

Foto: Pedro Marques da Silveira



## Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz e do Feijoeiro

Milene Alves de Figueiredo Carvalho<sup>1</sup>  
Pedro Marques da Silveira<sup>2</sup>  
Alberto Baêta dos Santos<sup>3</sup>

### Introdução

Baixa eficiência agrônômica do nitrogênio (N) vem sendo observada ao longo dos anos em diversas culturas, principalmente devido à adubação nitrogenada ser baseada na análise visual ou em uma recomendação tradicional. O uso inadequado desse nutriente pelos agricultores, muitas vezes em excesso, na tentativa de não reduzir a produtividade e, conseqüentemente, seus lucros, fez com que se aumentassem os riscos de contaminação ambiental.

O diagnóstico correto de N na planta torna-se, então, essencial para o seu manejo apropriado. A maioria dos métodos disponíveis para essa avaliação são onerosos, destrutivos e demorados. Um método alternativo na realização desse diagnóstico é a utilização do medidor de clorofila, denominado clorofilômetro, um aparelho portátil que gera grandezas relacionadas com os teores de clorofila presente na folha.

O teor de clorofila, por sua vez, geralmente correlaciona-se positivamente com o teor de N foliar, devido esse nutriente constituir parte de sua

molécula. Dessa forma, o clorofilômetro monitora, de forma indireta, instantânea e não-destrutiva, o estado nutricional de N na cultura, podendo ser utilizado para estimar a necessidade de adubação nitrogenada de cobertura em diversos estádios de desenvolvimento.

As culturas do arroz e do feijoeiro ocupam uma posição de destaque na economia brasileira. O manejo adequado de N nessas culturas contribui para que alta produtividade seja alcançada. Nesse contexto, o clorofilômetro torna-se um aliado na concretização desse objetivo.

Esse documento visa facilitar o entendimento do leitor em relação à utilização do clorofilômetro como uma ferramenta para avaliação da nutrição nitrogenada e descrever sua utilização prática nas culturas do arroz e do feijoeiro.

### Clorofilômetro e a Adubação Nitrogenada das Plantas

Os produtores enfrentam um dilema quanto à aplicação de N em cobertura. O fertilizante

<sup>1</sup> Engenheira agrônoma, Doutora em Fisiologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, milene@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, pmarques@cnpaf.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, baeta@cnpaf.embrapa.br

nitrogenado está cada dia mais caro, porém a deficiência de N nas culturas pode resultar em reduções significativas de produtividade e consequente perda de lucros. Dessa forma, os produtores têm aplicado fertilizante nitrogenado para minimizar o risco de deficiência, às vezes em excesso, resultando em custo adicional desnecessário e subsequente contaminação das águas superficiais e subterrâneas com nitrato (PETERSON et al., 1993; BULLOCK, 1994; BLACKMER; SCHEPERS, 1995; MURDOCK et al., 1997; ARGENTA et al., 2003; SILVEIRA et al., 2003; SHAPIRO et al., 2006).

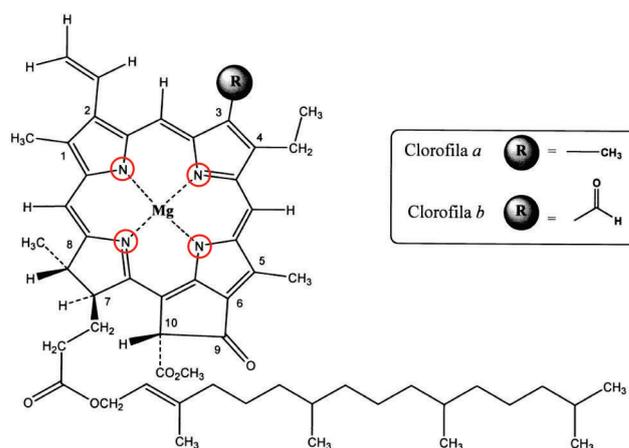
O N é um elemento essencial para as plantas, cuja carência é verificada em solos tropicais, e não existe método de avaliação rápida da sua disponibilidade ao alcance dos agricultores. Os sintomas característicos de deficiência de N consistem em clorose generalizada das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas (REIS et al., 2006).

A sub ou superestimação da dose de N a ser utilizada ocorre rotineiramente no sistema tradicional de recomendação de adubação, pelo fato de serem adotados conjuntos de práticas culturais em lavouras sem considerar suas particularidades de desuniformidade. Por esse motivo, haverá áreas ("manchas") em que a adubação aplicada estará abaixo da necessidade das plantas (subdose) e outras em que ela estará acima dessa necessidade (ARGENTA et al., 2003).

O monitoramento do nível adequado de N na planta faz-se necessário para diagnosticar a necessidade ou não de sua aplicação. Com essa finalidade, uma metodologia que tem se mostrado eficaz é a medição do índice de clorofila nas folhas das plantas.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), as clorofilas, pigmentos típicos dos organismos fotossintéticos, são um dos quelatos mais importantes na natureza e apresentam uma complexa estrutura em anel tipo porfirina (quatro átomos de N formando pontes com um átomo de Mg coordenado no centro) e uma longa cauda de hidrocarbonetos hidrofóbicos que as ancora nas membranas fotossintéticas (Figura 1).

Moléculas de clorofila são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese e, conseqüentemente, estão relacionadas com crescimento e adaptabilidade das plantas aos diferentes ambientes. Para que ocorra síntese de clorofila, N é necessário e, como parte da molécula da clorofila, está envolvido na fotossíntese. Falta de N e clorofila significa que a planta não vai utilizar a luz do sol como fonte de energia para realizar funções essenciais, como a absorção de nutrientes (REIS et al., 2006).



**Figura 1.** Estrutura química da clorofila. N em destaque (círculo vermelho).

Fonte: adaptada de Streit et al. (2005).

Tradicionalmente, os métodos utilizados para determinação do teor de clorofila requerem destruição das folhas, o que é uma desvantagem em estudos que visem determinar o efeito da ontogenia da folha no grau de coloração verde. Além disso, esses métodos são muito demorados e onerosos. Na década de 90, foi disponibilizado um equipamento capaz de gerar grandezas relacionadas com os teores de clorofila, o clorofilômetro (Figura 2), desenvolvido pela Soil-Plant Analyses Development (SPAD-502, Minolta, Japão). Esse aparelho é portátil e fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente na folha sem destruí-las. Permite medições de forma rápida e prática, ainda em campo e a um custo baixo (BLACKMER; SCHEPERS, 1995; MURDOCK et al., 1997; STEVENS et al., 1999; JESUS; MARENCO, 2008; ZHANG et al., 2008a; SINGH et al., 2010). Existem outros medidores de clorofila, como o Fieldscout CM 1000 (SPECTRUM TECHNOLOGIES, 2009) e o Clorofilog CFL 1030 (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008).



Foto: Pedro Marques da Silveira  
**Figura 2.** Clorofilômetro modelo SPAD-502, Minolta, aplicado à cultura do feijoeiro.

O clorofilômetro SPAD-502 mede a transmitância de luz através da folha, no comprimento de onda com pico em 650 nm (luz vermelha), região de alta absorbância pelas moléculas de clorofila, e com pico em 940 nm (radiação infravermelha) (MINOLTA, 1989; MARENCO; LOPES, 2007; STEVENS et al., 2008). Nesse último pico, a absorbância pela folha é desprezível, servindo como um fator de correção para compensar a absorção de fótons em 650 nm por moléculas do tecido foliar desprovidas de clorofila (JESUS; MARENCO, 2008). As leituras que aparecem no visor do aparelho são denominadas como medida indireta de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997) ou índice relativo de clorofila - IRC (PETERSON et al., 1993; VILLAS BÔAS, 2001; GODOY et al., 2008), que pode ser um indicativo da aplicação do N, desde que se conheça o IRC crítico, abaixo do qual a planta estaria deficiente em N (GODOY et al., 2003a). Outra forma de análise dos dados de leitura pode ser pela transformação da leitura em teor de clorofila ( $\text{mg dm}^{-2}$ ) segundo a equação  $y = -0,152 + 0,0996x$  (SORATTO et al., 2004). Outra interpretação das leituras obtidas com o clorofilômetro pode se basear no índice de suficiência de N (ISN), que é calculado pela fórmula:  $ISN = (\text{leitura média do campo} / \text{leitura média da área de referência}) \times 100 (\%)$ , sendo que a área de referência é conduzida com aplicação elevada de N. Exemplo hipotético pode ser observado na Tabela 1. O ISN é um bom indicador do momento de aplicação do adubo nitrogenado e auxilia no ajuste da dose de N de acordo com a exigência de cada cultura, com a finalidade de aumentar a eficiência de utilização do N aplicado (HUSSAIN et al., 2000; GODOY et al., 2003a, 2003b). Essa abordagem tem a vantagem de ser autocalibrada para diferentes solos, épocas e cultivares porque os valores obtidos pelo SPAD são estabelecidos

dinamicamente em relação a uma área de referência com aplicação excedente de fertilizante (SINGH et al., 2010). Por exemplo, em milho foram amostrados quatro locais no campo e os valores de ISN encontrados (101, 98, 97 e 96%) indicaram que um ISN inferior a 95% apontaria deficiência de N que deve ser corrigida para que não ocorra uma redução significativa de produtividade (PETERSON et al., 1993; SHAPIRO et al., 2006).

**Tabela 1.** Cálculo do ISN baseado em exemplo hipotético.

	<i>Leitura da área de referência</i>	<i>Leitura do campo</i>
	44	40
	44	35
	45	38
Média	44,33	37,67
$ISN = (37,67/44,33) \times 100 = 84,97\%$		

A técnica do clorofilômetro permite um ajuste mais fino da gestão de N às condições de campo (PETERSON et al., 1993; BULLOCK, 1994; MURDOCK et al., 1997; REIS et al., 2006; SHAPIRO et al., 2006; ROSTAMI et al., 2008), reduzindo assim o risco de limitar a produtividade devido à deficiência desse nutriente (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). Os produtores devem reconhecer que essa é uma ferramenta adicional que não substitui outros aspectos no manejo de N (PETERSON et al., 1993; STEVENS et al., 1999; SHAPIRO et al., 2006). Vários exemplos de sucesso da utilização do valor correspondente do teor de clorofila na folha, obtido pelo clorofilômetro, para monitoramento do nível adequado de N, foram obtidos em diversas culturas importantes, como milho (BLACKMER; SCHEPERS, 1995; ARGENTA et al., 2003; GODOY et al., 2007; ZHANG et al., 2008a), café (REIS et al., 2006; GODOY et al., 2008), arroz (BULLOCK, 1994; SINGH et al., 2002; ESFAHANI et al., 2008; HUSSAIN et al., 2009; CABANGON et al., 2011), e feijão (FURLANI JUNIOR et al., 1996; CARVALHO et al., 2003; SILVEIRA et al., 2003; SORATTO et al., 2004; DIDONET et al., 2005; BARBOSA FILHO et al., 2008; SANT'ANA et al., 2010; MAIA, 2011), o que evidencia sua eficiência na separação de plantas deficientes ou não em N.

Ao utilizar o clorofilômetro para monitorar o estado nutricional de N nas folhas, deve-se ter certeza de que outros fatores não estão influenciando a leitura do aparelho, como espessura da folha, estágio

fenológico, genótipo, sombreamento e metodologia de leitura (GODOY et al., 2008).

## Vantagens da Utilização do Clorofilômetro

O medidor de clorofila apresenta várias vantagens em relação aos outros métodos de teste de tecido. É um método não-destrutivo e as amostras não precisam ser enviadas para análise em laboratório, poupando tempo e dinheiro. A leitura do conteúdo de clorofila que indica adequado nível de N (ou valor crítico) não é afetada pelo consumo de luxo, ou seja, o consumo de luxo de N não aumenta a leitura do conteúdo de clorofila foliar, pois, quando N é absorvido em excesso, acumula-se na folha como nitrato e nessa forma o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não é quantificado pelo clorofilômetro; uma planta produzirá tanto clorofila quanto possível, independentemente de quanto N exista na planta, até que outros fatores, como o consumo de luxo, tornem-se limitantes. Esse fator faz com que as leituras do SPAD atinjam um patamar quando a disponibilidade de N for adequada, independentemente da quantidade extra de N absorvida pelas plantas. Os produtores podem realizar amostragem quantas vezes forem necessárias, podendo facilmente repetir o procedimento se tiverem dúvidas quanto aos resultados. Usar o clorofilômetro para monitorar a cor verde da folha durante todo o período de crescimento da cultura permite a detecção da deficiência inicial de N, sendo possível corrigi-la antes que essa possa causar redução de produtividade (PETERSON et al., 1993; DWYER et al., 1994; BLACKMER; SCHEPERS, 1995; ROCHA et al., 2005; SHAPIRO et al., 2006).

Uma vez detectada a necessidade de aplicação de N durante o período vegetativo da cultura, torna-se necessária a correção imediata dessa deficiência para que não afete a produtividade. Nesse sentido, o medidor de clorofila é especialmente adequado quando a aplicação de N adicional é realizada por fertirrigação. Nesse sistema, o N aplicado é rapidamente absorvido pela cultura para corrigir sua deficiência. Em sistema não-irrigado, a aplicação de N no solo seco não poderá ser realizada até que ocorra a próxima chuva, o que pode ser tarde demais para que as plantas se recuperem totalmente e alcancem a ótima produtividade (PETERSON et al., 1993).

Estimativa do custo/benefício do equipamento é possível, considerando-se, por exemplo, que produtores de feijão e arroz utilizam de 60 a 120 kg N ha<sup>-1</sup> para atingir alta produtividade, sendo a adubação média de 90 kg N ha<sup>-1</sup>. O principal fertilizante utilizado para adubação nitrogenada de cobertura é a ureia, que apresenta em sua composição 45% de N e seu valor atual é de aproximadamente R\$1.000,00 a tonelada, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011). O segundo fertilizante mais comumente utilizado pelos agricultores para essa finalidade é o sulfato de amônio (20% N), que está em torno de R\$800,00 a tonelada (CONAB, 2011). Considerando-se que com a utilização do equipamento reduz-se aproximadamente 25% do N aplicado (CABANGON et al., 2011), essa redução seria de R\$ 5.000,00 e R\$ 9.000,00, utilizando-se ureia e sulfato de amônio, respectivamente, em uma área de 100 ha. O valor atual do clorofilômetro Minolta SPAD 502 é de R\$ 9.107,00, conforme orçamento realizado em setembro de 2011.

## Fatores que Afetam as Leituras do Clorofilômetro

Apesar de as leituras obtidas pelo SPAD-502 correlacionarem-se significativamente com a produtividade, os valores absolutos podem ser afetados pelos diferentes híbridos e/ou genótipos de uma mesma cultura (BULLOCK, 1994). Exemplos típicos foram observados em alguns híbridos e/ou cultivares de milho, trigo e sorgo que, quando fertilizados adequadamente, apresentam coloração verde mais escuro do que outros. O estágio de desenvolvimento da cultura e condições ambientais, como temperatura, estresse hídrico e luz solar, também podem afetar a coloração verde das folhas. Doenças de plantas, deficiência de nutrientes e quase qualquer outro tipo de estresse da planta podem afetar a sua capacidade de produção de clorofila, o que afeta a coloração verde das folhas (PETERSON et al., 1993; MURDOCK et al., 1997; ROCHA et al., 2005; SHAPIRO et al., 2006).

Outra limitação do uso do clorofilômetro para monitorar o nível de N nas plantas é não prever a quantidade exata de N que deve ser aplicada. O valor da leitura, quando estiver acima do correspondente ao nível adequado no estágio avaliado, significa que não é necessário aplicar N,

pois a planta não está necessitando desse nutriente naquele momento. Por outro lado, quando estiver abaixo do considerado adequado, provavelmente haverá resposta à aplicação suplementar de N. Os indicadores de solo são melhores para prever a quantidade de N a ser aplicada, mas apresentam a limitação de não serem precisos para prever a necessidade do nutriente pelas plantas. Assim, a integração do uso de indicadores de solo e de planta, com o clorofilômetro, torna-se necessária para recomendação mais exata do manejo de N nas culturas, para aumentar a produtividade de grãos, com redução dos custos de produção e do impacto ambiental, por evitar o excesso de adubação nitrogenada (ARGENTA et al., 2003).

Devido ao clorofilômetro ser afetado por tantos fatores, não é possível afirmar que uma leitura do medidor indique suficiência de N. Leituras por si só significam muito pouco e devem ser calibradas para cada campo, solo, híbrido/genótipo e ambiente, a fim de se fazer o seu uso adequado. A melhor maneira de calibrar o medidor é manter várias áreas de referência devidamente adubadas em cada campo, todo ano (PETERSON et al., 1993; MURDOCK et al., 1997; STEVENS et al., 1999; SHAPIRO et al., 2006). Ademais, é um método extremamente sensível a detalhes de amostragem e erros obtidos nesse detalhamento comprometeriam as leituras medidas (ROSTAMI et al., 2008).

Os diagnósticos realizados são baseados na suposição de que o fornecimento de N acima do ideal não influenciará significativamente as leituras do clorofilômetro, porém, observações realizadas por Zhang et al. (2008b) oferecem subsídio para questionar esse pressuposto. Os autores observaram, em milho, que aumento da dose de N aplicada promove um aumento da produção de clorofila que não é acompanhado por um aumento na produtividade de grãos. Nesse caso, o aumento de clorofila é considerado como uma produção de luxo. Pequenas quantidades de produção de luxo de clorofila podem limitar, então, a capacidade do clorofilômetro em diagnosticar deficiências mínimas de N durante a fase de crescimento da cultura. Esse problema é agravado pela dificuldade em se distinguir a produção de luxo de clorofila dos sintomas de deficiência de N.

No caso particular do milho, o uso do medidor SPAD pode não ser uma boa técnica para predição

do "status" de N na planta em estágio inicial de desenvolvimento, apresentando baixa correlação com rendimento de grãos. A maturidade fotossintética (medida para cada genótipo separadamente) é a melhor época para prever o "status" de N em milho, porque nessa fase a clorofila foliar atinge seu nível máximo (BLACKMER; SCHEPERS, 1995; ROSTAMI et al., 2008; ZHANG et al., 2008a).

As limitações supracitadas podem ser corrigidas ou minimizadas mediante a utilização de fatores de correção, como o uso de área de referência, biomassa específica da folha, área foliar e biomassa da matéria seca da planta. Apesar das limitações encontradas, a utilização do clorofilômetro apresenta grande potencial como indicador para a recomendação de adubação nitrogenada, principalmente se associado a indicadores de solo (ARGENTA et al., 2001).

## Utilização do Clorofilômetro na Cultura do Arroz

O fertilizante nitrogenado é um dos principais insumos utilizados na produção de arroz. A maioria das recomendações da adubação de cobertura de N não considera a variabilidade de cada campo (BALASUBRAMANIAN et al., 1999). Na cultura do arroz, os critérios levados em consideração para realização da adubação nitrogenada são o teor de matéria orgânica do solo e a estatura de plantas das cultivares. Na agricultura de precisão, que objetiva a adubação localizada e nas quantidades requeridas de insumos agrícolas, a adoção de apenas esses critérios é insuficiente. Portanto, o uso de outras informações, como o índice de clorofila na folha, pode se tornar importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de recomendação da adubação nitrogenada em cereais, em especial, na cultura do arroz (ARGENTA et al., 2001).

Peng et al. (1993), tentando minimizar as limitações que o clorofilômetro pode apresentar para a cultura do arroz, observaram que a recomendação de N, com os valores obtidos pelo SPAD, pode ser melhorada por uma simples correção, utilizando-se a biomassa da matéria seca da área foliar. Apesar do aumento da acuracidade da predição observada pelos autores, esse ajuste torna o método do clorofilômetro lento, complicado e destrutivo. Aumento da relação entre as leituras obtidas pelo clorofilômetro e o status de N na planta também foi

observado por Esfahani et al. (2008), em trabalho realizado com arroz. Esse aumento foi ocasionado pela incorporação da massa foliar específica em uma equação de regressão múltipla, ajustando as leituras do SPAD para biomassa da matéria seca foliar específica, ou pelo prognóstico da concentração de N foliar por unidade de área foliar. Essas descobertas demonstraram que os valores obtidos pelo SPAD podem ser substancialmente afetados por um grande número de fatores, particularmente a espessura foliar, em adição às concentrações de clorofila (HUANG et al., 2008).

Boa correlação entre leitura SPAD e rendimento de grãos de arroz foi observada durante a diferenciação da panícula, sendo que a leitura do clorofilômetro SPAD-502 correspondente ao nível adequado de N foi de 42 (TURNER; JUND, 1991). Os mesmos autores, em 1994, observaram que quando leituras do clorofilômetro acima de 40 eram obtidas, a adubação com N não aumentava a produtividade da cultura (TURNER; JUND, 1994).

De acordo com trabalho de revisão realizado por Balasubramanian et al. (2000), estudos revelaram que variedades de arroz com diferentes tipos de grãos podem apresentar diferente exigência de N para otimizar a produção de grãos quando um limite único de valor de SPAD for utilizado. Porém, os autores afirmam que mais estudos são necessários para confirmar essas observações.

A utilização do SPAD para aumentar a eficiência do uso de N em arroz tem sido estudada tanto em sistemas irrigados (BALASUBRAMANIAN et al., 1999; SINGH et al., 2002, ESFAHANI et al., 2008; HUANG et al., 2008) quanto em sistemas alternados entre úmido e seco (CABANGON et al., 2011), expondo a cultura ao estresse hídrico temporário. Nesse último caso, os autores verificaram que, mesmo sob deficiência hídrica temporária, a utilização do SPAD apresenta boa correlação com o "status" de N nas folhas. O valor crítico de SPAD utilizado no referido trabalho foi de 38 para manutenção de alta produtividade e redução (de aproximadamente 25%) da aplicação de N comparado com alto N utilizado para alcançar alta produtividade (180 kg N ha<sup>-1</sup>), além da economia de água utilizada na irrigação.

Singh et al. (2002) encontraram um valor crítico de 37,5 para aliar alta produtividade e eficiência

do uso de N, ou seja, economia de 12,5 a 25% da recomendação existente da adubação nitrogenada, em cultivares de arroz do grupo *indica*. As leituras foram realizadas semanalmente, iniciando a partir da segunda semana do transplante. Sempre que os valores estivessem abaixo do valor crítico, 30 kg N ha<sup>-1</sup> era aplicado, resultando em uma aplicação total de 90 kg N ha<sup>-1</sup>, o qual atingiu produtividade equivalente àquelas obtidas quando se aplicou 120 kg N ha<sup>-1</sup> dividido em três vezes. Dados adicionais mostraram também que uma maior demanda da aplicação de N foi observada do perfilhamento até a floração, contrário à aplicação basal no início do desenvolvimento da cultura. Esses resultados sugerem que as recomendações de aplicação de fertilizante para cultura do arroz devem ser revisadas, pois estão inadequadas, uma vez que há excesso de aplicação de fertilizante nitrogenado e contradição sobre qual o melhor estágio de desenvolvimento da cultura para a sua aplicação.

Resultados obtidos por Balasubramanian et al. (1999) indicaram que o valor crítico de SPAD para arroz transplantado na época seca é de 35. Já para o arroz semeado na estação seca, porém irrigado e/ou transplantado na época chuvosa, com tempo nublado e com baixa radiação, esse valor deveria ser reduzido para 32. Esses resultados confirmam a necessidade de se calibrar o equipamento para as diferentes cultivares, locais de cultivo, solo e condições ambientais para que possa ser usado com precisão no monitoramento de N na cultura e recomendar com sucesso a adubação de cobertura de N em arroz (HAEFELE et al., 2010).

Em experimento conduzido com arroz "IR72" foi verificado que a adubação nitrogenada de cobertura realizada quando valores obtidos pelo clorofilômetro estavam abaixo de 35 aumentou o índice de suficiência do fertilizante nitrogenado e altos níveis de produtividade foram atingidos, comprovando a possibilidade de usar o clorofilômetro para monitorar o status de N na folha e conduzir a adubação nitrogenada pontual em arroz irrigado (PENG et al., 1996).

Variabilidade temporal das propriedades do solo foi obtida em estudo realizado por Gholizadeh et al. (2009) para monitorar diferença das leituras de SPAD em duas etapas de desenvolvimento, 55 e 80 dias após o transplante – DAT, de plantas de arroz. Maior erro de amostragem e dependência

espacial foi observado em plantas aos 80 DAT. As análises dos dados coletados nas diferentes etapas de desenvolvimento, 55 e 80 DAT, permitiram a determinação de quando as leituras do SPAD podem ser utilizadas para verificar o status de N na folha e verificar a necessidade de aplicação do nutriente. Os autores observaram ainda um aumento dos valores de leitura de SPAD, 33,86 e 37,74, de acordo com a etapa de desenvolvimento, 55 e 80 DAT respectivamente.

Estresses abióticos, como deficiência hídrica, deficiência de fósforo, deficiência de enxofre e salinidade afetaram as concentrações de N e de clorofila nas folhas de diversas variedades de arroz (HAEFELE et al., 2010). A baixa precisão da utilização do clorofilômetro no prognóstico de N relatada pelos autores pode ser devida ao nível de estresse aplicado, o que em condições normais de campo é improvável de acontecer. Dessa forma, os autores recomendam a utilização do medidor de clorofila no gerenciamento de N foliar em cultivares de arroz cultivadas em ambientes moderadamente desfavoráveis ou favoráveis.

Duas variedades de arroz, LYP9 ou SY63, cultivadas no sistema irrigado, não apresentaram diferença quanto à eficiência de utilização de N. Ambas exigiram no mínimo um total de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> N para atingir máxima produtividade de grãos (HUANG et al., 2008). A máxima produtividade de grãos foi alcançada devido ao gerenciamento de N em tempo real determinado pelo valor crítico de SPAD para cada cultivar.

De acordo com Carreres et al. (2000), a relação entre o conteúdo de N e os valores obtidos pelo SPAD, na cultura do arroz irrigado, não foi desejável. De acordo com os autores, os valores obtidos pelo SPAD determinaram a necessidade de adubação de cobertura de N em meados do estágio de perfilhamento, mas não no estágio de iniciação da panícula. Baixa correlação foi também observada entre os valores de SPAD e o aumento da produtividade obtida pela aplicação de N em cobertura. Esses autores concluíram que durante o estágio de iniciação da panícula, os valores obtidos pelo clorofilômetro não são bons indicadores na necessidade de se aplicar N em cobertura. Já Hussain et al. (2000) observaram que a utilização do clorofilômetro foi um bom indicativo da necessidade de aplicação de N em cobertura em

várias cultivares de arroz crescidas em dois locais diferentes.

De maneira geral, plantas de arroz não contêm quantidade significativa de nitrato; entretanto, algumas cultivares de arroz de terras altas podem conter grande quantidade de nitrato (TAKEBE; YONEYAMA, 1989). Nesse caso, o clorofilômetro pode não ter utilidade para recomendação de N na cultura, uma vez que não detecta o N na forma de nitrato.

## Utilização do Clorofilômetro no Feijoeiro

Assim como para a cultura do arroz, a suplementação adequada de N em cobertura é essencial para garantir alta produtividade do feijoeiro (SILVEIRA et al., 2003; DIDONET et al., 2005; SANT'ANA et al., 2010). O clorofilômetro Minolta SPAD-502, de acordo com Barbosa Filho et al. (2008), é um instrumento promissor que indica a época em que se deve iniciar a aplicação de N em cobertura no feijoeiro irrigado. A adubação em cobertura baseada nesse critério resulta em maior eficiência agrônômica do N comparada à aplicação de N baseada na recomendação local. Para a cultivar Pérola, os autores verificaram que os níveis críticos mínimos de IRC para obtenção de produtividade superior a 90% da máxima foram, respectivamente, de 43 e 46 unidades-SPAD aos 28 e 49 dias após emergência do feijoeiro, sendo esse último referente ao pleno florescimento das plantas. Isso indica que, nas condições experimentais, para valores acima desses referenciais, não há necessidade de suplementação de N e que a relação entre IRC e teor de N nas folhas depende do estágio de desenvolvimento da planta. Nesse estudo, Barbosa Filho et al. (2008) observaram que o ISN menor que 90% constitui uma técnica simples e eficiente de manejo do N, permitindo diagnosticar o seu nível na folha e determinar a melhor época para a sua aplicação, melhorando a eficiência de uso do N pelo feijoeiro, ou seja, com menor gasto e com maior eficiência agrônômica do fertilizante (BARBOSA FILHO et al., 2009).

Trabalho conduzido com a cultivar de feijão IAC Carioca demonstrou que a concentração de clorofila, medida no florescimento pleno, correlacionou-se positivamente com o teor de N nas folhas e com a produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2003). Dessa forma, os autores concluíram

que o medidor portátil de clorofila mostrou-se promissor para avaliar o estado nutricional do N no feijoeiro.

Relação direta foi observada entre a taxa de incremento de leitura de SPAD e o ISN e entre o ISN e a produtividade relativa, calculada com base em leituras de SPAD de até 43 dias após emergência (DAE) e a massa de grãos secos na maturação fisiológica das cultivares de feijoeiro comum Jalo Precoce e Pérola, cultivadas em diferentes doses de N (DIDONET et al., 2005). Os autores observaram ainda que a determinação da taxa de aumento das leituras do clorofilômetro entre 20 e 40 DAE é suficiente para indicar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro.

Correlações positivas entre as leituras obtidas pelo SPAD e os níveis de N fornecidos e entre as leituras e os teores de N nas folhas indicam que há perspectivas favoráveis quanto ao uso desse equipamento para detectar deficiências de N em feijoeiro comum cv Carioca (FURLANI JUNIOR et al., 1996). Já estudo realizado por Güler e Özçelik (2007) revelou que diferentes linhagens e cultivares de feijoeiro comum apresentaram baixo valor de leitura SPAD aos 38 DAE e esta não estava relacionada à baixa produtividade. Leituras mais altas observadas nesse estágio também não garantiram maior produtividade.

A leitura SPAD e o teor de N nas folhas do feijoeiro BRS Horizonte correlacionaram-se positivamente com a produtividade de grãos em trabalho desenvolvido por Sant'Ana et al. (2010). Os autores concluíram que as leituras efetuadas com clorofilômetro estimaram adequadamente o teor relativo de clorofila e podem substituir a determinação do teor de N nas folhas, para diagnóstico do nível desse nutriente no feijoeiro.

As produtividades de duas cultivares de feijão, Pérola e Jalo Precoce, e as leituras do clorofilômetro aumentaram com o aumento da dose de N aplicada. Na mesma dose de N, os valores de leitura foram maiores na cultivar Pérola, devido à coloração verde mais escuro da folha, confirmando a variabilidade das leituras em relação às cultivares de uma mesma espécie. O clorofilômetro se mostrou eficaz como instrumento indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura dessas cultivares (SILVEIRA et al., 2003).

Incrementos na dose de N em cobertura provocaram aumento do teor de clorofila em plantas de feijoeiro comum cv. IAC Carioca, por ocasião do florescimento pleno das plantas. A avaliação indireta do teor de clorofila mostrou-se, então, viável em indicar o estado nutricional de N dessa cultivar (SORATTO et al., 2004).

Trabalho realizado por Maia (2011) indicou que o IRC obtido mediante as leituras do clorofilômetro correlacionou-se de forma positiva com o teor de N na folha das cultivares de feijão IAC Alvorada e Pérola, tanto no cultivo "das águas" como "da seca". Na safra "das águas", a avaliação do nível de N na planta, realizada por meio das leituras de IRC pelo clorofilômetro, nos estádios iniciais de desenvolvimento do feijoeiro, foi mais precisa por apresentar os maiores valores de correlação com o teor de N foliar, fato não constatado na safra "da seca". O IRC avaliado pelo clorofilômetro foi crescente com o tempo e se estabilizou a partir do florescimento das cultivares, tornando ineficiente o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade da aplicação de N em cobertura a partir dessa fase. O ISN de 90%, baseado na medida do clorofilômetro e em uma área referência, com elevada disponibilidade de N, permitiu definir quando se deve aplicar o N em cobertura em ambas as cultivares de feijão, melhorando a eficiência de utilização do mesmo, porém, não proporcionou os mesmos níveis de produtividade da área de referência. A utilização do ISN de 95%, baseado na medida do clorofilômetro e em uma área de referência, foi menos eficiente que o ISN de 90% para a definição de quando se deve aplicar o N em cobertura no feijoeiro, cultivares IAC Alvorada e Pérola, por proporcionar menor eficiência do uso de N.

Estudo realizado por Toso et al. (2011) demonstrou que o aumento da disponibilidade de N no meio radicular elevou o valor da leitura de clorofila em plantas de feijoeiro cultivar Pérola, indicando que a maior disponibilidade de N aumenta a absorção e assimilação desse nutriente pela planta. Os autores observaram ainda diferença no teor de clorofila de folhas em diferentes fases fisiológicas. Folhas velhas, aquelas situadas na base da planta e sem sinais de senescência, apresentaram teor de clorofila mais elevado até a fase de floração, seguido de folhas médias, aquelas situadas em posição intermediária a novas e velhas, e novas, aquelas

situadas no ápice da planta com comprimento do folíolo central entre 5 e 7 cm. Esses resultados demonstraram que a maior concentração de N encontra-se nas folhas fisiologicamente mais velhas, não seguindo o padrão de distribuição equidistante do conteúdo de N devido à sua mobilidade interna (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Aumento das doses de N disponíveis no solo aumentou o teor de clorofila de plantas de feijão cultivar Pérola, até certo ponto, indicando a não produção desse pigmento além da necessidade das plantas. Além disso, teores elevados de matéria seca sobre o solo diminuíram o teor de clorofila nas folhas do feijoeiro cv. Pérola, indicando um possível prejuízo do aproveitamento de N pela cultivar devido ao fato desse nutriente não estar totalmente disponível à planta (GARCIA et al., 2011).

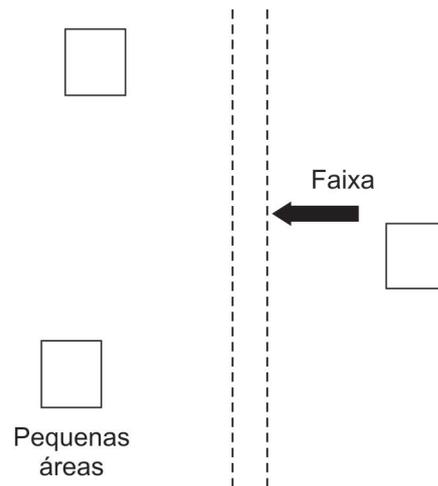
### Como, Quando e Quanto N Aplicar

O método de detecção da deficiência de N na cultura deve ser rápido, de baixo custo e permitir que a decisão seja tomada no local de avaliação (BULLOCK, 1994). A tomada de decisão de como, quando e quanto N aplicar dependerá de uma série de fatores que deverão ser levados em consideração, como o estágio de desenvolvimento em que a cultura se encontra, tipo e quantidade de resíduo da cultura anterior, anos de semeadura direta, condições climáticas, resposta à adubação nitrogenada nos anos anteriores, híbrido/genótipo utilizado e potencial de rendimento de grãos (PETERSON et al., 1993; ARGENTA et al., 2003; SHAPIRO et al., 2006). Devido à complexa dinâmica do N aplicado ao solo (volatilização, imobilização por micro-organismos e lixiviação), e à diversidade de genótipos utilizados, com diferentes respostas ao N aplicado e eficiências de sua utilização, é muito difícil saber se a dose recomendada será suficiente ou não para a planta expressar seu potencial produtivo (GODOY et al., 2003b).

Devido ao clorofilômetro, teoricamente, não ser sensível ao consumo de luxo, não é necessário saber o nível exato de N necessário para alcançar a máxima produção, desde que um pequeno excesso seja mantido na área de referência do campo. Áreas de referência adubadas adequadamente podem ser estabelecidas dentro de um campo e comparações semanais de leitura do clorofilômetro podem ser feitas para determinar se existe deficiência de N

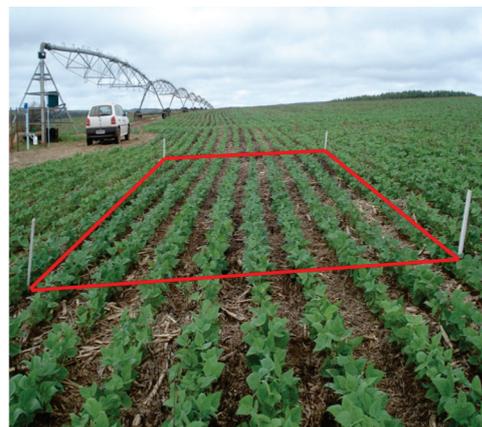
antes que ocasione um declínio do potencial de produtividade (BLACKMER; SCHEPERS, 1995).

A área de referência pode ser uma faixa ou pelo menos três pequenas áreas no campo (Figura 3). Uma quantidade elevada de N deve ser aplicada nessas áreas para desenvolver uma concentração máxima de clorofila nas folhas. A Figura 4 ilustra uma das pequenas áreas de referência em um campo cultivado com o feijoeiro.



**Figura 3.** Campo com pequenas áreas de referência ou faixa com quantidade de N além do necessário.

Fonte: adaptada de Murdock et al. (1997).



**Figura 4.** Exemplo de uma área de referência em campo cultivado com a cultura do feijoeiro.

As amostragens, leituras semanais ou diárias, da área de referência, com nível acima do adequado de N, devem ser realizadas e o tamanho do talhão deve ser comparado com um mínimo de três posições em cada talhão. Em cada local, as médias da leitura de 30 plantas da área de referência e do campo adjacente devem ser comparadas. Para assegurar a exatidão das leituras, deve-se tomar

cuidado durante a coleta dos dados. Leituras individuais podem variar até 15% de planta para planta, mas a meta é coletar 30 leituras de modo que a média represente, com precisão, a coloração verde da folha da cultura em questão. Deve-se evitar coletar dados de plantas que não estejam com os espaçamentos típicos da cultura. Pode ser útil amostrar sistematicamente cada linha em toda a largura do plantio para evitar problemas causados por diferenças entre as linhas, tais como população de plantas, compactação ou variações na aplicação inicial do adubo nitrogenado ou de outros fertilizantes (PETERSON et al., 1993; MURDOCK et al., 1997; SHAPIRO et al., 2006).

O mesmo padrão de folha deve ser amostrado para cada planta. Deve-se evitar a amostragem de folhas muito velhas ou muito jovens. O ideal é a utilização de folhas novas totalmente expandidas. Depois de selecionar a folha a ser amostrada, é importante tomar a leitura sobre o mesmo local em cada folha (parte mediana na folha). As leituras são normalmente estáveis durante o dia, a menos que as plantas estejam sob estresse hídrico, porém, como as leituras são feitas a partir da área de referência e no talhão como um todo na mesma época, a comparação é válida. É melhor evitar a coleta de leituras sempre que houver umidade sobre as folhas, ou seja, depois de uma chuva ou irrigação por aspersão ou no início da manhã, ou quando as plantas estiverem em áreas com deficiência hídrica, pois isso pode distorcer os valores obtidos pelas leituras. Mudanças extremas de temperatura também podem causar flutuação nas leituras, de modo que o medidor não deve ser deixado ao sol em um painel do veículo ou retirado de um veículo com ar condicionado e ser colocado diretamente ao campo em um dia quente (PETERSON et al., 1993; MURDOCK et al., 1997; SHAPIRO et al., 2006).

Para permitir que especialistas em extensão, consultores ou até mesmo produtores utilizem essa nova ferramenta adequadamente, é necessário que se realize um treinamento para aumentar a eficiência da utilização de N em determinada cultura. Eles devem reconhecer a influência de fatores interferentes, saber sobre os valores críticos apropriados para cada genótipo e condições ambientais, e avaliar a necessidade de usar métodos adicionais para refinar ainda mais

a gestão do N. Se bem treinados, os agricultores podem melhorar suas decisões de fertilização nitrogenada, por exemplo, quando aplicar N e quanto N aplicar nos diferentes estádios de desenvolvimento de cada genótipo. Os agricultores deveriam não somente valorizar as vantagens econômicas dessa nova tecnologia, mas também ter consciência de seu impacto na conservação dos recursos ambientais, de qualidade e de saúde humana (BALASUBRAMANIAN et al., 1999).

Para a cultura do feijoeiro, falta ainda definir critérios da utilização do clorofilômetro na predição de adubação nitrogenada no que se refere à escolha da folha em que se realizarão as leituras, a melhor época de amostragem e ISN necessário para que se atinja máxima produtividade. Na prática o que se tem feito, para feijoeiro irrigado, é aplicar de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> N, incorporado ao solo, aos 10 DAE, para constituir a área de referência. Após 10 dias da aplicação, tempo necessário para absorção do nutriente pela planta, realizam-se as leituras da área de referência e compara-se às leituras no campo como um todo para tomada de decisão. Para valores de ISN maiores ou iguais a 95%, não é necessária a adubação. Valores menores que 95% de ISN indicam que a adubação nitrogenada de cobertura deve ser realizada.

De forma semelhante ao feijoeiro, ajustes devem ser realizados objetivando-se potencializar a utilização do clorofilômetro na determinação da necessidade de aplicação de N na cultura do arroz. Parâmetros como escolha da folha, época de amostragem, número de aplicações de N e ISN são de extrema importância para atingir máxima produtividade da cultura. O que se tem feito na prática é aplicar, na área de referência, 60 kg ha<sup>-1</sup> N aos 15 DAE, 60 kg ha<sup>-1</sup> N aos 30 DAE e 60 kg ha<sup>-1</sup> N aos 45 DAE, totalizando 180 kg ha<sup>-1</sup> N (o dobro do recomendado para a cultura). O acompanhamento das leituras referentes à área de referência junto às leituras do campo é realizado até a diferenciação do primórdio floral, aproximadamente aos 65 DAE, variando de acordo com o genótipo. A tomada de decisão é baseada nos valores de ISN, que se menores que 90%, 30 kg ha<sup>-1</sup> de N são aplicados; se entre 90-95%, aplica-se 15 kg ha<sup>-1</sup> de N e; se maiores que 95%, não se aplica N em cobertura.

## Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, jul./ago. 2001.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 109-119, jan./fev. 2003.
- BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A. C.; CRUZ, R. T.; ABDULRACHMAN, S. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen technologies for rice systems. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 53, n. 1, p. 59-69, Jan. 1999.
- BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A. C.; CRUZ, R. T.; THIYAGARAJAN, T. M.; NAGARAJAN, R.; BABU, M.; ABDULRACHMAN, S.; HAI, L. H. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. **International Rice Research Notes**, Los Baños, v. 25, n. 1, p. 4-8, Apr. 2000.
- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1843-1848, out. 2008.
- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 425-431, mar./abr. 2009.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, n. 1, p. 56-60, Jan./Mar. 1995.
- BULLOCK, D. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for on-farm N management of corn in Illinois. In: ILLINOIS FERTILIZER CONFERENCE, 1994, Urbana. **Proceedings...** Urbana: University of Illinois, 1994.
- CABANGON, R. J.; CASTILLO, E. G.; TUONG, T. P. Chlorophyll meter-based nitrogen management of rice grown under alternate wetting and drying irrigation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 121, n. 1, p. 136-146, Feb. 2011.
- CARRERES, R.; SENDRA, J.; BALLESTEROS, R.; DE LA CUADRA, J. G. Effects of pre-flood nitrogen rates and midseason nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 134, n. 4, p. 379-390, Jun. 2000.
- CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 445-450, maio/jun. 2003.
- CONAB. **Insumos agropecuários**. Disponível em: <<http://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultainsumo.do?jsessionid=93A3742605AE2BBDC297214F70E96C18?method=acaoListarConsulta>>. Acesso em: 22 set. 2011.
- DIDONET, A. D.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado: uso do clorofilômetro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 103-111, 2005.
- DWYER, L. M.; ANDERSON, A. M.; MA, B. L.; STEWART, D. W.; TOLLENAAR, M.; GREGORICH, E. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 1, p. 179-182, Jan. 1994.
- ESFAHANI, M.; ALI ABBASI, H. R.; RABIEI, B.; KAVOUSI, M. Improvement of nitrogen management in rice paddy fields using chlorophyll meter (SPAD). **Paddy and Water Environmental**, v. 6, n. 2, p. 181-188, June 2008.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Medidor eletrônico de teor de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**: manual de instruções. Porto Alegre, 2008. 33 p.

- FURLANI JUNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.
- GARCIA, A.; SÁ, M. E. de; RODRIGUES, R. dos S.; CASTAN, D. O. C.; MARQUES, L. M.; SILVA, M. P. da. Teor de clorofila em feijoeiro cv. Pérola em função de doses de N, cultivado sobre quatro coberturas de solo em plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais... Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão**, 2011. 1 CD-ROM.
- GHOLIZADEH, A.; AMIN, M. S. M.; ANUAR, A. R.; AIMRUN, W. Evaluation of SPAD chlorophyll meter in two different rice growth stages and its temporal variability. **European Journal of Scientific Research**, v. 37, n. 4, p. 591-598, 2009.
- GODOY, L. J. G. de; SANTOS, T. da S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 217-226, jan./fev. 2008.
- GODOY, L. J. G. de; SOUTO, L. S.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, jan./fev. 2007.
- GODOY, L. J. G. de; VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1049-1056, nov./dez. 2003a.
- GODOY, L. J. G. de; VILLAS BÔAS, R. L.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 373-380, 2003b.
- GÜLER, S.; ÖZÇELİK, H. Relationship between leaf chlorophyll and yield related characters of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 4, p. 700-703, 2007.
- HAEFELE, S. M.; SIOPONGCO, J. D. L. C.; AMARANTE, S. T.; TUONG, T. P. Effect of abiotic stresses on the nondestructive estimation of rice leaf nitrogen concentration. **International Journal of Agronomy**, v. 2010, ID863605, p. 1-11, 2010. Disponível em: < <http://downloads.hindawi.com/journals/ija/2010/863605.pdf> >. Acesso em: 10 jan. 2012.
- HUANG, J.; HE, F.; CUI, K. H.; BURESH, R. J.; XU, B. L.; GONG, W. H.; PENG, S. B. Determination of optimal nitrogen rate for rice varieties using a chlorophyll meter. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1/2, p. 70-80, Jan. 2008.
- HUSSAIN, F.; BRONSON, K. F.; SINGH, Y.; SINGH, B.; PENG, S. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 5, p. 875-879, Sept./Oct. 2000.
- HUSSAIN, M. Z.; KHAN, S. A.; THIYAGARAJAN, T. M. Increasing nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) with chlorophyll meter and leaf color chart. **The IUP Journal of Soil and Water Sciences**, v. 2, n. 4, p. 36-54, Nov. 2009.
- JESUS, S. V. de; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 815-818, dez. 2008.
- MAIA, S. C. M. **Uso do clorofilômetro portátil na determinação da adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de feijoeiro**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 469 p.
- MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502: instruction manual**. Osaka, 1989. 22 p.

- MURDOCK, L.; JONES, S.; BOWLEY, C.; NEEDHAM, P.; JAMES, J.; HOWE, P. **Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat.** Lexington: Cooperative Extension Service, University of Kentucky, 1997. 4 p.
- PENG, S.; GARCIA, F. V.; LAZA, R. C.; CASSMAN, K. G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 987-990, Sept./Oct. 1993.
- PENG, S.; GARCIA, F. V.; LAZA, R. C.; SANICO, A. L.; VISPERAS, R. M.; CASSMAN, K. G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 47, n. 2/3, p. 243-252, Aug. 1996.
- PETERSON, T. A.; BLACKMER, T. M.; FRANCIS, D. D.; SCHEPERS, J. S. **G93-1171 Using a chlorophyll meter to improve N management.** 1993. (Historical materials from University of Nebraska-Lincoln Extension, Paper 1353). Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1353/>>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- REIS, A. R. dos; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.
- ROCHA, R. N. C.; GALVÃO, J. C. C.; TEIXEIRA, P. C.; MIRANDA, G. V.; AGNES, E. L.; PEREIRA, P. R. G.; LEITE, U. T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 161-171, maio/ago. 2005.
- ROSTAMI, M.; KOOCHKEI, A. R.; MAHALLATI, M. N.; KAFI, M. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.). **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v. 3, n. 1, p. 79-85, 2008.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B. dos; SILVEIRA, P. M. da. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, out./dez. 2010.
- SHAPIRO, C. A.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; SHANAHAN, J. F. **Using a chlorophyll meter to improve N management.** Lincoln: University of Nebraska, 2006. (Nebguide, G 1632).
- SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.
- SINGH, B.; SINGH, Y.; LADHA, J. K.; BRONSON, K. F.; BALASUBRAMANIAN, V.; SINGH, J.; KHIND, C. S. Chlorophyll meter – and leaf color chart – based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 4, p. 821–829, July/Aug. 2002.
- SINGH, V.; SINGH, B.; SINGH, Y.; THIND, H. S.; GUPTA, R. K. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, Dordrecht, v. 88, n. 3, p. 361–380, Dec. 2010.
- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. de; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, set. 2004.
- SPECTRUM TECHNOLOGIES. **CM 1000 Chlorophyll meter: product manual.** Plainfield, 2009. 28 p.
- STEVENS, G.; HEFNER, S.; TANNER E. **Monitoring crop nitrogen in rice using portable chlorophyll meters.** Missouri Rice Research Update, 1999. Disponível em: <<http://agebb.missouri.edu/rice/research/mrf027.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- STEVENS, G.; WRATHER, A.; RHINE, M.; VORIES, E.; DUNN, D. Predicting rice yield response to midseason nitrogen with plant area measurements. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 2, p. 387-392, Mar./Apr. 2008.
- STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, maio/jun. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TAKEBE, M.; YONEYAMA, T. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. **JARQ**, Tokyo, v. 23, n. 2, p. 86-93, Oct. 1989.

TOSO, V.; ANDRIOLO, J. L.; RIECK, V. T.; LERNER, M.; SCHMITT, O. J.; SOUZA, J. M. de. Leituras de clorofila em feijoeiro cultivado com diferentes disponibilidades de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 1 CD-ROM.

TURNER, F. T.; JUND, M. F. Assessing the nitrogen requirements of rice crop with a chlorophyll meter. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 34, n. 7, p. 1001-1005, 1994.

TURNER, F. T.; JUND, M. F. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 5, p. 926-928, Sept./Oct. 1991.

VILLAS BÔAS, R. L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123 p. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

ZHANG, J.; BLACKMER, A. M.; ELLSWORTH, J. W.; KOEHLER, K. J. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnosing nitrogen deficiencies of corn in production agriculture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 543-550, May/June 2008a.

ZHANG, J.; BLACKMER, A. M.; ELLSWORTH, J. W.; KYVERYGA, P. M.; BLACKMER T. M. Luxury production of leaf chlorophyll and mid-season recovery from nitrogen deficiencies in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 658-664, 2008b.

### Comunicado Técnico, 205

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Arroz e Feijão**  
**Endereço:** Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural, Caixa Postal 179 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
**Fone:** (62) 3533 2123  
**Fax:** (62) 3533 2100  
**E-mail:** sac@cnpaf.embrapa.br  
**1ª edição**  
 Versão online (2012)



### Comitê de publicações

**Presidente:** Camilla Souza de Oliveira  
**Secretário-Executivo:** Luiz Roberto R. da Silva  
**Membros:** Flávia Aparecida de Alcântara, Luís Fernando Stone, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Roselene de Queiroz Chaves, Heloísa Célis Breseghello, Henrique César de Oliveira Ferreira, Anderson Petrônio de Brito Ferreira.

### Expediente

**Supervisão editorial:** Camilla Souza de Oliveira  
**Revisão de texto:** Camilla Souza de Oliveira  
**Normalização bibliográfica:** Ana Lúcia D. de Faria  
**Editoração eletrônica:** Fabiano Severino