

Uso do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro) na adubação nitrogenada de pastagens



ISSN 0103-9865
Julho, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Rondônia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 161

Uso do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro) na adubação nitrogenada de pastagens

**Betânia Maria Filha Soares Bacelar
Ana Karina Dias Salman
Enrique Anastácio Alves
Pedro Gomes da Cruz
Angelo Mansur Mendes**

Porto Velho, RO
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Rondônia

BR 364 km 5,5, Caixa Postal 127, CEP 76815-800, Porto Velho, RO

Telefones: (69) 3901-2510, 3225-9387, Fax: (69) 3222-0409

www.embrapa.br/rondonia

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações

Presidente: *Alexsandro Lara Teixeira*

Secretárias: *Marly de Souza Medeiros*

Membros:

Marília Locatelli

Rodrigo Barros Rocha

José Nilton Medeiros Costa

Ana Karina Dias Salman

Luiz Francisco Machado Pfeifer

Fábio da Silva Barbieri

Normalização: *Daniela Maciel*

Editoração eletrônica: *Marly de Souza Medeiros*

Revisão gramatical: *Wilma Inês de França Araújo*

1ª edição

1ª impressão (2015): 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Rondônia

Uso do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro) na adubação nitrogenada de pastagens / Betânia Maria Filha Soares Bacelar ... [et al.]. -- Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2015.

21 p. -- (Documentos / Embrapa Rondônia, 0103-9865; 161)

1. Medidor portátil de clorofila. 2. Leguminosas - Forrageira. 3. Adubação nitrogenada. 4. Pastagem. I. Bacelar, Betânia Maria Filha Soares. II. Salman, Ana Karina Dias. III. Alves, Enrique Anastácio. IV. Cruz, Pedro Gomes da. V. Mendes, Angelo Mansur. VI. Título. VII. Série.

CDD(21.ed.) 633

© Embrapa - 2015

Autores

Betânia Maria Filha Soares Bacelar

Engenheira Agrícola e Ambiental, M.Sc. em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Porto Velho, RO, bolsista da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Ana Karina Dias Salman

Zootecnista, D.Sc. em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Enrique Anastácio Alves

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Pedro Gomes da Cruz

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Angelo Mansur Mendes

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

Sumário

Introdução	7
Importância do nitrogênio para as forrageiras	9
Comportamento do nitrogênio no solo	9
Perdas do nitrogênio – nitrato (NO_3^-) por lixiviação	10
Perdas do nitrogênio – amônia (NH_3) por volatilização	10
Perdas do nitrogênio por desnitrificação	11
Comportamento do nitrogênio na planta	12
Adubação nitrogenada parcelada	12
Uso do clorofilômetro na adubação nitrogenada	13
Índice de suficiência de nitrogênio (ISN)	15
Conclusões	16
Referências	16

Uso do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro) na adubação nitrogenada de pastagens

Betânia Maria Filha Soares Bacelar

Ana Karina Dias Salman

Enrique Anastácio Alves

Pedro Gomes da Cruz

Angelo Mansur Mendes

Introdução

O Brasil se destaca no cenário da pecuária com o maior rebanho comercial, maior exportador e segundo maior produtor de carne bovina e sexto maior produtor de leite do mundo (USDA, 2014). No cenário nacional, o Estado de Rondônia apresenta um rebanho com mais de 12 milhões de cabeças, ocupando a posição de quarto maior exportador de carne e oitavo maior produtor de leite (RONDÔNIA, 2012).

A pecuária bovina tornou-se um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro e consequentemente da economia nacional. Em 2013 o Valor Bruto da Produção (VBP) de carne foi de R\$ 51,1 bilhões, atrás apenas do complexo da soja (BRASIL, 2014). O consumo interno e as exportações estão em ritmo crescente. As projeções são de que o consumo no Brasil cresça a uma taxa de 3,6% ao ano, acumulando no final de um período de 10 anos, um aumento de 42,8%. Já a demanda mundial deve aumentar cerca de 2,5% a.a. (BRASIL, 2013).

Considerando o cenário comercial favorável, ressalta-se que um dos fatores que tornam a pecuária brasileira mais competitiva foi o fato de a mesma ser praticada predominantemente com rebanho criado a pasto (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), que se constitui na forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos.

Além da disponibilidade de pastagens, que desempenham papel fundamental na pecuária brasileira, características climáticas e a extensão territorial do país, também favorecem o Brasil que possui um dos menores custos de produção de carne do mundo (CARVALHO et al., 2009; DEBLITZ, 2012; FERRAZ; FELÍCIO, 2010). Entretanto, mesmo considerando-se o grande potencial da produção de bovinos a pasto, os resultados econômicos obtidos pela maioria dos pecuaristas ainda são muito modestos.

Nos últimos anos, pressões ambientais e mercadológicas somadas a maior disponibilidade de tecnologia têm incentivado uma mudança de atitude no setor produtivo de carne e leite do país (DIAS-FILHO, 2014). Nesse sentido, um número crescente de pecuaristas vem direcionando a atividade desenvolvida a pasto a uma fase de refinamento, marcada pela busca de maior produtividade via intensificação (DIAS-FILHO, 2011; MARTHA JÚNIOR et al., 2012).

O aumento da produtividade e, conseqüente, melhoria do desempenho econômico da pecuária está se tornando realidade no Brasil em virtude da adoção de tecnologias para recuperação e manejo de pastagens, formação de pastagens com forrageiras mais produtivas e ao melhoramento genético do rebanho.

No âmbito da intensificação do cultivo de pastagens, a adubação nitrogenada destaca-se pelo fato de ser o nitrogênio (N) o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, com efeito fundamental na produção e valor nutricional das pastagens. Em contrapartida, a adubação nitrogenada possui custo financeiro elevado, o que muitas vezes inviabiliza o uso de doses apropriadas. Além disso, o comportamento do N no solo apresenta uma dinâmica complexa, pois está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e imobilização por microrganismos (CORSI, 1994; WERNER, 1986).

Nesse sentido, as pesquisas vêm avançando a respeito de métodos que estimem a resposta da pastagem em relação ao N aplicado em determinada situação edafoclimática e em tempo hábil, possibilitando o uso de fertilizantes nitrogenados em doses adequadas e de forma parcelada. Isto porque a baixa eficiência do uso do N é afetada por diversos fatores, dentre os quais podemos citar a falta de sincronia entre a demanda de N pela cultura e a sua disponibilidade no solo.

Abrahão (2007) e Villar et al. (2015) avaliaram métodos de recomendação da adubação nitrogenada parcelada a partir de dados da resposta espectral da cultura. Abrahão (2007) avaliou o efeito de diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantio na resposta espectral do dossel do *Panicum maximum* cv. Tanzânia, nas correlações entre índices de vegetação e medições de clorofila (valores SPAD) e massa seca (MS). Já Villar et al. (2015) testaram variáveis espectrais obtidas por meio do clorofilômetro portátil (SPAD 502) e índices de vegetação calculados a partir de dados da resposta espectral da cultura obtidos com espectrorradiômetro ASD Field Spec Pro espectrômetro FR com objetivo de ajustar metodologia de aplicação de adubo nitrogenado com doses variadas de N em *Brachiaria decumbens* com base em índice de suficiência de nitrogênio (ISN).

Esses métodos se baseiam no fato de teor de clorofila se correlacionar positivamente com o teor de nitrogênio foliar, uma vez que de 50% a 60% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (WOOD et al., 1993). Portanto, a utilização do clorofilômetro como ferramenta auxiliar no manejo da adubação nitrogenada vem apresentando resultados positivos em relação à recomendação de N parcelada com base nas leituras indiretas do teor de clorofila foliar em diversas culturas, incluindo forrageiras (ABREU; MONTEIRO, 1999; SANTOS JÚNIOR, 2001; BONFIM-DA-SILVA, 2005; BENETT et al., 2008; COSTA et al., 2008; MARANHÃO et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2011; PARIZ et al., 2011; BARBIERI JÚNIOR et al., 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Entretanto, para que as pesquisas relacionadas ao uso do clorofilômetro em pastagens avancem, autores como Villar et al. (2015) sugerem trabalhos para testar a viabilidade do uso do índice de suficiência de nitrogênio (ISN) para indicar a necessidade de aplicação de adubo nitrogenado em forrageiras.

Sendo assim, essa revisão bibliográfica teve por objetivo fazer um levantamento de informações sobre a importância do nitrogênio para as plantas forrageiras, considerando sua dinâmica no sistema solo-planta com ênfase nos principais mecanismos de perdas desse nutriente que justifiquem o uso da adubação nitrogenada parcelada de pastagens e do medidor portátil de clorofila como ferramenta de auxílio para essa tecnologia.

Importância do nitrogênio para as forrageiras

Em relação à exigência nutricional, o nitrogênio assume papel de destaque no manejo das pastagens em virtude da exigência de N no aumento da produtividade das gramíneas forrageiras. De acordo com Corsi (1994) e Werner (1986), o nitrogênio é o principal constituinte das proteínas que participam da síntese de compostos orgânicos que formam a estrutura vegetal (morfogênese), sendo responsável por características como tamanho das folhas, tamanho do colmo, aparecimento e desenvolvimento de novos perfilhos, além de ser necessário no aproveitamento de carboidratos e auxiliar a planta na absorção de outros nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, a capacidade do solo de fornecer N às plantas forrageiras depende de fatores climáticos e bióticos. Em pastagens tropicais extensivamente manejadas, sem adubação nitrogenada, a disponibilidade de N depende, em grande parte, da mineralização da matéria orgânica podendo variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (AITA; GIACOMINI, 2007).

Além do problema da disponibilidade do nitrogênio no solo, há também fatores como: a morfologia superficial do sistema radicular, que não favorece a maior absorção dos nutrientes; a falta de conhecimento quantitativo sobre o manejo que incorre na menor eficiência do N; e o baixo efeito residual de N no solo. Estes fatores estabelecem perdas significativas desse nutriente no ambiente, além do fato de o fertilizante nitrogenado não ser utilizado de maneira correta, principalmente do ponto de vista econômico (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

Dessa forma, a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma muito mais precisa e constante que a dos demais nutrientes (GUILHERME et al., 1995; BÉLANGER et al., 2003) para se obter os melhores resultados em termos de produtividade. A eficiência do uso do N representa a habilidade da planta transformar o N absorvido em matéria seca (t/ha). A eficiência da produção forrageira ainda pode ser incrementada com a adoção de práticas de manejo, como o uso de dose adequada e aplicação na época apropriada, de acordo com resultados de pesquisa e com a necessidade da cultura (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

Comportamento do nitrogênio no solo

O comportamento e a dinâmica do nitrogênio no solo são complexos, cujas transformações envolvem reações de natureza química e biológica. O N do solo advém da atmosfera, uma vez que, dos gases atmosféricos aproximadamente 78% é nitrogênio elementar N_2 . Entretanto, a maior parte desse N não está diretamente disponível para os organismos vivos, pois a obtenção de N da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de grande estabilidade, entre os dois átomos de N para produzir amônia (NH_3) ou nitrato (NO_3^-). Tais reações, conhecidas como fixação do N, podem ser realizadas por processo industrial ou natural (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No solo, somente 5% do nitrogênio está na forma mineral (iônica): amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e nitrogênio elementar (N_2). E o restante, 95% do N, na forma orgânica: proteínas, aminoácidos, aminoaçúcar e outros componentes mais complexos (HAVLIN et al., 2005), sendo parte mineralizada anualmente por meio da atividade microbiana (CAMARGO et al., 1999).

Considerando a disponibilidade para as plantas, as formas de nitrogênio mais comuns no solo são o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-). O amônio se concentra em maior quantidade em solos anaeróbicos (alagados) e com menor teor em solos aeróbicos, por causa do processo acelerado

de nitrificação. Já o nitrato está mais presente em solos aeróbicos e seu teor pode ser rapidamente alterado no solo em razão da absorção pelas plantas e microrganismos, e das perdas por lixiviação e desnitrificação (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Quando comparado aos demais nutrientes, o nitrogênio apresenta acentuado dinamismo no sistema solo, dificultando sua estabilização no alcance das raízes. O potencial de perdas ocorre tanto por lixiviação na forma de nitrato (NO_3^-) (ALCÂNTARA; CAMARGO, 2010), quanto por volatilização de amônia (NH_3) (FONTOURA; BAYER, 2010), resultando em baixa eficiência de uso do N.

Perdas do Nitrogênio – Nitrato (NO_3^-) por Lixiviação

A lixiviação do N-NO_3^- ocorre principalmente pela drenagem dos solos, podendo atingir as águas superficiais ou lençol freático, possuindo estreita dependência da quantidade de água que percola no perfil do solo (SOUSA NETO, 2008).

As perdas por erosão, escoamento superficial e lixiviação em pastagens bem manejadas são pequenas. Estudos indicam que menos de 5% do N aplicado é lixiviado para camadas de solo superiores a 30 cm de profundidade (MARTHA JÚNIOR, 1999; OLIVEIRA, 2001).

No caso de pastagens estabelecidas em Latossolos e Argissolos, vegetadas por plantas forrageiras de elevada capacidade de extração de nutrientes (MARTHA JÚNIOR e VILELA, 2002), a possibilidade de lixiviação do N-NO_3^- é ainda menor. Entretanto, a lixiviação do N-NO_3^- pode ser problema em regiões com elevados índices de chuva e com solos rasos, arenosos, de baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e mal manejados (MARTHA JÚNIOR, 2003). Nestas situações, as condições de solo e expectativa de baixa produtividade da forrageira são, portanto, de limitada capacidade de remoção de N-NO_3^- do solo, estabelecendo condições favoráveis à lixiviação do N fertilizante (CORSI et al., 2001).

O aumento da concentração de N nas águas de rios, lagos, mananciais e lençóis freáticos tem gerado grande discussão sobre os seus efeitos na saúde e no ambiente, estimulando pesquisas de caráter agroecológico no mundo inteiro, principalmente em países desenvolvidos da Europa e da América do Norte (GASSER et al., 2002).

Em relação às consequências do nitrogênio na água, ressalta-se que por ser o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas, quando descarregado conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitando o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, fenômeno chamado de eutrofização. Em contraste, a amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes. Além disso, ao ser oxidada biologicamente, a amônia provoca o consumo de oxigênio dissolvido nas águas naturais, a chamada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de segundo estágio. Os nitratos, por sua vez, são tóxicos à saúde humana, podendo causar danos neurológicos ou redução da oxigenação do corpo, principalmente, em crianças (TUNDISI, 2001).

Perdas do Nitrogênio – Amônia (NH_3) por Volatilização

Em pastagens, estabelecidas com gramíneas tropicais, as perdas são mais expressivas por via gasosa como a volatilização de amônia (NH_3), definida como processo de transferência da amônia volatilizada do solo para atmosfera (MARTHA JÚNIOR, 2003). No entanto, a quantidade de N- NH_3 perdida depende de fatores como clima, solo e manejo, bem como da interação entre os mesmos (TRIVELIN et al., 1994).

Os fatores que mais contribuem para volatilização são temperatura e precipitação pluviométrica (MARTHA JÚNIOR, 2003). Incrementos na temperatura proporcionam aumentos lineares nas perdas de amônia (HARGROVE, 1988). Enquanto a quantidade de chuva deve proporcionar incorporação mais adequada do adubo nitrogenado evitando as perdas por volatilização (DENMEAD et al., 1990).

Dentre os fatores do solo com maior influência nas perdas de $N-NH_3$ por volatilização destacam-se o pH, a CTC, o poder tampão e a matéria orgânica do solo (TRIVELIN et al., 1994). A elevação do pH aumenta o potencial de volatilização. Quanto maior a CTC do solo menor será a concentração de NH_4^+ na solução do solo e, portanto, menores perdas deverão ocorrer. Já em relação à matéria orgânica, os efeitos são antagônicos, dependendo da atividade da urease.

Já os fatores relacionados ao manejo, que afetam a perda de $N-NH_3$ por volatilização, são a fonte, a dose e a localização no solo do adubo nitrogenado. Para pastagens estabelecidas em solos ácidos, as perdas de $N-NH_3$ decorrentes da aplicação superficial e a lanço de nitrato e sulfato de amônio são geralmente baixas e inferiores a 5% e 10% do N aplicado, respectivamente (WHITEHEAD, 1995; PRIMAVESI et al., 2001). Porém, em algumas situações essas perdas podem ser mais elevadas, até 20% do N-sulfato de amônio aplicado (MARTHA JÚNIOR, 1999).

Em relação à ureia, tem-se verificado perdas de $N-NH_3$ por volatilização, como resultado da aplicação superficial e a lanço em torno de 10% a 25% do N aplicado (WHITEHEAD, 1995; PRIMAVESI et al., 2001). Em condições favoráveis à volatilização, tais como: elevada temperatura, ausência de precipitação imediatamente após a adubação e altas taxas de evaporação de água do solo, as perdas podem atingir 80% do N-ureia aplicado (MARTHA JÚNIOR, 1999). Quanto à dose de adubo aplicado, observa-se que maiores doses do fertilizante resultam em perdas de $N-NH_3$ mais elevadas (PRIMAVESI et al., 2001).

Perdas do nitrogênio por desnitrificação

A desnitrificação também se enquadra na perda por via gasosa, consistindo na redução microbiana do nitrato (NO_3) as formas intermediárias de N e formas gasosas (NO , N_2O e N_2) que são comumente perdidas para a atmosfera. Dependendo de interações complexas entre fatores de clima, de solo e de manejo, que influenciam os processos microbiológicos.

Condições de temperatura elevada e alto teor de umidade do solo (chuvas ou más condições de drenagem) atuam positivamente sobre a desnitrificação. Valores de pH próximos a neutralidade favorecem os processos de nitrificação e desnitrificação (GRANLI; BROCKMAN, 1995). Sendo esses fatores, as principais explicações para as maiores taxas de emissão de óxidos de N em regiões tropicais em comparação com as temperadas (GRANLI; BROCKMAN, 1995).

De acordo com Bortoli et al. (2012) a emissão de N_2O tem contribuição significativa no efeito estufa por possuir potencial 300 vezes maior em comparação com o CO_2 , sendo atualmente o terceiro gás de efeito estufa mais importante presente na atmosfera, atrás somente do CO_2 e do CH_4 . De acordo com dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas IPCC (HOUGHTON et al., 2001) a agricultura global contribui de 65% a 80% de todo o N_2O emitido para atmosfera, principalmente, a partir do nitrogênio aplicado via fertilizante. Sendo 90% do N_2O da atmosfera gerados durante a transformação microbiológica da NH_3 em NO_3^- .

Considerando o cenário supracitado, destaca-se que os principais fatores que controlam a desnitrificação são a disponibilidade de N (NO_3^- e NO_2^-) e de C (fonte de energia para os processos microbianos) em ambiente anaeróbico, o que predispõe as pastagens a elevadas perdas, uma vez que esses ecossistemas normalmente apresentam essas características (CORSI; MARTHA JÚNIOR,

1997). A atividade potencial do óxido nitroso redutase no solo é um dos fatores que controlam a emissão deste gás. A produção de N_2O está também sujeita às influências decorrentes do tipo de manejo a que os solos são submetidos (VULNERABILIDADE..., 1999).

Comportamento do nitrogênio na planta

A desnitrificação também se enquadra na perda por via gasosa, consistindo na redução microbiana do nitrato (NO_3) as formas intermediárias de N e formas gasosas (NO , N_2O e N_2) que são comumente perdidas para a atmosfera. Dependendo de interações complexas entre fatores de clima, de solo e de manejo, que influenciam os processos microbiológicos.

Condições de temperatura elevada e alto teor de umidade do solo (chuvas ou más condições de drenagem) atuam positivamente sobre a desnitrificação. Valores de pH próximos a neutralidade favorecem os processos de nitrificação e desnitrificação (GRANLI; BROCKMAN, 1995). Sendo esses fatores, as principais explicações para as maiores taxas de emissão de óxidos de N em regiões tropicais em comparação com as temperadas (GRANLI; BROCKMAN, 1995).

De acordo com Bortoli et al. (2012) a emissão de N_2O tem contribuição significativa no efeito estufa por possuir potencial 300 vezes maior em comparação com o CO_2 , sendo atualmente o terceiro gás de efeito estufa mais importante presente na atmosfera, atrás somente do CO_2 e do CH_4 . De acordo com dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas IPCC (HOUGHTON et al., 2001) a agricultura global contribui de 65% a 80% de todo o N_2O emitido para atmosfera, principalmente, a partir do nitrogênio aplicado via fertilizante. Sendo 90% do N_2O da atmosfera gerados durante a transformação microbiológica da NH_3 em NO_3^- .

Considerando o cenário supracitado, destaca-se que os principais fatores que controlam a desnitrificação são a disponibilidade de N (NO_3^- e NO_2^-) e de C (fonte de energia para os processos microbianos) em ambiente anaeróbico, o que predispõe as pastagens a elevadas perdas, uma vez que esses ecossistemas normalmente apresentam essas características (CORSI; MARTHA JÚNIOR, 1997). A atividade potencial do óxido nitroso redutase no solo é um dos fatores que controlam a emissão deste gás. A produção de N_2O está também sujeita às influências decorrentes do tipo de manejo a que os solos são submetidos (VULNERABILIDADE..., 1999).

Adubação nitrogenada parcelada

Considerando o comportamento do N no solo, a alta mobilidade do N justifica a preocupação em relação ao manejo da adubação nitrogenada em solos agrícolas (ZEBARTH et al., 2009). Os recentes avanços tecnológicos mostram que é possível alocar os insumos com base nas necessidades de cada parcela no campo (KNOB, 2006). A dose do fertilizante aplicado pode ser prescrita dependendo da diferença entre a quantidade de nutrientes requeridos pela cultura e a quantidade disponível em cada parcela da área de produção. Esta técnica permite otimizar a dose de insumos aplicados, de acordo com o potencial de produção do solo, mantendo ou melhorando o nível de produção.

Além da alocação dos insumos de acordo com a necessidade de cada parcela, estratégias conservacionistas sugerem o parcelamento da adubação nitrogenada. Parte da dose de N aplicada no momento do plantio e parte em cobertura, após a emergência da planta, monitorando-se a cultura para estabelecer o momento e a quantidade de N suplementar (MACKERRON, 2000), considerando-se as condições locais (FONTES, 2011).

Dentre os adubos nitrogenados mais comercializados e utilizados em pastagens no Brasil estão: a ureia (44% a 46 % de N) e o sulfato de amônio (20% a 21% de N), que apresentam vantagens e desvantagens. No caso da ureia, as principais vantagens são o menor custo por quilograma, alta concentração de N, fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior a outras fontes do ponto de vista econômico, porém apresenta maior perda de N por volatilização (PRIMAVESI et al., 2004; MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Já o sulfato de amônio apresenta como vantagens a menor perda de N por volatilização e o fato de ser fonte de enxofre (S) (24% S), embora apresente maior custo por quilograma de N (PRIMAVESI et al., 2004). Segundo Tisdale et al. (1993), o suprimento adequado de S no solo aumenta a resposta da planta forrageira ao N aplicado e pode melhorar a sua eficiência de uso. Contudo, o sulfato de amônio apresenta a desvantagem de promover maior acidificação do solo, em relação àquela gerada pela ureia e pelo nitrato de amônio (PRIMAVESI et al., 2004).

Os insumos nitrogenados interferem diretamente na produtividade da cultura, entretanto as respostas das plantas dependem da dosagem utilizada, época e metodologia empregada. Em virtude disso, a tomada de decisão durante o processo de implantação e condução das atividades e manejo localizado em uma determinada área não podem limitar-se somente a modelos e cálculos de quantidades (DURIGON, 2007).

Estudos indicam que o uso de adubos nitrogenados em pastagens normalmente aumenta o teor de N total, nitrato e amônio no solo. Contudo, aplicações sucessivas com doses altas podem provocar diminuição do pH (CAMPOS, 2004; BONFIM-DA-SILVA, 2005; LANGE et al., 2006). Alguns autores alertam quanto à necessidade da aplicação de doses adequadas de N.

Uso do clorofilômetro na adubação nitrogenada

O uso racional da adubação nitrogenada representa um dos principais desafios da produção agrícola. Assim, é importante investigar fatores que possam interferir na máxima eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado, com mínimas perdas para economizar recursos financeiros, diminuir riscos de poluição ambiental, além de aumentar a produtividade.

Normalmente, utiliza-se o teor de matéria orgânica (MO) como indicador da disponibilidade de nitrogênio no solo. No entanto, o nitrogênio incorporado a MO, a qual é identificada via análise de solo, não serve como critério para a recomendação segura das doses de nitrogênio a serem aplicadas (LOFTON et al., 2010).

Neste método, a dose de N é estabelecida por meio de curvas de resposta da planta obtidas no campo, ao contrário dos demais macronutrientes, cuja limitação pode ser prevista pela análise do solo (COELHO; FONTES, 2005). Uma melhoria potencial seria a inclusão de atributos da planta que permitisse o monitoramento da disponibilidade de N durante o ciclo da cultura, visando maior precisão e flexibilidade no manejo do N (COELHO, 2011). O uso da planta como indicadora parece ser mais apropriado e conveniente do que o solo, em virtude da amostragem e o tempo para as análises serem mais rápidas (OLIVIER; GOFFART, 2006), podendo ser realizada por diversos procedimentos em virtude da análise do teor de N na matéria seca e pela determinação indireta do teor de clorofila na folha (FONTES; ARAÚJO, 2007).

Em relação à determinação indireta do teor de clorofila na folha, estudos têm demonstrado que a concentração de clorofila ou a coloração verde das folhas se correlaciona positivamente com o teor de nitrogênio foliar, uma vez que 50% a 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (WOOD et al., 1993), e com a produção da massa de matéria seca da planta (BLACKMER; SCHEPERS,

1995; GIL et al., 2002; FERREIRA et al., 2006). Além disso, o teor de N na folha correlaciona-se positivamente com a taxa fotossintética da planta, sendo a clorofila envolvida diretamente no processo de fotossíntese (VOUILLOT et al., 1998).

A mensuração da refletância espectral apresenta-se como técnica promissora para determinar a deficiência de N em tempo real sem contato e de forma não destrutiva (TUMBO et al., 2002), uma vez que propriedades espectrais, refletância e transmitância das folhas são afetadas pela deficiência de nitrogênio (BLACKMER; SCHEPERS, 1995).

Abrahão (2007) e Villar et al. (2015) avaliaram métodos de identificação do estado nutricional (em termos de teor N) das culturas agrícolas usando técnicas de sensoriamento remoto, utilizando medidor portátil de clorofila, denominado clorofilômetro, que proporciona leituras instantâneas, de forma não destrutiva, surgindo como alternativa de indicação do nível de N na planta. O equipamento apresenta facilidade de operação, permitindo avaliações *in situ*, podendo ser utilizado como ferramenta auxiliar na tomada de decisão sobre a adubação nitrogenada (GIL et al., 2002; GODOY et al., 2008).

Segundo Argenta et al. (2002), a determinação do teor de clorofila pelo clorofilômetro apresenta algumas vantagens sobre o método de extração de clorofila, pois a leitura pode ser realizada em poucos minutos, oferecendo, portanto, facilidade de determinação, baixo custo de manutenção do aparelho, ao contrário de outros testes que exigem compras sistemáticas de produtos químicos (PIEKIELEK; FOX, 1992), não há necessidade de envio de amostras para laboratório, somando economia de tempo e dinheiro, e podem ser realizadas quantas amostras forem necessárias, sem implicar na destruição das folhas (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, o clorofilômetro apresenta a vantagem de não ler o N absorvido, mas sim apenas o teor de N que se associa à molécula de clorofila (GARCEZ, 2013).

Um dos medidores portáteis de clorofila é o SPAD (*Soil Plant Analysis Development*). De mais recente lançamento, o clorofilômetro chamado ClorofiLOG (FALKER, 2008), utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila (= 635nm e 660nm) e um outro no infravermelho próximo (= 880nm). Da mesma forma que o SPAD, um sensor inferior recebe a radiação transmitida pela estrutura foliar. A partir desses dados, o aparelho fornece valores chamados Índice de Clorofila Falker (ICF) ou Índice de Clorofila Foliar (ICF), proporcionais à absorbância das clorofilas.

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro portátil tem sido utilizada para prever a necessidade de adubação nitrogenada em várias culturas, dentre as principais: arroz (TURNER; JUND, 1991; HUSSAIN et al., 2000), algodão (WOOD et al., 1993; ROSOLEM; VAN MELLIS, 2010), café (GODOY et al., 2008), milho (PIEKIELEK; FOX, 1992; SMEAL; ZHANG, 1994; BLACKMER; SCHEPERS, 1995; VARVEL et al., 1997; ARGENTA et al., 2001; ARGENTA, 2002; GODOY, 2002; ARGENTA, 2003; GODOY et al., 2006), sorgo (MARQUARD; TIPTON, 1987); soja (YADAVA, 1986); trigo (FOX et al., 1994; BREDEMEIER, 1999); feijão (MAIA, 2011) e batata (COELHO, 2011). Existem também vários estudos que mostram o aumento no teor de clorofila da folha em gramíneas forrageiras concomitante ao incremento das doses de N (ABREU; MONTEIRO, 1999; SANTOS JÚNIOR; MONTEIRO, 2003; BONFIM-DASILVA, 2005; LAVRES JUNIOR; MONTEIRO, 2006; ABRAHÃO, 2007; BENETT et al. 2008; COSTA et al., 2008; MARANHÃO, 2009; GUIMARÃES et al., 2011; BARBIERI JÚNIOR et al., 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2013; VILLAR et al. 2015).

Barbieri Júnior et al. (2012) estudaram o uso do ClorofiLOG para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85 concluindo que este equipamento constitui um instrumento adequado para a determinação indireta dos teores relativos das clorofilas a, b e total sendo uma excelente ferramenta no manejo da adubação nitrogenada dessa forrageira, assim como de outras representantes do gênero *Cynodon* spp.

Índice de suficiência de nitrogênio (ISN)

O índice de clorofila foliar (ICF), medido pelo clorofilômetro, pode ser indicativo da necessidade de aplicação do N, desde que seja conhecido o nível abaixo do qual a planta estaria deficiente ou em nível crítico. Entretanto, é sabido que além do teor de N na planta, outros fatores podem afetar os valores do índice de clorofila foliar, como as condições edafoclimáticas, ano, local, cultivar e outros fatores, impossibilitando estabelecer um valor fixo universal de nível crítico (BULLOCK; ANDERSON, 1998; FONTES, 2011).

Na tentativa de viabilizar a utilização do clorofilômetro universalmente, Schepers et al. (1992) propuseram, para a cultura do milho, a instalação de uma área de referência na lavoura. Essa área seria adubada com dose não limitante de N, maior que a máxima normalmente recomendada para a cultura, para permitir a concentração máxima de clorofila nas folhas. Com essa premissa, foi sugerido usar o índice de suficiência de nitrogênio (ISN), obtido pela relação entre as medidas obtidas com o clorofilômetro nas plantas representativas da área a ser avaliada na lavoura e nas plantas da área de referência (sem deficiência de N e com excesso de N).

O uso do ISN é uma normatização das leituras do clorofilômetro para eliminar os possíveis erros inerentes a diferentes solos, condições climáticas, cultivar e outros fatores que podem influenciar as leituras com o aparelho, inviabilizando a utilização de um nível crítico universalmente utilizado (SINGH et al., 2010). Geralmente, para a cultura do milho, a planta é considerada deficiente em N quando o ISN atinge 90% ou 95% do valor da leitura obtida nas plantas da área de referência (VARVEL et al., 1997). Com esse procedimento, foi proposto a chamada "adubação quando necessária" (SCHEPERS et al., 1992).

Alguns autores que tem utilizado esse critério, como Godoy et al. (2003) verificaram para a cultura do milho e pimentão que o ISN foi um indicador apropriado do momento de aplicação do adubo nitrogenado, podendo auxiliar no ajuste da dose de N. Varvel et al. (1997) empregaram o critério de determinar o ISN na cultura do milho com o clorofilômetro e verificaram aumento da eficiência do uso do N por meio do parcelamento da adubação.

Apesar do valor de ISN ser mais facilmente calibrado para cada situação do que o valor do nível crítico, ainda fica a incerteza de qual ISN utilizar, ou seja, de qual dose de N deve-se colocar na parcela de referência (FONTES, 2011). Assim, a dose a ser utilizada na parcela de referência precisa ser ajustada de acordo com o recurso disponível para ser empregado na compra do adubo nitrogenado, nível tecnológico e experiência do produtor ou técnico responsável.

O PPI – *Potash and Phosphate Institute* (atual IPNI – *International Plant Nutrition Institute*) em um dos seus boletins de recomendações de manejo para sítio-específico, publicou metodologia para prescrição de N em taxa variada com base na comparação das leituras de clorofila de uma parcela de referência com as leituras da área a ser aplicado o N. Na parcela de referência, de dimensões reduzidas e localizada próxima a área a ser tratada, é aplicada a dose máxima desejada. Esta comparação é realizada pelo cálculo do índice de suficiência de nitrogênio (ISN) para, quando este for menor que 95%, se realizar a aplicação deste nutriente (FRANCIS; PIEKIELEK, 1999). Tendo em vista que a parcela de referência está próxima à área a ser adubada, considera-se que as plantas da área e da parcela estão nas mesmas condições edafoclimáticas. Apesar do clorofilômetro já ser utilizado com sucesso em diversas culturas, ainda são poucos os trabalhos que o utilizam para indicar a quantidade de N a ser aplicada, como os de Araújo (2004). Reis et al. (2006) desenvolveram estudo com o objetivo de gerar uma curva de recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do café com base no índice SPAD. Scharf et al. (2006) e Hawkins et al. (2007) utilizaram a técnica do índice de suficiência de N para o diagnóstico do estado nutricional e posterior indicação das doses a serem aplicadas na cultura do milho nos Estados Unidos.

Trabalhos vêm sendo realizados para identificar o status de N em culturas forrageiras, utilizando o clorofilômetro (COSTA et al., 2001; ABRAHÃO, 2007; SILVA JÚNIOR, et al., 2013; VILLAR et al., 2015), entretanto na revisão de literatura não foram encontrados trabalhos a respeito do desenvolvimento do Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) específico para gramíneas forrageiras.

Conclusões

O nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, com efeito fundamental na produção e valor nutricional das pastagens. Em contrapartida, a adubação nitrogenada possui custo financeiro elevado não só pelo valor do insumo, mas também pelas perdas no solo causadas por volatilização e lixiviação que muitas vezes inviabiliza o uso dessa técnica para manutenção da produtividade da pastagem.

A adoção da adubação nitrogenada parcelada é uma alternativa para reduzir as perdas de nitrogênio e aumentar o aproveitamento desse nutriente pelas plantas forrageiras.

O uso do medidor portátil de clorofila é opção para monitoramento do estado nutricional da planta em virtude da relação entre o conteúdo de N foliar e o índice SPAD tenha sido explorada em muitos estudos, pouco é conhecido sobre a utilização desse parâmetro para o monitoramento prático da adubação nitrogenada em pastagens.

Referências

- ABRAHÃO, S. A. **Resposta espectral do capim-tanzânia à adubação nitrogenada e densidade de plantio**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função da adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, n. 2, p. 137-146, 1999.
- ANGUINONI, I. et al. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 13, p. 355-361, 1989.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.) **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 1-41.
- ALCÂNTARA, M. A. K. de; CAMARGO, O. A. de. Movimentação de nitrato em horizonte superficial e subsuperficial de Latossolo e Nitossolo com cargas variáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 81-88, 2010.
- ARAÚJO, C. **Crítérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo**. 2004. 220 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- 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, MG, v. 27, p. 109-119, 2003.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; MIENLNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G.. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 519-27, 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BARTOLINI, 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**, Londrina, v. 13, p. 158-167, 2001.
- BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R.V. M. M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M. J. F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, 2012.

BÉLANGER, G.; ZIADI, N.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H. Residual soil nitrate after potato harvest. *Journal of Environmental Quality*, v. 32, p. 607-612, 2003.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, MG, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.

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

BONFIM-DA-SILVA, E. M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. 2005. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BORTOLI, M.; KUNZ, A.; SOARES, H. M.; BELLI FILHO, P.; COSTA, R. H. R. da. Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Crescimento da demanda de alimentos no Brasil**. Outubro, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2013/10/crescimento-da-renda-aumenta-demanda-por-alimentos-no-brasil>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Plano mais pecuária**. Brasília: MAPA/ACS, 2014. 32 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/Publicacao_v2.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2015.

BREDEMEIER, C. **Predição da necessidade de nitrogênio em cobertura em trigo e aveia**. 1999. 101f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 21, n. 4, p. 741-755, 1998.

CAMARGO, F. A. de; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Nitrogen fractions in the microbial biomass in soils of southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 181-185, 1999.

CAMPOS, A. X. Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens*. 2004. 119f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S.; TAVARES, E. C. N. Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO ESOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SOBER, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/356.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2014.

COELHO E. V.; FONTES P. C. R. Índices agrônômicos do meloeiro associada à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e no campo. *Ciência Agrotécnica* v. 29, p. 974-979, 2005.

COELHO, F. S. Uso do clorofilômetro como ferramenta de manejo da adubação nitrogenada da cultura da batata. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.121-153.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1997. p.161-193.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; BALSALOBRE, M. A. A.; PENATI, M. A.; PAGOTTO, P. M. S.; BARIONI, L. G. Tendências e perspectivas da produção de bovinos sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.3-69.

COSTA, C.; DWYER, L. M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D. W.; MA, B. L.; SMITH, D. L. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, v. 24, n. 8, p.1173 - 1194, 2001.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: II - nutrição nitrogenada da planta. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1601-1607, 2008.

- DEBLITZ, C. **Beef and Sheep Report: understanding agriculture worldwide**. Agribenchmark. 2012. Disponível em: <<http://www.agribenchmark.org/beef-and-sheep/publications-and-projects/beef-and-sheep-report.html>>. Acesso em: 30 jul. 2013.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.
- DENMEAD, O. T.; FRENEY, J. R.; JACKSON, A. V.; CHAPMAN, L. S.; SAFFIGNA, P. G.; WOOD, A. W.; CHAPMAN, L. Volatilization of ammonia from urea and ammonium sulfate applied to sugarcane trash in North Queensland. **Proc. Austr. Soc. Sugar Cane Technology**, 12 p.72-78, 1990.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011.
- DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (Oryza Sativa L.)**. 2007. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v.88, p.97-185, 2005.
- FALKER. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>>. Acesso em: 28 ago. 2012.
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243, 2010.
- FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, p. 83-92, 2006.
- FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: Arka, 2011. 296 p.
- FONTES, P. C. R.; ARAÚJO C. Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro. Viçosa, MG: UFV, 2007. 148 p.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the South- Central region of the State of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1677-1684, 2010.
- FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P.; MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, p. 171-181, 1994.
- FRANCIS, D. D.; PIEKIELEK, W. P. **Assessing Crop Nitrogen Needs with Chlorophyll Meters**. SSMG-12: p. 4, 1999.
- FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; AZZINI, L. E. Variabilidade entre linhagens de arroz na absorção e utilização de potássio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 135-141, 1986.
- GARCEZ, T. B. **Aspectos metabólicos, nutricionais e produtivos de cultivares de Brachiaria e Panicum visando eficiência no uso do nitrogênio**. 2013. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- GASSER, M. O.; LAVERDIÈRE, M. R.; LAGACÉ, R.; CARON, J. Impact of potato-cereal rotations and slurry applications on nitrate leaching and nitrogen balance in sandy soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 82, n. 4, p. 469-479, 2002.
- GIL, 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**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GODOY, L. J. G.; 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, p. 217-226, 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, p. 38-44, 2006.

GODOY, L. J. G. de. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila. 2002. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GODOY, L. J. G.; BÔAS, R. L. V.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). *Acta Scientiarum*, v. 25, n. 2, p. 373-380, 2003.

GRANLI, T.; BOCKMAN, O. C. Nitrous oxide (N₂O) emissions from soils in warm climates. *Fertilizer Research*, v.42, n.1-3, p.159-163, 1995.

GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidades do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes.** Lavras: Esal:Faepe, 1995. 171 p.

GUIMARÃES M. M. C.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M. P.; CRUZ, P. G.; ARAÚJO G. S. Estimativa da composição química do Capim *Braquiária* cv. Marandu por meio de um clorofilômetro portátil. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, v. 4, n. 2, p.85-98, 2011.

HARGROVE, W. L. **Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions.** In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.). Ammonia volatilization from urea fertilizers. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p.17-36. (Bulletin, Y-206).

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. Soil Fertility and Fertilizers. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2005.

HAWKINS, J. A.; SAWYER, J. E.; BARKER, D. W.; LUNDVALL, J. P. Using relative chlorophyll meter values to determine nitrogen application rates for corn. *Agronomy Journal*, v. 99, p. 1034-1040. 2007.

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, p. 875-879, 2000.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). Climate Change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; United Kingdom New York: Cambridge University Press, 881 p.

KNOB, M. J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades.** 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2006.

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460, 2006.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Combinações de doses de N e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça. *Boletim de Indústria Animal*, v. 59, n. 1, p.102-114, 2002.

LOFTON, J.; WEINDORF, D. C.; HAGGARD, B.; TUBANA, B. Nitrogen Variability A Need for Precision Agriculture. *Agricultural Journal*, v. 5, p. 6-11, 2010.

MACKERRON, D. K. L. Perspectives for use in practice: How can assessment of plant and crop nitrogen status be used in practice. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Ed.). **Management of nitrogen and water in potato production.** Wageningen: Wageningen Pers, 2000. p. 103-110.

MAIA, S. C. M. **Uso do clorofilômetro portátil na determinação da adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de feijoeiro.** 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

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

MARQUARD, R. D.; TIPTON, J. L. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *Hort Science*, Alexandria, v. 22, p. 1327, 1987.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

- MARTHA JÚNIOR, G. B. **Balço de 15N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-elefante**. 75p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- MARTHA JÚNIOR, G. B. Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia. 2003. 149f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G. de; BARCELLOS, A.O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fealq, 2004. p.155-215.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, Jul. 2012.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849 p.
- OLIVEIRA, P. P. A. Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos. 2001. 110 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- OLIVIERA, M.; GOFFART, J. P. Threshold value for chlorophyll meter as decision tool for nitrogen management of potato. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 496-506, 2006.
- PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C. Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1041-1052, 2011.
- PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for mayze. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.59-65, 1992.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; PRIMAVESI, A. C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. de. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado**: eficiência e perdas São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular técnica, 30).
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capimcoastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.
- REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v. 65, p. 163-171, 2006.
- RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Regularização Fundiária. Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia. **Relatório de Atividades**: exercício 2012, ano base 2011. Porto Velho: Idaron, 2012.
- ROSOLEM, C. A.; VAN MELLIS, V. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1601-1607, 2010.
- SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n. 2, p.139-146, 2003.
- SCHARF, P. C.; BROUDER, S. M.; HOEFT, R. G. Chlorophyll meter readings can predict nitrogen need and yield response of corn in the North-Central USA. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 655-665, 2006.
- SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VIGIL, M.; BELOW, F. E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, n. 17-20, p. 2173-2187, 1992.
- SILVA JÚNIOR M. C.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SENA JÚNIOR, D. G.; SANTOS, N. T. Utilização de um clorofilômetro portátil na detecção do teor de nitrogênio em *brachiaria decumbens*. **REVENG Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21 n. 4. p. 340-350, 2013.

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 Agroecosystems**, v. 88, n. 3, p. 361-380, 2010.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant** Philadelphia, v. 25, p. 1495-1503, 1994.

SOUSA NETO, E. R. de. **Perdas de nitrogênio pela emissão de óxido nitroso (N₂O) e sua relação com a decomposição da serapilheira e biomassa de raízes na floresta de Mata Atlântica**. 2008. 80f. Tese (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TISDALE, S. M.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1993. 634p.

TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, W. A. R.; VICTORIA, R. L.; REICHARDT, K. Evaluation of a 15N plot design for estimating plant recovery of fertilizer of nitrogen applied to sugar cane. **Scientia Agricola**, v.51, p.226-234, 1994.

TUMBO, S. D.; WAGNER, D. G.; HEINEMANN, P. H. Hyperspectral characteristics of corn plants under diferente chlorophyll levels. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 3, p. 815-823, 2002.

TUNDISI, J. G. (Ed.). **Planejamento e gerenciamento de lagos e represas: uma abordagem integrada ao problema de eutrofização**. São Carlos: UNEP-IETC: Rima, 2001. 385 p. (IETC Technical Publication Series, 11).

TURNER, F. T.; JUND, M. F. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requeriment for semid warf rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 926-928, 1991.

USDA. USDA Foreign Agricultural Service. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: jan. 2014

VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, p.1233-1239, 1997.

VILLAR, F. M. M.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; ALCÂNTARA, G. R. Production efficiency and nitrogen concentration in palisade grass, signal grass and convert grass submitted to nitrogen **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1333-1340, 2015.

VOUILLOT, M. O.; HUET, P.; BOISSARD, P. Early detection of N deficiency in wheat crop using physiological and radiometric methods. **Agronomie**, v. 18, p. 117-130, 1998.

VULNERABILIDADE da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação às emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 35 p. (Relatório Técnico).

WERNER, J. C. **Adubação de Pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (IZ. Boletim Técnico, 18).

WHITEHEAD, D. C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397 p.

WOOD, C. W.; REEVES, D. W.; HIMELRICK, D. J. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings Agronomy Society of New Zealand**, v. 23, p. 1-9, 1993.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1449-1450, 1986.

ZEBARTH, B. J.; DRURY, C. F.; TREMBLAY, N.; CAMBOURIS, A. Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: A review. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, n. 2, p. 113-132, 2009.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1449-1450, 1986.

ZEBARTH, B. J.; DRURY, C. F.; TREMBLAY, N.; CAMBOURIS, A. Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: A review. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, n. 2, p. 113-132, 2009.

Embrapa

Rondônia