



EFICIÊNCIA NA DETERMINAÇÃO INDIRETA DO NITROGÊNIO FOLIAR A PARTIR DO ÍNDICE SPAD

Alan Mario Zuffo¹, Fabrício Ribeiro Andrade², Thiago Rodrigo Schossler², Diogo Machado Milhomem², Adelfran Cavalcante Piauilino¹

¹ Pós Graduando em Agronomia-Fitotecnia pela Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI, Brasil. (alan_zuffo@hotmail.com)

² Pós Graduando em Agronomia-Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI, Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes requerido em maior quantidade, freqüentemente suprido de modo insatisfatório pelo solo nos sistemas agrícolas, sendo um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de altas produtividades. Tradicionalmente os métodos utilizados para determinação do teor de clorofila requerem destruição das folhas, além disso, esses métodos são muito demorados e onerosos. Sendo assim, a utilização do clorofilômetro permite uma avaliação rápida e prática para avaliar o estado de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha. Para algumas culturas existem tabelas que podem prever a resposta à adubação nitrogenada através de medidas do índice SPAD. Porém, o quanto aplicar é dependente de uma série de fatores que deverão ser levados em consideração como o estágio da cultura, tipo e quantidade de resíduo da cultura anterior, anos de semeadura direta, condições climáticas, resposta à adubação nitrogenada nos anos anteriores. A utilização da determinação indireta do nitrogênio foliar através do índice SPAD se mostra bastante eficiente, para prever o estado nutricional da cultura avaliada.

PALAVRAS-CHAVE: nutrição de plantas; clorofila; clorofilômetro.

EFFICIENCY OF THE INDIRECT DETERMINATION OF FOLIAR NITROGEN FROM INDEX SPAD

ABSTRACT

The nitrogen (N) is a nutrient required in greatest quantity, often supplied so unsatisfactory by soil in agricultural systems, being one of the most limiting nutrients to achieve high productivity. Traditionally the methods used for determining chlorophyll require destruction of the leaves, in addition, these methods are very time consuming and costly. Thus, the use of clorofilômetro allows a quick evaluation and practice to assess the state N in real-time plant, because there is significant correlation between the intensity of the green and the content of chlorophyll concentration of N in leaf. For some cultures there are tables can predict the response to nitrogen fertilization through the SPAD index data. But how to apply is

dependent on a number of factors that should be taken into consideration as the stadium of culture, the type and amount of residue from the previous culture, years of direct seeding, climatic conditions, response to nitrogen fertilization in previous years. The use of indirect determination of foliar nitrogen through the SPAD index shows quite efficiently, to predict the nutritional status of culture evaluated.

KEYWORDS: nutrition of plants; chlorophyll; clorofilômetro.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma diversidade de espécies cultivadas em seu território, sendo estas culturas permanentes ou anuais, com destaque para as culturas anuais que ocupam 59.079.226 de ha⁻¹, já as permanentes ocupam cerca 6.292.221 de há⁻¹ (IBGE, 2011). Grande parte dessas culturas crescem em solos que apresentam alguma deficiência em sua fertilidade, advinda de causa natural ou antrópica, sendo que baixo teor de nitrogênio (N) no solo esta principalmente ligado a causas antrópicas, devido ao manejo inadequado do solo (LOPES & GUILHERME, 2007) haja vista que a matéria orgânica e a principal forma de manutenção dos estoques de nitrogênio nos solos.

O N é um dos nutrientes requerido em maior quantidade, porém vêm sendo aplicado incorretamente ao longo dos anos pelos agricultores. Através de análise visual ou em recomendação tradicional, frequentemente suprido de modo insatisfatório pelo solo nos sistemas agrícolas (REICHARD et al., 1979, CARVALHO et al., 2012), sendo um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de altas produtividades (LEAL et al., 2007; SISTANI et al., 2008; NEGREIROS NETO et al., 2010; HOLZSCHUH et al., 2011; GHOLIZADEH et al., 2011). Porém, a aplicação em excesso do nitrogênio provoca contaminações ambientais (CARVALHO et al., 2012).

A avaliação do estado nutricional das culturas constitui um dos maiores desafios para pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas, principalmente em países onde ocorrem limitações na produtividade decorrentes de desequilíbrios nutricionais (CARVALHO et al., 2002).

Métodos que permitam determinar, em tempo instantâneo, o estado nutricional de N das plantas, de forma rápida, prática e de baixo custo, têm sido propostos para previsão da necessidade de N durante o período vegetativo dos cereais (WILSON et al., 1996; SAMBORSKI et al., 2009). São baseados em testes de solo e em análise laboratoriais de amostras de plantas. Tem a vantagem de apresentar boa correlação com rendimento de grãos e de ter aceitável nível de precisão (ARGENTA et al., 2001a), requerem destruição de amostras de tecido, extração e quantificação (VEIGA et al., 2009). Segundo WASKOM et al., (1996) por serem laboratoriais, possui desvantagens do tempo e trabalho despendidos e de despesas com coleta, processamento e análise de amostras.

Na década de 90 foi disponibilizado um equipamento capaz de gerar grandezas relacionadas com os teores de clorofila, o clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502, Minolta, 1989). O aparelho é portátil e fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente na folha. As medições são instantâneas, práticas, com baixo custo, sendo realizada à campo (JESUS & MARENCO, 2008; VEIGA et al., 2009; SINGH et al., 2010). As leituras que são mostradas no visor do aparelho são medidas indireta da clorofila presente na folha (MALAVOLTA et al., 1997) ou índice relativo de clorofila - IRC (GODOY et al., 2008).

Atualmente a utilização de medidas indiretas para determinar o estado nutricional das plantas tem sido objeto de pesquisas em diversas culturas, nesses trabalhos a concentração de clorofila correlaciona positivamente com os teores de N na folha (PÔRTO et al., 2011), por isso, tem possibilitado sua utilização como critério de avaliação do estado nutricional de N nas plantas (SAMBORSKI et al., 2009).

Desta forma, o objetivo da presente revisão é mostrar a eficiência da determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD.

ASPECTOS GERAIS PARA DETERMINAÇÃO INDIRETA DO NITROGÊNIO

O NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial as plantas, sendo o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (cerca de 78,3% na forma de N₂). Entretanto, a planta não absorve o N₂, sendo necessária à transformação do N₂ gasoso para as formas assimiláveis: amônio (NH₄⁺) ou nitrato (NO₃⁻). Há três formas de transformação: fixação biológica, industrial e atmosférica (PRADO, 2008).

As recomendações de adubação dependem de diversos fatores, como estande de plantas, extração/exportação do nutriente pela cultura, índice de aproveitamento do fertilizante nitrogenado pelas plantas, expectativa de rendimento, no histórico da área, no tipo de solo, no teor de matéria orgânica, nos teores de N mineral ou potencialmente mineralizável, na cultura antecedente e na utilização ou não de adubos verdes (AMADO et al., 2002; SOUSA & LOBATO, 2004).

O N aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais segue diferentes caminhos: uma parte é absorvida e utilizada pelas plantas; outra, perdida do sistema solo planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000), por isso, deve-se considerar seus riscos ambientais nos sistemas agrícolas (AMADO et al., 2002). O restante permanece no solo, predominantemente na forma orgânica (COELHO et al., 1991).

Nas plantas é componente responsável por várias reações além de fazer parte da estrutura da clorofila, de enzimas e proteínas, além de constituir aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas (PRADO, 2008; HOLBROOK, 2009), ATP, NADH e NADPH (MIFLIN & LEA, 1976). O N participa com quatro átomos na molécula de clorofila (COELHO et al.; 2012).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Dessa forma, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, desde o crescimento à adaptabilidade aos diferentes ambientes. Presentes nos vegetais verdes, sob as formas *a* e *b*, as clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas, cujos processos são influenciados por fatores internos e externos às plantas (BLANKENSHIP, 2009). A quantificação dos teores de clorofila é relevante nos estudos de práticas de adubações, visando aumentar a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes (SILVA et al., 2011; FONSECA et al., 2012).

Portanto, o nitrogênio tem importância na agricultura para o desenvolvimento das plantas. Sendo assim, são necessários métodos rápidos, eficientes, confiáveis e de baixo custo para determinação de níveis desse elemento em tecidos vegetais, disponibilizando um fácil monitoramento do equilíbrio nutricional das plantas (SANTOS et al. 2010; SANTOS et al. 2012). O diagnóstico correto de N na planta torna-se, então, essencial para o seu manejo apropriado (CARVALHO et al., 2012).

ÍNDICE SPAD E ADUBAÇÃO NITROGENADA

A utilização da quantidade certa de adubo nitrogenado minimiza custos e evita riscos de contaminação do lençol freático com nitrato, decorrente do fertilizante nitrogenado aplicado e não utilizado pelas plantas (GODOY et al., 2008).

O N está entre os nutrientes essenciais as plantas. Sua deficiência provoca clorose generalizada das folhas, começando pelas folhas mais velhas (REIS et al., 2006), diminuindo a produtividade da cultura.

Portanto, o monitoramento dos teores de N na folha é relevante para a recomendação da adubação nitrogenada. Segundo Carvalho et al. (2012) o índice de clorofila é um método eficaz para medição do N. Trabalhos têm demonstrado aumento no teor de clorofila na folha, com o aumento de doses de N, tendo correlações positivas entre o teor de clorofila e a concentração de N na folha (COSTA et al., 2008).

O diagnóstico foliar baseia-se na premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produtividade das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos (PENA, 2009). Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total da folha ser integrante de enzimas (CHAPMAN & BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOCKING & ONGUN, 1962).

Há vários métodos utilizados para determinar o teor de clorofila, e conseqüentemente o de nitrogênio. 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 esverdeamento. Além disso, esses métodos são muito demorados e onerosos. Sendo assim, a utilização do índice SPAD permite uma avaliação rápida e prática (JESUS & MARENCO, 2008).

Para realizar o monitoramento do estado nutricional do N com o clorofilômetro, tem que estar atento para que os fatores externos não influenciem a leitura do equipamento, entre eles, espessura da folha, estágio fenológico, genótipo, sombreamento e metodologia de leitura. Além disso, a obtenção de um índice relativo da clorofila na folha (IRC) não responde ao consumo de luxo de N pela planta, e sim, a correlação entre o IRC e a concentração de N que pode deixar de ocorrer (GODOY et al., 2008).

O clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha). A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989), sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD ("Soil plant analysis development"), que são mostrados num visor. Os valores obtidos são proporcionais ao teor relativo de clorofila presente na folha (SALLA et al., 2007).

A absorvância das clorofilas é muito eficiente em 650 nm, mas é desprezível em 940 nm (MINOLTA, 1989). A emissão em 650 nm é a base para o cálculo do teor relativo de clorofila, já na faixa de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha, esse fator faz a correção para compensar pela absorção de fótons em 650 nm por moléculas do tecido foliar desprovidas de clorofila (WASKOM, 1996; JESUS & MARENCO, 2008).

A vantagem da medição do teor de clorofila é de não ser influenciada pelo consumo de luxo de N pela planta, sob forma de nitrato (BLACKMER & SCHEPERS, 1995). Nessa forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não

pode ser detectado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995). Devido a baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N, o medidor de clorofila está considerado como bom indicador do nível desse nutriente nas plantas do que seu próprio teor (BLACKMER & SCHEPERS, 1995).

Os teores de clorofila na folha podem revelar informações do desenvolvimento de plantas para comparar genótipos e investigar possíveis danos no aparelho fotossintético. Esse parâmetro revela eficiência fotoquímica no processo fotossintético (VIANA, 2007).

Porém, a distribuição da clorofila na superfície da folha apresenta certa desuniformidade, sobretudo em folhas bem esverdeadas o que pode levar a uma subestimação dos valores do SPAD em folhas com altos teores de clorofila (UDDLING, et al., 2007).

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE SPAD EM CULTURAS PERENES

Com desenvolvimento do medidor portátil de clorofila, que permite inferir instantaneamente o valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la, tornou uma excelente alternativa para estimar o teor relativo desse pigmento na folha (ARGENTA et al., 2001).

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro está sendo utilizado para avaliar o teor nutricional e prever a necessidade de adubação nitrogenada em várias culturas perenes, dentre as principais: videira (AMARANTE et al., 2009; TECCHIO et al., 2011) macieira (AMARANTE et al., 2008), pereira (CHANG & CHANG, 1998), mangueira (CHANG & CHANG, 1998; SALLA et al., 2007), citrus (VALE & PRADO, 2009), licheira (CHANG & CHANG, 1998), caramboleira (LEAL et al., 2007), cafeeiro (REIS et al., 2006), goiabeira (ROZANE et al., 2009), braquiária (MARANHÃO, et al., 2009) entre outras.

Reis et al. (2006) obtiveram correlações significativas entre a leitura do clorofilômetro e os teores de clorofila de folha de cafeeiro cv. Catuaí Amarelo e *Coffea arabica* L. verificando também correlação das leituras do clorofilômetro com a concentração de N foliar. Godoy et al. (2008), verificaram que essa correlação positiva entre o índice relativo de clorofila (índice SPAD) e o teor de N na planta pode variar de acordo com o estágio fenológico do cafeeiro, sendo que essa correlação positiva passa a acontecer na fase de enchimento de grãos, corroborando com os resultados obtidos por Reis et al. (2006), que encontraram correlação positiva e significativa entre o índice relativo de clorofila e a concentração de N foliar no cafeeiro conseguida em mudas com 12 meses (cv. Catuaí Amarelo) e em plantas de cafeeiro (cv. Catuaí Vermelho) com 5 anos de idade, respectivamente.

De acordo com Godoy et al. (2008), foi possível a elaboração de um quadro com os valores de índice relativo de clorofila em razão da probabilidade de resposta à adubação nitrogenada o que se configura em uma informação importante para orientação dos produtores na tomada de decisão sobre a necessidade da aplicação do fertilizante nitrogenado. Na Tabela 1 são apresentadas as faixas de índice relativo de clorofila de acordo com o estágio fenológico e com a probabilidade de resposta à fertirrigação nitrogenada no cafeeiro Catuaí.

A correlação positiva também foi observada com a aplicação de N na leitura SPAD e na concentração de N em plantas de porta-enxertos cítrico (VALE & PRADO, 2009). Foi observado além da correlação positiva entre o índice SPAD e concentração de N em porta-enxertos cítrico, a correlação entre índice SPAD e fitomassa seca (VALE & PRADO, 2009).

TABELA 1. Valores do Índice SPAD nos estádios fenológicos do cafeeiro cv. Catuaí fertilirrigação nitrogenada. (Adaptado Godoy et al., 2008).

Estádio fenológico	Probabilidade de resposta à fertilirrigação nitrogenada		
	Alta	Média	Baixa
Florescimento e início da expansão dos frutos (agosto a outubro)	76,0	78,8	81,5
Início do enchimento (novembro a meados de dezembro)	69,7	72,4	76,2
Final do enchimento e início da granação (janeiro a março)	60,1	62,3	68,3
Durante a granação (abril a maio)	57,6	60,1	64,0
Da maturação à colheita (junho a agosto)	53,1	55,0	61,7

O índice SPAD pode sofrer variações diante dos fatores genotípicos, espaçamento, manejo da cultura e outros fatores, torna-se necessário à utilização de outro método para determinação da necessidade de adubação nitrogenada baseada no teor relativo de clorofila, sendo este o índice de suficiência de N (ISN). O ISN é calculado pelo quociente entre o IRC de uma planta e o de outra que recebe alta dose de N, que serve como referência. Quando o ISN for menor que 0,95, é necessária a aplicação de N, porém não se leva em consideração o grau de deficiência para que possa ser calibrada a dose de N a ser aplicada (GODOY et al., 2008). Resultados de ISN demonstram que a dose 0 sempre se apresenta inferior a 0,95, já para as demais doses isso vem a ocorrer após a colheita dos grãos como relatado na Figura 1.

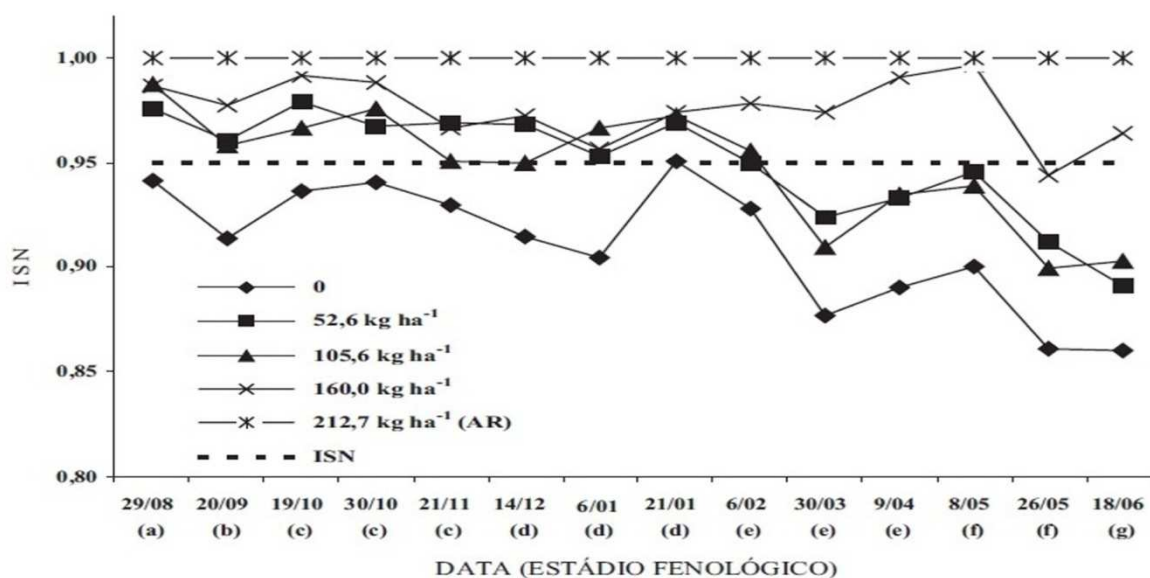


FIGURA 1. Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) calculado pelo quociente entre o IRC de uma parcela e o de outra que recebe alta dose de N (referência), durante o ciclo do cafeeiro. O valor do IRC nas plantas que receberam a maior dose de N (212,7 kg ha⁻¹) foi considerado como valor de referência. (a): início do florescimento; (b): pleno florescimento; (c): expansão dos frutos (chumbinho); (d): enchimento de grãos; (e): granação; (f): maturação (cereja); e (g): após a colheita. (Adaptado Godoy et al., 2008).

O índice SPAD pode apresentar grandes variações de leitura entre espécies (CHANG & CHANG, 1998) e entre genótipos (NEILSEN et al., 1995) de plantas frutíferas, devido a diferenças na estrutura e anatomia foliar. Folhas de um mesmo genótipo podem apresentar grandes variações no índice SPAD, em função do estágio fenológico, posição/idade da folha na planta e ano de avaliação (NEILSEN et al., 1995), nesse sentido, Godoy et al. (2008) recomenda a amostragem de dois pontos (um de cada lado da nervura principal da folha) de duas folhas (terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice) dos quatro quadrantes da planta, num total de 16 leituras por planta de cafeeiro.

O ponto e folha a serem amostrados utilizando clorofilômetro Minolta SPAD-502, varia de espécie para espécie. Para caramboleira o ponto de leitura deve ser realizado no lóbulo mediano do quarto folíolo da sexta folha (LEAL et al., 2007) em uva, segundo Tecchio et al. (2011), deve-se amostrar três folhas por planta e seis pontos em cada folha.

Outro aspecto importante a se observar no momento da amostragem de espécies perenes e a localização da folha na planta, evitando realizar leituras em folhas sombreadas, pois, nelas, o teor de clorofila *b* é proporcionalmente maior do que o de clorofila *a*, quando comparadas com as folhas em pleno sol (AMARANTE et al., 2008; BLANKENSHIP, 2009).

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE SPAD EM OLERÍCOLAS

A utilização do índice SPAD apresenta-se como uma alternativa para avaliar o estado de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (GIL et al., 2002; FONTES & ARAÚJO, 2007).

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro está sendo utilizado para avaliar o teor nutricional e prever a necessidade de adubação nitrogenada em várias olerícolas, dentre as principais: abóbora (PÔRTO et al., 2011) batata (GIL et al., 2002; SAMPAIO JÚNIOR et al., 2008; FONTES et al., 2008; SILVA et al., 2009; BUSATO et al., 2010; CARDOSO et al., 2011; SILVA et al., 2011), pimentão (GODOY et al., 2003), tomate (FONTES & ARAÚJO, 2007), entre outras culturas.

A clorofila é o pigmento envolvido na fotossíntese e, correlações positivas entre teor relativo de clorofila (Índice SPAD) e os teores de nitrogênio da planta (Figura 2) têm sido observadas por diversos autores na cultura da batata (GIL et al., 2002; FONTES et al., 2008; SILVA et al., 2009; BUSATO et al., 2010; SILVA et al., 2011). Gil et al. (2002), verificou também uma correlação positiva entre o índice SPAD e a produtividade de tubérculos, podendo este ser usado para prever a época de colheita dos tubérculos de batata (CARDOSO et al., 2011). A deficiência de N é imediatamente refletida em baixas concentrações de clorofilas as quais são registradas por baixos valores de SPAD (CARDOSO et al., 2011).

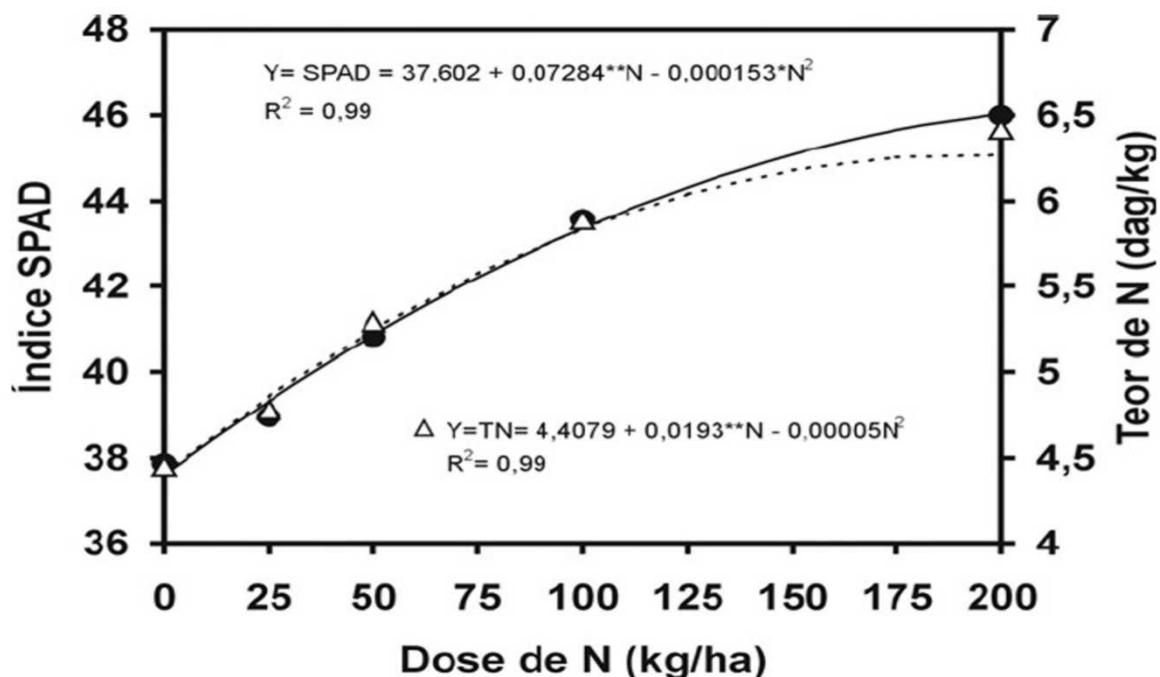


FIGURA 2. Estimativa do índice SPAD e do teor de nitrogênio (TN) na quarta folha da batata em função de doses de nitrogênio aplicada em pré-plantio. (Adaptado Gil et al., 2002)

Para outras espécies olerícolas como a abobora (PORTO et al., 2011), tomate (FONTES & RONCHI, 2002) e pimentão (GODOY et al., 2008) sendo que na última cultura foi possível através da leitura do índice SPAD calcular o ISN (Índice de Suficiência de Nitrogênio) que se mostrou como um bom indicador do momento de aplicação do adubo nitrogenado, podendo auxiliar no ajuste da dose de N, de acordo com a exigência das plantas de pimentão, com a finalidade de aumentar a eficiência de utilização do N aplicado (Figura 3).

O valor do índice SPAD dito como adequado para a cultura da batata situa-se na faixa de 49 a 56 como adequada, quando a leitura é realizada na quarta ou quinta folha mais nova totalmente expandida a partir do ápice, amostrada um mês depois do plantio em condições de campo (MALAVOLTA et al., 1997), fato evidenciado por Gil (2001), que obteve o valor de 45,30 unidades SPAD na quarta folha completamente expandida a partir do ápice aos 20 dias após a emergência, associado à maior produção de tubérculos. Já Rodrigues et al. (2000), cultivando batata (cv. Monalisa) em solução nutritiva, determinaram que o nível crítico do índice SPAD para a quarta folha jovem completamente expandida aos 57 dias de idade é de 39,6.

O nível crítico SPAD para região de Viçosa e cultivar Monalisa é de 42,2 e 35,2, nas épocas seca e das águas (SILVA et al., 2009), demonstrando que a época e região de cultivo da batata também influenciam na adubação nitrogenada. De acordo com Silva et al., (2011) as determinações da leitura do índice SPAD devem ser realizadas no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida em todas as regiões do folíolo exceto para a região distal, devendo esta análise ser realizada após a irrigação.

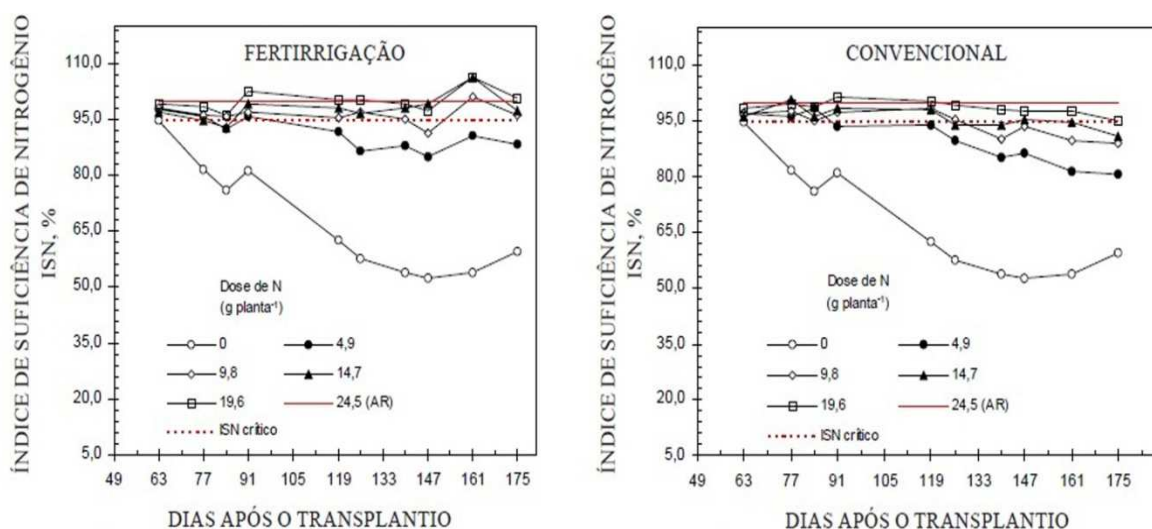


FIGURA 3. Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) baseado na medida do Clorofilômetro durante o período reprodutivo da cultura do pimentão por fertirrigação e adubado convencionalmente com doses de N. (Adaptado Godoy et al., 2003).

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE SPAD EM CULTURAS ANUAIS

O teor de clorofila é um indicador do nível de nitrogênio nas plantas e o teor de N nas folhas está altamente correlacionado com a produtividade (WOOD et al., 1992) por causa da associação entre a atividade fotossintética e o teor de N nas folhas.

Diversos autores têm relatado que determinações instantâneas da intensidade da cor verde das folhas através do clorofilômetro está relacionada com o teor de clorofila, e esta, por sua vez, é proporcional à concentração de N foliar e à produtividade em varias culturas produtoras de grãos e pluma (SILVEIRA et al., 2003).

Os estudos demonstram que para espécies anuais produtoras de grãos e pluma a uma correlação positiva entre o nitrogênio utilizado e o índice SPAD como se observa para o feijoeiro (BARBOSA FILHO et al., 2008; SANT'ANA et al., 2010; MAIA, 2011), milho (ARGENTA et al., 2001a; ARGENTA et al., 2003; MAGALHÃES et al., 2009; AMARANTE, 2010), algodão (NEVES et al., 2005; VEIGA et al., 2009), trigo (TEIXEIRA FILHO, 2008; FIOREZE & RODRIGUES, 2012) arroz (ESFAHANI et al., 2008; HUSSAIN et al., 2009; CABANGON et al., 2011; GHOLIZADEH et al., 2011) e soja (RODRIGUEZ-LUCENA et al., 2010), tornando-se um método eficiente para separar plantas com deficiência e com nível adequado deste nutriente (ARGENTA et al. 2003). Observa-se também uma correlação entre as leituras SPAD e a produtividade do milho em resposta a aplicação de N (ARGENTA et al., 2001a; HURTADO et al., 2009).

Inicialmente as culturas não apresentam relação entre o teor de N na folha e o índice SPAD como foi evidenciado em feijoeiro (SANT'ANA et al., 2010), em milho no estágio V6 e V7 (ARGENTA et al. 2001b), já leituras realizadas em folhas de milho no clorofilômetro abaixo de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento, indicam nível insuficiente de N nas plantas de milho (ARGENTA et al. 2003).

Com os avanços das pesquisas já esta sendo possível determinar em feijoeiro (Jalo Precoce e Pérola) prever a resposta à adubação nitrogenada através dos dados do índice SPAD e o ciclo de vida da cultura sendo possível saber se existe

alta, média ou baixa probabilidade de resposta à adubação nitrogenada, em cobertura, para as cultivares estudadas (Tabela 2). Esta é uma informação importante e segura para orientação dos produtores na tomada de decisão sobre a necessidade da adubação nitrogenada, já que foi realizados testes a campo (Tabela 3) para validar estes dados (SILVEIRA et al., 2003).

O método proposto para monitorar o nível de N nas plantas de milho pela leitura do teor relativo de clorofila demonstra grande aplicabilidade pelo produtor, mesmo com a limitação de não predizer a quantidade exata de N necessária para ser aplicada. O método permite fazer um diagnóstico da lavoura em poucos minutos, fornecendo informações importantes para a tomada de decisão (ARGENTA et al., 2003). Porém o quanto aplicar é dependente de uma série de fatores que deverão ser levados em consideração: estágio da cultura, tipo e quantidade de resíduo da cultura anterior, anos de semeadura direta, condições climáticas, resposta à adubação nitrogenada nos anos anteriores, híbrido utilizado e teto de rendimento de grãos (ARGENTA et al., 2003).

DAE	Probabilidade de resposta à adubação nitrogenada em cobertura		
	Alta	Média	Baixa
		Jalo Precoce	
25	24,6	27,6	28,1
26	25,0	28,0	28,6
27	25,5	28,4	29,0
28	25,9	28,8	29,5
28	26,3	29,2	29,9
30	26,8	29,6	30,4
31	27,2	30,0	30,9
32	27,7	30,3	31,3
33	28,1	30,7	31,8
34	28,6	31,1	32,2
35	29	31,5	32,7
		Pérola	
25	34,0	35,8	38,0
26	34,3	36,2	38,2
27	34,6	36,5	38,5
28	34,9	36,9	38,8
28	35,2	37,2	39,1
30	35,5	37,6	39,4
31	35,8	38,0	39,7
32	36,1	38,3	39,9
33	36,4	39,7	40,2
34	36,7	39,0	40,5
35	37,0	39,4	40,8
36	37,3	39,7	41,1
37	37,6	40,1	41,4
38	37,9	40,5	41,7
39	38,2	40,8	41,9
40	38,5	41,2	42,2

TABELA 2. Leituras do clorofilômetro (SPAD) nas cultivares de feijão Jalo Precoce e Pérola, em razão da probabilidade de resposta à adubação nitrogenada, 25 a 40 dias após a emergência da cultura. (Adaptado Silveira et al., 2003).

TABELA 3. Testes para validação do clorofilômetro⁽¹⁾. (Adaptado Silveira et al., 2003).

Teste	Cultivar	Data de semeadura	DAE	Leitura SPAD	Probabilidade resposta a N	Nova adubação nitrogenada (kg há ⁻¹)	Produtividade sem aplicação de N (kg há ⁻¹)	Produtividade com aplicação de N (kg há ⁻¹)	Resposta à adubação	Conclusão
1	Pérola	24/4/2001	40	46,6	Baixa	25	1.515a	1.524a	Não	Confirmado
2	Pérola	29/5/2001	34	38,4	Alta-média	50	1.820b	2.570a	Sim	Confirmado
3	Pérola	29/5/2001	40	38,1	Alta	60	2.326b	2.891a	Sim	Confirmado
4	Pérola	29/5/2001	40	39,4	Alta-média	60	2.415b	2.820a	Sim	Confirmado
5	Pérola	28/6/2001	40	43,2	Baixa	30	2.501a	2.567a	Não	Confirmado
6	Pérola	03/7/2001	36	41,5	Baixa	30	1.787b	2.209a	Sim	Não-confirmado
7	Jalo precoce	16/7/2001	35	36,7	Baixa	30	2.419a	2.310a	Não	Confirmado

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; adubação no plantio: Teste 1: 330 kg há⁻¹ da fórmula 4-30-16; Teste 2,3, 4: 600 kg há⁻¹ da fórmula 5-30-15; Testes 5,6,7: 400 kg há⁻¹ da fórmula 4-30-16; Adubação de cobertura: Teste 1: 30 kg há⁻¹ de N aplicado no dia 19/05/2001; Testes 2,3 e 4, sem aplicação de N em cobertura; Teste 5: 90 kg há⁻¹ de N aplicado no dia 23/07/2001; Teste 6: 50 kg há⁻¹ de N aplicado no dia 27/07/2001; Teste 7: 60 kg há⁻¹ de N aplicado no dia 13/08/2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da determinação indireta do nitrogênio foliar através do índice SPAD se mostra bastante eficiente, para predizer o estado nutricional da cultura avaliada, haja vista que esse índice se relaciona com o teor de N na planta, e não é afetado pelo consumo de luxo, o N absorvido em excesso acumula-se na forma de nitrato, sendo assim não associa a clorofila.

Existe uma série de fatores que devem ser observados para a escolha do ponto e folha a ser amostrada, além da época de amostragem e regime hídrico no qual a cultura esta submetida.

A utilização do Índice SPAD permite fazer um diagnóstico da lavoura em poucos minutos, fornecendo informações importantes para a tomada de decisão, além de não requerer a destruição do material vegetal e a um custo relativamente baixo (Empresas de Consultoria e grandes propriedades).

Apesar da praticidade, do baixo custo, rapidez, o índice SPAD não é capaz de estimar com precisão a dose a ser aplicada de N. A deficiência de magnésio, ferro, zinco, manganês pode subestimar as medidas, devido esses nutrientes fazerem parte e/ou atuarem na molécula de clorofila.

REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.240-248, 2002.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; ZANARDI, O.Z. & ALVES, E.O. Quantificação de clorofilas em folhas de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji' com métodos ópticos não-destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.590-595, 2008.

AMARANTE, C.V.T.; ZANARDI, O.Z.; MIQUELOTO, A.; STEFFENS, C.A.; ERHART, J. & ALMEIDA, J.A. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.680-686, 2009.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; SANGOL, L.; ZANARDI, O. Z.; MIQUELOTO & SCHWEITZER, C. Quantificação de clorofilas em folhas de milho através de métodos ópticos não destrutivos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.1, p. 39-50, 2010.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. & BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de Nitrogênio em Cereais. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001a.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L. & STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167. 2001b.

ARGENTA, G. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.109-119, 2003.

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, 2008.

BLACKMER, T.M. & SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, n.1, p.56-60, 1995.

BLANKENSHIP, R.E. Fotossíntese: As Reações Luminosas. In: Taiz, L. & Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p.147-181.

BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H. & CECON, P.R. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, new York, v.33, n.14, p.2148-2156, 2010.

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, 2011.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L.; SILVEIRA VIANA, A.E. & MATSUMOTO, S.N. Índice SPAD no limbo foliar da batateira sob parcelamento e doses de nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.159-167. 2011.

CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H.; MARTINS, D.P.; BERNARDO, S. & SILVA, J.A. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.121-127, 2002.

CARVALHO, M. A. de F.; SILVEIRA, P. M. & SANTOS, A. B. dos. Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz e do Feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2012.14p. (**Comunicado Técnico, 205**)

CHAPMAN, S. C. & BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

COELHO, A.M.; FRANCA, G.E.; BAHIA, A.F.C. & GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (15N) em um Latossolo Vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.15, p.187-193, 1991.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. & CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.584-592, 2012.

COSTA, K. A. DE P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. DE; ARAÚJO, J. L. & RODRIGUES, R.B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1601-1607, 2008.

CHANG, C.S. & CHANG, L.R. Two rapid determination methods for total chlorophyll content in fruit tree leaves. **Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station**, Changhua, v.59, p.37-45, 1998.

DECARLOS NETO A.; SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, P.R.G. & VENEGAS, V.H.A. Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.199-203, 2002.

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**, v.75, p.179-182. 1995.

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, 2008.

FIGLIARELLI, S. L.; & RODRIGUES, J. D. Efeito da densidade de semeadura e reguladores vegetais sobre os caracteres morfofisiológicos da folha bandeira do trigo. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, Recife, v.7, n.1, p.89-96, 2012.

FONTES P.C.R. & ARAÚJO C. **Adução nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007. 148p.

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.

FONTES, P.C.R.; SAMPAIO JÚNIOR, J.D.; MOREIRA, M.A.; GUIMARÃES, M.A., PUIATTI, M. & LANI, E.R.G. Produção de mini-tubérculos de batata-semente em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.116-120, 2008.

FONSECA, P. R. B. da.; FERNANDES, M. G.; DUTRA, F.; SOUZA, T. A. de. & PONTIM, B. C. A. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, em híbridos de milho, (*Zea mays* L.) bt e isogênico. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n.1, p. 56-60, 2012.

FURLANI JÚNIOR, 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.

GIL E P.T.; FONTES P.C.R.; CECON P.R. & FERREIRA F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.611-615, 2002.

GIL, P.T. **Índices e eficiência de utilização de nitrogênio pela batata influenciados por doses de nitrogênio em pré-plantio e em cobertura**. 2001. 81f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GHOLIZADEH, A.; AMIN, M.S.M.; ANUAR, A.R.; AIMRUN, W. & SABERIOON, M.M. Temporal variability of SPAD chlorophyll meter readings and its relationship to total Nitrogen in neaves within a Malaysian paddy field. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, p.236-245, 2011.

GODOY, L.J.G.; 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, v.27, p.1049-1056, 2003.

GODOY, L.J.G.; SANTOS, T.S.; VILLAS BÔAS, R.L. & JÚNIOR, J.B.L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em Nitrogênio durante o ciclo de cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.217-226, 2008.

HOLBROOK, N.M. Nutrição Mineral. In: Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, p.95-116, 2009.

HOLZSCHUH, M.J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; PIZZOLATO, T.M.; CARMONA, F.C. & CARLOS, F.S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1357-1366, 2011.

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V.; SILVA, C.A; CORAZZA, E.J. & SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.300-309, 2009.

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, 2000.

IBGE. Agricultura. Disponível<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

JESUS, S.V. & 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, 2008.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H. & PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.363-376, 2000.

LEAL, R.M.; NATALE, W.; PRADO, R.M. & ZACCARO, R.P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1111-1119, 2007.

LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F., VENEGAS, V.H.A., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTURUTTI, R.B., NEVES, J.C.L.(eds.). **Fertilidade do Solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 595-644, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M. & CANTAO, F. R. de O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas à baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 223-232, 2009.

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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARANHÃO, C. M. de A.; SILVA, C. C. F. da.; BONOMO, P. & PIRES, A. J. V. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum Animal Sciences maringá**, Maringá, v. 31, n. 2, p.117-122, 2009.

MENDELSON, J.K. **Alterações hormonais durante a gestação**. In: Vero, L.K. Reprodução de equinos. 3.ed. São Paulo: Varela, v.1, p.30-40, 1987.

MIFLIN, B.J. & LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, v.15, n.1, p.873-885, 1976.

MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp. 1989.

NEGREIROS NETO, J.V.; SANTOS, A.C.; LEITE, R.L.L. & CRUZ, R.S. Análise de diferentes doses de nitrogênio e espaçamento em milho no norte do Tocantins. **Biotemas**, v.23, n.4, p.19-23, 2010.

NEILSEN, D.; HOGUE, E.J.; NEILSEN, G.H. & PARCHOMCHUK, P. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.3, p.508-512, 1995.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; MARTINS, F.A.D.; PÁDUA, T.R.P. & PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio,

enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.517-521, 2005.

PENA, C. Análise foliar para o milho, 2009. Disponível em: <<http://agriculturabrasileira.blogspot.com/2009/07/analise-foliar-para-o-milho.html>>. Acesso em: abr. 2009.

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R. & ALVES, J. A. de A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p.311-315, 2011.

PRADO, R.M. Nitrogênio. In: Prado, R.M. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, p. 83-119. 2008.

PRADO, R. M. & VALE, W. do. Nitrogênio, fósforo e potássio na leitura SPAD em porta-enxerto de limoeiro cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.4, p.227-232, 2008.

REIS, A.R.; 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.

REICHARD, K.; LIBARDI, P.L.; VICTÓRIA, R.L. & VIEGAS, G.P. Dinâmica do Nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.17-20, 1979.

RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P. & BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v.153, n.1, p.185-194. 2002.

RODRIGUES F.A.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. & MARTINEZ, H.E.P. Nível crítico do índice SPAD na folha da batateira, em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.4, p.766-767, 2000.

RODRIGUEZ-LUCENA, P.; HERNANDEZ-APAOLAZA, L. & LUCENA, J. J. Comparison of iron chelates and complexes supplied as foliar sprays and in nutrient solution to correct iron chlorosis of soybean. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 173, n. 1, p. 120-126, 2010.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F. & LEAL, R. M. Influência do cultivar, do tipo de folha e do tempo de cultivo na medida indireta da clorofila (SPAD) em mudas de goiabeira. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1538-1543, 2009.

SALLA, L.; RODRIGUES, J.C. & MARENCO, R.A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, Supl. 2, p.159-161, 2007.

SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N. & FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, v.101, p.800-816, 2009.

SAMPAIO JÚNIOR, J.J.; FONTES, P.C.R.; MOREIRA, M.A. & GUIMARÃES, M.A. Produção de mini-tubérculo semente de batata, em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.1-9, 2008.

SANT'ANA, E.V.P.; SANTOS, A.B. & SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, n.4, v.40, p.491-496, 2010.

SANTOS, G. A.; PEREIRA, A. B. & KORNDÖRFER, G. H. Uso do Sistema de Análises por Infravermelho Próximo (NIR) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de silício e nitrogênio em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 100-108, 2010.

SANTOS, G. A.; SANTOS, A. P. dos. & KORNDORFER, G. H. Sistema por infravermelho próximo (nir) para análises de nitrogênio foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 83-90, 2012.

SISTANI, K.R.; SIKORA F.J. & M., Poultry litter and tillage influences on corn production and soil nutrients in a Kentucky silt loam soil. **Soil & Tillage Research**, v.98, p.130-139. 2008.

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**, Brasília, v.27, n.1, p.17-22, 2009.

SILVA, M.C.C.; COELHO, F.S.; BRAUN, H. & FONTES, P.C.R. Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, n.4, p.971-977, 2011.

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, 2010.

SILVEIRA, P.M.; 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, v.38, n.9, p.1083-1087, 2003.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: Sousa, D.M.G., Lobato, E. (ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2004, p.283-315.

STOKING, C.R. & ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, Columbus, v.49, n.3, p.284-289, 1962.

TECCHIO, M.A.; MOURA, M.F.; PAIOLI-PIRES, E.J.; TERRA, M.M. & TEIXEIRA, L.A.J., Smarsi, R.C. Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira 'niagara rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.649-659, 2011.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado**. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Ilha Solteira, 2008.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K. & PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.91, n.1, p.37-46, 2007.

VALE, D.W. & PRADO, R.M. Adubação com NPK e o estado nutricional de 'citrumelo' por medida indireta de clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.2, p.266-271, 2009.

VEIGA, F.L.; SARDELLI, J.A.P.; FERRARI, J.V.; GOUVEA, A.P.L.; JÚNIOR, E.V. & RODRIGUES, J.M.S. Avaliação dos Teores foliares de Clorofila, com o uso do SPAD-502, em função de cultivares e de regulador de crescimento em Algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7, 1988. **Anais...** Paraná, p.1186-1190. 2009.

VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade de redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007. 95f. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E. & SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.27, p.545-560. 1996.

WILSON, W.S.; MOORE, K.L.; ROCHFORD, A.D. & VAIDYANATHAN, L.V. Fertilizer nitrogen addition to winter wheat crops in England: comparison of farm practices with recommendations allowing for soil nitrogen supply. **Journal of Agricultural Science**, Canadá, v.127, p.11-22, 1996.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; DUFFIELD, R.R. & EDMISTEN, K.L. Field chlorophyll meter measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.15, n.4 p.487-500, 1992.