

AVALIAÇÃO DE MODELOS AGROCLIMÁTICOS PARA A ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA (PPL) DA VEGETAÇÃO NATURAL

EVANDRO SCHWEIG¹; ALEXANDRE LUIS MÜLLER²; GENEI ANTONIO DALMAGO⁴; LAISE MARIA BOLIS³; ANDERSON SANTI⁴; GILBERTO ROCCA DA CUNHA⁴; ALDEMIR PASINATO⁵

¹ Graduando em Engenharia Ambiental UPF, bolsista PIBIC/CNPq/Passo Fundo-RS, e-mail: vandoschweig@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia UPF, bolsista CNPq/Passo Fundo-RS.

³ Graduando em Ciências Biológicas Bacharel UPF, bolsista Iniciação Científica CNPq/Passo Fundo-RS.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Embrapa Trigo/Passo Fundo-RS.

⁵ Analista de Sistemas, Analista B Embrapa Trigo/Passo Fundo-RS.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - Grandarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação preliminar de modelos agroclimáticos de estimativa da Produtividade Primária Líquida (PPL). A comparação foi feita para dois locais, Lapa/PR e Passo Fundo/RS, sendo que em Lapa, os modelos foram comparados também com medições a campo. Utilizou-se os modelos agroclimáticos: Miami, Montreal, Biosférico de Alta Resolução e de Chikugo, os quais utilizam dados meteorológicos como variáveis de entrada nos modelos e possuem escala de tempo anual, estimando a PPL em $\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ de matéria seca. Os modelos, sem exceção, apresentaram estimativas acima do valor da mata nativa, que variaram na ordem de 3,8% a mais de 40%. Entretanto, apresentaram uniformidade de estimativa de PPL entre os locais estudados, com valores cerca de 4% superiores em Passo Fundo, em relação a Lapa. O modelo Montreal foi aquele que apresentou estimativa mais próxima à mata nativa (+3,8%) e pode ser considerado como o mais promissor para estimativa da PPL em locais com disponibilidade de dados meteorológicos.

PALAVRAS-CHAVE: produtividade primária líquida, modelo agroclimático, indicadores de sustentabilidade.

EVALUATION OF AGRICLIMATIC MODELS FOR ESTIMATION OF NET PRIMARY PRODUCTIVITY (NPP) OF NATURAL VEGETATION

ABSTRACT: The objective of this study was to make a preliminary assessment of an agrilclimatic model for estimating the net primary productivity (NPP). The comparison was made in two locations, Lapa/PR and Passo Fundo/RS. In Lapa, the models were also evaluated against field observations. The agrilclimatic models used were: Miami, Montreal, Biosphere High Resolution and Chikugo. These use meteorological data as input variables and have annual time scale, estimating NPP as $\text{g.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$ of dry matter. The models, without exception, presented estimates above the value of native forest, which ranged in the order of 3.8% to over 40%. However, the estimate of NPP were similar in both sites studied, with values around 4% higher in Passo Fundo than in Lapa. The estimated values observed with the Montreal model was closer to the native forest (+3.8%) and can be considered as the most promising for the estimation of NPP in locations with availability of meteorological data.

KEY-WORDS: net primary productivity, agrilclimatic models, sustainability indicators.

INTRODUÇÃO: A necessidade de aumentar a produção de alimentos, com redução do impacto no ambiente, pode ser alcançada pela melhoria na eficiência de uso dos recursos naturais. Para isso é importante que se conheça a capacidade produtiva natural dos ambientes visando à intervenção de maneira adequada, criando agroecossistemas produtivos, com riscos mínimos de impacto sobre o meio ambiente. A Produtividade Primária Líquida do ambiente natural (PPL) - balanço entre fotossíntese e respiração (Feng et al., 2007) - é uma variável que expressa adequadamente a capacidade produtiva de um ambiente, devido integralizar todas as relações de complexidade entre os fatores naturais de produção. No entanto é altamente variável de um local para outro em consequência da variabilidade de fatores climáticos e pedológicos. Portanto o uso de modelos agroclimáticos de estimativa é uma das formas viáveis de obtenção da PPL, quando se dispõem de bases de dados meteorológicos, devido ao seu baixo custo em relação a determinação direta a campo que envolve altos custos e grande demanda de mão-de-obra e, também, devido a possibilidade de ser estimada em locais que atualmente não apresentam mais florestas nativas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação preliminar de modelos agroclimáticos de estimativa da PPL.

MATERIAIS E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na Embrapa Trigo, em Passo Fundo/RS, envolvendo a aplicação de quatro modelos agroclimáticos de estimativa da PPL. Os mesmos foram aplicados para dois locais, Lapa, na região sul do Estado do Paraná e Passo Fundo, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Os modelos utilizados foram o de Miami (Lieth, 1973), Montreal (Lieth & Box, 1972), Biosférico de Alta Resolução (MBAR) adaptado de Esser et al. (1994), e de Chikugo (Uchijima & Seino, 1985). Os mesmos possuem escala de tempo anual, estimando a PPL em $g \cdot m^{-2} \cdot ano^{-1}$ de matéria seca (MS). Os dados meteorológicos para Lapa foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) localizada em Lapa ($25^{\circ} 47' S$ e $49^{\circ} 46' W$, altitude de 910m). Para Passo Fundo, os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada junto a Embrapa Trigo, ($28^{\circ} 15' S$ e $52^{\circ} 24' W$ altitude de 684m). Para Passo Fundo foi feita apenas a comparação entre os modelos de estimativa de PPL, enquanto que para Lapa a PPL estimada pelos modelos foi comparada com dados de medições a campo de PPL de mata nativa (Floresta Ombrófila Mista), que foram realizadas entre 1996 e 1998. O valor de PPL utilizado para Lapa foi obtido de Pizzato (1999). Para Passo Fundo e outras localidades na região sul do Brasil não foram identificados valores de PPL de mata nativa medida a campo. O Modelo Miami, estima a PPL como função da precipitação pluvial anual (P, mm) ou da temperatura média anual do ar (T, °C), conforme as equações 1 e 2:

$$PPL = 3000(1 - e^{-0,000664P}) \quad (1)$$

$$PPL = 3000 / (1 + e^{1,315 - 0,119T}) \quad (2)$$

em que: e é a base do logaritmo natural e 3000 é a PPL máxima alcançada pelos diferentes ambientes (em g), ou seja, a produtividade não excede a 3 kg de MS $m^{-2} \cdot ano^{-1}$. O modelo Montreal estima a PPL considerando a combinação dos efeitos da precipitação pluvial anual e temperatura média anual do ar, expressa na variável evapotranspiração atual ou real (ETr, mm), conforme a equação 3:

$$PPL = 3000(1 - e^{-0,0009696(ETr-20)}) \quad (3)$$

em que: e é a base do logaritmo natural e 3000 é a produtividade máxima alcançada nos diferentes ambientes. A ETr, foi estimada pela metodologia de cálculo no balanço hídrico climático, desenvolvida por Thorntwaite & Mather (1955), em que a ETP mensal foi estimada pelo Método de Thorntwaite (Thorntwaite, 1948), conforme descrição apresentada por Pereira

et al. (1997). A estimativa de ETr foi feita em escala mensal para cada ponto de análise, com posterior totalização na escala anual. Com variáveis mais complexas o Modelo Chikugo, estima a PPL a partir da radiação solar líquida (R_n , $\text{Kcal cm}^{-2} \text{ano}^{-1}$) e de um índice radiativo de seca (IRS), proposto por Budyko (1980), que representa o efeito da radiação solar sobre a temperatura e a evapotranspiração. O Modelo Chikugo é representado pela equação 4.

$$\text{PPL} = 0,29R_n e^{-0,216\text{IRS}} \quad (4)$$

em que: e é a base do logaritmo natural; R_n e IRS foram estimados conforme Mehta et al. (2007), com adaptações necessárias. O Modelo Biosférico de Alta Resolução (MBAR) estima a PPL, baseado em regressões com a temperatura do ar e a precipitação anual e incluindo o efeito da fertilidade do solo e da concentração atmosférica de CO_2 , conforme a equação 5:

$$\text{PPL} = \min[\text{PPL}_{\text{Miami(P)}}, \text{PPL}_{\text{Miami(T)}}] \text{ FERT}_{\text{solo}} F_{(\text{CO}_2)} \quad (5)$$

em que: $\min[\text{PPL}_{\text{Miami(P)}}, \text{PPL}_{\text{Miami(T)}}]$ é o valor mínimo entre a estimativa da PPL pelo Modelo Miami utilizando a temperatura média anual do ar (T) e a precipitação pluvial anual (P); $\text{FERT}_{\text{solo}}$ é o fator de fertilidade do solo, constante que depende do tipo de solo (FAO-Unesco, 1974, apud Esser et al. (1994)) e $F_{(\text{CO}_2)}$ representa o efeito do CO_2 , estimado pela equação 6:

$$F_{(\text{CO}_2)} = A (1 - e^{-R([\text{CO}_2] - 80)}) \quad (6)$$

sendo:

$$A = 1 + \text{FERT}_{\text{solo}}/4 \quad (7)$$

$$R = -\ln(1 - 1/A)/240 \quad (8)$$

em que: e é a base do logaritmo natural; $[\text{CO}_2]$ é a concentração atual de CO_2 , assumida como sendo $379 \mu\text{l l}^{-1}$ (IPCC, 2007). Os resultados da aplicação dos modelos nos dois locais foram analisados através da apresentação das diferenças percentuais entre os mesmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A comparação entre os valores de PPL estimados pelos diferentes modelos agroclimáticos e o valor medido de PPL da mata nativa, segundo Pizzato (1999), para o município de Lapa, é apresentado na Figura 1. Verificou-se diferenças entre os modelos de estimativa com a formação de dois grupos, em que os modelos Miami, Chikugo e Biosférico apresentaram estimativas mais altas, da ordem de $2200 \text{ g m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ de MS, enquanto o modelo Montreal estimou PPL da ordem de $1600 \text{ g m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ de MS. Em termos percentuais médios essa diferença está na ordem de 30%, valor dentro da variabilidade esperada para estudos desta natureza, que segundo Running et al. (2004), varia entre 20 e 30%. A comparação entre a PPL estimada pelos modelos e o valor de referência medido a campo, demonstra que o modelo Montreal apresentou a estimativa mais próxima (apenas 3,8% superior) daquela observada na mata nativa (Tabela 1). Os demais modelos superestimaram a PPL entre 30% a mais de 40% no caso do modelo Biosférico de Alta Resolução. Considerando-se que os valores de PPL, tanto medidos a campo quanto estimados pelos modelos, são média de 3 anos, pode-se inferir que o modelo Montreal é o que apresenta melhores condições de ser utilizado para estimativa e posterior espacialização da PPL do ambiente natural. Na avaliação do desempenho dos diferentes modelos de estimativa para as condições de Passo Fundo (Figura 2), observou-se tendência similar ao desempenho observado em Lapa, no Paraná. A diferença entre os modelos que superestimaram a PPL em Passo Fundo, em relação a Lapa, foi em média de 4%, indicando que o modelo Montreal, que apresentou estimativa mais próxima a mata nativa em Lapa, apresenta potencial de uso também em Passo Fundo. O melhor desempenho do modelo Montreal no caso da simulação feita para Lapa, provavelmente esteja relacionada ao fato que o mesmo utiliza a evapotranspiração real como variável de entrada, a qual representa melhor a complexidade das relações entre temperatura do ar e precipitação pluvial. Segundo Running et al. (2004) os controles mais importantes da PPL no planeta são a água (precipitação pluvial) e a temperatura do ar, controlando 40% e 33%, respectivamente, da PPL global.

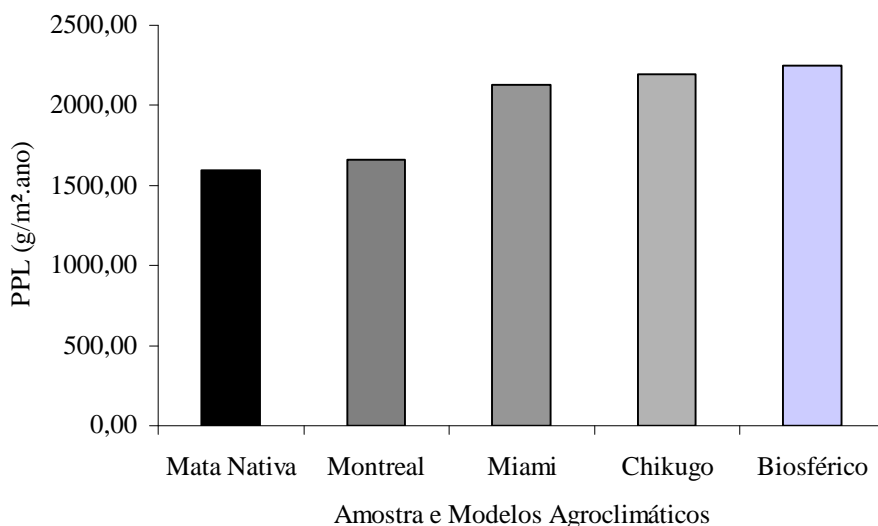


Figura 1. Produtividade Primária Líquida do ambiente natural (média entre os anos de 1996 e 1998) medida a campo (Mata Nativa) e estimada por diferentes modelos agroclimáticos para a região do município de Lapa, PR. Passo Fundo, RS - 2009.

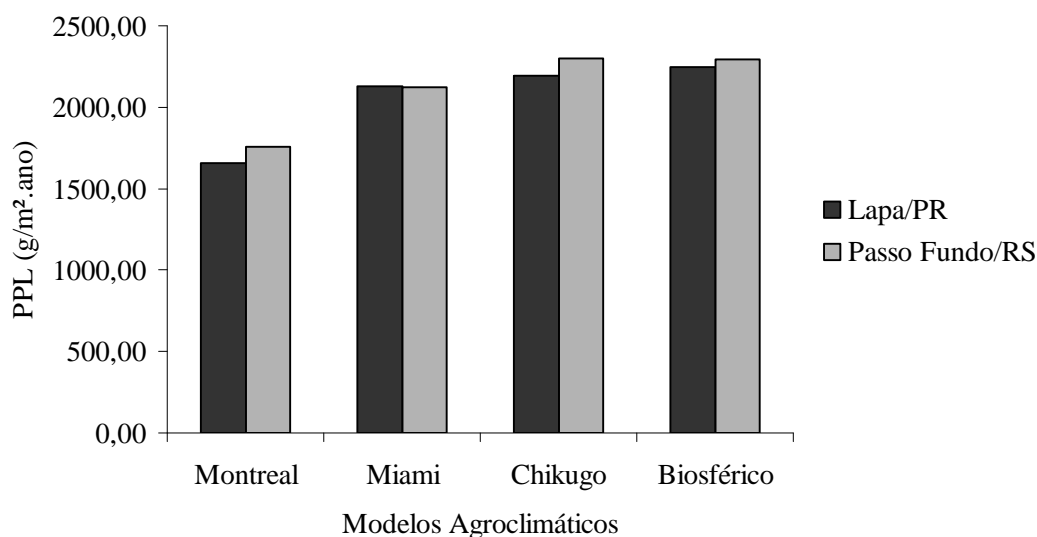


Figura 2. Produtividade Primária Líquida do ambiente natural (média entre os anos de 1996 e 1998) estimada por diferentes modelos agroclimáticos para a região do município de Lapa, PR, e Passo Fundo, RS. Passo Fundo, RS - 2009.

CONCLUSÃO: Há grande variabilidade de estimativa da PPL entre os modelos, porém, mantêm a uniformidade entre os locais. O modelo Montreal apresenta estimativas mais próximas aos valores medidos na Mata Nativa.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica, PIBIC e de Mestrado e pelo apoio financeiro, através do projeto aprovado no Edital MCT/CNPq N°06/2008 - Jovens Pesquisadores, Processo CNPq n° 569482/2008-8.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRITEZ, R.M. de; BORGO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, ROSANA. Estoques e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil. Colombo:Embrapa Florestas, 2006. 165p.
- ESSER, G.; HOFFSTADT, J.; MACK, F. High Resolution Biosphere Model. Uwe Wittenberg: Institute for Plant Ecology, 1994. 68 p. (Documentation – Series Editor).
- FENG, X., et al. Net primary productivity of China's terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. *Journal of Environmental Management*, v.85, n.3, p. 563-573, 2007.
- IPCC. Climate Change 2007: the physical science basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris, 21 p, 2007.
- LIETH, H. Primary production: Terrestrial ecosystems. *Human Ecology*, v.1, n. 4, p. 303-332, 1973.
- LIETH, H.; BOX, E. Evapotranspiration and primary productivity. In: Thornthwaite, W. (ed.). *Memorial Model, Publications in Climatology*. C. W. Thornthwaite Associates, New Jersey, p.37-46. 1972.
- MEHTA, V. K.; WALTER, M. T.; DeGLORIA, S. D. Constructing water balance: read about constructing a water balance. India WaterPortal. Disponível em: <<http://www.indiawaterportal.org/data/waterbalance>>. Acesso em 15/08/2007.
- PEREIRA, A. R. VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- RUNNING, S. W.; NEMANI, R. R.; HEINSCH, F. A.; ZHAO, M.; REEVES, M.; HASHIMOTO, H. A continuous satellite-derived measure of Global Terrestrial Primary production, *BioScience*, v. 54, n. 6, p. 547-560, 2004.
- SEINO, H. Distribution maps of net primary productivity (NPP) of natural vegetation and related climatic resources. National Institute for Agro-Environmental Sciences. Disponível em: <http://www.niaes.affrc.go.jp/topics/g7/clmres_e.html>. Acesso em 15/08/2007.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- UCHIJIMA, Z.; SEINO, H. Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetations: (1) Chikugo model for evaluating net primary productivity. *Journal Agricultural Meteorological*, v. 40, n. 3, p. 343-352, 1985.