



Avaliação da resposta à adubação nitrogenada no capim-Tifton 85, utilizando imagens digitais ⁽¹⁾

R.O.P. Rossiello⁽²⁾; A.P. P. de Oliveira⁽³⁾; C.F. da Silva⁽⁴⁾; C.R. Simões⁽⁵⁾; E. C. S. Neto⁽⁴⁾; E. Zonta⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

⁽²⁾ Professor, Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Seropédica-RJ; rossiello@terra.com.br; ezonta@ufrj.br; ⁽³⁾ Bolsista PNP/PPGCTIA-CAPES, UFRRJ; ppessim@yahoo.com.br;

⁽⁴⁾ Estudante de Graduação em Agronomia; UFRRJ; camilaf2004@hotmail.com; netocseduardo@yahoo.com.br;

⁽⁵⁾ Mestranda do CPGZ: UFRRJ; Seropédica-RJ; claudiarossini@zootecnista.com.br

RESUMO: O capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é um cultivar que vem recebendo atenção crescente, em vista da sua elevada produtividade e alto valor nutritivo da sua forragem. A expressão desses atributos é altamente dependente da otimização de fatores produtivos como água e nutrientes, particularmente o N, via sua influencia na expansão do Índice de Área Foliar (IAF) da pastagem. Seria muito interessante a disponibilidade de metodologias rápidas, que permitissem a avaliação das respostas à adubação nitrogenada, em tempo real. Pesquisas prévias tem verificado que é possível substituir a determinação direta e destrutiva do IAF por uma indireta, o Índice de Cobertura Verde (ICV), baseado na análise de imagens do relvado, adquiridas com câmara digital. O propósito deste trabalho foi o de parametrizar a relação entre o ICV e o IAF destrutivo com base em resultados obtidos em ensaios de campo, conduzidos em Seropédica, RJ entre os anos de 2006 -2009. Subsequentemente, o modelo obtido foi validado por confronto entre valores de IAF calculados e os determinados diretamente em um experimento independente, instalado em novembro de 2013. Todos os experimentos seguiram um mesmo desenho experimental e foram manejados de forma similar. Foi concluído ser possível avaliar os protocolos de adubação nitrogenada em pastagens de *Cynodon* spp., utilizando o ICV, obtido através da análise de fotografias digitais. Tal índice é um substitutivo adequado do IAF, particularmente para valores menores que 3,0.

Termos de indexação: *Cynodon* spp.; Índice de Área Foliar; Índice de Cobertura Verde.

INTRODUÇÃO

O capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é um cultivar que vem recebendo atenção crescente, em vista da sua elevada produtividade e alto valor nutritivo da sua forragem (Vilela et al, 2005). Estudos prévios, conduzidos em diversos ambientes edafo-climáticos, tem mostrado que a expressão desses atributos é altamente dependente da otimização de fatores produtivos como água e nutrientes. Particularmente, o nitrogênio (N) é essencial à expressão da

produtividade do capim Tifton 85, por favorecer, diretamente, a absorção da radiação solar, via expansão do Índice de Área Foliar (IAF), e indiretamente, pelo estímulo à assimilação fotossintética do carbono (Rossiello e Antunes, 2012). Assim, seria muito vantajosa a disponibilidade de metodologias rápidas de avaliação das respostas à adubação nitrogenada, em tempo real, de forma a permitir o uso eficiente do N em momentos críticos do crescimento da pastagem. Um indicador apropriado poderia ser o IAF, por estar diretamente relacionado, nesta forrageira, ao acúmulo de biomassa seca (Oliveira, 2008; Barbieri Júnior, 2009). Todavia, na medida em que existem limitações de diversa ordem na determinação do IAF por métodos diretos ou por analisadores eletrônicos de dossel, as técnicas indiretas adquirem grande relevância (Rossiello & Antunes, 2012). Nos últimos anos, o uso de fotografias digitais tem se mostrado uma alternativa bastante promissora na avaliação da cobertura foliar das culturas (Liu & Pattey, 2010).

Com base nas considerações precedentes, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver e calibrar um modelo de vinculação entre um índice de cobertura verde (ICV) e o IAF, em dosséis de Tifton 85, diretamente aplicável à avaliação da adubação nitrogenada desta importante gramínea forrageira.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os experimentos foram conduzidos dentro do campus da UFRRJ, no município de Seropédica, RJ (22°45' S, 43° 41' W, 33 m.s.n.m), em área de ocorrência de Planossolo Háplico (Coelho et al., 2006). Em todos, usou-se um mesmo arranjo experimental, consistente de blocos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas por parcelas de 16 m², com separação de 2,0 m entre si.

O primeiro experimento foi desenvolvido entre os meses de setembro/2006 a junho/2007. Previamente ao plantio do capim (3/11/2006) o solo foi corrigido, de acordo com os resultados da análise de rotina, mediante a incorporação de 1000 kg/ha de calcário dolomítico e 150 Kg P/ha. Os tratamentos consistiram em cinco doses de N-uréia (0; 150; 300;



450 e 600 kg/ha) nas parcelas, combinadas com dias de amostragem nas subparcelas, dentro de cada ciclo de rebrota, ou seja, dentro do período compreendido entre dois cortes consecutivos do relvado. As doses de N foram aplicadas parceladamente, e conjuntamente, as parcelas receberam uma aplicação basal de cloreto de potássio, equivalente a 600 kg/ha de K. Foram efetuados quatro cortes, entre os meses janeiro e julho de 2007. Detalhes adicionais são apresentados em Oliveira et al. (2010).

No segundo experimento, implantado independentemente, as doses de N foram de 0; 75 e 150kg N-uréia/ha, em aplicação única. As parcelas foram sub-divididas, para alocar quatro datas de amostragens, contadas a partir um corte de uniformização, realizado 131 dias após o plantio do capim (em julho de 2008). As primeiras três datas foram pre-fixadas (8, 16 e 24 dias após o corte, ou DAC), enquanto a última foi realizada quando o dossel atingiu 95% de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente. As amostragens relacionadas ao presente trabalho foram feitas durante primeiro ciclo de rebrota, em dezembro de 2008 (Barbieri Junior, 2009). Finalmente, um terceiro experimento, destinado à validação do modelo desenvolvido a partir dos dados anteriores, foi iniciado em outubro de 2013, com aração e gradagem da área escolhida. Subsequentemente, de acordo com os resultados da análise do solo, foi aplicado o equivalente a 2000 kg/ha de calcário dolomítico, e previamente ao plantio do capim, 150 Kg P₂O₅/ha. O plantio foi realizado em 22/11/2013, utilizando-se estolões enraizados, em sulcos espaçados de 0,5 m, ocasião em que foram aplicados 100 kg K₂O/ha. Quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg N-uréia /ha) foram combinadas com quatro datas de coleta, a intervalos de oito dias, contados a partir de um corte de uniformização, feito em 27/02/14.

Determinação do IAF e do ICV

No primeiro ensaio, determinações pareadas de IAF e ICV, foram feitas somente por ocasião da última data de amostragem, dentro de cada período de rebrota.

O IAF foi determinado pelo produto da massa seca de lâminas foliares verdes (kg MSL m⁻²) pela área foliar específica (AFE, m² folha kg⁻¹ MSL) dessas lâminas, de acordo com os procedimentos descritos por Oliveira et al.(2010).

Nos outros dois experimentos, a determinação (destrutiva) do IAF foi feita por procedimento direto: todas as lâminas verdes da biomassa em pé, contida num quadrante de 0,04 m² e cortada a uma altura de 0,07 m, foram medidas no laboratório, com o auxílio de um integrador eletrônico de área. Os

valores obtidos foram extrapolados para uma área unitária.

As determinações para a estimativa do Índice de Cobertura Verde (ICV, Varella et al, 2002), seguiram, com ligeiras variações, um mesmo protocolo, nos três experimentos. As imagens foram obtidas sempre com câmeras fotográficas digitais marca Sony. A câmara era suspensa por um tripé ou um suporte metálico em forma de “L” invertido, para permitir a obtenção de fotografias em direção normal à superfície do relvado, a uma altura padrão de 1,60 m. Em cada parcela, e sempre no mesmo intervalo horário (entre 07:30 e 09:00 h), foram obtidas duas fotos, as quais foram transferidas para um computador e armazenadas em formato JPEG ou TIFF. Subsequentemente, as imagens foram processadas e analisadas com auxílio do programa computacional MATLAB v.6.5, conforme descrito por Varella et al. (2002).

Análises estatísticas

Análises estatísticas foram feitas com auxílio do *software* GraphPad Prism v. 5.0, e seguiram um mesmo padrão para os três experimentos. Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de variância com o procedimento “Two way ANOVA with repeated measures” para testar a significância dos efeitos de doses de N e DAC, da sua interação e da covariância associada às medidas repetidas no tempo. Subsequentemente, dada a natureza quantitativa das variáveis experimentais, foram usados os procedimentos de regressão linear e não linear disponíveis no *software*.

O modelo de regressão utilizado para o estabelecimento de uma relação funcional entre o IAF e o ICV foi do tipo:

$$ICV = ICV_{max} [1 - \exp(-k IAF)] \dots \text{eq. (1)}$$

onde ICV_{max} indica o valor de Y correspondente ao “plateau” máximo e *k* é um parâmetro de regressão equivalente a um “coeficiente de extinção”. Por inversão da eq. (1), obtém-se um valor de IAF calculado (IAF_{calc}), através da seguinte expressão:

$$IAF_{calc} = - 1/k \ln (ICV_{max} - ICV / ICV_{max}) \dots \text{eq. (2)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação funcional entre o ICV e o IAF, estabelecida com base em 128 pares de dados obtidos no curso dos experimentos de Oliveira (2008) e Barbieri Júnior (2009) está indicada na **figura 1A**. A forma da relação é igual à existente entre a fração da RFA incidente interceptada pelos mesmos dosséis de Tifton 85 e os seus valores de IAF (Oliveira et al., 2010), o que sugere que ambos os indicadores contem informação similar. Na



mesma direção, Schut & Ketelaars (2003) observaram, em mini-dosséis de *Lolium perenne*, que um índice obtido a partir de imagens classificadas da cobertura vegetal resultou um melhor estimador da interceptação luminosa do que o próprio IAF.

Com relação ao terceiro experimento, as quatro medições sequenciais, no ciclo de rebrota analisado, indicaram que o curso temporal do crescimento expansivo em IAF verde respondeu a um modelo exponencial simples, com valores de R^2 variando entre 0,93 para o tratamento testemunha e 0,88 para a maior dose de N aplicada. Por outro lado, o efeito da adubação nitrogenada teve um efeito linear altamente significativo ($r^2 = 0,93$, $p < 0,0001$, **figura 1B**). Em conjunto, esses resultados indicam que, na última amostragem, os dosséis mais responsivos não tinham atingido ainda o chamado "IAF crítico", no qual o dossel intercepta 95% da RFA incidente (Rossiello & Antunes, 2012). Tal situação, provavelmente, refletiu condições climáticas próprias da transição para a estação seca, tal como verificado anteriormente por Oliveira (2008). Da mesma forma que o IAF, o ICV guardou uma relação linear, altamente significativa, com as doses de N aplicadas (**Figura 1C**). Tal resultado deveu-se, em parte, à própria metodologia de determinação dessas variáveis, a qual excluiu folhas senescentes ou mortas, de forma manual, no caso do IAF direto, ou através de algoritmos específicos, no caso da classificação das imagens digitais.

Considerando-se os dados das parcelas individualmente, os valores do IAF variaram entre um mínimo de 0,11 aos oito DAC, até um máximo de 4,54 aos 32 dias do ciclo de rebrota. Uma série correspondente de valores de IAF foi gerada a partir da eq. 2, que no caso tomou a forma:

$$IAF_{calc} = -0,732 \ln [(0,942 - ICV) / 0,942]$$

Onde $0,942 = ICV_{max}$ (**Fig. 1A**). Como indica a **figura 1D**, o grau de concordância entre os dados calculados e os observados resultou altamente significativa ($R^2 = 0,96$), sendo particularmente estreita para valores de IAF $\leq 3,0$.

Existem várias possibilidades práticas da aplicação do modelo aqui apresentado, incluindo não somente a determinação precisa de níveis de adubação nitrogenada, levando em conta a variabilidade espaço-temporal dos relvados, mas também outras aplicações, relacionadas à colheita da massa forrageira produzida, por corte mecânico ou por pastejo animal.

CONCLUSÕES

É possível avaliar a adubação nitrogenada em pastagens de *Cynodon* spp., utilizando um índice de cobertura verde (ICV), através da análise de fotografias digitais obtidas com uma câmara

fotográfica comum. Tal índice é um sucedâneo adequado do IAF, particularmente para valores menores que 3,0.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pela concessão de bolsas de pesquisa aos pós-graduandos e professores participantes.

REFERÊNCIAS

- BARBIERI JUNIOR, E. Características estruturais, teores de clorofila e suas relações com o nitrogênio foliar e a biomassa no capim Tifton-85 [dissertação]. Seropédica: UFRRJ, 2009.
- COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T. F. (Ed) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2da. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- LIU, J., PATTEY, E. Retrieval of leaf area index from top-of-canopy digital photography over agricultural crops. *Agriculture Meteorology*. 70:209-230, 2010.
- OLIVEIRA, A.P.P. Crescimento e composição químico-bromatológica do capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) sob doses de nitrogênio [dissertação]. Seropédica: UFRRJ, 2008.
- OLIVEIRA, A.P.P.; ROSSIELLO, R.O.P.; GALZERANO, L. et al. Respostas do capim-Tifton 85 à aplicação de nitrogênio: cobertura do solo, índice de área foliar e interceptação da radiação solar. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62: 429-438, 2010.
- ROSSIELLO, R.O.P.; ANTUNES, M.A.H. Solar radiation utilization by tropical forage grasses: light interception and use efficiency. In: BABATUNDE, E.B. (ed.) *Solar radiation*. Rijeka: InTech, 2012. p. 221-244.
- SCHUT, A.G.T.; KETELAARS, J.J.M.H. Monitoring grass swards using imaging spectroscopy. *Grass and Forage Sci.*, 58: 276-286, 2003.
- VARELLA, C.A.A.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M. et al. Determinação da cobertura do solo por análise de imagens e redes neurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6: 1-13, 2002.
- VILELA, D. et al. (eds.) *Cynodon*, forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 250p.

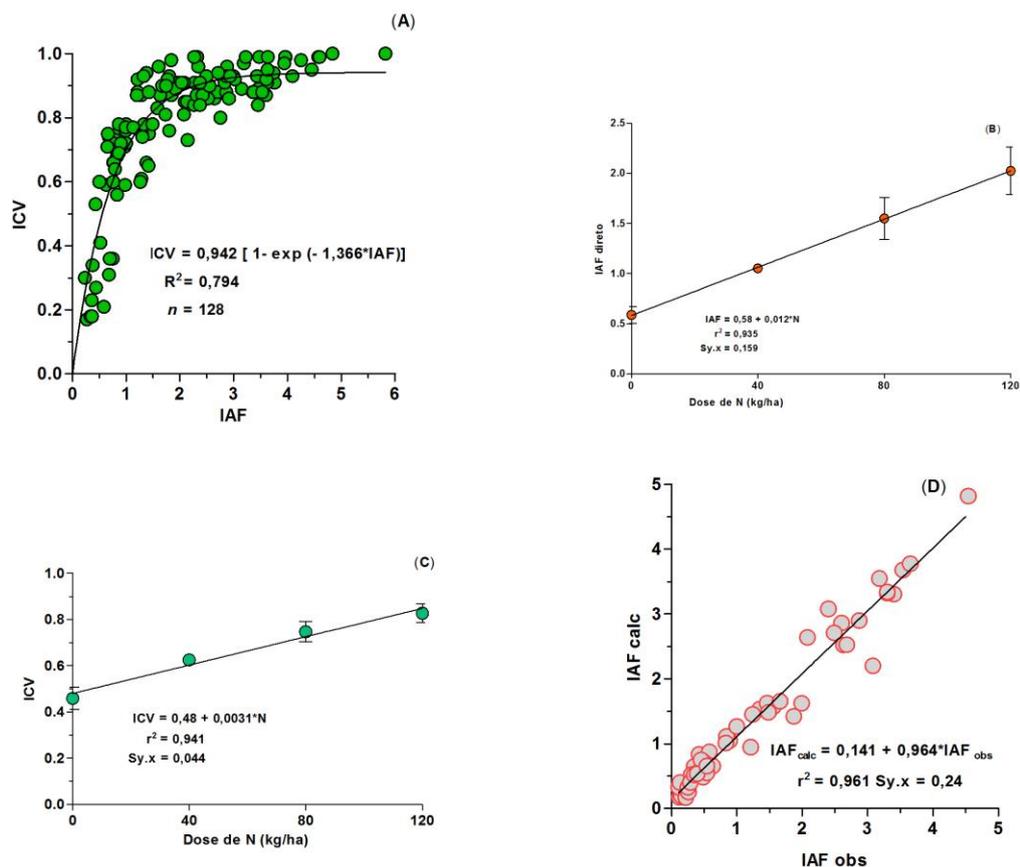


Figura 1. **A)** Relação entre o Índice de Cobertura Verde (ICV) e o Índice de Área Foliar (IAF) de dosséis do capim Tifton 85 submetidos à adubação nitrogenada. O modelo foi desenvolvido a partir de dados obtidos em dois experimentos de campo, realizados entre janeiro de 2007 e dezembro de 2008; **B)** Relação entre o Índice de Área Foliar (IAF) determinado diretamente, e as doses de N aplicadas, em experimento conduzido em Seropédica, RJ, no período outubro 2013-março 2014; **C)** Relação entre o Índice de Cobertura Verde (ICV), determinado por análise de imagens, e as doses de N aplicadas, no experimento anterior; **D)** Relação entre valores de IAF observados por determinação destrutiva do relvado e os calculados por inversão do modelo mostrado na figura 1A.







**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015

