

DIAGNOSE NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO NO CAPIM-ARUANA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS⁽¹⁾

José Lavres Junior⁽²⁾ & Francisco Antonio Monteiro⁽³⁾

RESUMO

O capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) tem mostrado bom desempenho nas pastagens, particularmente naquelas ocupadas com ovinos, mas são escassas as informações relacionadas com a nutrição mineral deste capim. Objetivando avaliar o estado nutricional dessa forrageira quanto ao N, foram estudadas seis doses de N de 14; 112; 210; 294; 378 e 462 mg L⁻¹ em solução nutritiva. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando vasos que continham sílica moída como substrato, no período de outubro a dezembro de 2000. As plantas foram colhidas 35 dias após o transplante para os vasos e 28 dias após o primeiro corte, procedendo-se, nesta ocasião, à separação das raízes da sílica. Sintomas visuais de deficiência de N manifestaram-se a partir do décimo dia do crescimento inicial das plantas. A concentração e a distribuição de N nas partes das plantas, em ambos os cortes, a atividade da redutase do nitrato, bem como as leituras SPAD, foram influenciadas pelas doses de N. O valor SPAD variou, no primeiro crescimento, de 32,0 a 52,6 e de 25,1 a 42,1, no segundo crescimento, respectivamente, nas doses de 14 e 462 mg L⁻¹ de N. A concentração crítica interna de N nas lâminas de folhas recém-expandidas foi de 28,4 e 34,1 g kg⁻¹, correspondendo aos valores críticos SPAD, respectivamente, de 49,0 e 42,8, para o primeiro e segundo corte, respectivamente.

Termos de indexação: nível crítico, *Panicum maximum*, SPAD, redutase do nitrato.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em maio de 2005 e aprovado em agosto de 2006.

⁽²⁾ Doutorando, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Universidade de São Paulo – USP. Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba (SP). Bolsista CAPES. E-mail: jlavres@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, ESALQ-USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). Bolsista CNPq. E-mail: famonte@esalq.usp.br

SUMMARY: NITROGEN NUTRITIONAL STATUS IN ARUANA GRASS IN A CONTROLLED ENVIRONMENT

Aruana grass (Panicum maximum cv. Aruana) is well adapted to pastures, especially those grazed by sheeps, but knowledge on mineral nutrition of this grass is scant. In order to evaluate the nutritional status of this forage in relation to nitrogen, Aruana grass was grown in a nutrient solution with N six rates (14; 112; 210; 294; 378 and 462 mg L⁻¹). The experiment was carried out in a greenhouse in the Spring, from October to December 2000. Each experimental unit consisted of one pot with ground quartz as substrate. Plants were harvested twice. The first harvest occurred 35 days after transplanting to the pots, while the second one was 28 days after the first harvest. Right after the second harvest the roots were separated from the substrate and collected. Visual symptoms of N deficiency appeared on the 10th day after seedling transplanting. Results showed significant effects of N rates on N concentration and N distribution in the plant parts, on nitrate reductase activity as well as the SPAD values. At the first harvest, SPAD values ranged from 32.0 to 52.6 and from 25.1 to 42.1 at the second harvest, respectively, from the lowest to the highest N rate. The critical levels of N concentration and SPAD values determined in the recently expanded leaf blades were, respectively, 28.4 g kg⁻¹ and 49.0 at the first harvest, and 34.1 g kg⁻¹ and 42.8 at the second harvest.

Index terms: critical concentration, nitrate reductase, Panicum maximum, SPAD.

INTRODUÇÃO

Nas condições brasileiras, as pastagens são, na sua maioria, constituídas, exclusivamente, por gramíneas tropicais. A falta de manejo adequado dessas gramíneas e a ausência de reposição de nutrientes ao solo têm sido as principais causas de degradação das pastagens. No Brasil, as pastagens ocupam cerca de 180 milhões de hectares e correspondem a mais de 20 % do território nacional (IBGÉ, 1998; Zimmer et al., 2002), dos quais 90 milhões de hectares apresentam algum estágio de degradação. Várias espécies forrageiras são utilizadas na formação de pastagem no Brasil e, dentre elas, o *Panicum maximum* tem destaque em virtude do seu alto potencial de produção de massa seca, além da sua boa qualidade como alimento animal.

De acordo com Aronovich (1995), a espécie *Panicum maximum* chegou a ocupar área superior a seis milhões de hectares no Brasil e, provavelmente, pela crescente degradação dessas pastagens, essa área pode ter sofrido redução. Quanto ao cultivar Aruana, as informações atuais são escassas, por se tratar de cultivar recentemente lançado no mercado. Sabe-se, porém, que a utilização desse capim vem crescendo principalmente em áreas destinadas ao pastejo por ovinos (Bianchini et al., 1999).

A importância do N na nutrição e na produção das gramíneas forrageiras é destacada em uma série de estudos, visto que é componente de inúmeros compostos orgânicos fundamentais à vida das plantas (Mengel & Kirkby, 2001), além de merecer destacada participação na produtividade das pastagens (Werner, 1986).

O estado nutricional das plantas é avaliado, primordialmente, pela análise química do tecido vegetal, tendo como aplicações: a identificação de deficiências nutricionais e a predição da necessidade do suprimento de nutrientes. A determinação indireta do teor de clorofila empregando-se o clorofilômetro (SPAD) e a atividade enzimática da redutase do nitrato (RNO₃⁻) podem ser utilizadas na quantificação de N, já que o N faz parte da estrutura daquele pigmento e está envolvido na ativação desta enzima, quando na forma de nitrato (Mengel & Kirkby, 2001).

A utilização do clorofilômetro em plantas forrageiras (principalmente nas folhas diagnósticas: lâminas de folhas recém-expandidas – LR), tem sido relatada em trabalhos com *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk (Santos, 1997), *Brachiaria brizantha* (A.Rich) Stapf. cv. Marandu (Abreu & Monteiro, 1999; Santos Jr. & Monteiro, 2003), *Panicum maximum* Jacq. cultivar Aruana (Colozza et al., 2000), *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 (Premazzi & Monteiro, 2002) e *Panicum maximum* Jacq. cultivar Mombaça (Manarin & Monteiro, 2002). Entretanto, estudos relativos à atividade da enzima redutase do nitrato em plantas forrageiras são raros.

Alguns estudos foram realizados com a finalidade de identificação da parte diagnóstica de forrageiras e o correspondente nível crítico interno de N (Santos, 1997; Colozza, 1998), porém não se encontra na literatura este tipo de informação com relação ao N para o capim-Aruana.

Os objetivos estabelecidos para este trabalho foram: buscar a relação entre a determinação indireta de clorofila e o teor de N na folha, bem como a relação entre as doses do nutriente e a atividade da redutase

do nitrato; quantificar a concentração crítica interna nas partes da planta e o respectivo valor SPAD neste capim; verificar a possibilidade de uso do clorofilômetro na avaliação da nutrição nessa forrageira em N e identificar qual o componente da parte aérea do capim-Aruana mostra-se mais adequado à avaliação do estado nutricional em N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação instalada na ESALQ/USP em Piracicaba-SP. Cultivou-se o capim-Aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana), no período de outubro a dezembro de 2000, o qual foi submetido a seis doses de N (14; 112; 210; 294; 378 e 462 mg L⁻¹) em solução nutritiva, mantendo-se constante a relação 70 : 30 % entre N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺. As soluções foram preparadas a partir da solução completa recomendada por Sarruge (1975), modificadas para atender tanto às doses de N quanto à proporção de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. As médias e os respectivos desvios das temperaturas máxima, mínima e média, durante o período experimental, foram de 38,7 ± 0,5; 20,4 ± 0,2 e 29,6 ± 0,4 °C.

As sementes do capim-Aruana foram colocadas para germinar em bandejas de plástico que continham areia lavada. Aos 14 dias da sementeira, foram transplantadas 15 mudas para cada vaso plástico, com diâmetro de 20,0 cm e volume de 4,0 L, utilizando sílica moída como substrato, granulometria em torno de 3 mm de diâmetro e livre de impurezas. Após o transplante das mudas, forneceu-se, inicialmente, 1,6 L de solução diluída e com as doses correspondentes diluídas a 1/4. As soluções com as concentrações definitivas de N foram empregadas após o terceiro dia do transplante das mudas e foram renovadas a cada dez dias. As soluções foram fornecidas pela manhã, circuladas através da sílica (coletando-se a solução em frasco plástico e reaplicando-se no vaso) quatro vezes ao dia e drenadas à noite para permitir a aeração das raízes. Completava-se o volume das soluções diariamente com água desionizada, quando necessário. O pH inicial das soluções foi mantido em torno de 5,0 ± 0,1. Foram realizados desbastes periódicos até permanecerem cinco plantas por vaso.

As plantas foram cultivadas em dois períodos de crescimento. Aos 35 dias do transplante das mudas, foi efetuado o primeiro corte, a 3 cm do colo das plantas, enquanto o segundo corte ocorreu 28 dias após o primeiro. Imediatamente após o segundo corte, as raízes foram separadas da sílica e lavadas, sendo recuperadas mediante uso de duas peneiras sobrepostas, com malhas de 0,25 e 1,00 mm. Em ambas as colheitas, a parte aérea foi separada nos seguintes componentes: folhas emergentes (FE = folhas do ápice da planta, ainda enroladas e sem lâmina

visível); lâminas das duas folhas recém-expandidas (LR = lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lâmina visível); lâminas das folhas maduras (LM = lâminas das demais folhas totalmente expandidas) e em colmos mais bainhas (CB = colmos e bainhas que foram mantidos juntos). Os resultados da produção de massa seca do capim-Aruana foram relatados por Lavres Jr. et al. (2004).

No dia anterior a cada colheita das plantas, foram realizadas leituras SPAD, empregando-se o *Chlorophyll Meter* SPAD-502 (*Minolta Camera Co.*, 1989) em duas lâminas de folhas recém-expandidas, de cinco plantas por vaso, computando-se a média de dez medições (Santos, 1997). A atividade da redutase do nitrato (RNO₃⁻), *in vivo*, foi determinada de acordo com o método descrito por Mulder et al. (1959), respectivamente, aos 24 e 23 dias do primeiro e segundo crescimento das plantas, sendo coletadas amostras do terço médio das LR.

O material vegetal coletado nos dois cortes foi seco em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, durante 72 h. Após a moagem, em moinho tipo Wiley, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos. A determinação química do N total nos tecidos foi efetuada, conforme Sarruge & Haag (1974). Adotou-se o critério estabelecido por Ulrich & Hills (1973), que definiram nível crítico como a concentração do nutriente no tecido que corresponde a 90 % da produção máxima da cultura. Dessa forma, com base nos valores de concentração de N nos componentes da parte aérea e nas produções de massa seca do capim-Aruana (Lavres Jr. et al., 2004), determinou-se a concentração crítica interna de N nos vários componentes da parte aérea, que apresentaram maiores coeficientes de correlação e significância para a relação.

Submeteram-se os resultados às análises estatísticas, utilizando-se o programa estatístico SAS - System for Windows 6.11 (SAS, 1996). Tratou-se de realizar a análise de variância e, de acordo com o nível de significância no teste F para as doses de N, procedeu-se ao estudo de regressão para os componentes de primeiro e segundo grau, pelo procedimento GLM. As médias relativas ao acúmulo de N e sua distribuição percentual nos componentes da parte aérea foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do décimo dia de crescimento das plantas, verificaram-se sintomas de deficiência de N nas doses de 14 e 112 mg L⁻¹. Os sintomas acentuaram-se com o tempo de cultivo, sendo mais drásticos na menor dose de N. Observaram-se, nessas condições, menor perfilhamento na ocasião do primeiro corte (28 perfilhos enquanto, na dose mais elevada, o número

de perfilhos foi de 74), menor crescimento das plantas, lâminas foliares pequenas e folhas velhas com coloração verde-clara que evoluiu para amarelimento generalizado e necrose. Este efeito também foi comprovado pelas avaliações com o clorofilômetro, correspondendo aos valores em unidades SPAD de 32,0, para a dose de 14 mg L⁻¹ de N, enquanto, na condição de máximo suprimento do nutriente, este valor foi de 52,6. Para o segundo crescimento do capim-Aruana, foram constatados efeitos similares, em concordância com aqueles relatados por Santos (1997), em capim-braquiária, e por Colozza et al. (2000), em capim-Aruana.

As leituras SPAD realizadas nas LR foram influenciadas significativamente pelas doses de N fornecidas, em ambos os cortes, e apresentaram comportamento diferenciado (Figura 1). No primeiro crescimento do capim-Aruana, os valores SPAD ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, apresentando ponto de máximo (52,6 unidades SPAD) em dose de N ligeiramente superior à mais elevada do presente estudo. Para o segundo corte das plantas, as leituras SPAD ajustaram-se ao modelo linear de regressão, variando de 25,1 a 42,1, respectivamente, da menor para a maior dose de N.

Santos (1997), avaliando o capim-braquiária ao suprimento de S, verificou que os valores SPAD no primeiro crescimento da forrageira foram sempre superiores aos valores observados no segundo crescimento. Maiores valores SPAD no primeiro corte em relação ao segundo corte também foram verificados por Premazzi & Monteiro (2002), no capim Tifton-85, e por Manarin & Monteiro (2002), no capim-Mombaça. Bullock & Anderson (1998) relataram que, com o aumento da disponibilidade de N para a planta, mais clorofila é produzida nas folhas, resultando em aumento da intensidade do verde. Este aumento de clorofila, porém, atinge um patamar designado como ponto de maturidade fotossintética, a partir do qual se mantém invariável, mesmo com o aumento da concentração de N no tecido, o qual poderá estar associado a outros compostos de reserva (Schepers et al., 1992; Costa et al., 2001).

As diferenças quanto ao comportamento dos valores SPAD, em ambos os crescimentos das plantas, podem ser explicadas também pelas variações nas taxas de crescimentos e início da senescência das folhas. Ou seja, quanto mais rápida a taxa de crescimento, conforme verificado por Lavres Jr. et al. (2004) no segundo corte do capim-Aruana, menor é o período de crescimento das plantas, visto que a taxa de senescência é mais acentuada e a planta começa a apresentar balanço negativo de C (Hay & Walker, 1989; Santos Jr. & Monteiro, 2003). Deve-se acrescentar que os cortes efetuados no capim são estabelecidos, porém, conforme a taxa de crescimento das plantas e o aumento na velocidade de senescência das folhas mais velhas, principalmente no segundo período de crescimento, podem ser antecipados ou retardados.

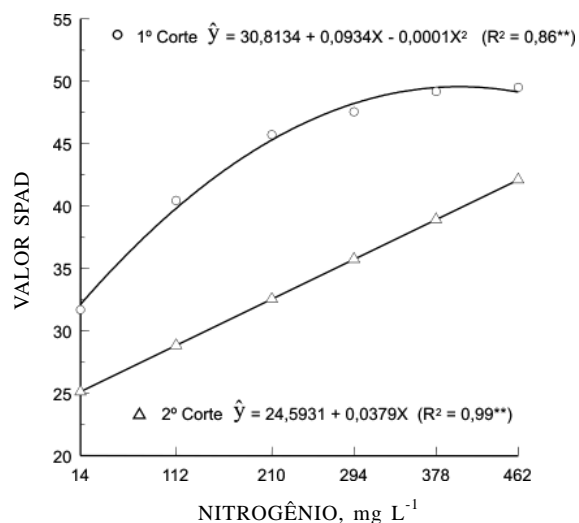


Figura 1. Valores SPAD em lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Aruana, no primeiro e segundo corte, considerando as doses de N em solução nutritiva.

Colozza et al. (2000) constataram efeito positivo das doses de N no valor SPAD nas LR do capim-Aruana, e com pontos de máximo valor SPAD de 41,2 e 43,3, correspondentes às doses de 255 e 374 mg kg⁻¹ de terra, respectivamente, para o primeiro e segundo corte. Manarin & Monteiro (2002) observaram que as doses de N promoveram aumento linear nos valores SPAD determinados no capim-Mombaça, apresentando valor médio de 22,4 unidades SPAD para a condição de omissão do nutriente e de 47,1 unidades SPAD na mais elevada dose de N.

A concentração de N nos componentes da parte aérea do capim-Aruana, em ambos os cortes, e nas raízes foi significativamente influenciada pelo incremento do suprimento de N na solução (Figuras 2 e 3).

A concentração de N nas folhas emergentes (FE) variou, no primeiro corte, de 15,74 a 30,24 g kg⁻¹ e, no segundo corte, de 18,83 a 33,83 g kg⁻¹, respectivamente. Nas duas colheitas efetuadas, observou-se que a concentração do nutriente neste componente da parte aérea foi superior à dos demais. Para as LR, a concentração de N variou, no primeiro corte, de 14,42 a 26,93 g kg⁻¹, enquanto, no segundo corte, foi de 16,40 a 27,15 g kg⁻¹. Para as LM e CB variaram, respectivamente, no primeiro corte, de 9,70 a 20,66 g kg⁻¹ e de 7,98 a 14,62 g kg⁻¹ e, no segundo corte, de 10,23 a 26,68 e de 8,18 a 18,48 g kg⁻¹. Quanto às raízes, a concentração de N variou de 8,92 a 22,37 g kg⁻¹, para as doses de N de 14 a 462 mg L⁻¹.

É importante destacar que as menores concentrações de N nas raízes em relação às da parte aérea estão associadas à plasticidade de alocação de biomassa entre raízes e parte aérea e dependem

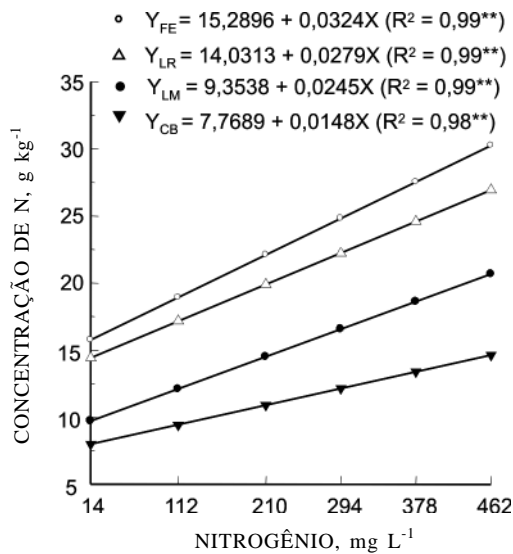


Figura 2. Concentração de N nos componentes da parte aérea (FE, LR, LM e CB), no primeiro corte do capim-Aruana, considerando as doses de N em solução nutritiva.

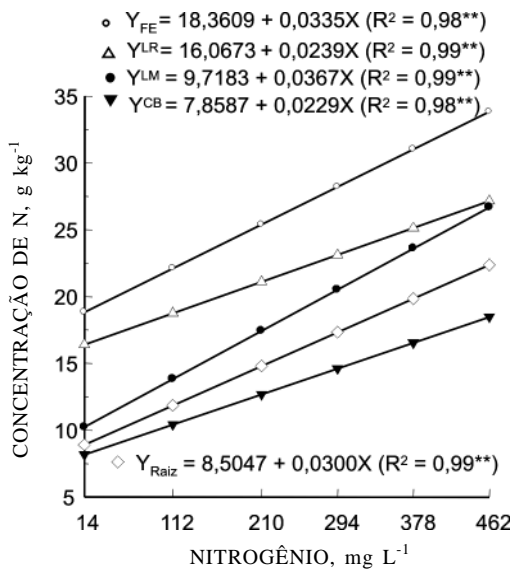


Figura 3. Concentração de N nos componentes da parte aérea (FE, LR, LM e CB) e nas raízes, no segundo corte do capim-Aruana, considerando as doses de N em solução nutritiva.

também da disponibilidade de nutrientes (neste caso o N), como foi verificado por Lavres Jr. et al. (2004) com o capim-Aruana. Boote (1976) relatou que, com o incremento do fornecimento de N para as raízes, ocorre aumento da produção de parte aérea e aumento da relação parte aérea : raiz, enquanto o crescimento radicular permanece relativamente inalterado ou, até mesmo, diminuído. Incrementos da relação parte aérea : raiz, causado pela fertilização nitrogenada, são explicados pelo equilíbrio funcional entre crescimento

da parte aérea e de raízes, o qual depende do transporte de água e nutrientes a longa distância e de compostos orgânicos (como hormônios e carboidratos) da parte aérea para as raízes (Boote, 1976). Rodrigues et al. (2005) constataram decréscimo nos teores de carboidratos não-estruturais nas raízes do capim-braquiária, de acordo com as adubações com N e S, que promoveram maior crescimento da parte aérea em detrimento das raízes.

Em vários trabalhos, diversos autores relataram ser as concentrações de N mais elevadas nas FE do que em LR, LM, CB e raízes (Santos, 1997; Abreu & Monteiro, 1999; Colozza et al., 2000; Manarin & Monteiro, 2002), o que realça a alta mobilidade do elemento na planta. Werner et al. (1996) observaram que, para *Panicum maximum*, as concentrações médias de N nas brotações e folhas verdes encontram-se entre 15 e 25 g kg⁻¹.

A atividade enzimática da RNO₃⁻ apresentou comportamento diferenciado quanto ao primeiro e segundo período de crescimento do capim-Aruana (Figura 4). No primeiro crescimento, os valores da atividade foram superiores aos do segundo crescimento. Para ambos os crescimentos das plantas, foram verificados aumentos na atividade da redutase do nitrato de acordo com o suprimento de N na solução, obtendo-se os pontos de atividade máxima da enzima além do limite das doses utilizadas neste estudo. Embora a atividade da enzima tenha sido determinada com o mesmo intervalo de tempo de crescimento das plantas (23 e 24 dias, respectivamente, no primeiro e segundo corte) o fato de as plantas já estarem estabelecidas proporcionou maior “consumo” de NO₃⁻ antes da avaliação da R-NO₃⁻ no segundo crescimento, visto que a primeira avaliação foi efetuada no dia seguinte à troca de solução nutritiva, enquanto a

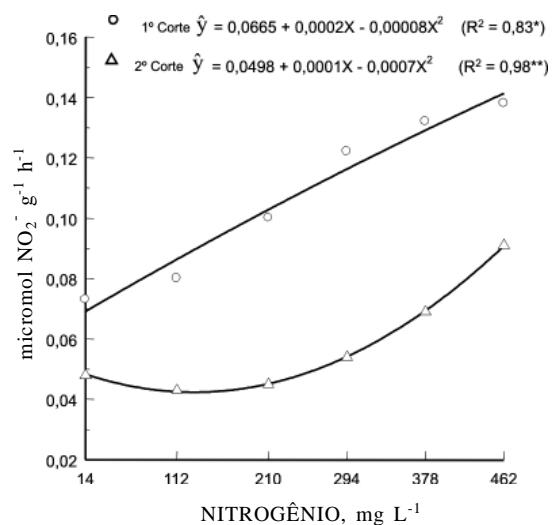


Figura 4. Atividade da redutase do nitrato em lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Aruana, no primeiro e segundo corte, considerando as doses de N em solução nutritiva.

segunda determinação da atividade enzimática foi realizada quatro dias após a renovação das soluções nutritivas. A atividade da enzima redutase do nitro é influenciada, além da luminosidade e da temperatura, pela concentração de NO_3^- no substrato (Mengel & Kirkby, 2001).

Manarin (2000) constatou aumento na atividade da RNO_3^- nas LR do capim-Mombaça, em virtude do incremento nas doses de N na solução com pontos de máximo, respectivamente, no primeiro e segundo crescimento de 340 e 491 mg L^{-1} . Corrêa (1996) verificou aumento linear na atividade da R-NO_3^- , de acordo com as doses de N mais elevadas que 210 mg L^{-1} (dose usual da solução completa de Sarruge).

Foi significativa a relação entre as concentrações de N nas FE, LR, LM e CB e as produções de massa seca da parte aérea, no primeiro e segundo corte (Quadro 1), bem como entre as concentrações de N nas LR e os valores SPAD (Figura 5). Com base nessas relações, foi possível calcular as concentrações críticas de N (Quadro 1) e os valores críticos em SPAD. Os mais altos coeficientes de determinação dentro dessas relações foram verificados para os componentes LR e CB, no primeiro corte, e para as LR e LM, no segundo corte, evidenciando a consistência das LR em refletir o nível crítico desse nutriente.

Santos (1997) e Abreu & Monteiro (1999) consideraram as LR, respectivamente, dos capins *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Marandu, como o componente da parte aérea mais indicado para a avaliação do estado nutricional em N, destacando que a utilização desta parte da planta é viável tanto pela

facilidade de amostragem quanto pela maior estabilidade dos resultados, quando comparada à amostragem de toda a parte aérea. Manarin & Monteiro (2002) relataram mais altos coeficientes de correlação entre a concentração de N nas FE e LR e a produção de massa seca, nos dois cortes efetuados no capim-Mombaça, destacando as LR como sendo o componente mais aconselhado para amostragem pela facilidade operacional. Monteiro (2004) relatou que as LR vêm sendo cada vez mais recomendadas na avaliação do estado nutricional dos capins.

As leituras SPAD têm relação direta com a concentração de N no tecido (Figura 5), visto que este nutriente é componente estrutural da molécula de clorofila, o que tem sido amplamente relatado na literatura (Schepers et al., 1992; Wood et al., 1992; Abreu & Monteiro, 1999; Premazzi & Monteiro, 2002). Chapman & Barreto (1997) relataram que cerca de 50 a 70 % do N total das folhas são integrantes de proteínas e enzimas e que estão associadas aos cloroplastos. O valor SPAD correspondente à concentração crítica de N nas LR do capim, no primeiro e segundo crescimento, respectivamente, foi de 49,0 e 42,8 unidades SPAD.

Colozza (1998) obteve valores de 18,8 e 21,6 g kg^{-1} para a concentração crítica de N nas LR do capim-Aruana, respectivamente, no primeiro e segundo corte, os quais corresponderam a 32,7 e 39,7 unidades SPAD. Valores próximos a esses, para a concentração crítica de N nessas folhas, também foram relatados por Manarin & Monteiro (2002) no capim-Mombaça, com valores de 16,0 g kg^{-1} de N, no primeiro corte, e de 16,5 g kg^{-1} de N, no segundo corte, correspondendo

Quadro 1. Produção de massa seca da parte aérea (Y), no primeiro e segundo corte do capim-Aruana, considerando a concentração de N nos componentes da parte aérea e na parte aérea total das plantas (X)

Componentes da planta	Equação de regressão	R ²	Significância	Nível crítico de N
1º Corte				
				g kg^{-1}
FE	$Y = -87,253 + 8,228X - 0,150X^2$	0,76**	$P < 0,01$	31,56
LR	$Y = -51,864 + 5,735X - 0,108X^2$	0,87**	$P < 0,01$	28,40
LM	$Y = -59,258 + 8,861X - 0,230X^2$	0,72**	$P < 0,01$	25,44
CB	$Y = -24,820 + 5,943X - 0,178X^2$	0,95*	$P < 0,05$	24,10
Parte aérea	$Y = -85,397 + 10,845X + 0,266X^2$	0,80**	$P < 0,01$	25,45
2º Corte				
FE	$Y = -141,147 + 12,784X - 0,212X^2$	0,25*	$P < 0,01$	40,88
LR	$Y = -193,711 + 19,712X - 0,392X^2$	0,38*	$P < 0,01$	34,10
LM	$Y = -119,345 + 16,261X - 0,373X^2$	0,62**	$P < 0,01$	31,99
CB	$Y = -111,709 + 20,059X - 0,600X^2$	0,30*	$P < 0,01$	24,97
Parte aérea	$Y = -176,025 + 23,418X + 0,589X^2$	0,54**	$P < 0,01$	28,00

FE = folhas do ápice da planta, ainda enroladas e sem lígula visível; LR = lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lígula visível; LM = lâminas das demais folhas totalmente expandidas; CB = colmos e bainhas que foram mantidos juntos. * e ** = Significativos a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

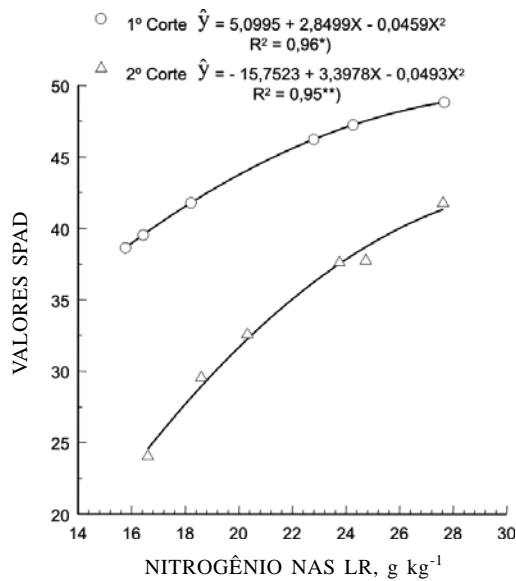


Figura 5. Relação entre as unidades de valor SPAD (Y) e a concentração de N nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Aruana (X), no primeiro e segundo corte das plantas.

aos valores SPAD, respectivamente, de 45,0 e 41,0 unidades. Santos (1997) encontrou valores de concentração crítica de N nas LR de 22,0 g kg⁻¹ (49,0 unidades SPAD), no primeiro corte, e de 14,5 g kg⁻¹ de N (37,0 unidades SPAD), no segundo corte do capim-braquiária. Observa-se, portanto, que a concentração de N nas lâminas foliares apresenta relação positiva e significativa com os valores SPAD, realçando o uso do clorofilômetro na avaliação do estado nutricional para N no capim-Aruana, como em diversas espécies vegetais em que este elemento seja limitante.

A quantidade acumulada de N nas LR, no primeiro corte das plantas, foi maior que nas demais partes e representou, em média, 45 % do total de N acumulado na parte aérea (Quadros 2 e 3). À época do segundo corte, as LR continham cerca de 29 % da quantidade total de N da parte aérea. Os CB apresentaram maior acúmulo de N no segundo corte, 43 % do total acumulado na parte aérea, principalmente em virtude da maior produção de biomassa dos CB, mesmo não sendo verificada diminuição da relação lâminas : colmo+bainha, no primeiro corte, conforme verificado por Lavres Jr. et al. (2004).

Quadro 2. Quantidade acumulada de N nos componentes da parte aérea (FE, LR, LM e CB) no primeiro e segundo corte do capim-Aruana, considerando as doses de N em solução nutritiva

Dose N	1º Corte				2º Corte			
	FE	LR	LM	CB	FE	LR	LM	CB
mg L ⁻¹	mg vaso ⁻¹							
14	6,3 a	14,6 a	6,4 a	5,4 a	6,8 c	17,1 ab	11,3 bc	24,6 a
112	31,9 b	86,9 a	39,2 b	37,5 b	49,8 c	144,8 b	72,7 b	217,8 a
210	57,2 b	154,7 a	70,7 b	61,1 b	70,9 d	228,7 b	124,3 c	291,0 a
294	68,6 b	199,6 a	70,4 b	77,9 b	91,3 c	275,0 b	194,0 b	419,3 a
378	75,7 c	214,5 a	104,0 b	101,3 b	89,4 c	280,1 ab	154,1 bc	428,0 a
462	83,2 b	227,5 a	112,8 b	116,8 b	84,5 c	309,5 b	190,4 bc	499,3 a

FE = folhas do ápice da planta, ainda enroladas e sem lígula visível; LR = lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lígula visível; LM = lâminas das demais folhas totalmente expandidas; CB = colmos e bainhas que foram mantidos juntos. Médias seguidas por letras distintas, em cada linha e dentro de cada corte, diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Quadro 3. Distribuição percentual de N nos componentes da parte aérea (FE, LR, LM e CB) do capim-Aruana, no primeiro e segundo corte, considerando as doses de N em solução nutritiva

Dose N	1º Corte				2º Corte			
	FE	LR	LM	CB	FE	LR	LM	CB
mg L ⁻¹	%							
14	19,3 b	44,6 a	19,6 b	16,5 b	11,4 c	28,6 ab	18,9 bc	41,1 a
112	16,3 b	44,5 a	20,0 b	19,2 b	10,3 c	29,8 b	15,0 c	44,9 a
210	16,6 b	45,0 a	20,6 b	17,8 b	9,9 d	32,0 b	17,4 c	40,7 a
294	16,6 b	47,9 a	16,8 b	18,7 b	9,3 c	28,1 b	19,8 b	42,8 a
378	15,3 b	43,3 a	21,0 b	20,4 b	9,4 c	29,4 ab	16,2 bc	45,0 a
462	15,4 b	42,1 a	20,9 b	21,6 b	7,7 c	28,6 b	17,6 bc	46,1 a

FE = folhas do ápice da planta, ainda enroladas e sem lígula visível; LR = lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lígula visível; LM = lâminas das demais folhas totalmente expandidas; CB = colmos e bainhas que foram mantidos juntos. Médias seguidas por letras distintas, em cada linha e dentro de cada corte, diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Quanto à distribuição percentual de N na parte aérea de gramíneas forrageiras, Monteiro et al. (2001) relataram que as LR do capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) acumularam de 35 a 45 % do total de N extraído pela parte aérea, enquanto os CB representaram 32,5 % do total.

Portanto, o capim-Aruana mostrou-se um cultivar exigente em N, o que pode ser evidenciado na determinação indireta do teor de clorofila, na atividade da redutase do nitrato, nas concentrações de N nos componentes da parte aérea, bem como nos valores críticos internos. As leituras com o clorofilômetro e a atividade da enzima redutase do nitrato foram efetivas na avaliação do estado nutricional em N do capim-Aruana, uma vez que o elemento é limitante para este capim.

CONCLUSÕES

1. As doses de N promoveram variações significativas nos valores SPAD e na atividade da redutase do nitrato nas LR e nos teores de N nos componentes da parte aérea e raízes do capim-Aruana.

2. As concentrações mais elevadas de N ocorreram na ordem: FE > LR > LM > Raízes ≥ CB e maior acúmulo de N foi detectado nas LR e nos CB, no primeiro e segundo corte, respectivamente.

3. As LR podem ser consideradas o componente morfológico da parte aérea do capim-Aruana mais indicado para a avaliação do estado nutricional em N.

4. O clorofilômetro pode ser utilizado para a avaliação do estado nutricional do capim-Aruana quanto ao N.

5. A concentração crítica de N nas LR do capim-Aruana variou de 28,4 a 34,1 g kg⁻¹ e correspondeu aos valores SPAD de 49,0 a 42,8, respectivamente, para o primeiro e segundo corte.

AGRADECIMENTOS

Aos Engenheiros-Agrônomos Roberta Aparecida Carnevalli e Clodoaldo Rocha de Almeida; à Zootecnista Waldeliza Fernandes da Cunha; aos acadêmicos de Engenharia Agrônômica Thiago Maique e Jussara Aparecida Vendemiatti, pela ajuda na realização do experimento.

LITERATURA CITADA

ABREU, J.B.R. & MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. B. Ind. Animal, 56:137-146, 1999.

ARONOVICH, S. O capim-colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: Introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. Anais. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.1-20.

BIANCHINI, D.; CARRIEL, J.M.; LEINZ, F.F. & RODRIGUES, C.F.C. Viabilidade de doze capins tropicais para criação de ovinos. B. Ind. Animal, 56:163-177, 1999.

BOOTE, K.J. Root : shoot relationships. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc., 36:15-23, 1976.

BULLOCK, D.G. & ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. J. Plant Nutr., 21:741-755, 1998.

CHAPMAN, S.C. & BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agron. J., 89:557-562, 1997.

COLOZZA, M.T. Rendimento e diagnose foliar dos capins Aruana e Mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998. 127p. (Tese de Doutorado)

COLOZZA, M.T.; KIEHL, J.C.; WERNER, J.C. & SCHAMMASS, E.A. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de N. B. Ind. Animal, 57:21-32, 2000.

CORRÊA, B.D. Doses de nitrogênio e de magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colonião, Tanzânia-1 e Vencedor. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996. 76p. (Tese de Mestrado)

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. J. Plant. Nutr., 24:1173-1194, 2001.

HAY, R.K.M. & WALKER, A.J. An introduction to the physiology of crop yield. London, Longman Scientific and Technical, 1989. 292p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo agropecuário. Recenseamento geral do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1998.

LAVRES JR., J.; FERRAGINE, M.D.C.; GERDES, L.; RAPOSO, R.W.C.; COSTA, M.N.X. & MONTEIRO, F.A. Yield and morphogenesis of Aruana grass as related to nitrogen supply. Sci. Agric., 61:632-639, 2004.

MANARIN, C.A. Respostas fisiológicas, bioquímicas e produtivas do capim-Mombaça a doses de nitrogênio. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 58p. (Tese de Mestrado)

MANARIN, C.A. & MONTEIRO, F.A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-Mombaça. B. Ind. Animal, 59:115-123, 2002.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

- MINOLTA CAMERA Co. Manual for chlorophyll meter Spad-502. Osaka, Japan, 1989. 22p.
- MONTEIRO, F.A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., Viçosa, 2004. Anais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.71-107.
- MONTEIRO, F.A.; BENETTI, I. & CARMELLO, Q.A.C. Tanzania grass: Nitrogen distribution in shoots and utilization. In: HORST, J.; SCHENK, M.K.; BÜRKERT, A. et al., eds. INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM, 14., Hannover, 2001. Proceedings. Hannover, Plant Nutr., Develop. Soil Sci., 2001. v.92. p.802-803.
- MULDER, E.G.; BOXMA, R. & van VENN, W.L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. *Plant Soil*, 10:335-355, 1959.
- PREMAZZI, L.M. & MONTEIRO, F.A. Produção do capim-Tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. *B. Ind. Animal*, 59:1-16, 2002.
- RODRIGUES, R.C.; MATTOS, W.B.; PEREIRA, W.L.M.; LAVRES Jr., J. & MATTOS, W.T. Carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e produção de massa seca de raiz do capim-braquiária em função das doses de enxofre, nitrogênio e calcário. *B. Ind. Animal*, 62:71-78, 2005.
- SANTOS, A.R. Diagnose nutricional e respostas do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 115p. (Tese de Doutorado)
- SANTOS Jr., J.D.G. & MONTEIRO, F.A. Nutrição em nitrogênio do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. *B. Ind. Animal*, 60:139-146, 2003.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathol.*, 1:231-233, 1975.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974. 56p.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System Institute. SAS/STAT. User's guide, version 6.11. 4.ed. Cary, 1996. v.2. 842 p.
- SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M. & BELOW, F.E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 23:2173-2187, 1992.
- ULRICH, A. & HILLS, E.J. Plant analysis as an acid fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. Principles and practices of plant analysis. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.271-288.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18)
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O. & QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. p.263-273. (Boletim Técnico 100)
- WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; DUFFIELD, R.R. & EDMISTEN, K.L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *J. Plant. Nutr.*, 15:487-500, 1992.
- ZIMMER, A.H.; SILVA, M.P. & MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., Piracicaba, 2002. Anais. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. p.31-58.