



## Resumo do projeto PIBIC – UNICAMP

### Título do projeto:

### Mecanismos para Estratégias de Incentivo às Energias Renováveis no Estado de Mato Grosso

Coordenação: Dr. Mauro Donizeti Berni – Professor Associado Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE)

Aluna: Rafaela Carvalho Pinto – RA: 186189 – Graduanda da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)

### 1. Introdução

O Estado de Mato Grosso (EMT) apresentou nas últimas décadas elevado crescimento em sua economia, podendo destacar o desenvolvimento do agronegócio, muito incentivado por programas como o Proálcool, por exemplo. Essa expansão aumenta a quantidade de resíduos agroflorestais produzidos, os quais possuem fim questionável sob o ponto de vista ambiental, no entanto esses podem ser aproveitados para gerar energia, passando por transformações termo, bio e físico-químicas.

De acordo com a Secretaria de Indústria, Comércio, Minas e Energia do Estado de Mato Grosso (SICME), o EMT produz cerca de 80 milhões de toneladas de biomassa na forma de resíduos agrícolas e florestais que podem ser transformados em energia e somente 12% deles é aproveitado para a geração de energia elétrica. As culturas de algodão, arroz, cana de açúcar, eucalipto e milho apresentam crescimento incontestável no Mato Grosso, por este fato seus resíduos foram escolhidos como o foco da pesquisa.

Apesar de todo potencial contido na biomassa residual, esses não são aproveitados como deveriam. A falta de mecanismos para ampliar a oferta na forma de incentivos econômicos e financeiros e a falta de políticas públicas específicas são dois problemas que dificultam a exploração desses resíduos. A determinação governamental de substituição gradual de fontes energéticas com alta emissão dos gases do efeito estufa (GEE) por energias renováveis é um exemplo de mecanismo que pode beneficiar o aproveitamento da biomassa e, conseqüentemente, trazer vantagens financeiras, energéticas, sociais e ambientais ao Estado.

### 2. Materiais e métodos

A fim de analisar a capacidade dos resíduos agroflorestais estudados para gerar energia, foi feito o levantamento das produções físicas de cada cultura estudada no Mato Grosso. A partir desse valor, foi utilizado o índice denominado Potencial de Geração de Resíduos Rurais (PGRR) para se quantificar a biomassa residual advinda das culturas. Por fim, foi utilizado o Poder Calorífico Inferior dos resíduos para estimar o potencial técnico de geração de energia de cada.

As produções físicas das culturas agrícolas foram obtidas pelos dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), já os valores referentes ao eucalipto foram auferidos pelos relatórios anuais elaborados pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). Os resíduos agrícolas são aqueles produzidos no campo, resultantes das atividades de produção e colheita dos produtos agrícolas, já os florestais compreendem os resíduos de madeira plantada. O índice PGRR expressa a relação de resíduos rurais pela quantidade de produto produzidos, sendo considerado nos cálculos a umidade ( $U_m$ ) e a quantidade que deve permanecer no campo – disponibilidade agrônômica ( $DA$ ).



Os potenciais teóricos de geração de eletricidade não consideram aspectos tecnológicos, enquanto os potenciais técnicos são aqueles que levam em conta as restrições tecnológicas para serem implementados como também marcos regulatórios. Os resíduos das culturas em foco são classificados pelo Poder Calorífico Inferior (PCI) médio de matéria em base seca.

### 3. Resultados e discussões

A partir das produções físicas das culturas, dos valores de PGRR e das umidades e disponibilidades agrônômicas dos resíduos gerados, pode-se calcular a quantidade gerada de resíduos por cultura em 2018 no EMT (Tabela 1).

**Tabela 1** – Umidade, disponibilidade agrônômica, PGRR das culturas foco e produção de resíduos em 2018 no Estado de Mato Grosso.

Cultura	Um (%)	DA (%)	PGRR	Produção (10 <sup>3</sup> ton)
Algodão (AL)	35	30	2,95	3.211
Arroz (AR)	23	75	1,49	502
Cana de açúcar (CA)	85	50	0,22	20.434
Eucalipto (EU)	8	0	30* $A_{pEU}$	5.442
Milho (MI)	30	70	1,42	26.173

Fonte: Elaboração própria, com base em Torres e Albejante (2011).

Obs:  $A_{pEU}$  = a área plantada de eucalipto no Estado de Mato Grosso, ano 2018 = 181.435 ha

A geração de resíduos em 2018 foi calculada a partir das Equações 1 – algodão, arroz, cana de açúcar e milho – e 2 – eucalipto -, calculando o total anual produzido por cultura (TRG).

$$TRG_1 = PGRR \frac{t_{residuo}}{t_{cultura}} * Produção (t cultura) * (1 - DA) * (1 - Um) \quad \text{Equação 1}$$

$$TRG_2 = (30 * A_{pe}) \quad \text{Equação 2}$$

A Equação (3) fornece o potencial técnico de geração de eletricidade (PTGE), ano base 2018, para o Estado de Mato Grosso (Tabela 2).

$$PTGE = (TRG_{1,2} (t)) * (PCI \left(\frac{kWh}{t}\right)) \quad \text{Equação 3}$$

**Tabela 2:** Produção por cultura, PTG e PTGE, Estado de Mato Grosso, 2018.

Cultura	Produção (10 <sup>3</sup> ton)	PTG (10 <sup>3</sup> ton)	PTGE (10 <sup>3</sup> tEP)	PTGE (GWh)
Algodão	3.211	4.310	1325	15.409
Arroz	502	144	45	518
Cana de açúcar	20.434	472	122	1.416
Eucalipto	5.443	5.007	2052	23.858
Milho	26.173	7.804	3210	37.326

Obs: BEEMT (2018): 1GWh = 86 tEP.

O PTGE obtido para o conjunto das cinco culturas: algodão, arroz, cana de açúcar, eucalipto e milho é o dobro da geração hidráulica existente em todo o Estado de Mato Grosso. Os resíduos de arroz que possuem o menor PTGE calculado é duas vezes e meia o total gerado por fonte hidráulica da



mesorregião Nordeste. Dados do BEEMT (2018), o ano de 2014, mostram uma geração térmica da ordem 45 mil tEP. Neste caso, somente o PTGE do arroz poderia suprir a oferta daquele ano. Por fim, merece destaque o PTGE do milho que daria ao Estado de Mato Grosso todo o seu consumo interno de eletricidade e exportação, segurança de suprimento médio e longo prazos na oferta de resíduos, tendo em vista os cenários postos para a pecuária e a expansão de usinas “flex” (cana de açúcar e milho).

O PTGE, têm caráter informativo, indicando os potenciais técnicos que podem ser explorados. Dada a exequibilidade de aproveitamento de um ou mais resíduos focados, deve-se como próximo passo realizar uma avaliação criteriosa com levantamento do potencial econômicos, visto que em princípio a geração de eletricidade é atraente para compor a matriz elétrica do Estado de Mato Grosso.

#### 4. Recomendações de Mecanismos para Estratégias de Incentivo às Energias Renováveis

De acordo com Nogueira (2018) as fontes renováveis de energia enfrentam dois principais obstáculos que justificam a intervenção pública. O primeiro refere-se ao preço da eletricidade no mercado, que não representa o custo real de produção da eletricidade, uma vez que não considera os custos inerentes ao controle da poluição provocada por combustíveis fósseis e os benefícios ambientais da geração a partir de fontes renováveis, eliminando assim qualquer vantagem comparativa. O segundo remarca o estágio ainda imaturo de desenvolvimento tecnológico das fontes alternativas, o que impossibilita uma competição direta no mercado com a tecnologia de fontes convencionais e reforça a necessidade de se incentivar de forma apropriada o processo de aprendizagem tecnológico através de políticas específicas para que a barreira dos elevados custos iniciais (uma das principais características das inovações tecnológicas) seja superada.

Os dois mais importantes mecanismos de incentivo às inovações atuam em fases distintas do desenvolvimento tecnológico. O primeiro mecanismo atua na fase de desenvolvimento, utilizando o mercado competitivo para que a tecnologia possa ser absorvida e as novas quantidades de sistemas instalados e em operação possam, ao longo do tempo, agir de forma a reduzir os preços. Neste caso, a curva de aprendizagem de cada tecnologia fornece aos tomadores de decisão o subsídio necessário sobre quais tecnologias deverão ser favorecidas com políticas de desenvolvimento, podendo ser aplicada uma política de reserva de mercado exclusivamente para uma determinada tecnologia, através da qual seu custo inicial é arcado pelo governo, sendo este mecanismo denominado *buy down*. O segundo mecanismo de incentivo às inovações está nas políticas de pesquisa e desenvolvimento. O nível de investimento destinado a pesquisas pode acelerar o desenvolvimento de novos materiais e processos utilizados nos equipamentos de geração renovável de energia elétrica (Nogueira, 2011 e Dutra, 2007).

#### 5. Considerações finais

O Estado de Mato Grosso possui uma matriz energética composta por fontes de energia renováveis e não renováveis. Não obstante o estado já exporta eletricidade, as possibilidades abertas com o aproveitamento de resíduos agroflorestais para fins energéticos, tem na geração descentralizada de grande porte o potencial da formação de EcoParks/BIOhubs, alavancando o desenvolvimento econômico sem expandir áreas para pecuária e desmatamento na Amazônia Meridional. O aproveitamento econômico destes resíduos ainda é marginal, apresentando limitações, tanto pela inexistência de mecanismos de fomento à utilização de fontes renováveis derivadas da biomassa e seus resíduos, bem como em face da existência de uma legislação ambiental muito flexível, favorecendo o baixo comprometimento com a proteção ambiental, quanto pela falta de incentivos e políticas públicas para alavancar o reaproveitamento sustentado.



## 6. Referências

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, SIGA, Sistema de Informações de Geração, Disponível: <https://www.aneel.gov.br/siga>, Acessado: Maio 2020.

Berni, M. D. et al., Disponibilidade e utilização de resíduos de eucalipto das fases agrícola e industrial na Região Administrativa de Campinas, SP., Anais 52º ABTCP Congresso Internacional de Celulose e Papel Outubro, São Paulo Brasil. © 2019 ABTCP, 2019, 10 p.

BEEMT, Balanço Energético do Estado de Mato Grosso, Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Planejamento Energético, UFMT, Ano Base, 2017, 2018, 294 p.

BEN, Balanço Energético Nacional: ano base 2018, Empresa de Pesquisa Energética, EPE, Ministério de Minas e Energia, MME, Brasília, DF, 2019, 303 p.

Dias, J.M.C.S., et al., Produção de briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais, Documentos 13, Embrapa Agroenergia, 2012, 132 p.

Dutra, R. M., Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil Após a Primeira Fase do Proinfa. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Inventário Energético de Resíduos Rurais, Série Recursos Energéticos, Nota Técnica DEA 15/14, 2014, 51 p.

Enzensberger N. et al, Policy instruments fostering wind energy projects—a multi- perspective evaluation approach. Energy Policy, 30, 2002, 793–801 p.

Foelkel, C., Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade. Parte 3: Resíduos Florestais Energéticos, 2017.

FORSTER-CARNEIRO, T. et al., Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. Resources, Conservation and Recycling, v.77, 2013, 78 – 88 pp.

<http://www.aalborg-industries.com.br/downloads/poder-calorifico-inf.pdf>, Acessado Junho 2020.

<https://www.biodieselbr.com/energia/residuo/energia-do-arroz>, Acessado Junho 2020.

<https://www.b2wood.com/informacoes-e-noticias/informacoes/tabela-poder-calorifico-inferior/>, Acessado Junho 2020.

IEA, International Energy Agency, 1999, Public Policy Implications of Mechanisms for Promoting Energy Efficiency and Load Management in Changing Electricity Businesses. Research Report n° 2. Task VI of the International Energy Agency Demand-Side Management Programme. Disponível em: [http://www.ieadsm.org/Files/Tasks/Task%20VI%20-%20Mechanisms%20for%20Promoting%20DSM%20and%20Energy%20Efficiency%20in%20Changing%20Electricity%20Businesses/Publications/resrpt2\\_fin.PDF](http://www.ieadsm.org/Files/Tasks/Task%20VI%20-%20Mechanisms%20for%20Promoting%20DSM%20and%20Energy%20Efficiency%20in%20Changing%20Electricity%20Businesses/Publications/resrpt2_fin.PDF), Acessado: Julho 2020.

IMEA, Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária, Conjuntura Econômica, Disponível: <http://www.imea.com.br/imea-site/indicadores>, Acessado: Maio 2020.

Linero F., Centro de Tecnologia da Cana, 14SILA, ESALQ-LOG, Aproveitamento palha de cana: Desafios, Benefícios e Perspectivas, Piracicaba, 2017, 36 p.

Moraes. M. B. F., VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR BIODIGESTORES UTILIZANDO RESÍDUOS PECUÁRIOS Dissertação, Agroenergia, UFT, 2018, 100 p.

Nogueira, L. G., Políticas e Mecanismos de Incentivo às Fontes Renováveis Alternativas de Energia e o Caso Específico da Geração Solar Fotovoltaica no Brasil e no Chile, Dissertação Mestrado, FEM/PSE, Campinas, 2011, 170 p.



PNE 2030, Plano Nacional de Energia 2030, Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, Disponível: <https://www.epe.gov.br/pt>, Acessado: Julho 2020.

SICME, Secretaria de Indústria, Comércio, Minas e Energia do Estado de Mato Grosso, Investimento em Energia Renovável, Disponível: <http://www.sicme.mt.gov.br/> Acessado: Maio 2020.

Silva, J. E., Resíduos culturais de algodão naturalmente colorido para produção de biocombustíveis e aromáticos renováveis, Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2019, 101 p.

Torres, F. B., Albejante, F.C., Síntese de informações resultados de experiência profissional pretérita, contatos profissionais, e levantamento de dados junto à instituições privadas e estatais, casos por exemplo da Syngenta (Holambra, SP), Insumos Holambra (Holambra-SP) e da CATI/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo (Campinas-SP), 2011.

Wrobel-Tobiszewska et al., An economic analysis of biochar production using residues from Eucalypt plantations. *Biomass and Bioenergy* 81, 2015, p. 177-182.