

A FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA COMO ESTIMADOR INDIRETO DE ATRIBUTOS DO DOSSEL NO CAPIM TIFTON 85, SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E CRESCIMENTO LIVRE

FREQUENCY OF OCCURRENCE AS AN INDIRECT ESTIMATOR OF CANOPY TRAITS IN TIFTON 85 BERMUDAGRASS UNDER NITROGEN FERTILIZATION AND FREE GROWTH

Leandro GALZERANO¹; Roberto Oscar Pereyra ROSSIELLO²;

Ana Paula Pessim de OLIVEIRA¹; Ronan de Pádua SILVA¹; Eliane da Silva MORGADO¹;

1. Pós-graduando em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica, RJ, Brasil.

galzeranorural@hotmail.com. 2. Professor, Doutor, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica, RJ, Brasil

RESUMO: Neste trabalho, objetivou-se identificar atributos que possam servir de base na formulação de métodos indiretos e não destrutivos de avaliação da área foliar e da produção de forragem, durante a fase de estabelecimento do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.), sob influência de adubação nitrogenada. Para tal, foram utilizados resultados obtidos em um experimento prévio, onde os tratamentos consistiram de níveis de adubação nitrogenada (0; 50; 100 e 150 kg/ha de N-uréia), alocados nas parcelas, combinados com datas de amostragem nas sub-parcelas (dia após plantio, DAP), com quatro repetições. As variáveis estudadas foram: interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA); altura do dossel, índice de área foliar (IAF), frequência de ocorrência de plantas (F%) e massa seca da parte aérea (MSPA). Os resultados obtidos indicaram que, no 87° DAP, a RFA interceptada relacionou-se funcionalmente tanto com a altura como com o IAF verde do dossel. A frequência de ocorrência de plantas, enquanto estimador indireto mostrou adequação similar ao IAF direto, na sua relação com a irradiância fotossintética interceptada, porém com tendência à saturação para valores de F > 80 %. Por outra parte, valores de F (%), no 67° DAP, relacionaram-se significativamente com valores da MSPA do capim, obtidos no 87° DAP. Foi concluído que a frequência de ocorrência é um atributo promissor em termos de sua utilização como método indireto e não destrutivo de avaliação do IAF e da produção de forragem no capim Tifton 85, merecendo estudos adicionais.

PALAVRAS-CHAVE: Altura do dossel. *Cynodon* spp. Índice de área foliar. Interceptação de radiação solar.

INTRODUÇÃO

Os capins do gênero *Cynodon* têm-se destacado em relação a sua utilização em sistemas de produção de ruminantes, por possuírem elevado potencial produtivo, alto valor nutritivo e grande flexibilidade de uso (ALVIM et al., 1999; FAGUNDES et al., 2001; VILELA et al., 2005). Dentre eles, a cultivar Tifton 85 (*Cynodon* spp.), que é um híbrido oriundo do cruzamento entre a cultivar Tifton 68 e uma introdução sul-africana (BURTON, 2001), e que combina alto potencial produtivo e uma boa digestibilidade, com capacidade adaptativa a diversos ambientes caracterizados por recursos hídricos e nutricionais variados (VILELA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010; QUARESMA et al., 2011).

A estrutura dos dosséis forrageiros, definida como a distribuição e o arranjo espacial da parte aérea (NOBEL et al., 1993; LACA e LEMAIRE, 2000), é caracterizada por uma série de atributos resultantes das características morfogênicas do dossel (CRUZ; BOVAL, 2000). Um atributo central

é a quantidade de superfície foliar disponível para a interceptação da radiação solar, usualmente representada pelo índice de área foliar (IAF) do dossel, definido como a área foliar do mesmo por unidade de área de solo (WATSON, 1947). A interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), ou seja, daquela faixa espectral compreendida entre os comprimentos de onda de 400 e 700 nm, relaciona-se diretamente com a produção de biomassa por unidade de superfície, na medida em esta pode ser expressa como o produto da quantidade da RFA interceptada pela sua eficiência de uso por parte do vegetal (ROSSIELLO e ANTUNES, 2012). BROUGHAM (1958) constatou que o IAF associado à máxima interceptação de irradiância fotossintética, depende da espécie forrageira e das características geométricas do dossel, como orientação, distribuição angular e formato das folhas. Portanto, para descrever a capacidade de um dossel forrageiro na captação da radiação solar se faz necessário conhecer o IAF, assim como a inclinação e orientação das folhas (WARREN WILSON, 1961;

NOBEL et al., 1993). A quantificação desses parâmetros pode ser feita por métodos diretos ou estimada por métodos indiretos (ASNER et al., 2003; HE et al., 2007; SBRISIA e DA SILVA, 2008). Os métodos diretos são demorados e exigem amostragens destrutivas. Como consequência, têm sido desenvolvidos métodos indiretos, os quais utilizam relações com outros parâmetros mais facilmente mensuráveis, como as propriedades ópticas, a cobertura verde ou a altura do dossel (SCHUT e KETELAARS, 2003; CHEN et al., 2010; ROSSIELLO e ANTUNES, 2012). Em particular, a associação entre o IAF e a frequência de ocorrência de plantas, uma variável relacionada com a distribuição espacial de uma dada espécie (CHEN et al., 2006) é uma possibilidade ainda pouco explorada em estudos com pastagens em clima tropical ou sub-tropical. Em um estudo prévio, Galzerano et al. (2008) estudaram o efeito da adubação nitrogenada sobre a altura, frequência de ocorrência (F%), interceptação de radiação solar, IAF e produção de massa seca da parte aérea, durante a fase de estabelecimento inicial de dosséis do capim Tifton 85. Esses autores concluíram que na ausência de deficiência hídrica, a aplicação de N propiciou uma rápida cobertura do solo por parte do dossel em expansão e uma maior interceptação de RFA por parte do capim. No presente trabalho, os dados obtidos por Galzerano et al. (2008) são utilizados para identificar atributos que possam servir de base na formulação de métodos indiretos e não destrutivos de avaliação da produtividade fotossintética, no capim Tifton 85. Especificamente, objetivou-se: a) determinar quantitativamente as relações entre interceptação de RFA, altura e IAF do dossel; b) verificar as possibilidades de utilização da frequência de ocorrência como uma ferramenta de avaliação indireta da área foliar e produção de massa seca, em capins do gênero *Cynodon*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (22°45'53'' S, 43°41'56''W e 33m de altitude), durante a estação chuvosa de 2006/2007. No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2006). Uma análise da camada arável (0 - 0,20 m de profundidade), efetuada em julho de 2006, indicou as seguintes propriedades químicas: Ca²⁺: 1,8; Mg²⁺: 1,0; K⁺: 0,08 cmol_c/dm³; P (Mehlich-1): 15 mg/dm³; M.O.: 17 g/kg; pH (água, 1:2,5): 5,4. Em setembro de 2006 foi realizada uma aplicação basal de 1000

kg/ha de calcário dolomítico o qual foi distribuído a lanço e incorporado através de gradagem, à profundidade de 0,20 m. A finalidade dessa prática foi a de aumentar os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram alocadas as doses de N, na forma de uréia: 0; 50; 100 e 150 kg/ha, enquanto que as datas de amostragem, expressas como dias após plantio (DAP), foram alocadas nas sub-parcelas. A parcela consistiu de um canteiro com 16m² de área total (4 x 4 m), sendo o quadrado central (4,0 m²) considerado como a área útil para as avaliações experimentais. O plantio foi realizado em 3/11/2006, em sulcos espaçados de 1,0 m, utilizando-se estolões enraizados do capim, provenientes de área comercial próxima, destinada à produção de feno. Por ocasião do plantio, as parcelas receberam uma aplicação basal de P (80 kg/ha), na forma de superfosfato simples e de K (150 kg/ha), na forma de cloreto de potássio. A duração do experimento foi de 87 dias, e as condições ambientais vigentes durante a condução podem ser observadas na Figura 1. Detalhes adicionais são dados em Galzerano et al. (2008).

A frequência de ocorrência de plantas (F %) foi quantificada através de um método de interseção, onde, um quadrante feito com PVC, com 2 m de lado e subdivisões a cada 0,2 m, separadas por fios plásticos, foi colocado encima do dossel, sendo a sua posição demarcada com estacas de madeira, e ajustado à altura do dossel (RIBEIRO et al., 2007). As estacas não foram removidas do lugar, sendo o quadrante encaixado entre elas, em sucessivas avaliações, assegurando assim que as amostragens fossem feitas sempre sobre a mesma área basal. Os resultados foram expressos como $F (%) = (NPT/NTP) \times 100$; onde: NPT é o número de interseções devidas a algum elemento do capim e NTP é o número total de interseções possíveis. Foram feitas seis determinações dessa variável, entre os 30 e os 67 dias após o plantio (DAP).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) incidente no dossel, foi determinada com auxílio de um sensor quântico, modelo LI 190 SA, conectado a um radiômetro portátil LI 250 (LI-COR, Nebraska, EUA). Foram feitas medições da irradiância fotossintética incidente, posicionando-se o sensor acima do dossel, e da irradiância fotossintética transmitida, onde o sensor era posicionado ao nível do solo. O aparelho foi operado sempre na modalidade "average", que indicou um valor médio de oito leituras intermitentes, durante 15 segundos, período no qual

o sensor foi deslocado aleatoriamente sobre a superfície dossel (NOBEL et al., 1993), de modo a incluir parte da variabilidade espacial do fluxo incidente. A RFA interceptada pelo dossel (RFA_{Int}) foi calculada pela seguinte expressão:

$$RFA_{Int}(\%) = 100 \times \frac{(RFA_{\text{incidente no topo}} - RFA_{\text{transmitida até o solo}})}{RFA_{\text{incidente no topo do dossel}}}$$

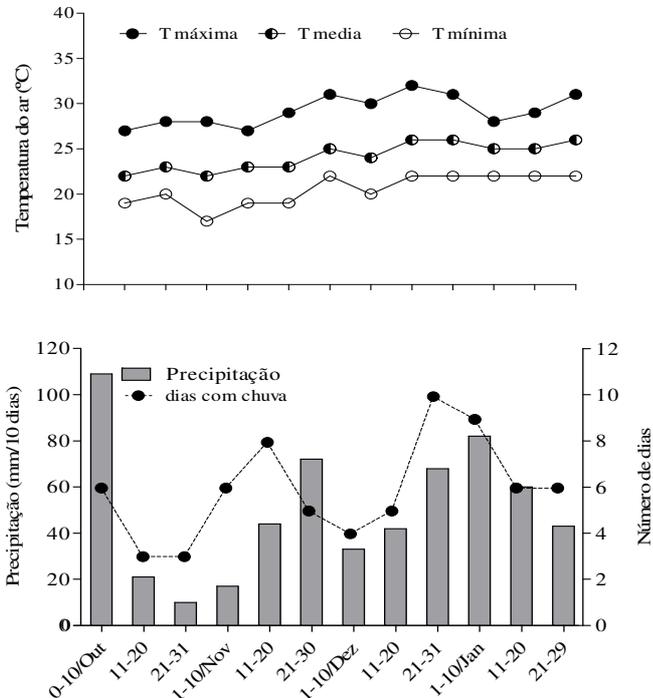


Figura 1. Condições ambientais vigentes durante o período experimental (novembro 2006-janeiro 2007). Fonte: PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Seropédica.

As determinações de RFA_{Int} foram feitas em quatro ocasiões, entre o 33° e o 87° DAP. Conjuntamente com as medições de interceptação de RFA, foi determinada a altura média do dossel, conforme descrito por Da Silva e Cunha (2003).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado através do produto da área foliar específica (AFE, m^2 lâmina foliar/kg MSLF) pela massa seca da lâmina foliar (MSLF, kg/m^2). Para a obtenção da AFE foram selecionadas dez lâminas foliares por parcela, das quais foram extraídos, com auxílio de furador metálico, discos de área conhecida ($0,3 \text{ cm}^2/\text{disco}$, um disco/folha), do terço médio da lâmina. Os discos foram conservados entre folhas de papel toalha umedecidas, para evitar a sua desidratação, e postos a secar imediatamente em estufa com circulação forçada de ar (65°C por 48 horas). Os valores de AFE obtidos variaram entre $23,02 \pm 2,1$ e $24,57 \pm 1,9 \text{ m}^2/\text{kg MSLF}$, e não foram afetados pelas doses de N (teste t , $p > 0,05$). A determinação do IAF foi feita com base em dados colhidos aos 87 DAP.

Utilizando-se a fração complementar da interceptação ($1 - RFA_{Int}$), ou seja, a RFA transmitida (R_{Trans}), foi estimado o coeficiente de

extinção do dossel para a irradiância fotossintética (k_{RFA}). Esse valor é dado pelo coeficiente angular da regressão entre o logaritmo natural de RFA_{Trans} o IAF (MONTEITH, 1965; TESFAYE et al., 2006), o qual passa pela origem, ou seja: $\ln RFA_{Trans} = -k \text{ IAF}$ (Figura 2).

Ao final do período experimental (87 DAP), foi realizado o corte da biomassa em pé, a uma altura de 0,07 m, a partir de um quadrante com $0,25 \text{ m}^2$. Após remoção de invasoras e registro da massa fresca, o material foi posto a secar, em estufa com circulação forçada de ar (65°C), até peso constante, para obtenção do valor correspondente à massa seca da parte aérea (MSPA).

Do ponto de vista do propósito deste trabalho, a aplicação da adubação nitrogenada teve como resultado a geração de gradientes de variabilidade entre os atributos do dossel estudados, e nesse sentido, cada parcela, individualmente, foi tomada como um ponto amostral. O relacionamento entre os dados foi estudado através de análises de correlação simples e de regressão linear e não linear, selecionados entre os disponíveis no programa GraphPad Prism v.5.0 (MOTULSKY; CHRISTOPOULOS, 2004).

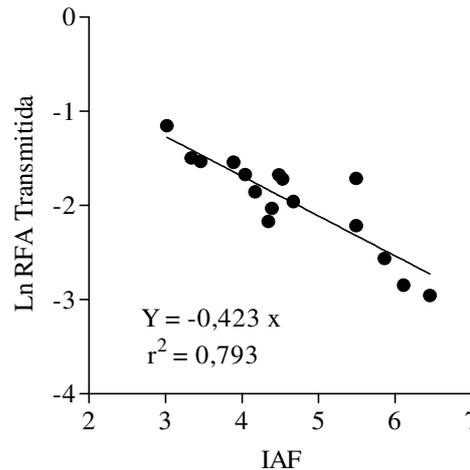


Figura 2. Relação entre índice de área foliar (IAF) e a transmissão de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em dosséis de Tifton 85, no 87º dia após o plantio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interceptação de radiação solar

Os valores de irradiância fotossintética interceptada, expressos como percentagem da radiação incidente no topo do dossel, aos 87 DAP, foram relacionados, através de um modelo exponencial (RUSSELL et al., 1989), tanto com a altura quanto com o IAF do dossel. Esse modelo foi escolhido porque inicia em y= zero para x= 0, de acordo com o fato de qualquer variável dependente do crescimento do capim ser nula no momento do

plantio, e aumenta até um “plateau” máximo. A Figura 3 mostra que altura do dossel explicou 64% da variabilidade total nos dados de RFA_{Int}, com um valor assintótico de 92%, embora isoladamente, a RFA_{Int} máxima registrada, de 94,9%, foi alcançada com 57 cm de altura do dossel. Esse resultado evidencia que sob crescimento livre, sem competição, valores de RFA_{Int} da ordem de 95% resultam em maiores alturas, em relação a dosséis estabilizados e mantidos sob pastejo (FAGUNDES et al., 2001), ou corte periódico (OLIVEIRA et al., 2010).

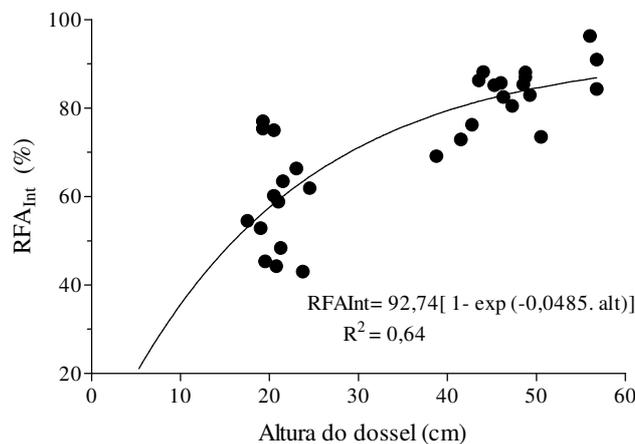


Figura 3. Relação entre altura do dossel e a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA_{Int}) por dosséis do capim Tifton 85, no 87º dia após plantio.

Por outro lado, no 87º DAP, os valores de IAF variaram entre 3,02 e 6,40, dependendo da dose de uréia aplicada, e relacionaram-se com a interceptação de luz segundo a expressão: $RFA_{Int} = 0,993 (1 - e^{-0,423 \cdot IAF})$, $r^2 = 0,793$, onde o parâmetro 0,423 representa a estimativa do coeficiente de

extinção da irradiância fotossintética através do dossel (k_{RFA} , Figura 2). De acordo com NOBEL et al. (1991), baixos valores do coeficiente de extinção luminosa indicam um arranjo de folhas mais ereto ao passo que arranjos mais planófilos resultam em maiores valores de k. Todavia, tal tipo de inferência,

aplicada aos presentes dados, deve ser tomada com certa precaução, uma vez que a interceptação de RFA é feita por qualquer elemento do dossel, vivo ou morto, enquanto que para a estimativa do IAF consideram-se apenas lâminas foliares verdes obtidas de forma destrutiva (ROSSIELLO e ANTUNES, 2012). Considerados conjuntamente, esses resultados indicam que, dentro das condições fixadas neste experimento, a altura do dossel constitui-se em um estimador da RFA_{int} menos eficiente que o próprio IAF, e portanto um substituto indireto inadequado, em relação à determinação direta da área foliar verde.

Frequência de ocorrência

Dado que o dossel se encontrava em fase de desenvolvimento inicial, os valores de $F\%$ são

indicativos da velocidade de estabelecimento do dossel, via propagação de estolões, em função dos dias pós-plantio (GALZERANO et al., 2008). Nesse sentido, esses valores representam, mais apropriadamente, um índice de cobertura (“percentage cover”, WARREN WILSON, 1965), uma vez que, na sua determinação, são considerados somente os primeiros contatos feitos pela grade reticulada com a vegetação, ignorando-se os contatos em estratos mais baixos. Dada essa situação, o grau de relação encontrado entre $F\%$ e RFA_{int} aos 67 DAP (Figura 4) pode ser considerado satisfatório, por apresentar um coeficiente de determinação $r^2 = 0,74$, próximo daquele correspondente à relação entre o IAF e R_{int} , mas com a clara vantagem de se tratar de uma associação de natureza linear.

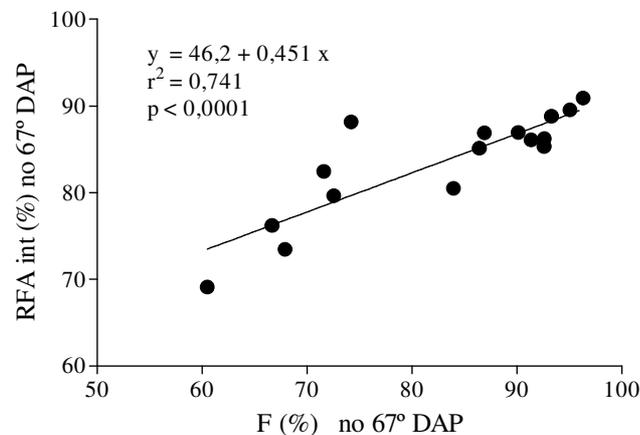


Figura 4. Relação entre a frequência de ocorrência ($F\%$) e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada por dosséis do capim Tifton 85, no 67º dia após plantio.

Pode-se observar, na Figura 5, o tipo de relação funcional entre os valores de $F\%$ no 67º DAP, e os valores do IAF no 87º DAP. A tendência dos dados sugere uma relação curvilínea, que se evidencia de forma mais definida para valores de $F > 80\%$. Como não foi possível encontrar um modelo funcional adequado, a relação entre ambas as variáveis foi descrita através de dois segmentos lineares, válidos entre $3 > IAF > 4$ ($r^2 = 0,70$; $p = 0,0192$) e entre $4 > IAF > 6,5$ ($r^2 = 0,51$; $p = 0,0492$), onde ocorre uma brusca mudança de pendente (Figura 5). Tal situação acontece porque, enquanto os valores de F convergem para um valor máximo de 100%, os valores do IAF, “per se”, não se estabilizam em um valor ótimo, e podem aumentar se a planta continuar a crescer livremente. Valores tão altos de IAF, como os aqui registrados, são difíceis de serem atingidos em pastagens de Tifton 85 submetidas a desfolha periódica por pastejo ou corte mecânico. Todavia, a existência de uma associação significativa entre os valores de $F\%$ e do

IAF, mesmo que defasados temporamente, salienta a possibilidade de se estabelecer relações quantitativas entre ambas as variáveis, sob condições bem definidas de calibração, especialmente a valores baixos de F , permitindo estimativas indiretas do IAF fotossinteticamente ativo, de forma mais rápida e confiável.

Na Figura 6 pode-se observar a disposição dos pares de pontos amostrais relativos à relação entre $F\%$ aos 67 DAP e a de massa seca da parte aérea aos 87 DAP. A mesma situação já observada em relação ao IAF se repete com a massa seca, isto é, a relação da frequência com esse atributo afasta-se da linearidade, sendo descrita por uma função exponencial [$MSPA = 1252 \exp.(0,0159 F\%)$]. Esses resultados concordam com a observação de Schut e Ketelaars (2003), de que a cobertura vegetal é um atributo que guarda uma relação assintótica tanto com a massa de forragem quanto com o índice de área foliar dos dosséis forrageiros. No presente caso, essa tendência de “saturação de resposta” da

frequência de ocorrência, parece mais definida em relação a altos valores de IAF (Figura 5), do que em relação à MSPA, onde fica mais evidenciada em valores de $F > 90\%$ (Figura 6). Não obstante essa restrição, a existência dessas correlações positivas é bastante auspiciosa, considerando que a determinação de $F\%$ é rápida, simples, e de custo mínimo, o que permite uma alta densidade de

amostragem, essencial para dar conta da heterogeneidade espacial e temporal dos relvados. Por outra parte, a associação entre valores de $F(\%)$ determinados em certa idade do dossel com valores de massa de forragem obtidos em idade posterior sugere o uso dessa relação com finalidade preditiva, o que poderá vir auxiliar o produtor na gestão dos recursos forrageiros disponíveis.

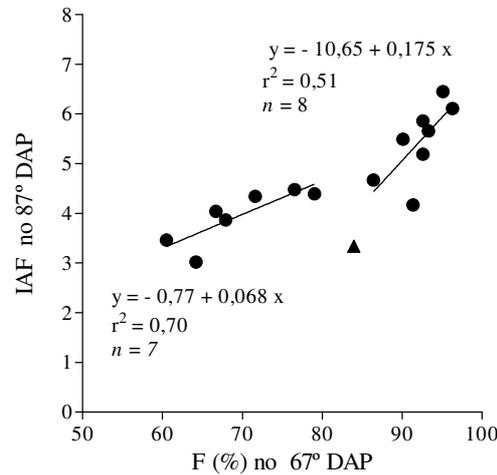


Figura 5. Relação entre os valores de frequência de ocorrência ($F\%$) no 67º dia e do índice de área foliar (IAF) no 87º dia após plantio (DAP), no capim Tifton 85. O ponto amostral representado pelo triângulo foi excluído da análise de regressão.

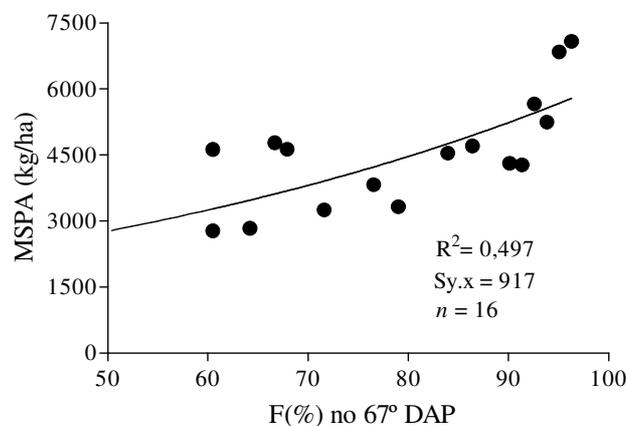


Figura 6. Relação entre os valores de frequência de ocorrência ($F\%$) no 67º dia e a massa seca total da parte aérea (MSTPA) no 87º dia após plantio (DAP).

Finalmente, cabe observar que este tipo de pesquisa se torna de maior interesse ao se considerar as limitações que os sensores eletrônicos de IAF podem apresentar para a verificação “in situ” de índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto orbital (ASNER et al., 2003; HE et al., 2007; ROSSIELLO e ANTUNES, 2012), um recurso que tende a cobrar maior significação nos novos cenários de intensificação de uso das pastagens no Brasil.

CONCLUSÕES

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo capim Tifton 85, ao final da fase de estabelecimento inicial, relacionou-se funcionalmente tanto com a altura como com o IAF verde do dossel, embora esse último atributo estimasse de forma mais eficiente a interceptação de luz. Em termos comparativos, a frequência de ocorrência de plantas, enquanto estimador indireto e

não destrutivo da irradiância fotossintética interceptada, mostrou adequação similar ao IAF direto, embora com tendência de saturação de resposta a altos níveis de expressão.

A frequência de ocorrência também teve um desempenho promissor em termos de sua utilização como ferramenta de previsão da produção de

forragem. Serão necessários estudos adicionais para verificar aspectos de precisão e acurácia deste método indireto, assim como a reprodutibilidade destes resultados preliminares em outros ambientes edafoclimáticos sob manejos diferenciados do capim.

ABSTRACT: This study aimed to identify attributes that can serve as a basis in formulating indirect methods and non-destructive evaluation of leaf area and herbage mass during the establishment phase of Tifton 85 (*Cynodon* spp.), under nitrogen fertilization levels. For this purpose it was used results obtained in a previous experiment where the treatments consisted of nitrogen levels (0, 50, 100 and 150 kg / ha of urea-N), allocated to the plots, combined with sampling dates in sub-plots (days after planting, DAP), with four replications. The variables studied were: interception of photosynthetically active radiation (PAR), canopy height, leaf area index (LAI), frequency of occurrence of plants (F%) and herbage mass (HM). The results indicated that at 87 DAP, the PAR intercepted was functionally related to both the height and the LAI of the canopy. The frequency of occurrence of plants, while indirect estimator showed fitness similar to the direct LAI, in its relation to PAR intercepted, but with a tendency to saturation for values of $F > 80\%$. On the other hand, values of F (%) at 67 DAP, correlated significantly with the HM values obtained after 87 DAP. It was concluded that the frequency of occurrence of an attribute is promising in terms of its use as an indirect method and nondestructive evaluation of LAI and herbage mass in Tifton 85, meriting further studies.

KEYWORDS: *Cynodon* spp. Leaf area index. Solar radiation interception. Sward height

REFERÊNCIAS

ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; VERNEQUE, R. S. et al. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2345-2352, 1999.

ASNER, G. P.; SCURLOCK, J. M. O.; HICKE, J. A. Global synthesis of leaf area observations: implications for ecological and remote sensing studies. **Global Ecology & Biogeography**, Malden, v. 12, n. 3, p. 191-205, 2003.

BROUGHAM, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 9, n. 1, p. 39-52, 1958.

BURTON, G. W. Tifton 85 bermudagrass-Early history of its creation, selection and evaluation. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 1, p. 5-6, 2001.

CHEN, J.; SHIYOMI, M.; YAMAMURA, Y.; HORI, Y. Distribution model and spatial variation of cover in grassland vegetation. **Grassland Science**, Malden, v. 52, n. 4, p. 167-173, 2006.

CHEN, J.; OKUMURA, K.; TAKADA, H. Estimation of clover biomass and percentage in a performance trial of white clover-timothy binary mixtures: use of multiple regression equations incorporating plant cover measured with the grid-point plate. **Grassland Science**, Malden, v. 56, n. 3, p. 127-133, 2010.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F. (Ed.). **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. New York: Ed. CABI Publishing, USA, 2000, p. 151-168.

DA SILVA, S. C.; CUNHA, W. F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 981-989, 2003.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 306p.

FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. et al. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p.187-195, 2001.

GALZERANO, L.; ROSSIELLO, OLIVEIRA, A. P. P. et al. Mudanças em atributos estruturais de dosséis do capim-tifton 85 na fase de estabelecimento, induzidas pela adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa**, v. 65, n. 4, p.329-336, 2008.

HE, Y.; GUO, X.; WILMSHURST, J. F. Comparison of different methods for measuring leaf area index in a mixed grassland. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 87, n. 4, p. 803-813, 2007.

LACA, E. A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T`MANNETJE, L.; JONES, R. M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland animal production research**. Wallingford: CABI International, 2000. p. 103-122.

MONTEITH, J. L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, Oxford, v. 29, n. 1, p. 17-37, 1965.

MOTULSKY H. J.; CHRISTOPOULOS A. **Fitting models to biological data using linear and non-linear regression. A practical guide to curve fitting**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004. 351p.

NOBEL, P. S.; FORSETH, I. N.; LONG, S. P. Canopy structure and light interception. In: HALL, D.O. et al. (Ed.) **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 79-90.

OLIVEIRA, A. P. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; GALZERANO, L. et al. Respostas do capim Tifton 85 a aplicação de nitrogênio: cobertura do solo, índice de área foliar e interceptação da radiação solar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 2, p. 429-438, 2010.

QUARESMA, J. P. S; ALMEIDA, R. G; ABREL, J. G. et al. Produção e composição bromatológica do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) submetido a doses de N. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringa, v. 32, n. 2, p. 145-150, 2011.

RIBEIRO, R. C., et al. Introdução de desmódio em pastagem estabelecida de *Brachiaria humidicola*: densidade e frequência da leguminosa no consórcio. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**. Seropédica, v. 27, n. 2, p. 41-49, 2007.

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: In Tech Open, 2012 p. 221- 244.

RUSSEL, G.; JARVIS, P. G.; MONTEITH, J. L. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSELL, G.; MARSHALL, B.; JARVIS, P.G. (Eds). **Plant canopies: their growth, form and function**. Cambridge: Cambridge University, 1989. p. 21-39.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 212-220, 2008.

SCHUT, A. G. T.; KETELAARS, J. J. M. H. Monitoring grass swards using imaging spectroscopy. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 58, n. 3. p. 276-286, 2003.

TESFAYE, K.; WALKER, S.; TSUBO, M. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 60-70, 2006.

VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LIMA, J (Editores.). ***Cynodon, forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira***. 1. ed. Juiz de Fora: Ed. Embrapa Gado de Leite, Brasil, 2005, 250 p.

WARREN WILSON, J. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., Reading, 1960. **Proceedings**. Oxford: Alden Press, 1961. p. 275-279.

WARREN WILSON, J. Stand Structure and Light Penetration. I. Analysis by Point Quadrats. *Journal of Applied Ecology*, London, v. 2, n. 2, p. 383-390, 1965.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*. Oxford, v. 11, n. 1, p. 41-76, 1947.