha<sup>-1</sup>, 55 kg ha<sup>-1</sup> e 3 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S, respectivamente.

A ordem de acúmulo de nutrientes obtida por Kurihara et al. (2016) nos frutos (N > K > Ca > Mg > P > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu) foi semelhante à verificada por Laviola e Dias (2008), diferindo apenas em relação ao P, Mg, B e Zn. Os nutrientes K, Fe e Mn foram exportados em maior quantidade pelas cápsulas, enquanto os demais foram exportados principalmente pelos grãos, em decorrência das diferenças nos teores nestas duas partes da planta. Esses resultados concordam parcialmente com aqueles obtidos por Borghetti et al. (2010), que também encontraram teores de K muito mais elevados nas cápsulas em relação aos grãos; porém observaram que a exportação de N pelos frutos foi inferior ao K. Esses autores verificaram, ainda, haver diferenças nos teores de nutrientes nos grãos e nas cápsulas, em razão da época de maturação do fruto.

Ao se avaliar o potencial de reciclagem de nutrientes, por meio das folhas senescentes da planta de pinhão-manso, Kurihara et al. (2016) constataram diferenças nas quantidades potencialmente recicláveis, a partir da abscisão foliar, em quatro épocas de avaliação, em decorrência da variação nos teores nutricionais nessas folhas. Essa variação na composição nutricional dos folhedos era esperada, uma vez que foi obtida a partir de uma mistura de folhas senescentes, em diferentes estágios de decomposição. Verificou-se, ainda, que a quantidade média de Ca, Mg, B e Cu que pode ser reciclada por meio dos folhedos é muito próxima, ou até mesmo superior à estimativa da quantidade acumulada nas folhas, calculada para a mesma época de avaliação (Tabela 1; Figuras 1 e 2).

**Tabela 1.** Produção de fitomassa seca (kg ha<sup>-1</sup>) e acúmulo de macro (kg ha<sup>-1</sup>) e micronutrientes (g ha<sup>-1</sup>) em cápsulas, grãos e folhedos de pinhão-manso<sup>(1)</sup>.

Variável	Cápsulas	Grãos	Folhedos
Fitomassa seca	358 ± 36	913 ± 121	1.216 ± 230
N	2,8 ± 0,4	22 ± 3	23 ± 3
P	0,1 ± 0,01	3,6 ± 0,3	1,5 ± 0,4
K	11 ± 1	7,1 ± 0,8	15 ± 3
Ca	1,5 ± 0,1	4,0 ± 0,6	23 ± 7
Mg	2,5 ± 0,3	3,0 ± 0,3	14 ± 2
S	0,1 ± 0,02	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1
B	11 ± 2	16 ± 2	44 ± 7
Cu	2,8 ± 0,3	12,8 ± 1,0	15 ± 3
Fe	80 ± 37	50 ± 8	243 ± 63
Mn	108 ± 14	54 ± 9	389 ± 100
Zn	4,7 ± 0,7	26 ± 2	19 ± 3



de folhas maduras de pinhão-manso, próximo da abscisão, em relação às amostras de folhas definitivas, coletadas abaixo da primeira inflorescência. Da mesma forma, Lima et al. (2011), ao avaliarem amostras foliares em diferentes estádios fenológicos, coletadas em plantas de pinhão-manso com 3,5 anos de idade, também verificaram teores significativamente maiores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn nos folhedos, em relação às folhas jovens, posicionadas na extremidade distal do ramo, após as folhas em crescimento. De acordo com Kumar e Pandey (1979), N, P e K normalmente apresentam maior concentração em folhas mais jovens por causa de sua alta mobilidade no floema. Por outro lado, Ca, Cu, Fe e Mn tendem a se concentrar em tecidos mais velhos, em razão da sua baixa capacidade de redistribuição para outras partes da planta antes da abscisão das folhas, por causa da insolubilidade dos compostos formados (Marschner, 2002; Malavolta, 2006). O Mg, apesar de ser considerado um nutriente móvel no floema, pode apresentar comportamento semelhante ao Ca, sendo comum encontrar teores maiores nas folhas mais velhas em relação a folhas jovens (Malavolta, 2006).

## Sintomatologia visual de deficiências nutricionais

A nutrição vegetal envolve o estudo da inter-relação de elementos químicos e seus compostos com a planta e com o ambiente interno e externo à ela. As funções dos nutrientes estão relacionadas, direta ou indiretamente, ao metabolismo primário ou secundário, exercendo a mesma função em todas as plantas, sejam elas cultivadas ou não. Assim, a carência de um determinado nutriente induz o aparecimento de sintomas visuais, com padrões básicos para todas as plantas, porém com características específicas para cada espécie vegetal.

A seguir são apresentados os sintomas visuais de deficiência de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe e Mn em pinhão-manso, obtidos pela Embrapa Agropecuária Oeste, em condições hidropônicas e em casa de vegetação. A descrição desses sintomas, sem interferência de outros fatores, serve como recomendação de diagnose visual em pinhão-manso.

## Nitrogênio

Plantas com deficiência em N apresentam, além do crescimento reduzido da parte aérea e raízes, uma clorose generalizada, que inicia-se pelas folhas mais velhas, expandindo-se para toda a planta, com necrose posterior das bordas (Figura 3).



Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

**Figura 3.** Sintomas visuais de deficiência de N em folhas e sistema radicular de pinhão-manso.

## Fósforo

Plantas com deficiência em P apresentam crescimento reduzido da parte aérea e raízes; as folhas apresentam coloração normal, muitas vezes com uma tonalidade mais intensa (Figura 4). Dependendo da severidade da deficiência, a falta de P meramente inibe ou impede o crescimento. Folhas novas tornam-se menores. As plantas podem permanecer nesse estado por longos períodos, antes dos sinais de morte começarem a aparecer, inicialmente nas folhas mais velhas.

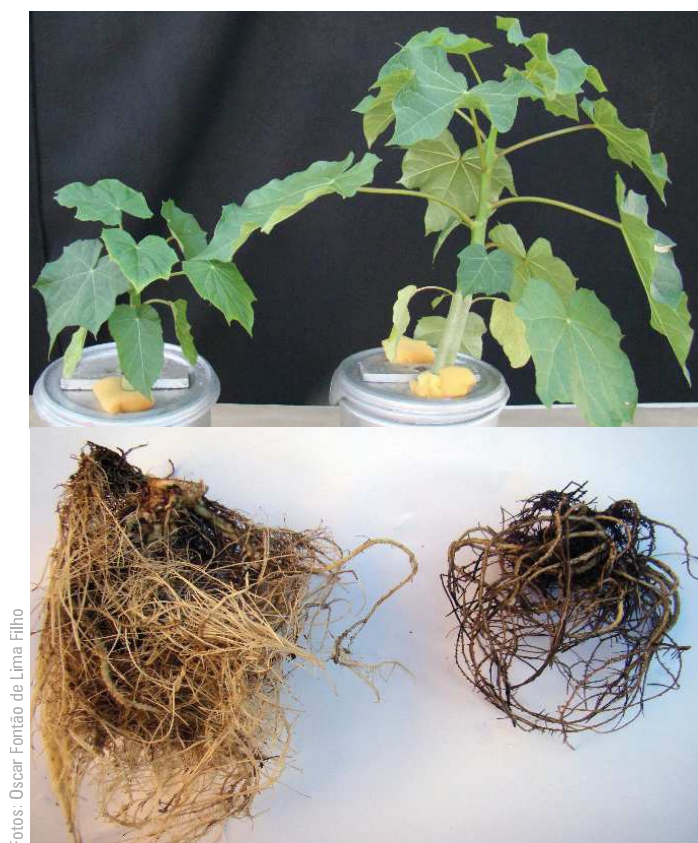


Figura 4. Sintomas visuais de deficiência de P em plantas de pinhão-mansão.

## Potássio

A deficiência de K em plantas de pinhão-manso induz menor crescimento, tanto da parte aérea como de raízes. Os sintomas foliares caracterizam-se por uma clorose marginal das folhas, de modo irregular, que progride para necrose, a qual expande-se para o centro da folha (Figura 5).

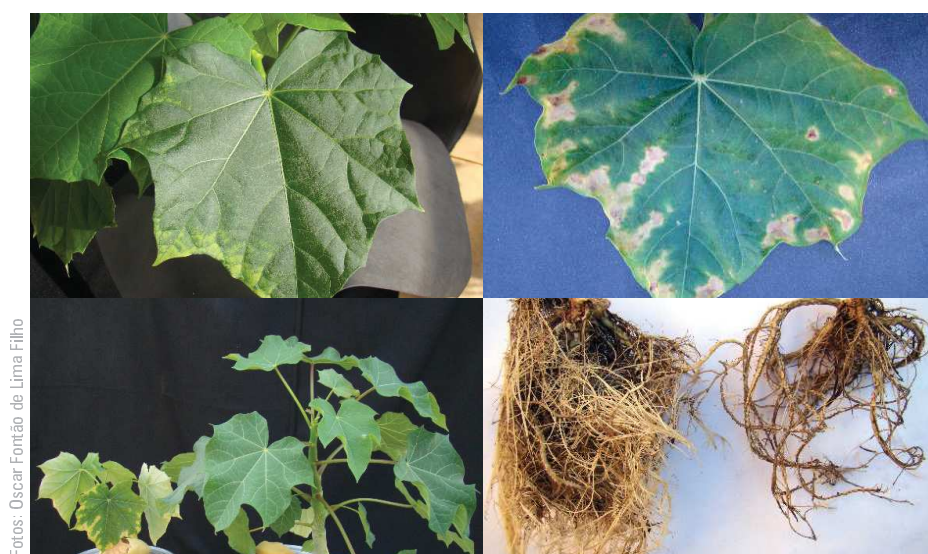


Figura 5. Sintomas visuais de deficiência de K em plantas de pinhão-manso.

## Cálcio

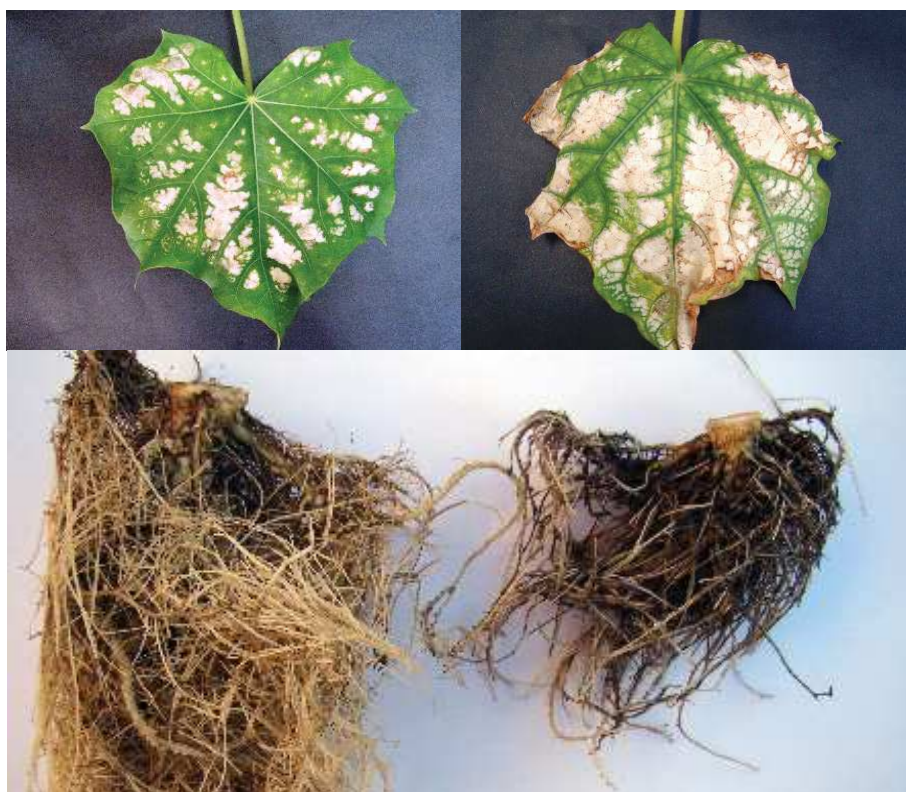
Plantas com carência de Ca apresentam folhas novas deformadas, com encarquilhamento e ondulações no sentido longitudinal, curvadas para baixo, bordas arredondadas e clorose internerval. Com a progressão dos sintomas, há paralisação do crescimento de folhas novas no seu estágio inicial e/ou morte da gema apical. Em razão disso, ocorre superbrotamento, com aparecimento de folhas muito pequenas no ápice e secreção resinosa avermelhada. Ocorre necrose iniciando-se na borda oposta ao pecíolo das folhas mais novas, que secam e morrem. O crescimento das plantas, tanto da parte aérea como de raízes, é bastante reduzido, com escurecimento intenso do órgão subterrâneo (Figura 6).



**Figura 6.** Sintomas visuais de deficiência de Ca em plantas de pinhão-mansão.

## Magnésio

A deficiência de Mg ocasiona, inicialmente, manchas internervais verde-claras ao longo do limbo foliar, com perda progressiva de pigmentação, que evoluem para branqueamento e posterior necrose. O padrão inicial dessas manchas, que têm bordas irregulares mas bem definidas, pode variar: desde pontuações e/ou pequenas manchas esbranquiçadas ao lado das nervuras principais radiais e ao redor das bordas, até manchas dispersas entre as nervuras, todas coalescendo e formando um aspecto rendilhado que progride para uma necrose internerval na maior parte da folha (Figura 7).

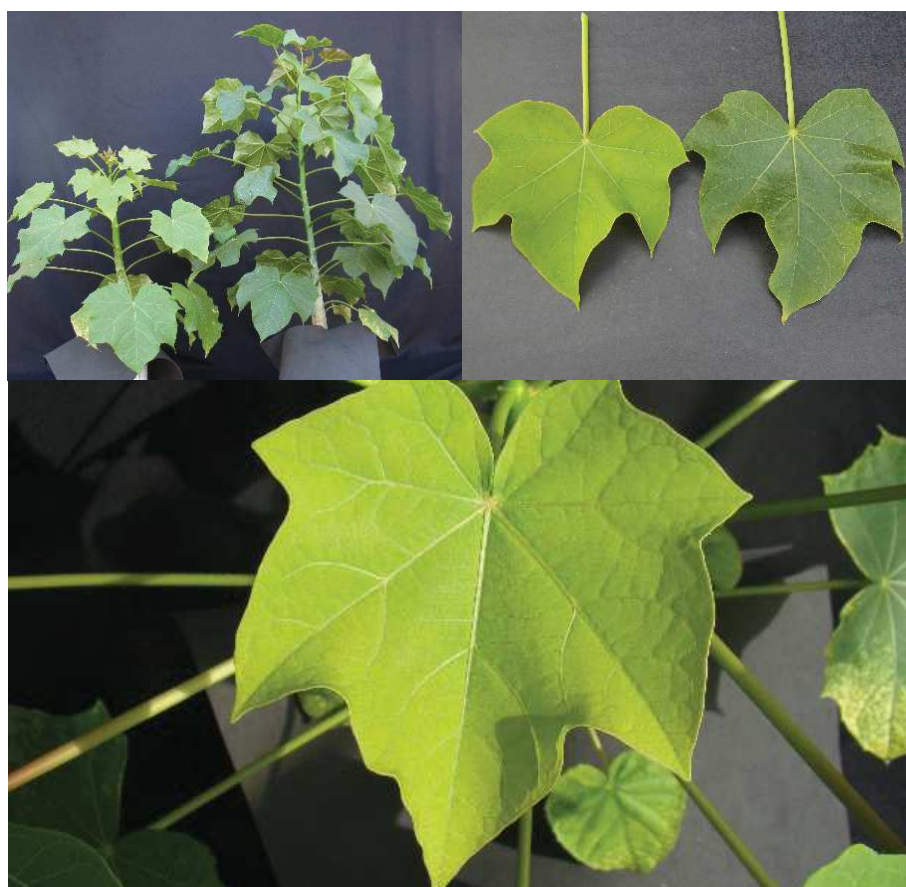


Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

**Figura 7.** Sintomas visuais de deficiência de Mg em plantas de pinhão-mansão.

## Enxofre

Os sintomas de deficiência de S caracterizam-se por uma clorose geral, inicialmente nas folhas mais jovens, que espalha-se gradualmente por toda a planta, e redução no crescimento em casos mais severos (Figura 8).



Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

**Figura 8.** Sintomas visuais de deficiência de S em plantas de pinhão-mansão.

## Boro

Plantas de pinhão-manso com deficiência em B apresentam clorose foliar e seca dos ponteiros, com morte das gemas apicais. A clorose no limbo das folhas apicais ocorre de modo irregular a partir das nervuras, expandindo-se e coalescendo. Ocorre, ainda, encarquilhamento, curvamento para baixo e necrose das folhas. As raízes, primeiro órgão a mostrar os sintomas de deficiência, apresentam paralisação do crescimento, engrossamento, ramificação curta e escurecimento geral, com pontas necrosadas. O crescimento geral da planta (parte aérea e raízes) é extremamente reduzido em casos de deficiência severa (Figura 9).



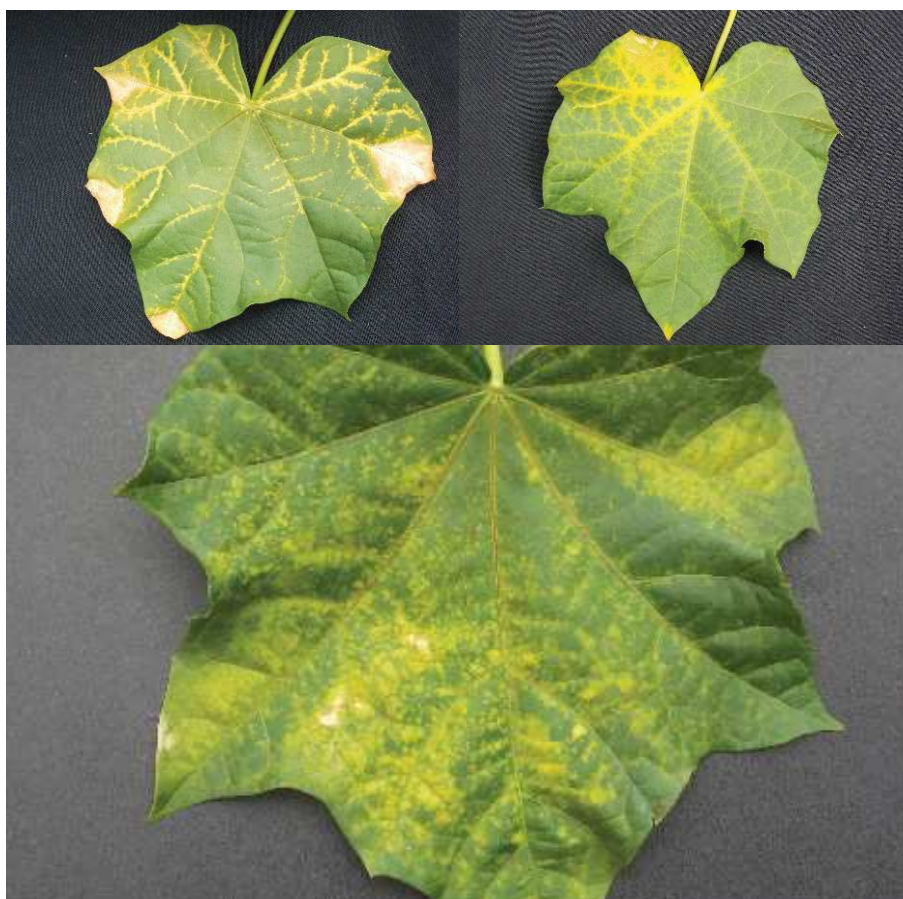
Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

**Figura 9.** Sintomas visuais de deficiência de B em plantas de pinhão-manso.



## Cobre

A deficiência de Cu em pinhão-manso caracteriza-se pela presença de pequenas manchas cloróticas, inicialmente ao longo das nervuras em direção à inserção com o pecíolo, normalmente na lateral superior da folha, que posteriormente se expandem e coalescem. Forma-se um reticulado clorótico que acompanha as nervuras, podendo estar apenas em um lado da folha, em uma das pontas ou na folha inteira. A clorose pode progredir na forma de manchas difusas no limbo foliar. Algumas nervuras apresentam coloração marron-avermelhada. O sintoma ocorre em folhas novas e intermediárias (Figura 10).

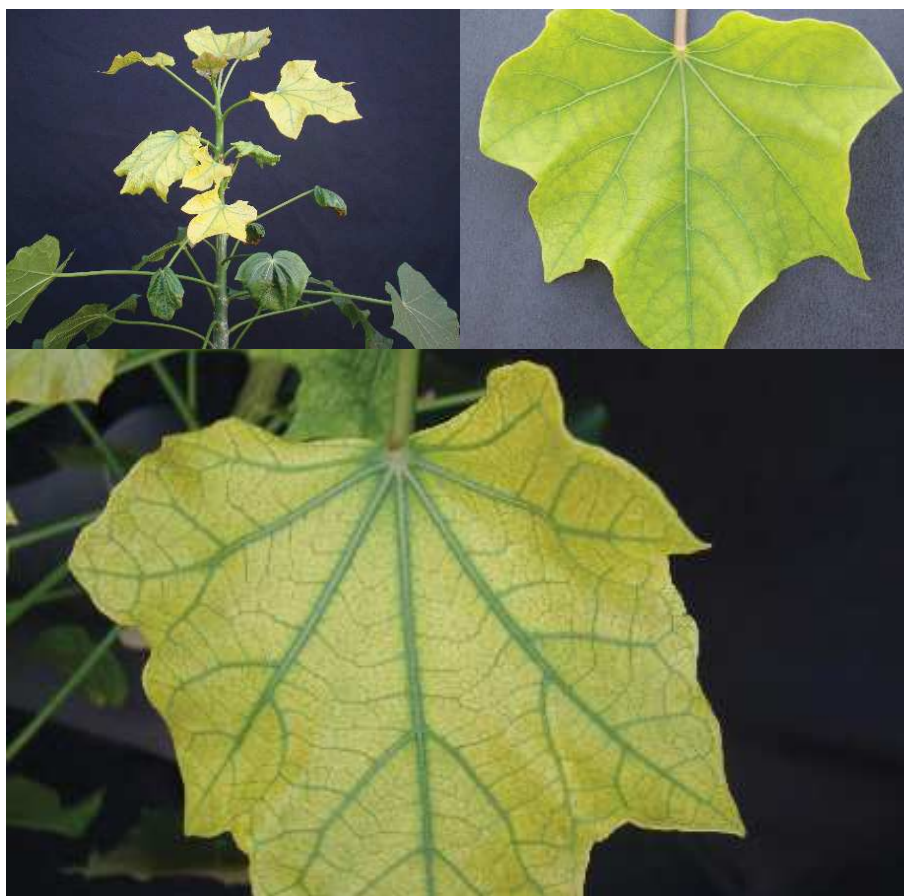


Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

Figura 10. Sintomas visuais de deficiência de Cu em folhas de pinhão-manso.

## Ferro

As plantas com deficiência de ferro apresentam sintomas típicos, com clorose iniciando-se pelas folhas novas (rede verde fina das nervuras sobre fundo amarelado) (Figura 11). O crescimento da planta pode diminuir em casos mais severos.



Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

**Figura 11.** Sintomas visuais de deficiência de Fe em planta e folhas de pinhão-manso.

## Manganês

Sem quantidades adequadas de Mn no substrato, o pinhão-mansó pode apresentar o sintoma típico de carência deste elemento, que é a clorose internerval de folhas novas, caracterizada por um reticulado verde-escuro grosso das nervuras sobre um fundo de coloração verde-clara e, posteriormente, amarelada. Pode ocorrer, também, uma menor visibilidade das nervuras secundárias em alguns pontos, com a mescla das cores verde e amarela, dando uma aparência difusa do reticulado (Figura 12).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho



**Figura 12.** Sintomas visuais de deficiência de Mn em folhas de pinhão-mansó.

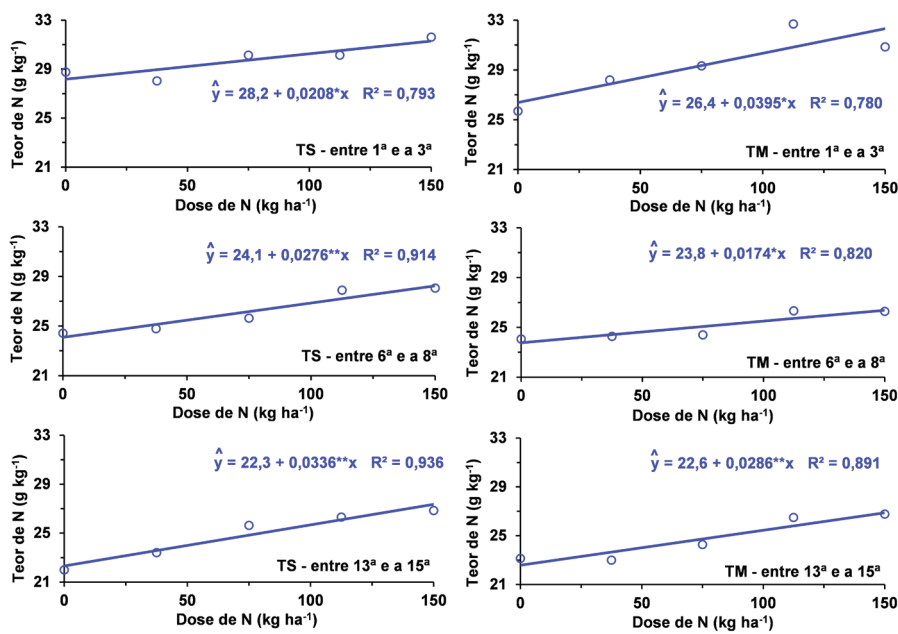
## Critérios e padrões para a avaliação do estado nutricional

A determinação analítica dos teores de nutrientes em amostras de folhas recém-maduras, visando à diagnose do estado nutricional, é embasada no fato de esse órgão ser metabolicamente ativo e mais sensível a variações na disponibilidade de nutrientes no solo, havendo, até certo ponto, relação direta entre o teor nutricional e o desenvolvimento e a produção da planta. Contudo, para que a sua interpretação seja adequada, é imprescindível que haja o estabelecimento do tipo de folha ou a sua localização na planta, ou seja, a definição da folha diagnóstica ou folha índice. Essa padronização é importante, para evitar a ocorrência de falsos diagnósticos de deficiências, excessos ou desbalanços nutricionais, o que pode induzir a aumentos desnecessários no custo de produção, em decorrência da aplicação de nutrientes não limitantes ao desenvolvimento da cultura; ou então, a decréscimos na produtividade, em razão da falha na detecção de deficiências nutricionais ou do fornecimento de elementos que já se encontravam em excesso.

Assim, com o objetivo de se definir a folha diagnóstica em plantas adultas, Kurihara e Silva (2014, 2015) avaliaram teores de macronutrientes em amostras coletadas em parcelas de dois experimentos conduzidos com pinhão-manso em Dourados, MS, sobre Latossolo Vermelho distrófico, textura média, onde foram aplicadas doses crescentes de nitrogênio e fósforo. Constatou-se que a localização da folha na planta influencia significativamente os teores de nutrientes, sendo que N, P, K e S tendem a apresentar maior concentração nos tecidos mais novos e Ca e Mg nas folhas basais do ramo floral, principalmente no terço médio da planta. Essas diferenças nos teores foliares, em função da parte da planta amostrada, reflete a forma de acúmulo dos nutrientes nos tecidos vegetais, em razão da sua mobilidade no floema. O maior teor dos nutrientes móveis (N, P, K e S) nas folhas mais novas é decorrente da translocação desses elementos a partir dos tecidos mais velhos. Por outro lado, o acúmulo de Ca ao longo do tempo, em virtude de sua não redistribuição pelo floema, associado ao seu papel na formação de estruturas celulares, resulta nos maiores teores observados nas folhas mais velhas (Marschner, 2002). O Mg, por sua vez, apesar da sua alta mobilidade no floema, pode ter sido acumulado nas folhas mais velhas, como ocorre também em outras espécies vegetais (Malavolta, 2006), em razão da demanda por esse nutriente não ser tão alta nas estruturas mais novas (Lima et al., 2011).

Diante da constatação de existência de diferenças significativas nos teores de macronutrientes, em função da localização da folha na planta de pinhão-manso, reforça-se a necessidade de estabelecimento de um padrão de coleta de amostras foliares, no intuito de se permitir a adequada interpretação do estado nutricional dessa cultura. Nesse contexto,

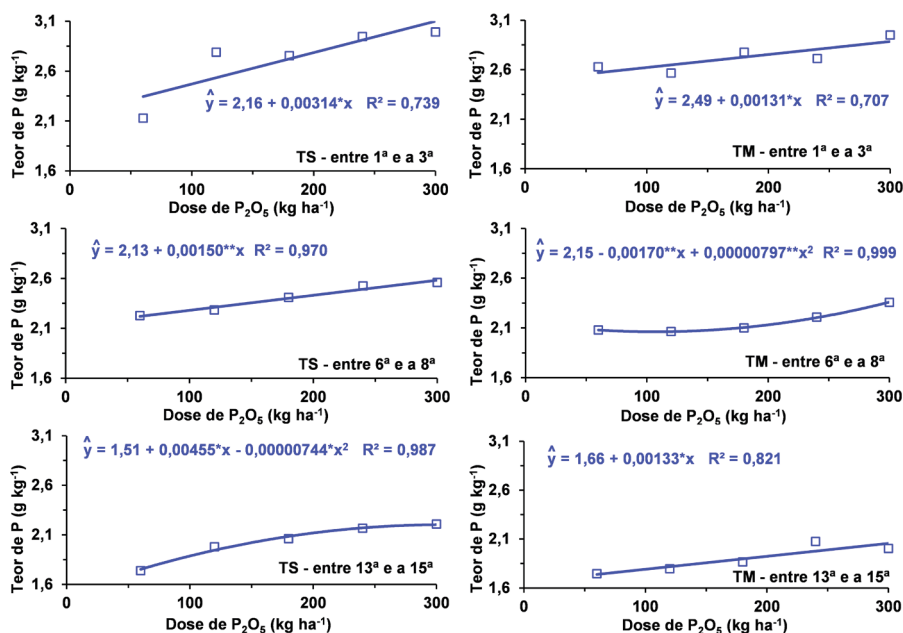
Kurihara e Silva (2014, 2015) estabeleceram que amostras coletadas em ramos do terço superior da planta, entre a sexta e a décima quinta folha do ramo floral, apresentam maior sensibilidade às variações no fornecimento de N e P pela adubação (Figuras 13 e 14), razão pela qual os autores indicaram esse padrão de amostragem como folha índice para diagnose nutricional de pinhão-manso. A maior sensibilidade da folha índice coletada no terço superior da copa pode estar relacionada ao fato de que, em plantas perenes, nessa parte do dossel, localiza-se grande parte das folhas metabolicamente ativas (Luysaert et al., 2002). De acordo com esses autores, a exposição à luminosidade pode influenciar os teores foliares, em razão das diferenças na translocação de nutrientes e carboidratos entre as folhas, e também na taxa de transpiração. Por essa razão, o padrão de distribuição espacial entre folhas mais expostas à luminosidade e sombreadas pode resultar em diferenças no acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da copa da planta.



**Figura 13.** Efeito de adubação nitrogenada, em cobertura, sobre o teor de N determinado em amostras de folhas de pinhão-manso coletadas aos 29 meses após o transplante das mudas, em duas posições dos ramos florais na planta.

Nota: TS = terço superior e TM = terço médio e três posições no ramo floral (entre a 1ª e a 3ª, entre a 6ª e a 8ª e entre a 13ª e a 15ª folha abaixo da inflorescência).

Fonte: Kurihara e Silva (2014, 2015).



**Figura 14.** Efeito de adubação fosfatada sobre o teor de P determinado em amostras de folhas de pinhão-mansó coletadas aos 29 meses após o transplântio das mudas, em duas posições dos ramos florais na planta.

Nota: TS = terço superior e TM = terço médio e três posições no ramo floral (entre a 1ª e a 3ª, entre a 6ª e a 8ª e entre a 13ª e a 15ª folha abaixo da inflorescência).

Fonte: Kurihara e Silva (2014, 2015)

## Considerações finais

Plantas de pinhão-mansó com 4 anos de idade apresentam elevada demanda de potássio e nitrogênio principalmente, seguida de cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, com extração pela parte aérea equivalente a 144 kg ha<sup>-1</sup>, 102 kg ha<sup>-1</sup>, 70 kg ha<sup>-1</sup>, 44 kg ha<sup>-1</sup>, 13 kg ha<sup>-1</sup> e 5 kg ha<sup>-1</sup> de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente. Quanto aos micronutrientes, destaca-se o expressivo acúmulo de Mn (6.162 g ha<sup>-1</sup>) na parte aérea. Ocorre, também, demanda elevada por Fe (980 g ha<sup>-1</sup>) e Zn (238 g ha<sup>-1</sup>) e menos acentuada por B (172 g ha<sup>-1</sup>) e Cu (48 g ha<sup>-1</sup>). A colheita dos frutos resulta em uma relativamente baixa exportação de macronutrientes, destacando-se N (25 kg ha<sup>-1</sup>) e K (18 kg ha<sup>-1</sup>), bem como de micronutrientes, destacando-se Mn (162 g ha<sup>-1</sup>) e Fe (130 g ha<sup>-1</sup>). A partir dos dados de extração de

nutrientes, e considerando-se taxas de recuperação, pela planta, dos elementos aplicados ao solo por meio de fertilizante, estima-se que a adubação de plantio dessa cultura deve ser suficiente para suprir 40 kg ha<sup>-1</sup>; 50 kg ha<sup>-1</sup>; 50 kg ha<sup>-1</sup>; 5 kg ha<sup>-1</sup>; 0,7 kg ha<sup>-1</sup>; 0,3 kg ha<sup>-1</sup>; 8,0 kg ha<sup>-1</sup> e 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, S, B, Cu, Mn e Zn, respectivamente. E a adubação de cobertura, visando à reposição dos nutrientes exportados, deve ser suficiente para suprir 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup> e 3 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S, respectivamente, por tonelada de grãos a ser produzida.

Para uma adequada diagnose visual, a interpretação de um sintoma visual de deficiência nutricional em folhas de pinhão-mansão deve ser embasada em padrões conhecidos, que foram caracterizados neste capítulo. Como o diagnóstico é dificultado pela semelhança de sintomas com desordens de ordem biótica (pragas, doenças) ou abiótica (condições climáticas, toxidez por agrotóxicos etc.), é necessário verificar a generalização do sintoma, a presença de gradiente (sintomas em folhas novas de elementos imóveis ou pouco móveis, e em folhas mais velhas para elementos móveis), a simetria do sintoma, ou seja, aparecimento em folhas consecutivas, além do histórico da área. Salienta-se que a diagnose visual deve ser acompanhada, sempre que possível, da diagnose foliar, para um diagnóstico conclusivo. Mesmo não havendo, ainda, a definição das faixas de suficiência para os teores foliares de nutrientes, específicas para as plantas de pinhão-mansão, pode-se obter uma comparação qualitativa de amostras foliares coletadas em plantas com a manifestação de determinado sintoma visual, em relação às amostras coletadas em plantas com desenvolvimento normal. Para que essa comparação seja válida, porém, é preciso padronizar o procedimento de amostragem, tendo-se em vista a existência de diferenças consideráveis nos teores de nutrientes, dependendo da parte da planta amostrada. Para a diagnose foliar de pinhão-mansão, indica-se a coleta de folhas localizadas entre a sexta e a décima quinta posição no ramo floral, em ramos do terço superior da planta. Essas folhas apresentam maior sensibilidade às variações no fornecimento de N e P pela adubação.

## Referências

- BORGHETTI, R. A.; ASSIS, M. de O.; SANTOS NETO, J. A. dos; CARDOSO, R. R. Teor e acúmulo de macronutrientes em frutos de pinhão-manso em diferentes épocas de maturação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. **Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 1 CD-ROM. FERTBIO 2010.
- CAMARGO, R. de; MALDONADO, A. C. D.; DIAS, P. A. S.; SOUZA, M. F.; FRANÇA, M. S. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 283-290, mar. 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000300006.
- CARELS, N. *Jatropha curcas*: a review. **Advances in Botanical Research**, v. 50, p. 39-86, 2009.
- DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; COLLETTI, A. J.; MONTANARI, R.; PAZ-FERREIRO, J. Growth and productivity of purging nut (*Jatropha curcas* L.) crop grown on an Oxisol in Tangará da Serra (MT, Brasil). **Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe**, v. 37, p. 139-146, 2013. Disponível em: <[http://www.udc.es/files/iux/almacen/articulos/cd37\\_art09.pdf](http://www.udc.es/files/iux/almacen/articulos/cd37_art09.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2015.
- FREIBERGER, M. B. **Crescimento inicial e nutrição do pinhão-manso em função da adubação NPK**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/168592f.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.
- KUMAR, P.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of guava cultivar 'Lucknow-49'. **Scientia Horticulturae**, v. 11, n. 2, p. 163-174, Sept. 1979. DOI: 10.1016/0304-4238(79)90041-4.
- KURIHARA, C. H.; KIKUTI, H.; BINOTTI, F. F. da S.; SILVA, C. J. da. Nutrient accumulation, export and cycling in *Jatropha curcas* L. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, p. 361-370, May/June 2016. DOI: 10.1590/0034-737X201663030013.
- KURIHARA, C. H.; SILVA, C. J. da. Diagnostic leaf to evaluate the nutritional status of *Jatropha*. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 607-613, 2015. DOI: 10.1590/0034-737X201562060014.
- KURIHARA, C. H.; SILVA, C. J. da. **Folha índice para avaliação do estado nutricional do pinhão-manso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 27). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112767/1/CT201427.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2015.