



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Eficiência do Modelo APSIM-Growth em estimar a produtividade do Capim Piatã¹



Cristiam Bosi²; José Ricardo Macedo Pezzopane³; Paulo Cesar Sentelhas⁴; Patrícia Menezes Santos⁵

¹ Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 de agosto de 2015

² Eng. Agrônomo, Doutorando, Dpto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, Fone: (16) 3411-5620, cristiambosi@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos-SP, jose.pezzopane@embrapa.br

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Associado 3, Dpto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, pcsentel.esalq@usp.br

⁵ Eng. Agrônoma, Pesquisadora, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos-SP, patricia.santos@embrapa.br

RESUMO: Esse estudo teve por objetivo testar a capacidade do modelo APSIM-Growth em estimar a produtividade de *Urochloa brizantha* cv. Piatã, utilizando duas parametrizações desenvolvidas para forrageiras tropicais. Para isso, foram utilizados dados coletados em um experimento conduzido na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, nos anos de 2011 a 2013, em que foi avaliada a produtividade da *U. brizantha* cv. Piatã, sob irrigação (produtividade potencial) e em condições de sequeiro (produtividade atingível), em 15 ciclos de crescimento. A primeira parametrização testada foi a de Araújo et al. (2013) que foi desenvolvida para estimar o acúmulo de forragem de *Panicum maximum* cv. Mombaca, baseando-se na parametrização do modelo para *Panicum coloratum* cv. Bambatsi e alterando as temperaturas cardinais, ou seja, a temperatura base inferior, ótima inferior, ótima superior e base superior, para 15,6; 21,0; 21,9 e 50,0°C, respectivamente; a eficiência de uso da radiação (RUE) para 1,95 g MJ⁻¹; a área foliar específica mínima e máxima (SLA = 13,6 e 25,9 m² kg⁻¹, respectivamente); e ignorando o parâmetro de alteração da partição pelo fotoperíodo (Fdl). A segunda parametrização testada foi adaptada a partir da primeira, utilizando as temperaturas cardinais de 10,6; 30,2; 40,0 e 45,0°C, sendo a primeira obtida com dados experimentais e as demais no trabalho de Pequeno et al. (2014) para *Urochloa brizantha* cv. Marandu; e a RUE = 2,0697 g MJ⁻¹, estimada com dados experimentais dessa mesma cultivar. As estimativas da produtividade da cultivar Piatã foram melhores quando foi utilizada a parametrização adaptada para a cultivar Marandu (R² = 0,82 e d = 0,93 para a produtividade potencial; R² = 0,69 e d = 0,90 para a produtividade atingível), o que parece razoável já que as duas cultivares pertencem à mesma espécie.

PALAVRAS-CHAVE: modelo mecanístico, pastagens tropicais, acúmulo de forragem

EFFICIENCY OF APSIM-GROWTH MODEL TO ESTIMATE PIATÃ PALISADE GRASS YIELD

ABSTRACT: This study aimed to test the ability of APSIM-Growth Model to estimate of *Urochloa brizantha* cv. Piatã yield using two parameterizations made for simulate the growth of tropical forages. For this, yield data of *U. brizantha* cv. Piatã, under irrigation (potential yield) and in rainfed conditions (attainable yield) obtained in an field experiment carried out at Embrapa Cattle Southeast, in São Carlos, SP, from 2011 to 2013, were used, totaling 15 growth cycles. The first parameterization tested was that proposed by Araújo et al. (2013), developed for estimating forage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaca, based on the model parameterization made for *Panicum coloratum* cv. Bambatsi, but with different cardinal temperatures, 15.6, 21.0, 21.9, and 50.0°C, respectively for minimum base temperature, the first optimal, the second optimal and the maximum base temperature, radiation use efficiency (RUE = 1.95 g MJ⁻¹), minimum and maximum specific leaf area (SLA = 13.6 and 25.9 m² kg⁻¹, respectively), and ignoring the day-length modifier for partitioning (Fdl). The second parameterization tested was adapted from the first, using cardinal temperatures of 10.6, 30.2, 40.0, and

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

45.0°C, the first obtained from experimental data and the others were recommended by Pequeno et al. (2014) for *Urochloa brizantha* cv. Marandu, and RUE = 2.0697 g MJ⁻¹, which was estimated with experimental data of the same cultivar. Yield estimates for Piatã cultivar were better when the parameterization adapted for the Marandu cultivar were used ($R^2 = 0.82$ and $d = 0.93$ for the potential yield; $R^2 = 0.69$ and $d = 0.90$ for the attainable yield), which sounds reasonable since Marandu and Piatã belong to the same species.

KEY WORDS: mechanistic model, tropical pastures, forage accumulation

INTRODUÇÃO

As pastagens do gênero *Urochloa* tiveram um papel muito importante no Brasil, pois proporcionaram que a pecuária de corte se desenvolvesse em solos ácidos e de baixa fertilidade, característicos dos Cerrados, sendo atualmente, a base das pastagens cultivadas no Brasil (Valle et al., 2000).

A *Urochloa brizantha* é a espécie forrageira mais plantada no Brasil, principalmente a cultivar Marandu (Miles et al., 2004). A cultivar Piatã, apesar de em condições ambientais ótimas ser menos produtiva que outras cultivares mais plantadas, surge como uma boa alternativa para locais com deficiências hídricas elevadas, pois, segundo Santos et al. (2013), o seu menor rendimento em condições de maior conteúdo de água no solo, comparada à cultivar Marandu, sugere que o controle das trocas gasosas pelo fechamento de estômatos pode ser um dos mecanismos de adaptação ao estresse por déficit hídrico desenvolvidos por essa cultivar.

Em função da importância dos fatores ambientais na produção das forrageiras, modelos matemáticos têm sido desenvolvidos e utilizados para predição da produção em função das variáveis climáticas. Para cultivares dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, existem na literatura diversas parametrizações de modelos mecanísticos com o objetivo de estimar a produtividade, como, por exemplo, os trabalhos de Pequeno et al. (2014), com *U. brizantha* cv. Marandu, utilizando o modelo CROPGRO, e Araújo et al. (2013) empregando o modelo APSIM-Growth para *P. maximum* cv. Mombaça.

O APSIM (*Agricultural Production Systems Simulator*) é um sistema de modelagem modular desenvolvido na Austrália pela *Agricultural Production Systems Research Unit* para simular os processos biofísicos dos sistemas agrícolas. A sua estrutura modular é flexível e, atualmente, o modelo é capaz de simular o crescimento de 30 culturas (Holzworth et al., 2014).

Este trabalho teve como objetivo testar a capacidade do modelo APSIM-Growth em estimar a produtividade de *Urochloa brizantha* cv. Piatã, utilizando duas parametrizações desenvolvidas para as forrageiras tropicais *U. brizantha* cv. Marandu e para *Panicum maximum* cv. Mombaça.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento que gerou os dados de produtividade utilizados nesse trabalho foi implantado na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (21°57'42" S, 47°50'28" W, 860 m). O clima do local é classificado como Cwa (Köppen), com duas estações bem definidas: estação seca, de abril a setembro, que apresenta temperatura média de 19,9 °C e 250 mm de chuva e estação chuvosa, de outubro a março, com temperatura média anual de 23,0 °C e 1100 mm de chuva. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Em fevereiro de 2011 foi realizada a semeadura da *U. brizantha* cv. Piatã em parcelas de 5 x 5 m, em duas situações de manejo: com e sem irrigação. A irrigação foi por aspersão, com turno de rega variável, levando-se em conta a diferença acumulada entre a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e a precipitação, tendo como parâmetro para o início da irrigação o momento em que a água facilmente disponível (AFD) fosse totalmente consumida e para o término da irrigação a chegada da umidade do solo à capacidade de campo (CC). A AFD considerada para esse caso foi de 20 mm e a capacidade de água disponível (CAD) de 60 mm. Após 60 dias da semeadura procedeu-se um corte de nivelamento, com o início da coleta de dados para a parametrização do modelo. Foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições.

No período de abril de 2011 a abril de 2013 foram conduzidos 15 ciclos de crescimento, com duração variando de 35 dias, nas épocas quentes, a 56 dias, nas épocas frias, com quatro avaliações de produtividade e características biométricas em cada um, compondo um total de 50 dados de produtividade, sendo que após o corte final de cada ciclo era feito o rebaixamento das parcelas a 0,2 m do solo, dando início a um novo ciclo de crescimento. Após cada corte de nivelamento, as parcelas eram adubadas com N na forma de uréia, totalizando 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Em cada coleta do experimento com *U. brizantha* a pleno sol foram retiradas duas sub-amostras por parcela para quantificação do acúmulo de fitomassa, utilizando-se um quadrado amostrador com área de 0,25 m². A forragem recém-coletada foi pesada, sendo, posteriormente, as duas sub-amostras de cada parcela misturadas para a retirada de duas amostras de aproximadamente 200 g de massa verde: uma amostra para realizar a separação morfológica (colmos e bainhas, folhas e materiais senescentes) e outra amostra para a determinação da matéria seca. A determinação da porcentagem de matéria seca (%MS) das frações morfológicas foi feita pesando-se as sub-amostras antes e após a secagem em estufa de ventilação forçada a 60 °C, até atingirem peso constante. Com o conhecimento prévio do peso da massa verde colhida em 0,25 m², foi possível estimar a produção da matéria seca das frações nesta área e, conseqüentemente, estimar esses valores em um hectare (kg ha⁻¹).

Os dados de produtividade da *U. brizantha* cv. Piatã sob irrigação foram considerados como sendo a produtividade potencial e os dados em condições de sequeiro como a produtividade atingível.

A primeira parametrização utilizada nas estimativas da produtividade foi a de Araújo et al. (2013) que foi desenvolvida para estimar o acúmulo de forragem de *Panicum maximum* cv. Mombaça, baseando-se na parametrização do modelo para *Panicum coloratum* cv. Bambatsi e alterando as temperaturas cardinais, ou seja, a temperatura base inferior, ótima inferior, ótima superior e base superior, para 15,6; 21,0; 21,9 e 50,0°C, respectivamente; a eficiência de uso da radiação (RUE) para 1,95 g MJ⁻¹; a área foliar específica mínima e máxima (SLA = 13,6 e 25,9 m² kg⁻¹, respectivamente); e ignorando o parâmetro de alteração da partição pelo fotoperíodo (Fdl).

A segunda parametrização testada foi adaptada a partir da primeira, utilizando as temperaturas cardinais de 10,6; 30,2; 40,0 e 45,0°C, sendo que a primeira foi obtida com dados experimentais de *Urochloa brizantha* cv. Marandu por meio do método da menor variabilidade de Arnold (1959), e as demais do estudo de Pequeno et al. (2014) para; e a RUE = 2,0697 g MJ⁻¹, estimada com dados experimentais dessa mesma cultivar.

O módulo do APSIM utilizado nas estimativas foi o APSIM-Growth (Huth et al., 2001), com passo de cálculo diário para simular o crescimento das plantas. Uma descrição geral da simulação é apresentada na equação 1.

$$\Delta G = R_{\text{int}} \times \text{EUR} \times \min(F_R, F_N, F_{\text{VPD}}) \times F_W \quad (1)$$

em que: ΔG é a taxa de crescimento diário; R_{int} é a radiação solar global interceptada diariamente (MJ m⁻²); EUR é a eficiência de uso da radiação (g MS MJ⁻¹); e F_R , F_N , F_{VPD} e F_W são os modificadores da produção por temperatura, nitrogênio, déficit de pressão de vapor e teor de água no solo,

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

respectivamente. R_{int} é calculado usando a área de cobertura do solo, a área foliar e uma suposição exponencial da extinção de luz ao longo do dossel. O F_R e o F_{VPD} são baseados respectivamente nos valores diários da temperatura média do ar e da pressão de vapor. O F_N é baseado na concentração de Nitrogênio na folha e o F_W é calculado pela relação da demanda e do fornecimento de água no solo (APSIM, 2015).

Como dados de entrada para a simulação foram utilizadas informações sobre o período de crescimento da pastagem (início e fim), solo (teor de água na saturação, no ponto de murcha permanente, na capacidade de campo e a densidade do solo), adubação nitrogenada (fonte, quantidade e época de aplicação) e clima (latitude local, temperatura média anual, e amplitude média anual com base nas médias mensais, valores diários de temperatura do ar máxima e mínima, precipitação e radiação solar global incidente).

Para a avaliação do desempenho do modelo foram utilizados a análise de regressão linear e o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (d), o Erro médio (EM) e o Erro Absoluto Médio (EAM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se utilizou a parametrização de Araújo et al. (2013) (para capim Mombaça) na estimativa da produtividade potencial da *U. brizantha* cv. Piatã, foram obtidos resultados razoáveis, porém, quando foram utilizados os parâmetros da *U. brizantha* cv. Marandu as estimativas foram melhores, principalmente quanto à produtividade potencial (Figura 1).

Na análise comparativa dos dados de produtividade potencial, estimados e observados com os parâmetros para capim Mombaça, constatou-se precisão elevada ($R^2 = 0,77$), boa exatidão ($d = 0,89$) e erros razoáveis ($EM = 652,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e $EAM = 815,5 \text{ kg ha}^{-1}$), porém, com a parametrização corrigida para a cultivar Marandu, obteve-se um R^2 de 0,82, um d de 0,93 e erros menores ($EM = 345,7 \text{ kg ha}^{-1}$ e $EAM = 599,6 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 1a e 1b).

O desempenho do modelo poderia ter sido ainda melhor caso não tivesse ocorrido florescimento das plantas no ciclo 7, o que provocou o estiolamento destas, com maior alocação de fotoassimilados para o colmo, componente morfológico com maior razão massa seca/massa verde, o que aumentou a produção de MS de parte aérea.

A produtividade atingível foi estimada com menos eficácia, sendo que mais uma vez a parametrização para capim Mombaça proporcionou os piores resultados ($R^2 = 0,68$; $d = 0,90$; $EM = 184,4 \text{ kg ha}^{-1}$ e $EAM = 833,5 \text{ kg ha}^{-1}$), enquanto que, inserindo-se os parâmetros da cultivar Marandu houve uma pequena melhoria na eficiência do modelo ($R^2 = 0,69$; $d = 0,90$; $EM = -154,3 \text{ kg ha}^{-1}$ e $EAM = 703,3 \text{ kg ha}^{-1}$).

As análises relativas às estimativas da produtividade atingível foram prejudicadas pelo fato de que os dados observados nos ciclos 4, 5, e 6 do experimento sob irrigação foram menores do que os em condições de sequeiro, o que não pôde ser explicado pelo modelo.

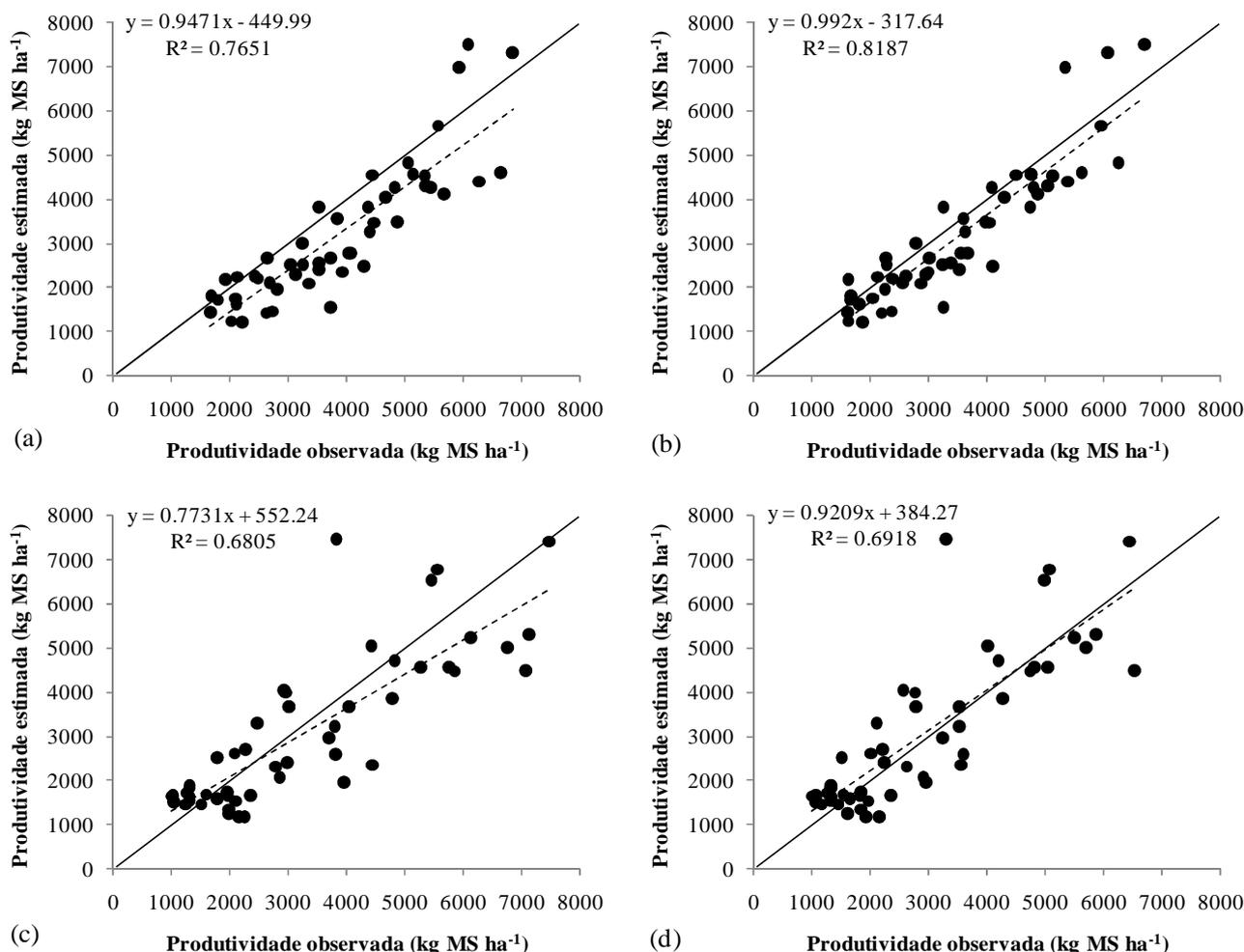


Figura 1. Relação entre as produtividades observadas e estimadas pelo modelo APSIM-Growth para *U. brizantha* cv. Piatã, considerando-se a produtividade potencial estimada com os parâmetros de *P. maximum* cv. Mombaça (a) e de *U. brizantha* cv. Marandu (b), e a produtividade atingível estimada com os parâmetros de *P. maximum* cv. Mombaça (c) e de *U. brizantha* cv. Marandu (d).

CONCLUSÕES

O modelo APSIM-Growth é mais eficiente em estimar a produtividade potencial da *U. brizantha* cv. Piatã quando são utilizados os parâmetros adaptados para *U. brizantha* cv. Marandu.

A produtividade atingível é estimada com menor eficácia em relação à produtividade potencial em ambas as parametrizações testadas, sendo necessárias novas calibrações que corrijam essa deficiência.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela bolsa e à Embrapa Pecuária Sudeste pelo apoio na fase experimental.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration** - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

APSIM – Agricultural Production Systems simulator. **Growth**. Disponível em: <www.apsim.info>. Acesso em 20 de maio de 2015.

ARAÚJO, L.C.; SANTOS, P.M.; RODRIGUEZ, D.; PEZZOPANE, J.R.M.; OLIVEIRA, P.P.A.; CRUZ, P.G. Simulating Guinea Grass production: empirical and mechanistic approaches. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 61-69, 2013.

ARNOLD, C.Y. The development and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, p. 430–445, 1959.

HOLZWORTH, D.P. et al. APSIM - Evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. **Environmental Modelling & Software**, Amsterdã, v. 62, p. 327-350, 2014.

HUTH, N.I.; SNOW, V.O.; KEATING, B.A. Integrating a forest modelling capability into an Agricultural production systems modelling environment - current applications and future possibilities. **Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation**, Australia National University, pp. 1895-1900, 2001.

MILES, J.W.; VALLE, C.B.; RAO, I.M.; EUCLIDES, V.P.B. Brachiariagrasses. In: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLLENBERGER, L.E. (Ed.). **Warm-season (C4) grasses**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 2004. p.745-783.

PEQUENO, D.N.L.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J. Simulating forage production of Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) with the CROPGRO-Perennial Forage model. **Crop & Pasture Science**, 65, 1335-1348.

SANTOS, P.M.; CRUZ, P.G.; ARAÚJO, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; VALLE, C.B.; PEZZOPANE, C.G. Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 11, p. 767-773, 2013.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000. Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.21-64.