

# Novas tecnologias para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas

Henrique de Sá Paye<sup>1</sup>; Luiz Dimenstain<sup>2</sup>; Roberto Lyra Villas Boas<sup>3</sup>; Loren Chisté<sup>4</sup>; Ailton Geraldo Dias<sup>5</sup>; Thais Regina de Souza<sup>6</sup>

**Resumo** - A utilização de novas tecnologias que permitam avaliar de forma dinâmica, rápida, eficiente e mais frequente a fertilidade do solo vêm ao encontro à demanda do campo, pois permite aos técnicos e produtores rurais uma interpretação mais precisa e exata da disponibilidade dos nutrientes e do estado nutricional das plantas. Dessa forma, é possível melhorar a eficiência das adubações, otimizar recursos e aumentar o lucro do produtor. Nesse sentido, foi apresentado um conjunto de informações relacionadas a três tecnologias disponíveis para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas, muito embora ainda não tiveram uma penetração adequada nos meios agrônômicos. Procurou-se, contudo, abordar, ainda que de forma incipiente, resultados recentes, conclusões de ordem prática e o potencial de uso de cada ferramenta em campo.

**Palavras-chaves:** Extrator de solução; Análise de seiva; Índice SPAD.

## New technologies to assess soil fertility and plant nutrient status

**Abstract** - The use of new technologies that allow evaluation of soil fertility in a dynamic, fast, efficient and more frequent way meets agricultural demands, since it allows farm technicians and farmers to interpret more precisely and accurately the availability of nutrients, and the nutritional status of plants. Thereby, it is possible to improve fertilization efficiency, optimize resources, reduce costs and increase the profit of producers. Three technologies to assess soil fertility and the nutritional status of the plants have been presented although they still do not have adequate penetration in Agronomy. Thus, the survey attempted to achieve, even in an incipient way, recent research results, learning experience and the potential of use of each tool in the field.

**Keywords:** Solution analysis. Sap analysis. SPAD index.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, as tecnologias utilizadas para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas fundamentam-se basicamente na extração química de nutrientes do solo e/ou de tecidos de plantas. No entanto, essas tecnologias trazem diagnósticos tardios, algumas vezes imprecisos e não

representam o estado nutricional atual das plantas. A agricultura irrigada vem buscando alternativas que se desvencilham de critérios de interpretação da tradicional agricultura de sequeiro que sempre impôs, pela inércia, o uso das tradicionais análises de solo e folha. Isso não quer dizer que a análise de solo e de tecido de plantas não sejam bons

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Solos e Nutrição Mineral de Plantas, Pesquisador do Incaper, henrique.paye@incaper.es.gov.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agricultura, Consultor

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciências Energia Nuclear na Agricultura, Professor Titular da Unesp

<sup>4</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Solos e Nutrição Mineral de Plantas

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Água para a Agricultura, Empresa Sementes Vitória LTDA

<sup>6</sup> Engenheira Agrônoma, Pesquisadora da Yara Fertilizantes

indicadores, pelo contrário, continuam sendo a referência. Porém, os ajustes da adubação ao longo do crescimento das plantas podem e devem ser melhorados, uma vez que diferenças promovidas por fatores do ambiente, material genético e manejo da cultura alteram o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Portanto, a utilização de “ferramentas” de resposta rápida, que consideram a natureza dinâmica do solo, da solução do solo e do estado nutricional das plantas tornam-se imprescindíveis. Para isso, atualmente estão disponíveis diversas tecnologias que permitem o diagnóstico rápido da disponibilidade dos nutrientes e do estado nutricional das plantas, a partir da análise da solução do solo, da clorofila e da seiva das plantas. As medidas podem ser tomadas periodicamente por profissionais que dão assistência ou mesmo pelo produtor e permitem ajustes imediatos na adubação que vem sendo conduzida.

Apesar dos benefícios e vantagens observados em campo há carência de informações validadas, relacionadas ao uso isolado ou associado dessas tecnologias. Neste sentido, serão fornecidas uma série de premissas e conceitos sobre essas novas tecnologias que auxiliam avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas.

### ANÁLISE DA SOLUÇÃO DO SOLO

A solução do solo pode ser definida como sendo a fase líquida do solo e seus solutos que se encontram dissolvidos em um dado momento, dentre eles os solutos minerais ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) e orgânicos (aminoácidos, ácidos húmicos, carboidratos, enzimas etc.). A análise da solução do solo tornou-se imprescindível para o manejo das adubações, após a forma tradicional de adubação em cultivo de sequeiro ser substituída pela aplicação de fertilizantes via água de irrigação, conhecida por fertirrigação. Essa forma de adubação, por extrema simplificação conceitual, tem sido realizada equivocadamente. A fertirrigação é uma tecnologia que permite alterações rápidas e precisas na quantidade de nutrientes aplicados e no posicionamento dos mesmos, conforme a profundidade do sistema

radicular. Logo, o monitoramento de íons em solução passa a ser ferramenta indispensável por possibilitar, de forma rápida, ajustes necessários na quantidade e no tipo de fertilizantes aplicados, evitando alterações indesejáveis das quantidades de sais e do potencial hidrogeniônico e da solução do solo.

### AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO, DETERMINAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Diferentes métodos podem ser utilizados para a obtenção da solução do solo (Wolt, 1994). Entretanto, os tubos de sucção a vácuo, chamados de extratores de solução do solo (ESS), são os mais difundidos devido ao fácil manejo, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas e à quantificação de seus componentes. Com o auxílio dos extratores de solução do solo, pode-se conhecer os valores de pH, condutividade elétrica (CE) (Figura 1), assim como os teores de qualquer elemento presente na solução.



**Figura 1.** Extração da solução do solo, solução do solo extraída, medidor portátil de pH e condutividade elétrica.

Fonte: Chisté (2018)

A representatividade da solução do solo, obtida pelos extratores de solução, está intimamente relacionada ao local de instalação desses equipamentos (BLANCO, 2006). Se o local de instalação não for adequado, a concentração de nutrientes na solução coletada pode ser muito abaixo ou acima

da concentração média da solução que está sendo absorvida pelas raízes das plantas. Isso resultará em erros no manejo da adubação, comprometendo a produtividade e a qualidade da produção. Portanto, os extratores devem ser instalados em uma posição e profundidade que permitam obter uma amostra representativa da solução nutritiva do solo. Isto é, a solução coletada deverá apresentar o que as raízes estão de fato usufruindo da solução do solo. Assim, obtemos uma amostra fiel da solução que está sendo absorvida pelas raízes das plantas.

Outro método que se mostra altamente correlacionado ao anterior e vem sendo muito utilizado para fins de avaliação da fertilidade do solo é a análise do extrato de saturação (SOUZA et al., 2013). Sua obtenção é feita por meio da amostragem de solo para obtenção da pasta saturada. Para isso, é necessário coletar uma amostra representativa de solo e enviá-la a um laboratório especializado. O procedimento é simples e prevê saturar com água destilada a amostra de solo e mantê-la em contato com essa água por uma noite. Posteriormente, é feita uma filtração a vácuo, que retira a água livre, que vem a ser a solução do solo, ou seja, o próprio extrato de saturação. A desvantagem dessa técnica em relação à anterior deve-se ao fato de a solução obtida pelo método do extrato de saturação não representar fielmente as condições em campo, principalmente as condições de umidade e concentração iônica à qual as plantas estão diretamente submetidas. Nesse caso, as principais reações químicas envolvidas com a solubilidade dos compostos e seu envolvimento em reações de adsorção-dessorção, tais como precipitação, adsorção e oxirredução, podem ser sensivelmente alteradas, uma vez que são controladas pelas condições ambientais do meio. Cadahía (1989) comparou a concentração de nutrientes e valores de pH e CE no extrato de saturação obtida saturando diferentes solos com água destilada e com a solução nutritiva aplicada pela fertirrigação. Os resultados revelaram diferenças significativas entre as variáveis avaliadas e atribuiu essas diferenças às reações de hidrólise e de troca catiônica que ocorrem em solos

com atributos químicos, físicos e físico-químicos diferentes. O mesmo autor concluiu que a medida que aumentou o teor de matéria orgânica e de argila à interação solo-solução foi maior, dificultando obter teores de nutrientes, além de outros parâmetros físico-químicos próximos àqueles obtidos por métodos de extração direta da solução do solo. Portanto, não se obteve uma solução fiel a que está em equilíbrio em condições ambientais.

Tanto a solução do solo obtida por extratores de solução como a do extrato de saturação devem ser analisadas imediatamente após a extração, pois a luminosidade e a temperatura estimulam os micro-organismos presentes na solução, o que pode alterar a sua composição. Caso a análise não possa ser realizada rapidamente, no mesmo dia da coleta, recomenda-se mantê-la sob refrigeração, a 4°C, até o momento da análise. Para determinar na solução do solo a concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ ) dos principais nutrientes e os parâmetros físico-químicos (pH e CE), podem ser utilizados medidores portáteis de pH e da CE, kits rápidos, sejam esses de fita colorimétrica, de titulação, sejam de turbidez, analisadores de íons seletivo e técnicas mais avançadas, como a espectrofotometria de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), espectrometria de massas (ICP-MS) entre outras, realizadas por alguns laboratórios de análise de solo. As análises por técnicas espectrométricas estão disponíveis em laboratórios que realizam análises de solo e análises ambientais.

A frequência de coleta é variável e não há um tempo determinado para se medir os nutrientes disponíveis na solução do solo. Logicamente, quanto mais frequente forem essas medidas, mais rapidamente são identificáveis problemas como faltas ou excessos de nutrientes, lixiviações, pH e CE fora dos intervalos desejados. Na prática, o que se faz com certa frequência é acompanhar as variações dos valores de CE e pH, uma vez que a alteração desses parâmetros analíticos é reflexo da aplicação de fertilizantes, mudança na diluição da solução do solo, extração dos nutrientes pelas raízes

das culturas e perdas por lixiviação. Além disso, a medida da condutividade elétrica permite mensurar a concentração de sais dissolvidos na solução do solo, uniformidade de distribuição ao longo da área e distribuição de sais no perfil do solo. Por outro lado, o pH permite inferir sobre a solubilidade e o predomínio das formas iônicas dos nutrientes na solução e consequentemente a disponibilidade desses para as plantas. Muito embora a CE e o pH não diferenciem a composição de sais, informando, respectivamente, apenas a salinidade total e a acidez e/ou a alcalinidade da solução do solo, medir com certa frequência ajudará a decidir sobre doses e fontes de fertilizantes que deverão ser usadas nas fertirrigações para manter a salinidade total dentro da tolerância fisiológica de cada cultura e o melhor aproveitamento de nutrientes para conseguir a melhor resposta agrônômica.

Parâmetros desejados e interpretações dos valores obtidos na solução do solo são determinados de acordo com as tolerâncias dos cultivos à salinidade, em cada fase fenológica, e a composição nutricional dessa salinidade. Certamente, esta é a etapa mais difícil de ser executada, pois vários fatores estão inter-relacionados. A pesquisa científica frequentemente tem ajustado valores, entretanto estes níveis ainda não foram devidamente estabelecidos para as diferentes culturas e para cada fase fenológica, havendo apenas recomendações gerais da concentração dos principais nutrientes (Tabela 1). A interpretação agrônômica das concentrações dos vários nutrientes na solução do solo em duas coletas sucessivas com intervalo de amostragem, por exemplo, semanal, identificará um delta ( $\Delta$ ), que servirá para direcionar as decisões de manejo de fertirrigações para usufruir dos parâmetros, cujos valores sugeridos aqui estão sendo ajustados pela pesquisa de acordo com estudos de tolerâncias aos sais fertilizantes e desempenho em produtividades e qualidades dos cultivos ao longo das fases fenológicas.

**Tabela 1.** Faixas de concentração de nutrientes na solução do solo

Nutriente	Massa Atômica	Faixa de Concentração	
		mg/L	mmol/L
<b>N – NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	14,0	70-250	5,00-17,86
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	14,0	0-33	0,00-2,36
<b>P</b>	31,0	15-80	0,48-2,58
<b>K</b>	39,1	150-400	3,84-10,23
<b>Ca</b>	40,0	70-200	1,75-5,00
<b>Mg</b>	24,3	15-80	0,62-3,29
<b>S</b>	32,0	20-200	0,63-6,25
		mg/L	μmol/L
<b>B</b>	10,8	0,1-0,6	9,26-55,56
<b>Cu</b>	63,5	0,05-0,3	0,79-4,72
<b>Fe</b>	55,8	0,8-6,0	14,34-107,53
<b>Mn</b>	54,9	0,5-2,0	9,11-36,43
<b>Mo</b>	95,9	0,01-0,15	0,52-1,56
<b>Zn</b>	65,4	0,05-0,5	1,53-7,65
<b>Cl</b>	35,5	1,0-188,0	28,17-5.295,77

Fonte: Dimenstein (2017) Dias (2011).

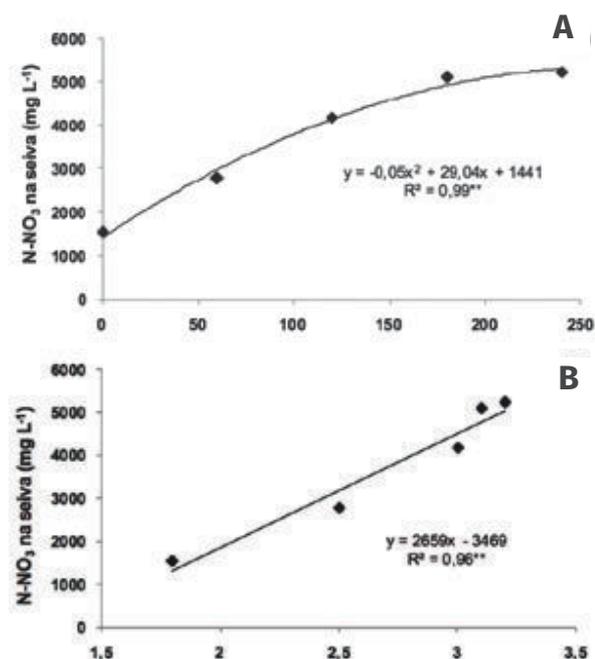
## ANÁLISE DA “SEIVA”

Uma das premissas mais antigas da análise foliar baseia-se na ideia de que o conteúdo de nutrientes acumulados na planta seria proporcional à sua disponibilidade no solo. Sabe-se, porém, que não é bem assim, pois diversos fatores afetam as relações entre os teores no solo e o conteúdo na planta (VAN RAIJ, 1981). Além disso, análise foliar representa o acúmulo de nutrientes, desde a formação da folha até sua coleta. Por outro lado, a análise da seiva tem sido considerada uma nova tecnologia para avaliar o estado nutricional das plantas no momento da amostragem. É uma técnica de diagnóstico bastante precisa e sensível às oscilações dos nutrientes nas plantas, tanto durante o ciclo de cultivo como em resposta a uma adubação, que é a base fundamental do programa de nutrição na fertirrigação.

A análise da seiva é realizada na Espanha para diversas culturas como tomate, pimentão, melão,

morango, trigo, milho, rosa, cravo, feijão, beterraba, cana-de-açúcar e citros (CADAHÍA; LUCENA, 2000). No Brasil, algumas pesquisas com tomate (BLANCO, 2004; OLIVEIRA, 2003; FONTES, 2002; GUIMARÃES, 1999), rúcula (PURQUERIO, 2005) e laranja (SOUZA et al., 2012) já foram realizadas utilizando esta técnica. Esses trabalhos apresentam altas correlações entre os teores observados na análise do tecido foliar, a concentração do nutriente na seiva da planta e a produtividade das culturas.

Purquerio (2005) avaliou o teor de nitrato na seiva e a produção da cultura rúcula fertirrigada, em ambiente protegido, sob diferentes doses de nitrogênio. O autor obteve altos valores de correlação entre o teor de nitrato na seiva com as doses de N aplicadas e com a produção (Figura 2 A e B).

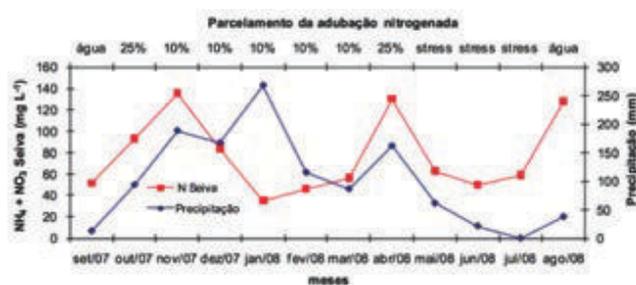


**Figura 2.** Relação entre o teor de nitrato na seiva com as doses de nitrogênio aplicadas (A) e com a produção da rúcula (B).

Fonte: Purquerio (2005).

Assim como qualquer método de diagnose nutricional, diversos fatores influenciam a concentração de nutrientes na seiva, como a

concentração de nutrientes na solução do solo (dose e parcelamento da adubação) a quantidade de água presente no solo (precipitação e, ou irrigação), os estádios de desenvolvimento da cultura a temperatura a hora do dia, as estações do ano e a idade das plantas. Souza (2010) observou o comportamento de N ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) e K na seiva em função da precipitação ocorrida entre os meses de setembro de 2007 a agosto de 2008 (safra 2007/2008) e do parcelamento da adubação na fertirrigação para a laranja Hamlin (Figura 3).



**Figura 3.** Comportamento de N ( $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ ) na seiva, para a laranja Hamlin, na safra 2007/2008, de acordo com a precipitação e o parcelamento da adubação nitrogenada. Fonte de N: nitrato de amônio, stress: período em que as plantas não receberam água para promover indução floral e água: momento quando foi realizado apenas irrigação.

Fonte: Souza (2010).

Mesmo com as dificuldades que ainda existem na interpretação dos resultados, a análise da seiva demonstra ter maior sensibilidade, além de outras vantagens sobre a diagnose foliar. Cadahía e Lucena (2000) citam, dentre as principais vantagens da análise da seiva em relação à análise convencional de tecido foliar, a variação na concentração de nutrientes absorvidos durante o desenvolvimento da cultura; rápida resposta à adubação, com a possibilidade de realizar correções de doses e fontes; detectar a falta de um nutriente na planta antes do aparecimento dos sintomas visuais, expressando a mudança que está ocorrendo na solução do solo e/ou na seletividade da planta em função ou não de desbalanço de íons na solução do solo.

## AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NA SEIVA

A amostra deve ser representativa e realizada com os mesmos critérios da análise foliar. O material que convencionalmente se determina “seiva” corresponde ao líquido extraído de uma parte específica das plantas, geralmente de tecidos condutores (CADAHÍA; LUCENA, 2000). Para isso, o órgão da planta amostrado, em geral, corresponde aos pecíolos e nervuras das folhas, muito embora também têm sido usados ramos de brotações novas (SOUZA, 2010) ou folhas inteiras sem o pecíolo. A quantidade de material amostrado depende da parte da planta a ser utilizada e também do método de extração. Em geral é suficiente uma quantidade de tecido condutor que proporcione aproximadamente 10 mL de seiva, que pode corresponder de 20 a 30 gramas de tecido para hortaliças e ornamentais, e de 40 a 100 gramas de tecido para plantas lenhosas. Já o número de folhas varia entre 40 a 60 folhas por área (CADAHÍA; LUCENA, 2000). A coleta deve ser feita entre 8h00m e 10h00m, evitando coletar após adubações, fertirrigações ou mesmo após chuvas. Após a coleta das amostras, o transporte do campo ao laboratório e o processamento deve ser realizado em menor tempo possível, pois a extração é feita com o material fresco.

A extração da seiva pode ser realizada por diversos métodos: a) extração com auxílio de prensas (FONTES et al., 2002; BLANCO, 2004), b) extração com éter etílico e posterior congelamento de amostras

(CADAHÍA; LUCENA, 2000), c) extração utilizando câmara de pressão, d) coleta de exsudatos (OLIVEIRA et al., 2003) e e) extração realizada com acetato de etila, 1-butanol, éter de petróleo ou xileno (MORENO; GARCÍA-MARTÍNEZ, 1980). Em todos os métodos de extração citados, os autores denominam seiva o material extraído (Figura 4).

A quantidade extraída geralmente é pequena e normalmente apresenta elevada concentração de nutrientes. Sendo assim, o material extraído poderá ser diluído e apenas, se necessário, filtrado. Pode-se determinar com facilidade os seguintes nutrientes:  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , N-orgânico, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Zn, Mo e B, além de aminoácidos e açúcares. A concentração dos nutrientes na seiva poderá ser realizada no campo, utilizando kits específicos para análise ou em laboratório, utilizando espectrômetros de plasma de argônio ou de emissão atômica, fotômetro de chama, colorímetro entre outros métodos. O nitrogênio mineral ( $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ ) pode ser determinado por destilação.

## MEDIDA INDIRETA DA CLOROFILA

Os métodos de determinação da clorofila são métodos destrutivos e demorados. Porém, com o advento do medidor portátil SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development), desenvolvido pela Minolta Corporation LTD, Osaka/Japão (1989), que mede a intensidade da coloração verde das folhas (quantidade de luz absorvida pela clorofila), é possível obter valores indiretos do teor de clorofila



**Figura 4.** Extração de seiva, da esquerda para direita: espremedor de alho, cadinho (maceração), seringa, câmara de scholander, éter.

Fonte: Vilas Boas (2018)

presente nas folhas de modo não destrutivo, rápido e simples (Figura 5).

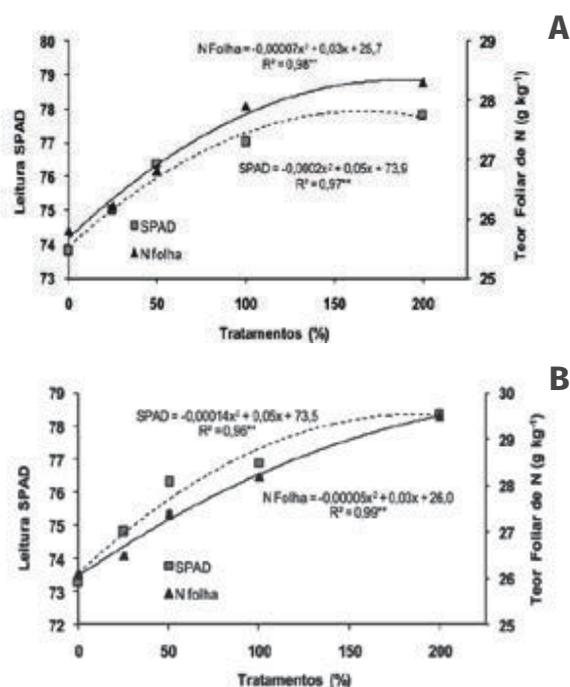


**Figura 5.** Medidor Portátil SPD-502

Fonte: SOUZA (2011).

O medidor SPAD-502, também denominado clorofilômetro, avalia dois pontos: um de alta absorvância, na região do vermelho (650 nm), onde há um pico da absorvância pela clorofila e outro na região do infravermelho (940 nm), onde ocorre a máxima transmitância, este para tirar o efeito da espessura da folha e o seu grau de hidratação. Com base nessas variáveis, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD, sendo esse altamente correlacionado à intensidade da cor verde da folha (teor de clorofila). O teor de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com a produtividade das culturas (SILVA et al., 2009). Souza et al. (2011) utilizaram o valor SPAD para avaliar o efeito de cinco doses de nitrogênio via fertirrigação em duas variedades de laranjas (Figura 6 A e B). Os valores de leitura SPAD, determinados pelo clorofilômetro e a análise foliar de nitrogênio, apresentaram alta correlação ( $R^2$ ) com tratamentos aplicados (Figura 6 A e B). Quando foram correlacionadas às leituras do medidor de clorofila com a concentração de N foliar, ocorreu uma correlação positiva de  $R^2$  0,92 e 0,94, respectivamente, para as variedades de copa Valência e Hamlin.

Uma das principais vantagens do medidor de clorofila é a baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N pelas plantas que é atribuída à forma com que esse nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato, e



**Figura 6.** Valores de leitura SPAD e teor de nitrogênio nas folhas, em função dos tratamentos, para a variedade de copa Valência (A) e Hamlin (B)

nesta forma o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995). Por apresentar essa baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N, a medição efetuada pelo medidor de clorofila tem sido considerada melhor indicadora do nível desse nutriente na planta do que o seu teor (BLACKMER; SCHEPERS, 1995).

Outro grande benefício do medidor SPAD-502, de acordo com Piekielek et al. (1992), é a conveniência de uso, uma vez que uma área de produção pode ser amostrada em minutos obtendo resposta imediata. Por outro lado, o custo do aparelho pode ser um entrave para alguns produtores, mas não para empresas de consultoria, associações e cooperativas de produtores.

O medidor portátil SPAD-502 tem sido, para várias culturas, uma “ferramenta” auxiliar para avaliar a resposta das culturas à aplicação e ao manejo do nitrogênio (MADAKADZE et al., 1999). Essa tecnologia

tem se mostrado bastante efetiva na determinação do “status” de N em arroz (CARRERES et al., 2000), milho (ZOTARELLI et al., 2003), feijão comum (SILVEIRA et al., 2003), trigo (VIDAL et al., 1999), beterraba (CAMPAGNA et al., 2000), cevada (GIORDANI, 2000), batata (GIL et al., 2002), algodão (WU et al., 1998), sorgo (GIORDANI et al., 1998) e tomate (SANDOVAL-VILLA et al., 2000), além de algumas frutíferas, como citros (SOUZA et al., 2011) e noqueira-pecã (HARDIN et al., 2012) sendo de grande utilidade tanto para pesquisadores como para produtores.

### AMOSTRAGEM, EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS NUTRIENTES NA SEIVA

As mesmas folhas coletadas para análise convencional de tecido foliar têm sido utilizadas na determinação da medida indireta da clorofila com o medidor SPAD-502 (MINOLTA, 1989). Entretanto, não há necessidade de retirar as folhas das plantas para essa determinação, muito embora isso possa ser feito. Vale ressaltar que nesse caso o prazo máximo para a medida indireta da clorofila é de 24 horas após a coleta.

Ainda não se sabe precisar a sensibilidade das leituras com o medidor SPAD-502 para as variações de posição na folha, horário de avaliação, bem como o efeito na leitura antes e após a irrigação. As leituras são geralmente feitas em apenas um lado da nervura, próximo ao centro e a 0,6 mm da margem da lâmina da folha (distância fiada pelo regulador de profundidade do aparelho).

A leitura do clorofilômetro é uma medida promissora, uma vez que se pode recomendar a aplicação de nitrogênio nas doses e épocas adequadas (BUSATO et al., 2010). Peterson et al. (1995) afirmam que o uso do medidor SPAD-502 utilizado como instrumento no manejo da adubação nitrogenada é especialmente apropriado, podendo o nitrogênio adicional ser aplicado via fertirrigação.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já existem muitos produtores realizando o manejo da adubação com base na solução do solo, análise

de seiva e clorofila, principalmente para cultivos sob fertirrigação. Sabe-se que essas tecnologias ainda dependem de uma calibração local baseada em observações de concentração de nutrientes *versus* produtividade. Além disso, é dever dos técnicos conhecer as limitações de cada uma dessas tecnologias. Todavia, essas tecnologias têm grande potencial e podem ser aplicadas como estratégia para aprimorar a tomada de decisões nas questões que envolvem a fertilidade do solo, a nutrição de plantas e o manejo das adubações.

### REFERÊNCIAS

- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor crop nitrogen status and scheduled fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, p.56-60, 1995.
- BLANCO, F. F. **Manual de construção e utilização de extratores de cápsula porosa para obtenção da solução do solo**. Teresina. Embrapa Meio-Norte, p. 36, 2006.
- BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**, Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.115, 2004.
- BUSATO, C. et al Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 14, p. 2148-2156, 2010.
- CADAHÍA, L.C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**, (3. ed.), Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 681, 2005.
- CADAHÍA, L.C.; LUCENA, J.J. Diagnóstico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**, 2.ed, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, cap. 5, p. 173-246, 2000.
- CAMPAGNA, G.; ZAVANELLA, M.; LANDI, D. La concimazione azotata parte dalla dotazione del terreno. **Informatore Agrario**, v. 56: n. 3, p. 35-40, 2000.
- CARRERES, R. et al. Effects of pre-flood nitrogen rate and mid-season nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agricultural Science**, v.134, n. 4, p. 379-390, 2000.
- DWYER, L.M. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Can. Journal Plant Science**, v. 75, p. 179-182, 1995.
- FONTES, P.C.R.; RONCHI, C.P. Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1421-1429, 2002.

- GIL, P.T. de et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira** v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GIORDANI, G.; BERNATI E.; BARTOLINI M. Metodi diagnostici per stabiliri lo stato nutrizionale del sorgo. **Informatore Agrario** v. 54, n. 21, p. 41-44, 1998.
- GUIMARÃES, T. G.et al. Giordani G. Lo stato nutrizionale delle colture di orzo. **Informatore Agrario** v.56, n. 7, p. 69-72, 2000.
- HARDIN, J. A. et al. In situ measurement of pecan leaf nitrogen concentration using a chlorophyll meter and vis-near infrared multispectral camera. **HortScience**, v. 47, n. 7, p. 955-960, 2012.
- MADAKADZE, I. C et al. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. **Journal of Plant Nutrition**. v. 22, n. 6, p. 1001-1010, 1999.
- MINOLTA CAMERA Co. Ltd. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. **Minolta Radiometric Instruments Div.**, Osaka, Japão, p. 22, 1989.
- MORENO, J.; GARCÍA-MATÍNEZ, J. L. Extraction of tracheal SAP from Citrus and analysis of its nitrogenous compounds. **Physiology Plant**, v. 50, p. 298-303, 1980.
- OLIVEIRA, M. N.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A. Variação diurna e sazonal do pH e composição mineral da seiva do xilema em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 10-14, 2003.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for mayze. **Agronomy Journal**, v.84, p.59-65, 1992.
- PURQUEIRO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. p.119, 2005.
- SANDOVAL-VILLA, M.; GUERTAL E.A.; OOD C.W. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n.5, p. 649-661, 2000.
- SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 01, p. 17-22, 2009.
- SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.
- SOUZA, E.R. de et al. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 510-517, 2013.
- SOUZA, T. R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 121f. 2010 Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2010.
- SOUZA, T.R.et al. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.
- SOUZA, T. R.et al. Nutrientes na seiva de plantas cítricas cultivadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 482-492. 2012.
- VIDAL, I; LONGERI, L.; HETIER, J.M. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 55, n. 1, p.1-6, 1999.
- WOLT, J. **Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture**. New York: John Wiley, p. 345, 1994.
- WU, F.B.; WU L.H.; XU F.H. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v. 56 n. 3, p. 309-314, 1998.
- ZOTARELLI, L.et al. Calibração do medidor de clorofila SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.