

# POTENCIAL DE ENERGIA PRIMÁRIA DE RESÍDUOS VEGETAIS NO PARANÁ – 4º Encontro de Energia no Meio Rural

**Samuel N. M. de Souza<sup>1</sup>, Alexandre Sordi<sup>2</sup>, Carlos A. Oliva<sup>2</sup>**

(1) Prof. Adjunto B, Orientador do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola – UNIOESTE

(2) Mestrandos do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola – UNIOESTE

**Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE/CCET**

**Rua Universitária, 2069 Cascavel/PR CEP 85814-110 email: ssouza@unioeste.br**

## RESUMO

Uma das maiores fontes de energia disponíveis na área rural e agroindústrias é a biomassa. Ela aparece na forma de resíduos vegetais e animais, tais como restos de colheita, esterco animal, plantações energéticas e efluentes agroindustriais. Estes resíduos podem ser utilizados pelo produtor rural ou agroindústria para a queima direta visando à produção de calor ou biogás em biodigestores. O Estado do Paraná apresenta um grande desenvolvimento no setor agrícola, juntamente com isso ocorre a disponibilidade de resíduos de biomassa (casca de cereais, resíduos resultantes da colheita mecanizada de trigo, milho, soja, e outros). Este trabalho teve como meta determinar o potencial teórico de energia primária e potencial técnico, levando em consideração as tecnologias de conversão da biomassa em eletricidade, usando resíduos de origem vegetal disponíveis no Estado do Paraná, e comparar estes potenciais com os dados de demanda de outras fontes de energia que compõem a matriz energética do Brasil.

## ABSTRACT

One of the biggest source of energy available in the agricultural area and agroindustries is the biomass. It appears in the form of vegetal and animal wastes, such as remaining portions of harvest, animal manure, energy crops and agro-industry waste water. These wastes can be used by the farmers or agroindustries for the direct burning aiming the production of heat or production of biogas in anaerobic reactors. Parana State has one big development in the agricultural sector, consequently there is a disposal of biomass wastes (rinds of cereals, wastes resulting from mechanized harvest of wheat, corn and soybean, and others). This work has as goal to determine the theoretical

potential of primary energy and the technical potential, considering the technologies of conversion of biomass to electricity, from biomass of available vegetal of the Paraná and to compare it with data of consumption of other sources of energy in the Paraná and Brazil.

## INTRODUÇÃO

São de grande importância a exploração e pesquisa de recursos energéticos em um país, pois com isso ele torna-se menos vulnerável a problemas futuros com suprimento de energia. Um exemplo de tal despreparo ocorreu com o Brasil durante a década de 70, quando teve que importar petróleo a preços elevados, porque dependia em 80% de importações do produto para satisfação de sua demanda interna. Como medida foi criado o PROÁLCOOL, o qual incentivou a produção de um biocombustível a partir da cana de açúcar visando à substituição de uma parte da gasolina.

Nos dias atuais, com os preços do petróleo mantendo-se estáveis a nível mundial e uma expressiva produção interna do mesmo, o governo brasileiro apenas investiu na manutenção do programa de uso do álcool como biocombustível (PROÁLCOOL), não como uma medida técnica visando o desenvolvimento de uma fonte alternativa de energia útil do ponto de vista estratégico, mas como uma política de satisfação dos interesses de grandes usineiros. Além disso, investiu por meio da PETROBRÁS (Estatual do petróleo) no aumento da produção do petróleo nacional. Mas, infelizmente, deixou de lado com incentivos tímidos as pesquisas e disseminação de outras fontes alternativas de energia, ao contrário do que fazem os países desenvolvidos.

No Brasil, existem ainda estáticos, sem nenhum aproveitamento, um enorme potencial de fontes renováveis de energia, destacando-se dentre elas a energia solar, eólica e biomassa. Por ser um

país de clima tropical, existe aqui um enorme potencial de biomassa, devido à grande produtividade de massa vegetal.

Neste estudo foi feito um levantamento do potencial de biomassa na forma de resíduos, oriunda da colheita e processamento de produtos agrícolas. Esta quantificação foi feita para o Estado do Paraná. Com os dados disponíveis dos resíduos foi determinado o potencial teórico e técnico de produção de energia da biomassa. Finalmente foi determinada a participação do potencial técnico no consumo de energia da biomassa no Brasil.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A biomassa é definida como toda matéria orgânica de vegetal (vegetação terrestre ou aquática), formada pelo processo de fotossíntese, o qual ocorre na presença da luz solar. Pode-se dizer que a biomassa é uma forma de armazenamento de uma pequena fração da energia solar que incide na superfície da terra, na forma de ligações moleculares orgânicas (energia química). Esta energia é liberada por processos biológicos (digestão) e termoquímicos [1].

Ao contrário da energia dos combustíveis fósseis, a biomassa é renovável e não contribui para o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, ou melhor, todo CO<sub>2</sub> liberado durante o uso da biomassa é absorvido novamente no processo de fotossíntese para sua formação.

Todas as formas de matérias e resíduos derivados de plantas e animais, sejam aquáticos ou terrestres, cuja composição primária é carbono, hidrogênio e oxigênio são conhecidos como biomassa [2].

Existem duas categorias de biomassa: a tradicional, da qual fazem parte a lenha, o carvão vegetal, a palha e a casca de arroz, resíduo vegetais e animais; a biomassa moderna, na qual estão inseridos os resíduos da utilização industrial da madeira, bagaço de cana, culturas energéticas e resíduos urbanos [3].

De uma maneira geral, a biomassa é toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal, a qual pode ser utilizada como fonte de energia. Como fonte de biomassa têm-se os resíduos agroindustriais e animais, as plantações energéticas e o lixo urbano [4;5].

Atualmente o maior consumo de energia da biomassa é nos países em desenvolvimento, onde a participação na matriz energética de alguns países chega a 40%. Nestes países a biomassa de resíduos vegetais, animais e lenha são utilizadas principalmente para a cocção de alimentos em fogões de baixa eficiência de conversão. No mundo são consumidos por volta de 400 EJ por ano de

biomassa. A biomassa contribui com 10-14% do suprimento de energia no Mundo [1].

A biomassa resultante da colheita e processamento de produtos agrícolas, tais como, milho, arroz, algodão, madeira, etc., pode ser aproveitada como um combustível sólido para conversão energética por meio da tecnologia de gaseificação, onde se produz um gás de baixo poder calorífico (4 a 6 MJ/m<sup>3</sup>). O gás resultante do processo de gaseificação é utilizado na geração de energia elétrica e calor em grupos geradores, turbinas a gás ou ciclos combinando turbina a gás e a vapor [6].

No processamento da cana de açúcar para produção de álcool e açúcar, ocorre à disposição de bagaço, folhas e pontas. Neste caso, as indústrias de processamento utilizam esta biomassa na cogeração de eletricidade e vapor. No Brasil a atividade canavieira apresenta uma grande produtividade, devido ao clima e as modernas tecnologias de cultivo, sendo que o uso do bagaço como fonte de energia já está consolidado em muitas regiões do Brasil.

O aproveitamento da energia da biomassa para a energização rural em propriedades não atendidas pelas concessionárias de distribuição de energia, deveria ser estimulado por meio de políticas governamentais, principalmente nos países em desenvolvimento onde há abundância de tal recurso renovável.

Com eminente implantação de políticas governamentais visando um incentivo a geração distribuída como medida de redução de riscos de suprimento de energia no Brasil, a identificação de potenciais de aproveitamento de biomassa é de fundamental importância, pois o uso de biomassa é viável em pequenas centrais de conversão de energia.

## MATERIAL E MÉTODOS

A partir de dados de produção vegetal do Paraná, obtidos junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB), e índices de resíduos gerados no processamento e produção de produtos vegetais extraídos da literatura, foi possível estimar o potencial anual disponível de resíduos agrícolas. Segundo Seab (2000) os principais produtos agrícolas cultivados no Paraná são a soja, milho, trigo, arroz, amendoim, cana-de-açúcar, algodão e feijão. A Tabela 1 mostra a relação resíduo/produção por tipo de cultura e foi adaptada de [3] e [7].

Tabela 1. Relações resíduo/produção por tipo de cultura

<b>Cultura</b>	<b>Produto</b>	<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Resíduo /Produtividade (ton/ha/ton/ha)</b>
<b>Cereais:</b>			
Trigo	grão	Palha	1,42
Milho	grão	Palha	1,42
Arroz	grão	Palha	1,315
		Casca	0,18
<b>Tubérculos</b>			
Amendoim	noz	Rama	1,075
Algodão	algodão	Rama	2,45
		Casca de caroços	0,50
Soja	Grão	Palha	1,40
Feijão	Grão	Palha	3,67
Mandioca	raiz	Folhas	0,186

No caso da cana de açúcar, cada tonelada apresenta uma produção de 540 kg de bagaço, folhas e pontas, sendo que com 0,6 kg deste pode-se gerar 1 kWh de energia elétrica via cogeração [8].

O PCI (Poder Calorífico Inferior) médio de diferentes tipos de biomassa vegetal, as quais são compostas em 80% de carbono e oxigênio é de 18,1 MJ/kg de resíduo. Com esse índice é possível estimar o potencial energético teórico dos resíduos para cada tipo de cultura vegetal [3;9].

O potencial técnico de conversão energia da biomassa, foi determinado levando-se em consideração o tipo de resíduo e a tecnologia de conversão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### POTENCIAL TEÓRICO

Este tipo de potencial teórico de energia foi estimado em função do poder calorífico inferior da biomassa vegetal, no caso o valor utilizado foi de 18,1 MJ/kg de resíduo de cada cultura, onde não se levou em consideração a eficiência de conversão da biomassa em energia útil.

A Tabela 2 mostra os dados de produção vegetal e resíduos no Paraná em 2000, estimados utilizando-se os índices da Tabela 1. A Tabela 3 mostra o potencial teórico de energia dos resíduos agrícolas do Paraná.

Tabela 2. Quantidade de resíduo de culturas e potencial teórico de energia no Paraná em 2000

<b>Produto vegetal</b>	<b>Produção anual (2000), em toneladas (*)</b>	<b>Quantidade de resíduo (Ton/ano)</b>
Soja	7.154.605	10.016.447
Milho	7.048.415	10.008.749
Trigo	582.357	826.947
Arroz	174.966	261.574
Algodão	124.650	305.393
Feijão	493.703	1.811.890
Amendoim	5.887	6.329
Cana-de-açúcar	22.880.416	12.355.425
Mandioca	3.929.850	5.501.790
<b>TOTAL</b>	<b>42.394.849</b>	<b>41.094.543</b>

(\*) Fonte: SEAB (Secretaria de Abastecimento do Paraná, 2000)

Tabela 3. Potencial teórico de energia no Paraná em 2000

<b>Produto vegetal</b>	<b>Energia produzida (10<sup>6</sup> GJ/ano)</b>	<b>(%)</b>
Soja	181,30	24
Milho	181,16	24
Trigo	14,97	2
Arroz	4,16	1
Algodão	5,53	1
Feijão	32,80	4
Amendoim	0,11	0,0
Cana-de-açúcar	223,6	30
Mandioca	99,58	13
<b>TOTAL</b>	<b>743,24</b>	<b>100,0</b>

A Figura 1 mostra graficamente o potencial teórico de energia via resíduos de culturas no Estado do Paraná desde o ano 1993 a 2000.

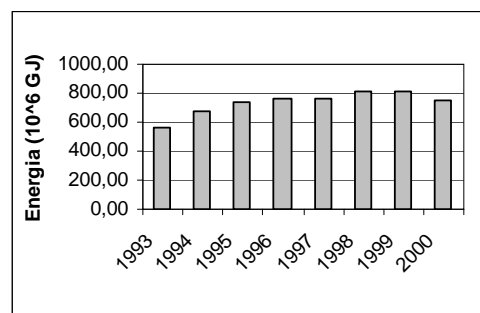


Figura 1 – Energia total de Resíduos de culturas no Paraná.

A Tabela 4 mostra o consumo de combustíveis fósseis e a Tabela 5 o consumo brasileiro de derivados de biomassa no Brasil em 2000, observa-se que o potencial teórico de energia dos resíduos

da agricultura do Paraná poderia substituir todo o óleo combustível, gás natural e carvão mineral.

Tabela 4 – Consumo de combustíveis fósseis e potencial de substituição pela energia da Biomassa do Paraná.

Combustíveis Fósseis	Consumo (10 <sup>6</sup> GJ)	Potencial de substituição dos combustíveis fósseis por biomassa (%)
Óleo Combustível	455	100
Derivados de petróleo	3281	22,7
Carvão Mineral	115	100
Gás Natural	321	100

Fonte: MME – Balanço Energético Nacional (2001)

Tabela 5 – Consumo de Derivados de Biomassa no Brasil

Derivados de Biomassa	Consumo (10 <sup>6</sup> GJ)
Lenha	617
Bagaço de Cana	604
Carvão Vegetal	181
Álcool Etílico	236
<b>Total</b>	<b>1.638</b>

Como pode ser observado na Figura 1, o potencial de energia via resíduo agrícola no Paraná cresceu na década de 90, isto devido ao aumento da produção vegetal no Estado. O resíduo de cana-de-açúcar é o responsável pelo maior potencial teórico de energia, sendo que o mesmo representa 30% do total. Se houvessem novos incentivos a produção de etanol no Brasil, provavelmente o resíduo bagaço/folhas/pontas da cana de açúcar teria uma participação ainda maior com o passar dos anos. Isso prova que a cana de açúcar é uma cultura que apresenta um importante potencial de biomassa energética para o Estado do Paraná.

Finalmente o potencial total de energia primária resultante da biomassa no Estado do Paraná foi avaliado em 743,8 milhões de GJ de energia. Isto representa 20% do consumo de energia primária de derivados de petróleo no Brasil.

### **POTENCIAL TÉCNICO**

A viabilidade técnica de aproveitamento de resíduos de produtos agrícolas para produção de energia depende de vários fatores, tais como a facilidade de coleta e transporte desta fonte primária de energia, preferência em manter o resíduo no solo para evitar a erosão, destinação para fins não energéticos (ração animal) e grau de

desenvolvimento tecnológico dos processos de conversão.

A conversão do resíduo de cana de açúcar em eletricidade é feita por meio da cogeração, como já vem ocorrendo em algumas regiões no Brasil e com sucesso.

Os resíduos de outras culturas poderiam ser convertidos em eletricidade por meio da instalação de pequenos sistemas de Gaseificação/Grupo Gerador (máximo de 600 kW) nas áreas rurais onde há disponibilidade de resíduos. No caso do Paraná, os resíduos da soja, milho, feijão, trigo e outros são utilizados na cobertura do solo para possibilitar o plantio direto. Mas neste estudo, foi proposta a conversão destes resíduos em eletricidade. Segundo [3], [10] e [11], com o uso de um gaseificador de biomassa/grupo gerador pode-se gerar em média 1 kWh de eletricidade para cada 3 kg de resíduo de biomassa.

A Tabela 6 mostra o potencial técnico de produção de energia elétrica no Paraná para cada tipo de resíduo

Tabela 6 – Potencial técnico de produção energia elétrica com biomassa no Estado do Paraná

Produto vegetal	Energia produzida (GJ/ano)	(%)
Soja	12.019.736	11,07
Milho	12.010.499	11,06
Trigo	992.336	0,91
Arroz	313.889	0,29
Algodão	366.471	0,34
Feijão	2.174.268	2,00
Amendoim	7.594	0,01
Cana-de-açúcar	74.132.548	68,25
Mandioca	6.602.148	6,08
<b>TOTAL</b>	<b>108.619.490</b>	<b>100,00</b>

O consumo de energia elétrica no Brasil em 2000 foi de 4347 milhões de GJ, enquanto que o Estado do Paraná tem um potencial técnico de produção de eletricidade via biomassa de 108,6 milhões de GJ, o que daria para suprir 2,5% deste consumo.

O Paraná em 1999 teve um consumo de 225 milhões de GJ de eletricidade [12], o qual poderia ser suprido com 48% de energia elétrica de biomassa disponível no próprio Estado.

### **O MEIO RURAL COMO UM PRODUTOR DE BIOMASSA**

O uso da biomassa como fonte primária de energia para geração distribuída de energia tende a crescer no Mundo, principalmente nos países onde

há disponibilidade desde recurso renovável de energia que não contribui para o aquecimento global.

O Estado do Paraná, assim como outras regiões agrícolas do Brasil tem uma grande disponibilidade de resíduos agrícolas, a qual é crescente com o aumento da produtividade agrícola. Frente as recentes políticas internacionais, tais como o estabelecimento de taxas de compensação para países e empresas que contribuem para a redução nas emissões de carbono na atmosfera, e a crise de abastecimento energético; são de grande importância os incentivos em inovações tecnológicas e estímulos ao desenvolvimento de um sistema de geração distribuída de energia elétrica baseado no uso de biomassa como fonte primária de energia.

Em termos de contribuição ao desenvolvimento rural isto significaria muito para o país, pois os fazendeiros poderiam agregar valor a produção agrícola através da comercialização dos resíduos. Isso seria uma contribuição para o desenvolvimento sustentável do meio rural no Brasil. Políticas que incentivam o uso de combustíveis fósseis serão cada vez mais raras com o passar do tempo.

Os órgãos financiadores de pesquisa no Brasil, não podem contemplar com muitos recursos somente à pesquisa para o uso de fontes não sustentáveis de energia tais como derivados de petróleo e gás natural para atender o interesse das grandes companhias de petróleo, deixando de lado e/ou com investimentos tímidos as fontes renováveis de energia (solar, eólica, hidrogênio renovável/célula de combustível, biomassa) pois as mesmas são muito importantes para o desenvolvimento de áreas rurais isoladas e não atendidas pelas concessionárias de energia e contribuem para o desenvolvimento sustentável do país. Além disso é necessário que haja incentivos no uso de fontes renováveis de energia, através da regulamentação e financiamentos através de subsídios para produção de energia renovável por pequenos produtores.

## CONCLUSÕES

O potencial teórico de energia da biomassa estimado para o Estado do Paraná em 2000 foi equivalente a 20% do consumo de derivados de petróleo no Brasil no mesmo ano, enquanto que o potencial técnico correspondeu a 2,5% do consumo de eletricidade no Brasil

Dentre os resíduos vegetais, os de soja, milho e cana de açúcar apresentaram o maior potencial para produção de energia. Relacionando-se o potencial técnico com o teórico a eficiência

média de conversão utilizada nas estimativas foi de aproximadamente 15%.

Com isso tem-se que o Estado do Paraná apresenta um potencial técnico expressivo para viabilizar a geração de energia elétrica via biomassa de resíduos agrícolas.

## PALAVRAS CHAVES

Agricultura, Biomassa, Produtividade, Matriz Energética

## REFERÊNCIAS

- [1]. McKENDRY, P. **Energy Production from Biomass (Part 1): Overview fo biomass**. In: Bioresource Technology, No.83, p.37-46, 2002.
- [2]. HALL, C. W. **Energy Sources and Conversions Relating Foods**, In: Food and Energy Resources, Edited by PIMENTEL, D. & HALL, C. W, Academy Press, INC., p.25-42, London, 1984.
- [3]. LORA, E. S. **Tecnologia e Aplicação Racional de Energia Elétrica e de Fontes Renováveis na Agricultura**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, p.97-128, Campina Grande, 1997.
- [4]. ELETROBRÁS – **PLANO 2015**. Estudos Básicos, v.3, Rio de Janeiro, 1993.
- [5]. HESS, A. A. **Ecologia e Produção Agrícola**, Editado por Livraria Nobel S. A., São Paulo, 1973.
- [6]. McKENDRY, P. **Energy Production from Biomass (Part 2): Conversion Technologies**. In: Bioresource Technology, No.83, p.47-54, 2002
- [7]. SILVA, N. A. **Construção e Operação de Biodigestor – Modelo Chinês**, Manual Técnico, 74p, Brasília, 1981.
- [8]. SOUZA, S. N. M. **Energia excedente de biomassa nas usinas de açúcar e álcool para produção de hidrogênio** In: IV Congresso Internacional de Ingeniería Agrícola. vol.01, p.131-133, Chillán 2001
- [9]. VOIVONTAS, D. et al . **Assessment of Biomass potential for power production: a GIS based method**. Biomass and Bionergy Vol.20, No.101-112, 2001.
- [10]. LIN, K. S. et al. **A process development for gasification of rice husk**. In: Fuel Processing Technology, Vol.55, No. 185-192, 1998.
- [11]. WARREN, T. J. B. et al. **Converting biomass to electricity on a farm-sized scale using downdraft gasification and a spark-ignition engine**, In: Bioresource Technology, Vol. 52, p.95-98, 1995.