

Estudo do índice de área foliar de pastagens em diferentes níveis de degradação com aplicação de imagens Landsat 5 - TM e dados de campo¹

Ricardo Guimarães Andrade¹
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues²
Carlos Fernando Quartaroli³
André Luiz dos Santos Furtado⁴
Orivaldo Brunini⁵
Ieda Del'Arco Sanches⁶

¹Engenheiro Agrícola, Doutorado em Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: ricardo@cnpm.embrapa.br.

²Zootecnista, Doutorado em Biologia Vegetal, Unicamp/Campinas – SP. Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: crisagr@cnpm.embrapa.br.

³Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, ESALQ-USP/Piracicaba, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: quarta@cnpm.embrapa.br.

⁴Biólogo, Doutorado em Ecologia, UFRJ/Rio de Janeiro – RJ, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: andre@cnpm.embrapa.br.

⁵Engenheiro Agrônomo, Doutorado em Agrometeorologia, University of Guelph, Pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas, Av. Barão de Itapura, 1481, Guanabara, Campinas – SP – Brasil, e-mail: brunini@iac.sp.gov.br.

⁶Engenheira Agrônoma, Pós-Doutoranda na Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: ieda@cnpm.embrapa.br

ABSTRACT: In this work, leaf area index (LAI) measurements in four *Brachiaria* pasture conditions were used for the analysis of LAI estimates using Landsat 5 – TM images. The L parameter in the soil-adjusted vegetation index (SAVI) equation was varied for each pasture condition. Preliminary results show LAI variation according to the degradation levels and the value used for the L parameter. The L parameter value of 0.10 came closest to the average value measured in the field for good pasture conditions (N1). However, for intermediate degradation (N2 and N3), that same value differed the most from the average value measured in the field. For intense pasture degradation conditions (N4), invading plant species with good leaf-area characteristics may have been one of the factors that contributed to satellite LAI overestimates.

Palavras-Chave: Área Foliar, Pastagem, Degradação, Sensoriamento Remoto.

1 – INTRODUÇÃO

A área foliar é um parâmetro chave na avaliação do crescimento das plantas, podendo ser tanto medida quanto estimada (Figueredo Júnior et al., 2005). Segundo Pereira e Machado (1987) a área foliar é um fator que depende do número e tamanho das folhas e de

¹ Apoio financeiro do CNPq

seu estágio fenológico. A relação entre a área foliar de toda vegetação e a unidade de área de solo ocupada por essa vegetação é denominada de índice de área foliar (IAF). Como a fotossíntese depende da área foliar, a produtividade de uma cultura será tanto maior quanto mais próximo for do IAF máximo potencial e quanto mais tempo permanecer ativa; retardando a senescência (Figueredo Júnior et al., 2005). Zanchi et al. (2009) afirmam existir poucas informações referentes a variação espacial da biomassa vegetal, altura da pastagem e do índice de área foliar de pastagens. Estes autores sugerem que as variações naturais no IAF, altura e biomassa de algumas espécies, respondem às variações sazonais e interanuais do clima e da umidade do solo. Neste sentido, a análise espacial do IAF com uso dados de satélite pode ser um importante indicador da biomassa em áreas extensas. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e dados de campo no estudo do índice de área foliar de pastagens de *Brachiaria* em diferentes níveis de degradação na região de Guararapes, SP.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange algumas microbacias localizadas na região do município de Guararapes, SP (Figura 1). Nestas sub-bacias foram coletados dados amostrais de IAF com o uso do equipamento LAI-2000 (Li-Cor, 1992) entre os dias 26 e 29 de janeiro de 2010. Os dados de IAF foram coletados em áreas de pastagens de *Brachiaria* sob quatro níveis de degradação conforme classificação adaptada de Nascimento Júnior et al. (1994) que une principalmente o potencial de produção da forragem na pastagem e o grau de empreguejamento por invasoras. O nível 1 (N1) representou a pastagem sem degradação (> 75% do potencial de produção da pastagem, relação folha/colmo > 1 e área sem sinal de erosão); o nível 2 (N2, entre 50 e 75% do potencial da pastagem, relação folha/colmo \approx 1 e poucas invasoras); nível 3 (N3, entre 25 e 50%; presença de invasoras, relação folha/colmo < 1, sinais de erosão laminar); e o nível 4 considerado como pastagem degradada (N4, potencial de produção menor que 25%, erosão laminar e expressiva presença de invasoras herbáceas ou arbustivas). Como a degradação em pastagens pode ser agrícola ou biológica, após análise de sua produtividade, da análise físico-química dos solos e de sua atividade microbiológica, poderá haver redefinição dos níveis de degradação na área de estudo, embora primeiros resultados estejam em conformidade com os indicadores acima.

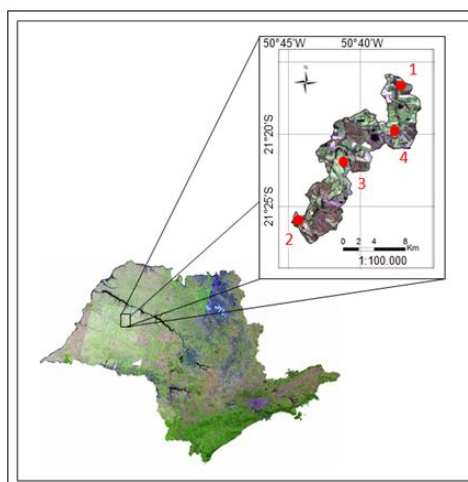


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos dados amostrais do IAF de pastagens de *Brachiaria*, município de Guararapes, SP.

No presente trabalho foi utilizada uma cena do sensor TM do satélite Landsat 5 do dia 02 de fevereiro de 2010. Para obter o IAF por meio de imagem de satélite, inicialmente efetuou-se o cálculo da radiância espectral de cada banda (L_{λ_i}):

$$L_{\lambda_i} = L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} ND \quad (1)$$

Em que, ND é o número digital de cada pixel, já os coeficientes Lmax e Lmin são as radiâncias espectrais máximas e mínimas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$). Posteriormente, calculou-se a reflectância monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), conforme Allen et al. (2002):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi L_{\lambda_i}}{E_{\lambda_i} \cos\theta_z d_r} \quad (2)$$

Em que, L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, E_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W m^{-2} \mu m^{-1}$), θ_z é o ângulo zenital solar e d_r é o inverso do quadrado da distância relativa terra-sol (em unidade astronômica - UA). Após a realização das correções necessárias na imagem, as bandas de reflectância do infravermelho próximo e do vermelho foram utilizadas para o cálculo do índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI), conforme Huete (1988):

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (3)$$

O SAVI é um índice que busca diminuir a influência da resposta espectral do solo, mediante a inclusão de um fator de ajuste (L) que é variável com o grau de fechamento do dossel, permitindo uma melhora na interpretação das variáveis da vegetação. Neste estudo foi feita uma análise de resposta dos índices obtidos em função da variação do valor de L. Foram testados os valores de L igual a 0,10; 0,25; 0,50 e 0,75. Em seguida, foi estimado o índice de área foliar (dado em m^2 folhas/ m^2 solo) tendo por base o SAVI calculado para cada valor de L. Para tanto, empregou-se a equação empírica sugerida por Allen et al. (2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{(0,91)} \quad (4)$$

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os dados de índice de área foliar (IAF) medido e estimado em pontos amostrais de pastagens de *Brachiaria* para os níveis de condições consideradas como boa (N1), degradação intermediária (N2 e N3) e alta degradação (N4). Para análise do IAF estimado como resposta à alteração do parâmetro L da equação do SAVI em cada nível de degradação foram testados os valores de L igual a 0,10; 0,25; 0,50 e 0,75. Nos gráficos da Figura 2, nota-se que os valores de IAF estimado por meio da equação empírica sugerida por Allen et al. (2002) variaram de acordo com os níveis de degradação e com o valor de L utilizado para estimativa do SAVI. A Figura 3 mostra os dados médios da altura da pastagem e do IAF medido e estimado com a utilização de imagem Landsat 5 – TM alterando os valores de L da equação do SAVI em cada nível de condição das pastagens. Para a condição de pastagem boa (N1) na qual a vegetação apresentava-se com altura média de 33,3 cm e média de IAF da ordem de $4,21 \pm 0,54 m^2 m^{-2}$. O IAF estimado ($3,95 \pm 0,69 m^2 m^{-2}$) foi próximo do observado quando se utilizou L igual a 0,1. Para a pastagem na condição N2 verifica-se que o valor médio de IAF medido ficou próximo daqueles estimados com o uso de L igual a 0,25, 0,50 e 0,75. Na condição N2 a vegetação estava com altura média de 13,8 cm e as plantas se mostravam com baixa quantidade de matéria morta e/ou seca. Ao analisar a condição N3 observa-se que a média do IAF medido foi de $2,48 \pm 0,42 m^2 m^{-2}$ e que em média os valores de IAF estimados com o uso de L igual a 0,25, 0,50 e 0,75 foram próximos ao observado registrando valores da ordem de $2,59 \pm 0,32 m^2 m^{-2}$, $2,18 \pm 0,25 m^2 m^{-2}$ e $1,98 \pm 0,22 m^2 m^{-2}$, respectivamente. Na condição N3 a vegetação estava em média com 31,4 cm de altura e existia boa quantidade de matéria morta e/ou seca e presença de plantas invasoras

(ciperáceas). Além disso, em alguns pontos sob condições de solo mais seco e compactado a *Brachiaria* se apresentava em touceiras esparsas.

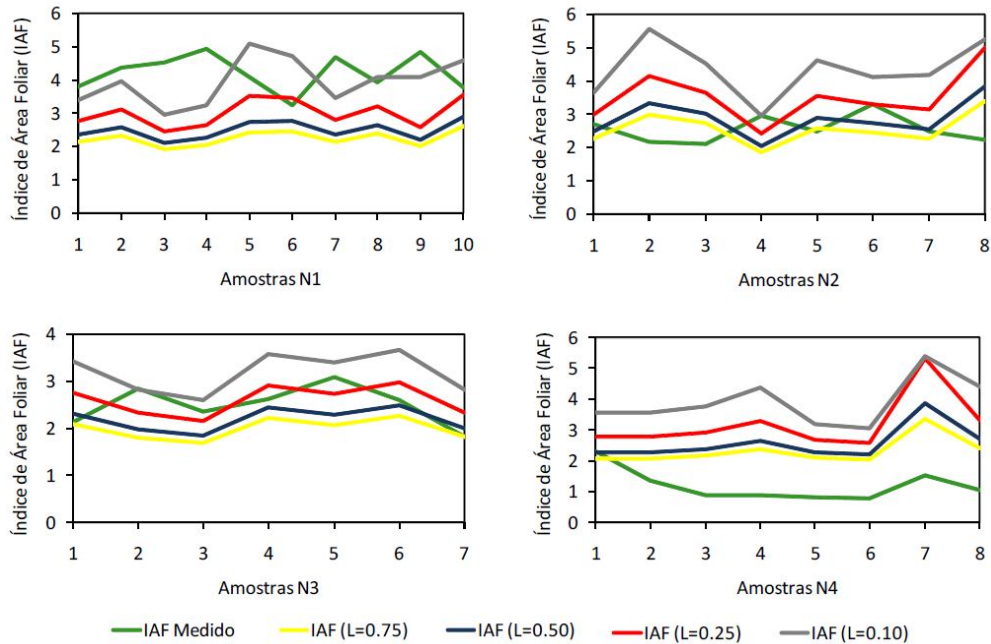


Figura 2 – Índice de área foliar medido e estimado em pontos amostrais de pastagens de *Brachiaria* sob quatro níveis de condições (N1 = pastagem boa, N2 e N3 = pastagem com nível intermediário de degradação, N4 = pastagem com alta degradação) com variação do parâmetro L da equação do SAVI (Huete, 1988).

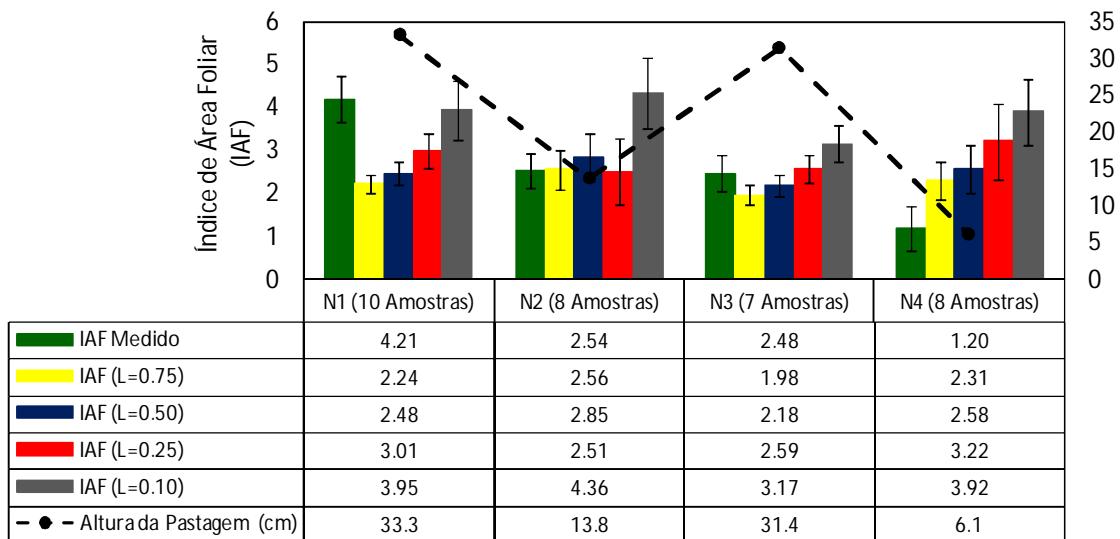


Figura 3 – Dados médios da altura da pastagem e do índice de área foliar medido (IAF Medido) e estimado com a utilização de imagem Landsat 5 – TM para quatro níveis de condições das pastagens (N1 = pastagem boa, N2 e N3 = pastagem com nível intermediário de degradação, N4 = pastagem com alta degradação). O parâmetro L faz parte da equação do SAVI (Huete, 1988), que por sua vez é utilizado na equação sugerida por Allen et al. (2002) para estimativa do índice de área foliar.

Para a condição N4 (alta degradação) o valor médio de IAF medido foi de $1,20 \pm 0,51 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Este valor foi bem abaixo do encontrado nas estimativas com a utilização de imagem Landsat 5 – TM. Entre os valores médios de IAF estimado, a situação na qual considerou L igual 0,75 foi a que gerou o menor valor de IAF ($2,31 \pm 0,44 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). No

entanto, este valor foi praticamente o dobro daquele medido no campo. No caso de N4 havia pontos na pastagem em que o solo estava encharcado e tinha muitas invasoras, principalmente *ciperáceas*. Nas áreas de solo mais seco destacava-se a presença não apenas de plantas invasoras do tipo *ciperáceas* e *paspalum notatum* (gramão), mas também de cupinzeiros e pontos de erosão laminar e formação de ravinas. Em média, para condição N4, a pastagem apresentava-se com altura média de 6,1 cm. No entanto, a presença de plantas invasoras pode ter sido um dos fatores que contribuiu para aumento dos valores de IAF estimado, haja vista que cada pixel Landsat 5 – TM possui em média 30 metros de resolução espacial e toda vegetação presente nesta área (30 x 30 metros) é utilizada na estimativa do IAF.

4 – CONCLUSÕES

O índice de área foliar variou de acordo com os níveis de degradação e com o valor de L utilizado para estimativa do SAVI. Para a condição de pastagem boa (N1) e altura média 33,3 cm a utilização do parâmetro L igual a 0,10 foi o que mais se aproximou do valor médio medido no campo. No caso da condição intermediária (N2 e N3) a utilização de L igual a 0,10 apresentou diferença considerável quando comparado com o valor médio medido no campo. O alto índice de plantas invasoras com bom porte de área foliar pode ter sido um dos fatores que justificam o elevado valor de IAF estimado por satélite para a pastagem na condição N4. Neste caso, estudos complementares deverão ser realizados para elucidar esta questão. Além disso, vale ressaltar que a equação empírica utilizada carece de ajuste para as condições e tipos de pastagens cultivadas nos mais diversificados biomas e condições ambientais do território brasileiro. No entanto, de forma preliminar sugere-se que a equação de estimativa do IAF seja utilizada com atenção ao parâmetro L empregado na estimativa do SAVI.

5 – AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio à pesquisa (processo 577174/2008-8).

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) - Advanced Training and Users Manual - **Idaho Implementation**, version 1.0, 2002, 98p.
- FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N. Modelo para estimativa do índice de área foliar da cultura de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 2005.
- HUETE, A. R. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 89-105, 1988.
- LI-COR. LAI-2000 plant canopy analyser: Instruction manual. Li-cor Inc. Lincoln: 1992. 182 p.
- NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 11, 1994 **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p. 107-151.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Instituto Agronômico de Campinas. Boletim técnico, n.114, 1987. 33p.
- ZANCHI, F. B.; WATERLOO, M. J.; AGUIAR, L. J. G.; von RANDOW, C.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F. L.; MANZI, A. O. Estimativa do índice de área foliar (IAF) e biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 335-348, 2009.