



## **Biomassa do rio Madeira: uma oportunidade para desenvolvimento de sistemas de gaseificação para geração de energia elétrica na Amazônia**

**Atlas Augusto Bacellar**  
[abacellar2007@yahoo.com.br](mailto:abacellar2007@yahoo.com.br)

**Rubem Cesar Rodrigues Souza**  
[rubem\\_souza@yahoo.com.br](mailto:rubem_souza@yahoo.com.br)

**Universidade Federal do Amazonas – UFAM**  
**Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico – CDEAM**  
**Pavilhão Rio Madeira (Faculdade de Tecnologia)**  
**Av. Rodrigo Otávio Jordão, 3000 Campus universitário**  
**Coroadó, Manaus – AM**  
**Fone: (92)3305- 4108 CEP: 69077-000**

### **Resumo**

A universalização do atendimento de energia elétrica na Amazônia não apresenta ainda hoje um horizonte previsível real, dada às barreiras que a região apresenta, seja no aspecto geográfico, ambiental, tecnológico ou legal. Este trabalho aborda uma opção no sentido de ajudar o cumprimento dessa meta, fazendo uso de uma rota que utiliza fonte renovável, contribuindo para a sustentabilidade. Trata-se da oportunidade de geração de energia elétrica na região do rio Madeira, na Amazônia, a partir de biomassa localmente disponível, por meio de sistema de gaseificação, que, uma vez estimulado, apresenta potencial de desenvolvimento tecnológico e de mercado, visto a sua ampla aplicação na região. Os dados que serviram de subsídios para o estudo foram obtidos em publicações científicas e os resultados apontam a viabilidade da implantação do sistema de geração mencionado, necessitando para a sua difusão e desenvolvimento tecnológico de recursos financeiros que poderiam advir de editais específicos de órgãos de fomento da pesquisa, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM. Há, ainda, a necessidade de regulação deste mercado, tratado como projetos especiais pelo Programa Luz para Todos, o que se configura em barreira para as concessionárias da região no que concerne à difusão desses sistemas em seus parques geradores.

Palavras chave: Amazônia, Gaseificação, Biomassa.

## **Abstract**

Universal Access to electricity in the Amazon Region today is far away from its reality and no predictable time can be expected because of region's geographical, environmental, technological and legal barriers. This paper is about a purpose to help to reach this goal using a specific technology route with renewable source of energy contributing to sustainability. It is about the opportunity to produce electricity around Madeira River, Amazon Region, using locally disposable biomass in a gasification system which can develop the market and the technology once its regional expand potential to reply it. All data used were obtained from the literature and the results show the proposed system's viability which diffusion and technological development depend on financial resources that could be provided from the Amazonas State Resource Foundation – FAPEAM. The use of a gasification system to produce electric energy is classified as special project in Programa Luz para Todos – PLpT, a federal Government program to allow power to every Brazilian inhabitant, configuring another barrier to Utility, concerning to the technology development and use diffusion in its generation design plant as long as there is not any legal regulation about it.

**Key words: Amazon Region, Gasifier, Biomass.**

## **Introdução**

O suprimento de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia apresenta-se como um desafio para a universalização pretendida pelo Governo Federal, cujo prazo final estabelecido no Programa Luz para Todos - PLpT se encerra em dezembro do ano de 2010. O desafio se revela sobretudo pelo impedimento de atendimento por extensão de redes, haja vista os obstáculos geográficos, as grandes distâncias a serem vencidas, a enorme dispersão demográfica, os fatores ambientais, as barreiras legais, especificamente nas áreas indígenas, os aspectos tecnológicos, além da lógica de retorno financeiro que, via de regra, não atende às expectativas, implicando na necessidade da ótica da problemática pelo viés da inclusão social.

Neste contexto de barreiras que caracterizam o ambiente amazônico, é mister buscar soluções que preferencialmente façam uso de fontes renováveis disponíveis localmente. Para tanto há que se ter uma visão com a maior amplitude possível, captando as oportunidades que a própria natureza apresenta como opção de fonte para geração de energia elétrica.

Exemplo disso está na biomassa não convencional existente na região do rio Madeira, embora não restrita a essa área da Amazônia, que em sendo utilizada em sistemas de gaseificação para geração de energia elétrica em comunidades isoladas naquela região, colaboraria para o atingimento da universalização (BACELLAR, 2010). Trata-se de um formidável número de troncos de árvores que se encontram no leito desse rio e que são retirados para permitir a navegação em época de vazante.

## **O rio Madeira**

O rio Madeira é o mais importante afluente do rio Amazonas, com 1.050 km de extensão navegável, que se inicia na cidade de Porto Velho, estado de Rondônia, até sua foz, no rio Amazonas, a 50 km da cidade de Itacoatiara, no estado do Amazonas, cuja localização está ilustrada na figura 1.



Figura 1 - Localização do rio Madeira Fonte: Bacellar (2010)

O nome Madeira advém da impressionante quantidade de troncos de árvores que se encontram em suas águas, originárias de suas margens, em um fenômeno que ocorre há séculos na região, denominado de terras caídas, além de avalanches da Cordilheira dos Andes, por meio de seus formadores na fronteira do Brasil com a Bolívia: o rio Beni e o rio Mamoré.

O rio Madeira é classificado como hidrovia federal, em razão de sua importância para a economia da região, respondendo pelo transporte de mais de 1.900.000 toneladas anuais de grãos. Destaca-se a exportação de grãos de soja da chapada dos Parecis, no estado do Mato Grosso, para a Europa e Estados Unidos pelo grupo Maggi. O uso da hidrovia do Madeira permitiu competitividade para esse produto, reduzindo o custo de transporte em relação à opção anterior em mais de US\$ 36,00 por tonelada.

Para a manutenção da navegabilidade da hidrovia é necessário que sejam realizadas operações de retiradas de obstáculos, sobretudo na época da vazante, de obrigação legal do Ministério dos Transportes, por meio da Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental – AHIMOC, órgão vinculado ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

### **A biomassa disponível**

As operações de remoção de obstáculos do rio Madeira, conhecidas como retirada de “paliteiros”, são, na verdade, retirada de troncos de árvores que se depositam no canal principal, cuja permanência pode causar enormes dificuldades de uso da hidrovia no período de vazante. Historicamente esses “paliteiros” têm sido responsáveis por um considerável número de acidentes, e aumento de tempo de viagens, com reflexos nos custos de transportes.

As realizações de remoções de paliteiros ocorridas entre os anos de 2000 a 2005 disponibilizaram uma quantidade média de 3.261,18 m<sup>3</sup> anuais de biomassa lenhosa (Bacellar e Rocha, 2010). A tabela 1 mostra os locais, as quantidades anuais retiradas e a média nessas operações.

Local	Volume retirado por ano (m <sup>3</sup> )					Média
	2001	2002	2003	2004	2005	
Foz do Paraná do Madeirinha					209.36	209.36
Porto do Cruzeiro					350.2	350.2
Santa Rosa					418.71	418.71
Enseada Cachoeirinha					310.59	310.59
Paraná do Jenipapo		650			238.92	444.46
Costa Bela Vista do Atininga					468.89	468.89
Ilha do Salomão	545	590	590	725	649.43	619.89
Papagaios	545	560	560	690	406.75	552.35
I. dos Periquitos/Curicaca	420	440	440	540	424.74	452.95
Capitari	520	540	540	665	0	566.25
Mutum	670	770	755	930	143.32	653.66
<b>Totais</b>	<b>2700</b>	<b>3550</b>	<b>2885</b>	<b>3550</b>	<b>3620.91</b>	<b>3261.18</b>

Tabela 1 – Locais e volumes anuais de madeira das operações de retirada de "paliteiros" do rio madeira Fonte: BACELLAR e ROCHA, 2010.

Esse material tem sido descartado de forma concentrada às margens do próprio rio, tornando-se um problema ambiental, conforme pode ser constatado na figura 2. A opção de disposição das árvores provenientes dos "paliteiros" esteve intrinsecamente relacionada com os custos das operações (Bacellar e Rocha, 2010).



Figura 2 – Local de descarte de “paliteiros” Fonte: Bacellar e Rocha (2010)

### **Tecnologia de gaseificação**

Gaseificadores são equipamentos que transformam a biomassa em combustível gasoso, via conversão termo-química, podendo ser usado tanto na produção de calor quanto para geração de energia elétrica, neste caso acionando motores de combustão interna ou externa. O gás produzido possui baixo poder calorífico, daí chamado de gás pobre. Para seu uso em produção de eletricidade é necessário que passe por processo de limpeza e resfriamento. Diversos são os tipos de gaseificadores que podem ser encontrados na literatura.

Utilizar a tecnologia de gaseificação de biomassa em substituição aos combustíveis de origem fóssil se apresenta como interessante alternativa para reduzir a dependência aos derivados de petróleo como fonte energética de regiões, mormente na questão de flutuações de preços (CORTEZ, LORA e GOMEZ, 2008).

O uso de energia renovável, sobretudo biocombustíveis, contribui para redução da pobreza e da poluição doméstica, além de maior tempo dedicado à educação (COELHO, 2005).

Em gerações de energia elétrica usando motores de combustão interna de algumas dezenas até centenas de kW o sistema de gaseificação de biomassa se mostra competitivo frente às demais tecnologias, com destaque para a Amazônia, onde a biomassa apresenta grande potencial de disponibilidade e baixos custos (NOGUEIRA e LORA, 2003).

No Brasil não existem fornecedores de sistemas de gaseificação para uso em motores de combustão interna para geração de energia elétrica, somente calorífica, apesar da difusão desses equipamentos em outros países, como a China e a Índia, indicando uma interessante oportunidade de mercado.

Entretanto, há que se destacar experiências de sucesso vivenciadas por Universidades e órgãos de pesquisa brasileiros na utilização e adaptação de gaseificadores na geração de eletricidade, apontando para a viabilidade de desenvolvimento de tecnologia nacional.

Dentre essas experiências cita-se o GASEIBRAZ que tinha como objetivo usar a implantação de um sistema de gaseificação do Indian Institute of Technology na Amazônia para amadurecimento tecnológico no intuito de fabricar um sistema próprio de 20 kW (COELHO et al, 2006).

Outra interessante experiência em geração de eletricidade usando sistema de gaseificação de biomassa foi desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico – CDEAM, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, em projeto denominado Modelo de Modelo de Negócio em Energia Elétrica em Comunidades Isoladas na Amazônia – NERAM, que fez uso de caroço de açaí para geração de energia elétrica, usando sistema de gaseificação *downdraft* acoplado a um grupo gerador a diesel de 25 kVA, que, durante alguns meses, atendeu a um processo produtivo agro-industrial, na Comunidade de São Francisco do Parauá, na cidade de Manacapuru, estado do Amazonas. (SOUZA et al. 2008).

### Uso da biomassa para geração de eletricidade na região do rio Madeira

O uso de sistema de gaseificação para geração de energia elétrica usando a biomassa disponibilizada por operações de retirada de “paliteiros” no rio Madeira apresenta viabilidades técnica, econômica, ambiental, social e legal (BACELLAR, 2010).

A viabilidade técnica está caracterizada pela disponibilidade de equipamentos e de biomassa com características físico-químicas que indicam a possibilidade de implantação de planta de geração capaz de produzir 645 kVA, considerando o volume médio de biomassa disponibilizado ao longo dos anos em que foram realizadas as operações de remoção de obstáculos da hidrovía do Madeira. Ademais existem nas proximidades dos locais onde ocorrem essas operações unidades consumidoras em Comunidades e sedes de municípios atendidas com termelétricas a diesel que poderiam ser substituídos ou complementados pelo sistema em questão.

A viabilidade econômica está evidenciada pelos resultados comparativos de custos do kWh, onde a gaseificação representa apenas 47,24% do custo na termelétrica a diesel, além dos resultados das figuras de mérito, apresentados na tabela 2.

Custo de capital incremental [R\$]	128.691,00
Benefício incremental anual [R\$]	281.901,28
Taxa mínima de atratividade [% a.a.]	12
Vida útil [anos]	15
<b>FIGURAS DE MÉRITO</b>	
VLP [R\$]	1.791.300,43
TIR [% a.a.]	219,05
Pay back time [anos]	0,46

Tabela 2 - Pay back, VLP e TIR, considerando o fluxo de caixa incremental, nas opções de geração a diesel e gaseificação. Fonte: BACELLAR, 2010.

A viabilidade ambiental diz respeito à factibilidade de licenciamento ambiental do sistema de gaseificação, em face do estágio atual dessa tecnologia, assim como a destinação da biomassa, evitando sua disposição concentrada, o que potencializa a proliferação de vetores de doenças. Existe, ainda, a hipótese de redução de emissão de gases de efeito estufa, nos casos de substituição de termelétrica a diesel.

A viabilidade legal tem suporte na legislação em voga, seja a que obriga o Ministério de Transportes a retirada dos “paliteiros”, assim como a Lei 12.111/2009 que incentiva o uso de biomassa na geração de energia elétrica.

Finalmente, quanto à viabilidade social se vislumbra somente impactos positivos decorrentes da geração de postos de trabalho e renda, como consequência direta da implantação, bem como dos inúmeros ganhos ocasionados pela oferta de energia elétrica aos domicílios, escolas, postos de saúde, etc.

### **Considerações finais**

O uso de sistemas de geração de energia elétrica via tecnologia de gaseificação usando a biomassa disponível no rio Madeira, a partir das retiradas de “paliteiros” permitiria um ambiente adequado para seu aperfeiçoamento, estimularia o mercado, oportunizando a utilização de outras biomassas existentes na região. Desta forma, estariam criadas as condições adequadas para sua replicabilidade.

Vislumbra-se a possibilidade de alavancar essa tecnologia a partir de fomentos à pesquisa via recursos financeiros que poderiam advir de editais específicos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, dada sua ampla aplicação.

Existe, porém, a ausência de regulação para esse tipo de geração, configurando-se em barreira para o desenvolvimento em larga escala. Sua utilização está enquadrada como projeto especial no contexto do Programa Luz para Todos, cuja normatização se encontra na Portaria número 060, do Ministério de Minas e Energia, de 12 de fevereiro de 2009, em seu Manual de Projetos Especiais.

Vislumbra-se, a partir das informações apresentadas, uma oportunidade de criar conhecimentos que possam servir de subsídios para a regulação desses tipos de sistemas, criando um ambiente mais favorável à difusão de fontes alternativas, com a participação mais efetiva da tecnologia no parque gerador das concessionárias.

## Referências

BACELLAR, A. A. **Aproveitamento da Biomassa Flutuante do Rio Madeira para Geração de Energia Elétrica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará. 108 p. Belém, 2010.

BACELLAR, A. A., ROCHA, B. R. P. **Wood-fuel biomass from the Madeira River: A Sustainable option for electricity production in the Amazon Region**. Energy policy, vol. 38, número 9, pag. 5004-5012. Elsevier, Reino Unido, setembro, 2010.

COELHO, S. T., VELÁZQUEZ, S. M. S. G., SANTOS, S. M. A., LORA, B. A. **Biomass Gasification Technology Nationalization And Human Resources Formation In The North Region – Gaseibras Project**. International Scientific Conference of Mechanical Engineering. Las Villas, Cuba, 2006.

COELHO, Suani Teixeira. **Biofuels – Advantages and Trade Barriers**. United Nations Conference on Trade and development. Genebra, fevereiro, 2005

CORTEZ, L. A. B., LORA, E.E.S. GÓMEZ, E. O. **Biomassa para Energia**. Editora UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2008.

NOGUEIRA, L.A., LORA, E.E.S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Editora Interciência Ltda, 2. ed., Rio de Janeiro, 2003.

SOUZA, R.C.R., GONÇALVES, C., BACELLAR, A.A., SEYE, O., CUNHA, Y., XAVIER, D.J., FREITAS, K.T., JESUS, H., CUNHA, P.S.L., MIRANDA, I.P., SOUZA, F.C.R., PEDREIRA, A.C., **Modelo de Negócio de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas da Amazônia – NERAM**. Relatório Final. Manaus-AM, 2008.