

BALANÇO ENERGÉTICO DA PRODUÇÃO DE *Eucalyptus benthamii* EM GUARAPUAVA-PR

LIMA, Edson Alves de, Licenciado em Ciências Agrícolas, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, edson@cnpf.embrapa.br

MAEDA, Shuzio, Eng. Agr., Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, maeda@cnpf.embrapa.br

WENZEL, Adalberto Aparecido, Graduando de Engenharia Florestal UFPR, adalberto07@ufpr.br

ABDALA, Eros Michel, Graduando de Licenciatura em Biologia da FIES - Faculdades Integradas "Espírita", michelawei@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi contabilizar as entradas e saídas energéticas do sistema de produção da cultura de *Eucalyptus benthamii* em Guarapuava - PR. Para determinação do balanço energético, considerou-se o total de energia contida na biomassa, descontando-se os gastos de energia durante 21 anos. O balanço energético da produção de *Eucalyptus benthamii* foi de 81,74. Para cada unidade energética gasta na produção, obteve-se 81,74 unidades energéticas contidas na madeira, superior ao etanol de cana-de-açúcar (8,06), etanol de mandioca (1,52), etanol de milho - EUA (1,23); biodiesel de dendê (8,66), biodiesel de girassol (1,87 a 2,69), biodiesel de soja (1,57) e biodiesel de canola - Europa (1,47). Estes resultados colocam o *Eucalyptus benthamii* como uma excelente alternativa para uso em programas de bioenergia devido ao baixo investimento em energia fóssil e ao elevado retorno energético.

Palavras-chave: bioenergia, balanço energético, *Eucalyptus*.

***Eucalyptus benthamii* PRODUCTION ENERGETIC BALANCE At GUARAPUAVA - PR**

ABSTRACT: The objective of this work was to account for energetic inputs and outputs from an *Eucalyptus benthamii* production system used in Guarapuava-PR. For energetic balance determining, total energy amount within biomass was considered, discounting energy expenditures over 21 years. Energetic balance of *Eucalyptus benthamii* production systems resulted on a rate of 81,74. For each expended energetic unit used at the production system, 81.74 energetic units came out of the wood, superior from sugar cane ethanol (8.06), cassava ethanol (1.52), corn ethanol - USA (1.23); dendê biodiesel (8.66), sunflower biodiesel (1.87 a 2.69), soya biodiesel (1.57) and rape biodiesel - EU (1.47). Those results place *Eucalyptus benthamii* as an excellent biofuel programs alternative, due to its low investment in fossil energy inputs and the high energetic output.

Keywords: bioenergy, energetic balance, *Eucalyptus*.

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 87% da matriz energética mundial está baseada em fontes não renováveis, sendo que 80,3% têm origem em fontes fósseis, e que apresenta elevada emissão de gás carbônico (CO₂), gás que é apontado como mais importante gás de efeito

estufa (GEE) (BRASIL, 2006). Atualmente é crescente o interesse por fontes renováveis de energia, principalmente por aquelas que contribuam em mitigar as emissões de GEE, sobretudo o CO₂.

Entretanto pouca atenção vem sendo dada aos estudos do balanço energético, que estabelece a relação entre o total de energia contida no biocombustível e o total de energia fóssil gasta em todo o processo da produção do biocombustível, incluindo-se o processo agrícola e industrial (URQUIAGA et al., 2004). Para GAZZONI et al. (2006), o balanço energético é o parâmetro mais adequado para definir a viabilidade técnica de um programa de bioenergia. Para ser positivo, o balanço energético depende de diversos fatores, em especial do rendimento da cultura e do menor consumo de fertilizantes nitrogenados, que demanda grande quantidade de energia para sua produção.

No entanto, trabalhos relacionados com balanço energético na produção de biocombustíveis sólidos como lenha e carvão inexistem na literatura. Por isso, o objetivo deste trabalho foi contabilizar as entradas e saídas energéticas do sistema de produção da cultura de *E. benthamii* na região de Guarapuava - PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, tomou-se como referência os dados da planilha de custos médios praticado por produtores de *E. benthamii* da Região de Guarapuava - PR. A Região de Guarapuava foi selecionada para a tomada de dados, em função de ser propensa a fortes geadas, e por isso, já existe uma grande aceitação do *E. benthamii* para produção de madeira para energia. Para este trabalho, baseou-se nas seguintes características da terra: área corrigida, plana, contínua, com lavoura e plantio direto a mais de dez anos e foram considerados três ciclos de sete anos (total 21 anos).

Para o balanço energético foram contabilizadas as entradas de energia através do uso de máquinas, fertilizantes, pesticidas, mudas, colheita, mão de obra e equipamentos. Os dados de gasto energético foram baseados na literatura existente, conforme Tabela 1.

Os dados de gasto energético em fertilizantes foram baseados em PIMENTEL (1980). Considera-se balanço energético a razão da quantidade de energia gerada pela biomassa do combustível (madeira) pela quantidade de energia gasta no cultivo. Para determinação do balanço energético da produção de *E. benthamii*, considerou-se o total de energia contida na biomassa, descontando-se os gastos de energia durante cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do balanço energético da produção de *E. benthamii* por hectare estão apresentados na Tabela 1. O consumo total de energia na produção de *E. benthamii* no sistema de talhadia (período de 21 anos) foi de 58,19 GJ. Considerando que o eucalipto é uma cultura perene, torna-se necessário calcular o gasto energético médio anual para fazer comparação com outros biocombustíveis a partir de culturas anuais. A produção de *E. benthamii* apresentou gasto energético médio anual de 2,77 GJ, que pode ser considerado baixo quando comparado à produção de biodiesel de girassol com 18,66 GJ e biodiesel de soja com 17,33 GJ (GAZZONI et al., 2006); à produção de etanol de cana-de-açúcar com 19,98 GJ (URQUIAGA et al., 2004); etanol de mandioca com 24,71 GJ (SOARES et al., 2007); biodiesel de girassol com 17,47 GJ (ARAÚJO et al., 2007).

Observa-se que o item operações mecanizadas foi o mais representativo no gasto de energia (48 GJ) representando 82% do total de energia gasta. A energia consumida pelo trabalho humano foi praticamente desprezível, com 0,33 GJ e representando apenas 0,6% do total de energia consumida.

Tabela 1. Balanço energético da produção de *Eucalyptus benthamii* na Região de Guarapuava - PR

Item	Unido	Quant.	Energia (GJ)	(%)
Operações Mecanizadas			48,07	82,6
Insumos			9,79	16,8
Operações manuais			0,33	0,6
Total			58,19	100,00
Gasto energético médio anual			2,77	
Produt. do <i>E. benthamii</i> (1° ciclo)	kg	94120	1849,00	38,9
(2° ciclo)	kg	80002	1572,00	33,0
(3° ciclo)	kg	68002	1336,00	28,1
<i>Energia</i> produzida na <i>Madeira</i> - 3 ciclos = rotação de 21 anos			4757,00	100,0
Produtividade energética média anual			226,52	
Balanço energético (energia produzida/energia gasta)			81,74	
Saldo anual de energia (Gcal/ano)			223,76	
Saldo total na produção de <i>E. benthamii</i> em 21 anos (GJ)			4698,90	

Considerando a produtividade média do *E. benthamii* da Região estudada, verifica-se que a produtividade energética total foi de 4.757,00 GJ, resultando em produtividade média anual de 226,52 GJ. URQUIAGA et al. (2004) observou rendimento energético de 161,10 GJ para o etanol de cana-de-açúcar nas condições brasileiras. Verifica-se, portanto, que a produtividade energética do *E. benthamii* foi 40% superior à do etanol de cana-de-açúcar. No entanto, quando se compara a produtividade energética do *E. benthamii* com outros biocombustíveis, a superioridade é ainda maior, sendo 719 % e 350 % superior ao biodiesel de girassol e soja, respectivamente.

Ao descontar a energia gasta da energia produzida, tem-se o saldo energético anual. Observa-se que o saldo energético do *E. benthamii* foi de 223,76 GJ positivos. Já para a produção de etanol, tem-se saldo energético de 141,12 GJ (URQUIAGA et al., 2004).

Porém, o melhor indicador de eficiência energética é o balanço energético. Nota-se na Tabela 3, que o balanço energético da produção de *E. benthamii* foi de 81,8. Este valor é extremamente elevado comparado aos demais biocombustíveis como etanol de 8,06; biodiesel de dendê sob condições da Malásia = 8,66 (URQUIAGA et al., 2004); etanol a partir da mandioca = 1,52 (SOARES et al., 2007); biodiesel de girassol = 1,87 (ARAÚJO et al., 2007); biodiesel de girassol = 2,69; biodiesel de soja 1,57 (GAZZONI et al., 2006); etano l de milho - EUA = 1,23; biodiesel de canola - Europa = 1,47 (ARMSTRONG et al., 2002). Na produção de *E. benthamii* para cada unidade energética investida no sistema obtém-se 81,74 unidades em madeira, demonstrando a elevada eficiência energética da cultura.

CONCLUSÕES

- O *Eucalyptus benthamii* cultivado na região de Guarapuava apresentou produtividade energética total de 4.757,00 GJ, com saldo anual de 223,76 GJ positivos.
- Para cada unidade energética gasta na produção, obteve-se 81,74 unidades energéticas contidas na madeira.
- Os resultados obtidos colocam o *E. benthamii* como uma boa alternativa para uso em programas de bioenergia devido ao baixo investimento em energia fóssil e ao elevado retorno energético.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO, E.S.; SOARES, L.H.B.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, RM.; URQUIAGA, S.S. Balanço energético da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS. 2007, Teresina-Piauí. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agroenergia/trabalhos/004.PDF>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

ARMSTRONG, AP.; BARO, J.; DARTOY, J.; GROVES, AP.; NIKKONEN, J.; RICKEARD, D.J. Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - na update. S.I., 2002, 18p. Disponível em: <http://www.concawe.be/1_FGJLPMJAJBJ_BHPCIKJIDBDFJPDBY9DBYW69DW3571_KM/CEnet/docs/DLS/2002-00213-01-E.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2006: Ano base 2005. Resultados Preliminares / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética - Rio de Janeiro: EPE, 2006, 28p. Disponível em: <http://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2007.pdf>. Acesso em 10 jul. 2007.

GAZZONI, D.L.; FELICI, P.H.N.; CORONATO, RM. Balanço energético das culturas de soja e girassol para produção de biodiesel. 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresss02006/agricultura/BalancoEnergetico.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2007.

PIMENTEL, D. (Ed.) Handbook of energy utilization in agricultura. Boca Ratón: CRC Press, 1980, 475p.

SOARES, L.H.B.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, RM.; URQUIAGA, S.S. A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em um programa para produção de etanol: cálculo do balanço energético. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina-Piauí. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agroenergia/trabalhos/005.PDF>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.A.; BODDEY, RM. Produção de bio-combustíveis: a questão do balanço energético. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: energia e sustentabilidade. Campina Grande, PB, 2004.