

MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAÇÃO DA ÁREA FOLIAR A PARTIR DE MEDIDAS LINEARES EM ESPÉCIES FORRAGEIRAS

**DENISE PREVEDEL CAPRISTO^{1*}; FRANCISCO EDUARDO TORRES²;
ANGELITA DOS SANTOS ZANUNCIO³; GABRIELE GONÇALVES DE MENDONÇA.**

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, denise_prevedel@hotmail.com;

²Docente da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, feduardo@uems.com;

³Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, angelitazanuncio@hotmail.com;

⁴Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, Gabriele.goncalves@outlook.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Objetivou-se nesse trabalho gerar modelos matemáticos com alta precisão, com o intuito de estimar a área foliar de espécies forrageiras. O experimento foi conduzido no Campo Agrostológico da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana, onde foram implantados canteiros individuais com 4 m² de cinco espécies de forrageiras: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa humidicola* cv. Humidicola, *Urochloa ruziziensis* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries. Para as avaliações foram coletadas 200 folhas aleatoriamente de cada espécie com diferentes tamanhos, sendo mensurado o comprimento (C), a largura (L) com o auxílio de uma régua milimetrada e calculado o produto comprimento vezes largura (CxL). As folhas também foram fotografadas, colocando-as sob um papel milimetrado, a fim de serem processadas com o programa Sigma Scan Pro v. 5.0, para a determinação da área foliar de cada folha e de modelos matemáticos em função do C, da L, e/ou CxL. A largura foi a dimensão foliar mais indicada para estimar a área foliar das espécies *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruziziensis* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries, a partir do modelo linear de primeiro grau. Já para as demais espécies, nenhum dos modelos testados se ajustou aos dados, o que indica a necessidade de empregar outros não-lineares, para assim tentar modelar a área foliar dessas espécies.

PALAVRAS-CHAVE: *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa ruziziensis* cv. Ruziziensis, *Panicum maximum* cv. Áries, Kolmogorov-Smirnov.

MATHEMATICAL MODELS TO ESTIMATE THE LEAF AREA FROM THE LINEAR MEASUREMENTS IN FORAGE SPECIES

ABSTRACT: The aim of this study generate models mathematical with high precision, with the purpose of estimating the leaf area of forage species. The experimente was conducted in the agrostological field of the State University of Mato Grosso do Sul, Unit of Aquidauana, where individual beds were planted with 4 m² of five forage species: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa humidicola* cv. Humidicola, *Urochloa ruziziensis* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries. For the evaluations 200 leaves were randomly collected from each species with diferente sizes, being measured the length (C), the width (L) with the aid of a millimeter rule and the product length times width (CxL). The leaves were also photographed, placed under a paper millimeter, in order to be processed with the program Sigma Scan Pro v. 5.0, for the determination of the leaf area of each leaf and of mathematical models as a function of C, L and/or CxL. The width was the leaf size most suitable to estimate the leaf area of the species *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruzizienses* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries, from the first-order linear model. For the other species, none of the models tested fit the data, which indicates the need to use other no-linear ones, in order to try to model the leaf area of these species.

KEYWORDS: *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa ruziziensis* cv. Ruziziensis, *Panicum maximum* cv. Áries, Kolmogorov-Smirnov.

INTRODUÇÃO

A região do ecótono Cerrado-Pantanal tem sua economia baseada na produção rural, indústria, extração mineral, turismo e prestação de serviços, sendo sua principal atividade econômica a pecuária extensiva de cria e recria, com destaque para o gado de corte. Possui área de 949.694 hectares de pastagem natural com 810.790 cabeças de bovinos (IBGE, 2010). As pastagens constituem a principal fonte de alimento para os ruminantes, onde o objetivo do seu manejo é obter por unidade de área a máxima produção de forragem com valor nutritivo satisfatório, durante a estação de pastejo, atendendo às exigências nutricionais dos animais e às exigências fisiológicas das plantas, para que a produção não seja afetada (TORRES et al., 2013).

O aumento da produção vegetal é resultado do processo fotossintético que ocorre nas folhas das forrageiras, as quais transformam a luz solar em energia para a produção de biomassa, que será consumida pelo animal. Por isso, também se faz necessário o conhecimento do desenvolvimento morfológico das forrageiras, para um adequado manejo do pastejo (NASCIMENTO JÚNIOR; ADESE, 2004).

A área foliar de uma planta está ligada diretamente ao rendimento da cultura, no qual determina a interceptação da radiação solar e na troca de água e energia entre a folha e o ar adjacente à atmosfera. A folha é o principal órgão da planta responsável pela fotossíntese, gerando energia e responsável pelas trocas gasosas entre planta e ambiente. A fotossíntese depende da interceptação da radiação solar e sua conversão em energia química. Desta forma, o índice de área foliar pode ser considerado um dos parâmetros indicativos de produtividade (MALDANER et al., 2009). Segundo Fagundes et al., (1999), quanto maior o IAF, maior a absorção de luz pela planta, devido a maior área foliar, aumentando sua capacidade fotossintética.

Desta forma, a avaliação da área foliar em plantas forrageiras é necessária para promover o entendimento da dinâmica de produção de forragem e suas relações dentro de sistemas de produção. Há dois métodos para estimar a área foliar, os diretos e os indiretos. Os métodos diretos na sua maioria são destrutivos, demorados, necessitando a coleta de folhas ou de biomassa, além de apresentarem custo elevado, como é o caso do aparelho LI-COR (método padrão). Por outro lado, os métodos indiretos estimam a área foliar a partir de uma determinada variável independente, com isso o uso de modelos para estimar a área foliar é simples, rápido, preciso e confiável.

O procedimento usual desse método envolve medidas do comprimento (C) e/ou da largura (L), das áreas de folhas amostradas e em seguida obtenção dos coeficientes 2 de determinação que relacionam as medidas lineares com a área da folha. Esse método matemático elimina a necessidade do uso de medidores e reconstruções geométricas, reduzindo o tempo das medições (GAMIELY et al., 1991).

O objetivo deste trabalho foi gerar modelos matemáticos com alta precisão para a estimação da área foliar em espécies forrageiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo agrostológico da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), localizado na região de transição entre os biomas Cerrado e Pantanal, situado no município de Aquidauana-MS, nas coordenadas 20°27'S e 55°40'W com uma altitude média de 170 m.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura arenosa (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características na camada de 0 - 0,20 m: pH (H₂O) = 6,2; Al trocável (cmol_c dm⁻³) = 0,0; Ca+Mg (cmol_c dm⁻³) = 4,31; P (mg dm⁻³) = 41,3; K (cmol_c dm⁻³) = 0,2; Matéria orgânica (g dm⁻³) = 19,74; V (%) = 45; m (%) = 0,0; Soma de bases (cmol_c dm⁻³) = 2,3; CTC (cmol_c dm⁻³) = 5,1. O clima da região, segundo a classificação descrita por Köppen-Geiger é do tipo Aw (Tropical de Savana) com precipitação média anual de 1200 mm e temperatura média de 26,2 °C.

Na preparação da área experimental foi realizada uma dessecação com o Herbicida Roundup WG®, com ingrediente ativo glyphosate, na dose de 2 kg ha⁻¹ utilizando pulverizador costal com capacidade de 20 litros. Após a secagem e a morte completa das plantas, foram feitos cinco canteiros com 4 m² para semeadura das espécies *U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. humidicola* cv. Humidicola, *U. ruziziensis* cv. Ruziziensis e *P. maximum* cv. Áries. A adubação no

momento da semeadura consistiu de 300 kg ha⁻¹ da formulação 0-20-20. Para o controle das plantas invasoras realizou-se capinas manuais.

Para a determinação da área foliar das forrageiras, foram coletadas 200 folhas aleatoriamente por espécie, aos 42 dias de crescimento, após a emergência, em seu crescimento vegetativo pleno. Em cada uma das folhas foram mensurados o comprimento (C) e a largura (L) com uma régua milimetrada. Em seguida, estimou-se o produto comprimento vezes largura (CxL). As mesmas folhas foram fotografadas por meio de uma câmera digital com 14.1 mega pixels da marca Sony, modelo DSC-W110, sendo colocadas sob um papel milimetrado, como referencial de medida das fotos. Depois, essas imagens foram processadas com o programa Sigma Scan Pro v. 5.0, para as determinações de comprimento (C), de largura (L) e de área foliar.

Com as variáveis do comprimento foliar (C), da largura foliar (L), do produto CxL e da área foliar (Y) das 200 folhas coletadas para cada espécie, foi verificada a normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, para cada variável em cada espécie. Posteriormente, com as folhas modelou-se a área foliar determinada por fotos 4 digitais (Y) em função do C, ou da L e/ou do CxL, por meio do modelo linear ($Y = a + bx$), totalizando quinze modelos (um modelo x três variáveis independentes x cinco espécies forrageiras). Nesses modelos, x representa a dimensão linear da folha (C, L ou o produto CxL). Os critérios utilizados para escolher os modelos que melhor estimaram a área foliar em função do C ou da L e/ou do CxL foi o que apresentou maior coeficiente de determinação, e a menor dispersão dos pontos em relação à área foliar real (soma de quadrado dos resíduos).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software Statística 7.0 ® (STATSOFT, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve ajuste dos dados de todas as variáveis em todas as culturas à distribuição normal ($p > 0,05$). Assim, existe a adequabilidade desses para modelar a área foliar a partir das dimensões foliares medidas em todas as espécies. Dentre os modelos testados, o modelo linear de segundo grau não se ajustou a nenhuma das variáveis testadas para nenhuma espécie forrageira.

Na Tabela 1 se encontram as equações dos modelos de primeiro grau ajustadas para as espécies *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruzizienses* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries. Para as demais espécies, nenhum dos modelos testados ajustou-se aos dados, o que indica a necessidade de empregar modelos não-lineares para se tentar modelar a área foliar dessas culturas. Segundo Cardozo et al., (2011) e Cargnelutti et al., (2015), o modelo linear é recomendado por sua facilidade de utilização em relação aos demais, como, por exemplo, o quadrático.

Os modelos lineares são representados através de uma linha reta e contínua, sendo que os dados obtidos podem aumentar ou diminuir continuamente, onde o coeficiente linear “a” representa o ponto em que o gráfico corta o eixo dos x, e o coeficiente angular “b” representa a tendência que a relação linear vai seguir, indicando relação diretamente proporcional quando o valor de “b” for positivo, e inversamente proporcional quando “b” for negativo. Assim, o coeficiente linear “a” representa a parte fixa da relação linear, e o coeficiente “b”, a parte variável (TRIOLA, 1999).

É possível verificar que para as três espécies em que se obteve ajuste, a largura (L) foi a dimensão que melhor possibilitou estimar a área foliar. Maldaner et al. (2009), testando modelos matemáticos no girassol, também verificou que essa dimensão é a melhor para estimar a área foliar. Segundo os mesmos autores, os modelos que utilizam a largura (L) ou o comprimento (C) das folhas são mais preferíveis, pois diminuem o número de medições a serem realizadas a campo, devido ao uso de apenas uma dessas dimensões.

Tabela 1. Modelos lineares para a determinação da área foliar obtida por fotos digitais (Y), utilizando o comprimento (C), a largura (L) e o produto comprimento vezes largura (CxL) das folhas como variáveis independentes (x) e o coeficiente de determinação (R²) de cada modelo, com base em 200 folhas, de cinco espécies forrageiras, cultivadas no ecótono Cerrado/Pantanal.

Cultura	Variável dependente (x)	Equação	R ²
<i>U. decumbens</i> cv. Basilisk	Comprimento (C)	Sem ajuste	---
	Largura (L)	$\hat{Y} = 260,50x - 60,21$	0,4577
	C x L	$\hat{Y} = 6,92x + 107,84$	0,4448
<i>U. ruzizienses</i> cv. Ruziziensis	Comprimento (C)	Sem ajuste	---
	Largura (L)	$\hat{Y} = 291,75x - 188,27$	0,5165
	C x L	Sem ajuste	---
<i>U. humidicola</i> cv. Humidicola	Comprimento (C)	Sem ajuste	---
	Largura (L)	Sem ajuste	---
	C x L	Sem ajuste	---
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	Comprimento (C)	Sem ajuste	---
	Largura (L)	Sem ajuste	---
	C x L	Sem ajuste	---
<i>Panicum maximum</i> cv. Áries	Comprimento (C)	Sem ajuste	---
	Largura (L)	$\hat{Y} = 110,54x - 41,18$	0,5769
	C x L	Sem ajuste	---

Bianco et al., (2005), em estudos com capim marmelada e Bianco et al., (2001), em estudos com *Panicum maximum*, constataram que os valores de coeficiente de determinação para as regressões lineares simples, entre a área foliar real e o produto do comprimento pela largura da folha, foram as equações que permitiram obter estimativas mais acuradas de área foliar. Dados estes, diferentes dos observados neste trabalho, onde a largura foi a dimensão foliar mais indicada para estimar a área foliar das espécies *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruzizienses* cv. Ruziziensis e *P. maximum* cv. Áries, a partir do modelo linear de primeiro grau.

CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos ajustados são: *Urochloa decumbens* cv. Basilisk ($\hat{Y} = 260,50x - 60,21$), *Urochloa ruzizienses* cv. Ruziziensis ($\hat{Y} = 291,75x - 188,27$) e *Panicum maximum* cv. Áries ($\hat{Y} = 110,54x - 41,18$).

A largura foi a dimensão foliar mais indicada para estimar a área foliar das espécies *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruzizienses* cv. Ruziziensis e *Panicum maximum* cv. Áries, a partir do modelo linear de primeiro grau.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

- Bianco, S. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas: *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. Planta Daninha, v. 18, n. 1, p. 79-83, 2000.
- Bianco, S.; Pitelli, R. A.; Perecin, D. Estimativa da área foliar de *Panicum maximum* usando dimensões lineares do limbo foliar. Planta Daninha, v. 19, n. 2, p. 217-221, 2001.
- Bianco, S.; Pitelli, R.A.; Bianco, M.S. Estimativa da área foliar de *brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. Planta Daninha, v. 23, n. 4, p. 597-601, 2005.
- Cardozo, N. P.; Parreira, M. C.; Amaral, C. L.; Alves, P. L. da C. A; Bianco, S. Estimativa da área foliar de *Crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. Bioscience Journal (Online), v. 27, p. 902-907, 2011.

- Cargnelutti, A. O. F.; Toebe, M.; Alves, B. M.; Burin, C.; Kleinpaul, J.A.; Estimação da área foliar de canola por dimensões foliares. *Bragantia* (São Paulo, SP. Eletrônico), v. 74, p. 139-148, 2015. Disponível em: . Acesso em: 15 mai. 2016.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 306 p, 2006.
- Fagundes, J. L.; Silva, S. C.; Pedreira, C. G. S.; Sbrissia, A. F.; Carnevalli, R. A.; Carvalho, C. A. B.; Pinto, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1141-1150, out./dez. 1999.
- IBGE. Cidades, Aquidauana-MS. Produção Agrícola municipal, 2010. Disponível em: . Acesso em: 07 maio 2011.
- Gamiely, S.; Randel, W.M.; Mills, H.A.; Smittle, D.A. A rapid and nondestructive method for estimating leaf area of onions. *Hort Science*, v. 26, p. 206, 1991.
- Kissmann, K.G.; Groth, D. Plantas infestantes e nocivas. Tomo II. São Paulo: BASF Brasileira, 798p, 1992.
- Maldaner, I. C.; Heldwein, A. B.; Loose, L. H.; Lucas, D. D. P.; Guse, F. I.; Bortoluzzi, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.
- Nascimento Júnior, D. do; Adese, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. II Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, UFV, Viçosa, 58 p., 2004.
- STATSOFT. *Statistica 7.0 Software*. Tucksá, USA, 2005.
- Sendulsky, T. Chave para identificação de *Brachiaria*. *Jornal Agroceres*, São Paulo, v. 5, n. 56, p. 4-5, 1977.
- Torres, F.E. ; Oliveira, E.P. ; Teodoro, P.E. ; Silveira, M.V. ; Ribeiro, L.P.; Silveira, L.P.O. Produção de forragem de cultivares de *Panicum maximum* submetidas a diferentes estações de cultivo e tipos de sementes. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 36, p. 435-440, 2013.
- Triola, M.F. *Introdução à Estatística*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- Valle, C.B.; Macedo, M.C.M.; Euclides, V.P.B.; Jank, L.; Resende, R.M.S. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca, D.M. da; Martuscello, J.A. (Ed.). *Plantas forrageiras*, p.30-77, 2010.