

# GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA RESIDUÁRIA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO EM COMUNIDADE QUILOMBOLA NO PARÁ

Rafael Ninno Muniz <sup>1</sup>, Brigida Ramati Pereira da Rocha <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – PPGEE - rafael@energialudica.org

<sup>2</sup> Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – CENSIPAM, PPGEE – brigida.rocha@sipam.gov.br, brigida@ufpa.br

Universidade Federal do Pará  
Rua Augusto Correa, 01 – Guamá. Belém, Pará  
www.ufpa.br telefone: +55 91 3201-7000

## RESUMO

Esse trabalho propõe resgatar o conceito de biomassa residuária para fins energéticos, mostrando sua importância estratégica para o desenvolvimento das regiões isoladas e de difícil acesso à eletrificação. Em um estudo de caso, realiza um diagnóstico energético, levantando o potencial solar, eólico e de biomassa, para elaborar uma comparação entre essas fontes renováveis, com o objetivo de fornecer atendimento energético para uma agroindústria de despolpamento de açaí na comunidade quilombola de Jenipaúba, município de Abaetetuba, Estado do Pará. Dentre as diversas possibilidades de tecnologias existentes para aproveitamento energético da biomassa residuária, os sistemas de gaseificação mostram-se uma alternativa viável para as comunidades isoladas, devido ao fácil aprendizado do conteúdo tecnológico, permitindo assim uma transferência de tecnologia para a comunidade em questão, requisito fundamental para o sucesso de empreendimentos tecnológicos no interior da Amazônia.

**Palavras Chave:** Ambiente, energia, resíduos.

## ABSTRACT

### *BIOMASS GASIFICATION RESIDUARY IN THE AMAZON: A CASE STUDY IN QUILOMBOLA COMMUNITY IN PARA STATE*

*This paper proposes rescue the concept of residual biomass for energy purposes, showing its strategic importance for the development of isolated regions difficult access to electrification. In a case study, makes a energy diagnosis, raising the potential of solar, wind and biomass, to produce a comparison between these renewable sources, in order to provide energy supply for an agroindustry açai palm (*Euterpe oleracea*) in quilombola community of Jenipaúba, Abaetetuba municipality, State of Pará. Among the various possibilities of existing technologies for energy recovery from residual biomass, gasification systems show a viable alternative to isolated communities, due to the easy learning technology content, enabling a transfer of technology to the community in question, a fundamental requirement for successful technology ventures within the Amazon.*

**Keywords:** Environment, energy, waste.

## INTRODUÇÃO

Diante da atual crise ambiental dos combustíveis fósseis, a inviabilidade ecológica do carvão e a inconsequência do uso da energia nuclear, verificamos o desmoronamento do sistema energético atual. A partir do século XIX, o desenvolvimento das linhas energéticas fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural) e a hidroeletricidade, permitiram temporariamente reverter esta tendência, pois essas duas linhas energéticas baseadas em fontes concentradas de energia, favorecem a expansão industrial, a acumulação materialista e o controle das redes energéticas.

Com isso, as fontes fósseis tornaram-se o instrumento preferencial da expansão tecnológica moderna e as energias renováveis, sobretudo a energia da biomassa, foram progressivamente abandonadas. Esses hábitos de mimetismo cultural, herdados do período colonial e mantidos desde então pela dependência tecnológica, conduziram os países tropicais a excluírem de seus planos de desenvolvimento a biomassa energética. Ela não é apenas uma alternativa energética ou opção tecnológica, mas sim uma escolha política que ameaça a concentração da riqueza e do poder de decisão nas mãos de grupos minoritários que dominam a ordem econômica internacional.

Expandir esse conceito para as regiões isoladas, que compreendem milhares de comunidades sem acesso à energia elétrica, é mesclar tecnologia com sociedade e meio ambiente. Para isso, são necessários sistemas descentralizados de geração de energia em pequena escala, possuindo um conteúdo tecnológico de fácil

aprendizado na operação e manutenção, requisito básico para o sucesso da escolha da tecnologia na implantação de projetos sociais de eletrificação rural na Amazônia.

A metodologia empregada nesse trabalho foi com base em visitas técnicas à comunidade, revisão bibliográfica e consulta a materiais e publicações científicas. Inicia abordando os desafios existentes para levar energia elétrica até as comunidades isoladas na Amazônia e apresenta os conceitos relacionados à gaseificação da biomassa, ressaltando a escolha dessa tecnologia como uma solução para os sistemas isolados brasileiro. Apresenta o diagnóstico energético realizado na comunidade e finaliza com uma comparação entre os diversos sistemas estudados, com o objetivo de eletrificar uma agroindústria de despulpamento de açaí existente na comunidade quilombola de Jenipaúba, mostrando na discussão e conclusão as vantagens e desvantagens de cada sistema estudado.

## DESAFIOS DA ELETRIFICAÇÃO EM COMUNIDADES ISOLADAS NA AMAZÔNIA

Os sistemas isolados ocupam uma área em torno de 30% do território nacional, contemplando 3,1% da população brasileira, sendo que 99,2% da carga dos sistemas isolados estão na Região Norte. A existência dos sistemas isolados é explicado pelas dimensões continentais do Brasil e por causa da localização afastada de algumas localidades em relação aos maiores centros de consumo, e principalmente pelo objetivo de preservação da Região Amazônica.

Na Amazônia, os sistemas isolados incluem instalações de geração de energia da ordem de dezenas a centenas de quilowatts que abastecem comunidades remotas ou famílias, geralmente acessíveis apenas através de vias fluviais. Os sistemas isolados que operam existentes excluem parte da população, principalmente moradores de baixa renda que não podem arcar com o investimento necessário, a operação subsequente e os custos de manutenção. Como resultado, existem cerca de 250.000 famílias, algo em torno de 1 milhão de pessoas, na região amazônica que ainda não possuem acesso aos serviços de energia elétrica (GALINDO, 2012).

Verificamos, principalmente no interior do Pará, a existência de cidades interioranas eletrificadas, mas que estão bastante defasadas do conceito de cidades desenvolvidas. As comunidades isoladas são constituídas principalmente por populações tradicionais, tais como pescadores, seringueiros, ribeirinhos, quilombolas, extrativistas, povos nativos (indígenas) ou descendentes. Possuem carências em comum, não apenas de eletricidade, mas também de educação, saneamento básico, saúde, infraestrutura, transporte e outras demandas específicas.

O Estado do Pará, com sua grande extensão territorial e vasta bacia hidrográfica, possui uma grande quantidade de rios e ilhas, cada qual com suas dificuldades peculiares de acesso. Aliado a esses problemas, temos a questão residuária, que no caso dos sistemas isolados, torna-se um atrativo para utilização de tecnologias para aproveitamento energético dos resíduos, contribuindo para o saneamento básico e possibilitando aproveitar a energia produzida para substituir de forma parcial ou total o consumo dos combustíveis fósseis, migrando da dependência fóssil para a interdependência residuária. A busca por soluções de geração descentralizada, sistemas híbridos e energias renováveis são de fundamental importância para o pleno desenvolvimento social dessas comunidades isoladas.

## A GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA

O processo de gaseificação de combustíveis sólidos é bastante antigo, tendo como objetivo produzir um combustível gasoso através do sólido, com melhores eficiências de transporte e combustão, utilizando-o como matéria prima para diversos processos. Entre as aplicações dos gases produzidos, podemos destacar o uso como combustíveis para fornos, motores a diesel e a gasolina (ciclo Otto), turbinas a gás, geradores de vapor, até como matéria-prima para produção de gás de síntese para metanol, amônia, entre outras. Basicamente, podemos representar um sistema de gaseificação como mostrado na Figura 1:

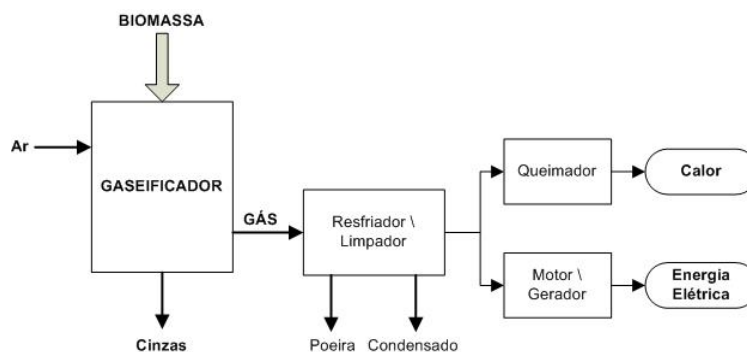


Figura 1: Sistema de Gaseificação.

Figure 1: Gasification System.

Fonte: Adaptado de STASSEN (1995).

A Biomassa pré-tratada (teor de umidade baixo) é convertido em gás através das reações de gaseificação, para posterior ser resfriado e purificado. O gás limpo pode ser utilizado em queimadores para produção de calor, ou em motores para obtenção de energia elétrica, numa mistura de 80% gás + 20% diesel, ou 100% gás para motores ciclo Otto. Variante desse processo pode ser obtido no sentido de simplificar a produção de calor, passando o gás produzido diretamente para o queimador sem a necessidade de resfriamento ou filtragem.

O processo de gaseificação da biomassa consiste em uma série de reações simultâneas, como a pirólise, a gaseificação propriamente dita e a combustão. A mistura de gases gerada no final do processo varia consideravelmente em função de diversos parâmetros, como a temperatura utilizada, pressão, tempo de residência, concentração de oxigênio e propriedades da biomassa (FAAJ et al., 2005).

O foco desse trabalho são os gaseificadores de leito fixo, co-corrente e topo aberto, pois possuem características mais adaptáveis à realidade amazônica, conforme diversos estudos e pesquisas apontam. Podemos verificar em COELHO (2002), ROSA (2007) e NETO (2006) as vantagens desse modelo em relação aos demais, levando em consideração o atendimento das especificidades de comunidades isoladas, baixo custo, tecnologia simples, fácil manutenção e operação. Uma variante é o gaseificador de topo aberto (MUKUNDA et al., 1993) para biomassa polidispersa com entrada de ar pela parte superior a fim de se evitar altas temperaturas e consequente fusão das cinzas. Essa variante de topo aberto é o utilizado no estudo de caso apresentado nesse trabalho. Estudo conduzido com esse modelo têm mostrado maior versatilidade e flexibilidade no uso de diferentes biomassas, assim como um custo mais baixo e com um conteúdo tecnológico mais fácil de aprendido para operação e manutenção.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados para realização do estudo de caso foi um levantamento das características sociais e econômicas da comunidade, resgatando um projeto concluído no ano de 2007, porém que não entrou em operação desde então. Foi feito o levantamento do potencial das energias solar, eólica e de biomassa da comunidade, para estimar o custo médio da energia das tecnologias renováveis, com o intuito de comparar o custo da energia das fontes renováveis com a geração diesel, propondo a melhor aplicação tecnológica possível para reativar a agroindústria familiar existente.

A escolha pela comunidade foi principalmente o fato de lá já existir um projeto de gaseificação de caroço de açaí, juntamente com uma agroindústria de despulpamento de açaí, iniciado no ano de 2005 e concluído em 2007. Porém, no mesmo ano da conclusão, o projeto foi descontinuado antes mesmo de entrar em operação de forma completa, devido às adversidades no cenário político da ocasião (SEOP, 2007).

Podemos dividir o projeto em três partes: i) etapa inicial, entre 2005 a 2007, com o planejamento, construção e implantação do projeto na comunidade; ii) etapa intermediária, entre os anos de 2007 a 2012, em que o projeto foi descontinuado pela troca dos agentes políticos que governavam na época; iii) etapa atual, em 2013, onde verificamos a situação de abandono no local do projeto.

No estudo de caso realizado, são apresentadas características sociais e econômicas da comunidade, os aspectos técnicos e operacionais do gaseificador, implicações do uso de uma tecnologia social pela comunidade, a situação atual do projeto e, ao final, uma comparação de custo de geração de energia visando recuperar o que existe e reativar o projeto.

Os materiais foram coletados em campo e obtidos com pesquisa bibliográfica em publicações e produções científicas existentes sobre o projeto e o tema gaseificação. Foram realizadas três visitas técnicas à comunidade, em momentos distintos do projeto, conforme descrito abaixo:

- Visita 1: Agosto de 2006, onde o autor ficou durante sete dias participando de atividades técnicas e pedagógicas com as lideranças comunitárias, no sentido de capacitar a população local para o correto uso da energia elétrica coletiva oferecida pelo projeto;
- Visita 2: Julho de 2009, acompanhando uma doutoranda da KTH School of Industrial Engineering and Management, Suécia, no seu levantamento de dados para elaboração de sua tese de doutorado (GALINDO, 2012);
- Visita 3: Junho de 2013, visita técnica de retorno ao projeto, produzindo um relatório com fotografias e levantamento da situação atual.

Para a realização do diagnóstico energético da comunidade, foram utilizadas as seguintes fontes de dados: Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA *et al.*, 2006); Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (DE SÁ *et al.*, 2001); Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005); Projeto MEAPA (INESC, 1999); Levantamento de Biomassa da Comunidade Quilombola de Jenipauá (SEOP, 2007).

Utilizamos o mapeamento realizado pelo Projeto MEAPA (Metodologias para o Mapeamento de Energias Alternativas no Estado do Pará). Foi desenvolvido em 1999, numa parceria entre a UFPA e o Instituto de Engenharia e Sistemas de Computação de Portugal (INESC - Porto). O objetivo foi elaborar metodologias de apoio à integração de energias renováveis. Foi testada em 6 regiões piloto pelo mundo (Cabo Verde, Andaluzia, Índia, Tunísia, Creta e Sicília), sendo que atualmente serve de base para vários países desenvolverem mapeamento energético, entre eles os Estados Unidos, Noruega, Suécia e Alemanha (ROCHA, 1999).

## DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DA COMUNIDADE

Até meados de 2007, a energia elétrica na comunidade era fornecida por três grupos geradores a diesel, por um pequeno sistema fotovoltaico autônomo (apenas na escola) e baterias automotivas, recarregadas periodicamente na cidade de Abaetetuba. A partir de 2007, a comunidade passou a ser servida com energia elétrica vinda do Programa Luz Para Todos, do Governo Federal. Com isso, o projeto Jenipaúba não foi finalizado e atualmente encontra-se em situação de abandono. A agroindústria edificada para funcionar em conjunto com a usina de energia também não está em funcionamento.

O principal fator dessa situação de abandono ultrapassa a competência técnica da equipe, sendo de ordem política. A fase de finalização do projeto coincidiu com a troca de atores políticos, nas esferas estadual e federal. As visões e metas estabelecidas no governo anterior não coincidiram na área de desenvolvimento sustentável, com o governo posterior, e o projeto de eletrificação da comunidade de Jenipaúba entrou em conflito de interesses políticos.

Como consequência desse processo, iniciou-se na metade de 2013 um diálogo com o Governo do Estado do Pará no sentido de retomar o projeto inicial, recuperando a usina de gaseificação e visando fornecer energia elétrica para a agroindústria de açaí, visto que o Programa Luz Para Todos já atende as residências da comunidade, porém não prevê a eletrificação de cargas que não sejam residenciais. Com isso, foi elaborado um relatório técnico da situação atual do projeto juntamente com um levantamento do potencial de energias renováveis, comparando as diversas fontes com a geração diesel, para orientar a melhor escolha no suprimento de eletrificação da agroindústria. Na Tabela 1 apresentamos de forma resumida o diagnóstico energético levantado na comunidade

**Tabela 1:** Recursos energéticos estimados na comunidade.

*Table 1: Estimated energy resources in the community.*

**Fonte:** Autor.

Recurso Energético	Solar (irradiação)	Eólico (velocidade de vento)	Biomassa (caroços e cachos de açaí)
Potencial Levantado	<b>4,5 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>3,0 a 4,5 m/s</b>	<b>1704 kg/dia</b>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa etapa final do trabalho, foi comparado os custos de geração de energia e instalação para cada tecnologia estudada, considerando o atendimento energético para a agroindústria de açaí, que representa uma carga de 20 kW. As tecnologias estudadas foram os sistemas fotovoltaicos, sistemas eólicos e sistemas à biomassa.

O cálculo do custo de energia foi realizado através dos seguintes passos: i) Dimensionamento da potência do sistema em função do cenário do consumo considerado e dos recursos energéticos do local; ii) Estimativa dos custos de investimento, combustível, operação e manutenção; iii) Cálculo o custo médio da energia produzida (R\$/kWh) de cada sistema; iv) Comparação dos sistemas com as vantagens e desvantagens de cada um.

No dimensionamento de cada sistema, levou-se em consideração um regime de operação de 12 horas/dia para uma carga atendida de 20 kW, totalizando uma demanda energética de 240 kWh/dia ou 7440 kWh/mês. Para o sistema fotovoltaico, admitindo uma eficiência de 10% (painéis e baterias), precisaríamos de 80 painéis de 250 Wp de potência cada. No sistema eólico, com aerogeradores de eficiência de 70%, temos uma potência de saída de 23 a 42 W/m<sup>2</sup>. Tendo uma área de varredura de 20 m<sup>2</sup>, a potência total fornecida seria de 460 a 840 W por aerogerador. Com isso precisaríamos de 23 a 43 aerogeradores para atendimento da demanda da carga estudada. Para o sistema à biomassa, segundo ROCHA *et al.* (2000), na operação de um gaseificador de potência de saída de 20 kW em regime diário de operação contínua, necessitamos em média de 480 kg/dia de caroço (consumo de 1 kg/kWh). No levantamento realizado, obtemos uma quantidade de 1704 kg/dia, mostrando a viabilidade desse resíduo para fins energéticos.

Na estimativa de custos de geração, levamos em consideração o cálculo para o sistema fotovoltaico, sistema à biomassa e comparamos com o sistema diesel, descartando o sistema eólico devido à inviabilidade econômica e física para aquisição e instalação da grande quantidade de aerogeradores calculados, pois a comunidade localiza-se numa ilha, possuindo vegetação de várzea com cheias periódicas e solo frágil, não permitindo a construção de uma base de estrutura necessária para sustentar a torre dos aerogeradores (30 a 40 metros de altura).

Para o custo de geração do sistema fotovoltaico, foram levantados os custos de aquisição do equipamento (painéis, baterias estacionárias, inversores e controladores de carga), custo da estrutura para abrigar

o parque solar (80 painéis) e custo do cabeamento e aterramento do sistema, totalizando um custo estimado de R\$ 263.950,00.

Para o sistema biomassa, foi calculado o custo de investimento (aquisição) do equipamento, custo de operação e combustível e custo de manutenção do sistema. O custo de investimento é equivalente à soma do custo do gaseificador, do grupo gerador, das obras civis e da casa de máquina. No custo de operação é incluso o custo de combustível devido ao fato do combustível biomassa ser obtido através de força de trabalho para coletar o material na comunidade. Para operar o gaseificador de topo aberto, precisamos em média de 15% de óleo diesel no grupo gerador, valor esse que foi incorporado no custo de combustível. O custo anual de manutenção é feito considerando o valor de 10% sobre o capital investido para aquisição dos equipamentos. O custo final de geração para o sistema biomassa resultou em R\$ 148.872,00.

No sentido de compararmos os custos de energia, foi considerada também a geração diesel, pois a comunidade já tem conhecimento e prática no cotidiano de uso dessa fonte. O cálculo foi equivalente ao sistema biomassa, com a diferença de que o custo de combustível não leva em consideração a mão de obra de um trabalhador, apenas o custo do diesel. O custo do investimento levou em consideração a aquisição do equipamento (grupo gerador diesel) e obras civis. Para o sistema diesel, obtivemos um custo estimado de geração equivalente a R\$ 164.120,00.

Com esses valores levantados, foi calculado o custo médio da energia produzida, levando em consideração uma carga de 20 kW em regime de operação de 12 horas/dia (240 kWh/dia de consumo). Isso totaliza uma demanda anual de 87,6 MWh de energia. Temos então um custo médio de energia resultante conforme mostra a Tabela 2:

**Tabela 2:** Comparativo do custo médio da energia produzida.

*Table 2: Comparison of the average cost of energy produced.*

**Fonte:** Autor.

	Sistema Fotovoltaico	Sistema Eólico	Sistema Biomassa	Sistema Diesel
Custo médio da energia (R\$/kWh)	<b>2,8734</b>	-----	<b>1,6994</b>	<b>1,8735</b>

## CONCLUSÃO

No levantamento do potencial energético da comunidade de Jenipaúba, a energia da biomassa mostrou ser a mais promissora, tanto pela disponibilidade de recursos naturais (açai), quanto pela tecnologia social empregada para aproveitamento energético dessa biomassa (gaseificação). A energia solar, apesar do grande potencial, ainda possui um custo alto de implantação em comunidades isoladas, diante da dificuldade da manutenção e capacitação no uso dessa fonte. Experiências anteriores com painéis fotovoltaicos no interior da Amazônia mostraram-se inviáveis ao longo do tempo, sendo hoje uma opção secundária para eletrificação de comunidades isoladas. A energia eólica não apresenta índices satisfatórios para aplicações na região, devido às baixas incidências de ventos e falta de área de terra firme para instalação de parque eólico na região.

Verificamos no estudo do custo médio da energia produzida por cada sistema analisado, que a biomassa é a mais competitiva, possuindo o menor custo de energia (1,8523 R\$/kWh), enquanto que o sistema diesel possui um custo intermediário (1,9435 R\$/kWh) e o sistema fotovoltaico possui o custo mais elevado (2,8734 R\$/kWh). Com essa análise realizada, demonstra-se a viabilidade econômica do sistema biomassa com base em gaseificação de caroço de açai para operação da agroindústria da comunidade de Jenipaúba.

Entre os benefícios sociais que são inseridos na comunidade com o uso da energia da biomassa, está o fato de que esse recurso energético natural promove o saneamento ambiental, uma vez que os resíduos da produção do açai, que são descartados em várzeas, aterrados embaixo das casas ou lançados no rio, fermenta e apodrece, produzindo chorume que contribui na poluição do solo e da água, passam a ter um valor agregado que é o potencial energético dessa matéria prima. O açai, base alimentar da comunidade de Jenipaúba, passa a ser valorizado não apenas como alimento, mas também como produtor de energia elétrica para uso da comunidade através do seu resíduo.

Os programas de atendimento energético através de fontes renováveis de energia, em especial a energia da biomassa, apresentam-se como uma solução sustentável e adequada às baixas demandas das comunidades isoladas. A convergência desse projeto de eletrificação em conjunto com a criação de atividades de geração de renda, possibilita uma melhoria na qualidade de vida das populações tradicionais existentes na Amazônia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda comunidade quilombola de Jenipaúba, por seguirem acreditando, ao longo de todos esses anos, que é possível aliar sustentabilidade com planejamento energético, mostrando na prática a fusão entre o meio ambiente, a energia e os resíduos.

**8º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2013**

Um agradecimento especial para a Doutora Maria Adelina Braglia, presidente do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP), pelo apoio ao projeto desde sua origem até os dias atuais, e pela sua dedicação e trabalho de luta pelas populações ribeirinhas, comunidades quilombolas e povos indígenas, legítimos representantes da cultura e sabedoria paraense.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFPA) e ao Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), pelos dois anos de financiamento de pesquisas e pela cessão de estrutura física, respectivamente, que contribuíram para a retomada e realização desse projeto.

## **REFERÊNCIAS**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica; 2ª edição – Brasília, DF; 2005.

COELHO, S. T.; MARTINS, O. S.; SANTOS, S. M. A.; “Estado da Arte da Gaseificação”. CENBIO, 2002.

FAAJ, A.; WALTER, A.; BAUEN, A.; BEZZON, G.; ROCHA, J. D.; MOREIRA, J. R.; CRAIG, K. R.; OVEREND, R. P.; BAIN, R. L.; Novas Tecnologias para os Vetores Modernos de Energia da Biomassa. In: Uso da Biomassa para produção de Energia na Indústria Brasileira. Campinas – SP, Ed Unicamp, 2005.

GALINDO, M. F. G.; Electricity access for human development in the Brazilian Amazon; Licentiate Thesis 2012; KTH School of Industrial Engineering and Management; Stockholm, Sweden; 2012.

MUKUNDA, H.S., DASSAPPA S., SHRINIVASA, U. Open-top wood gasifiers. In: T.B. Johansson, H. Kelly, A K.N. Reddy, R.H. Williams, L. Burnham, (Ed.). Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity, Washington D.C: Island Press, 1993.

NETO, O. B. B.; Atendimento de Energia Elétrica Domiciliar Para Comunidades Isoladas de Baixa Potência do Interior do Estado do Pará Através de um Gaseificador de 1 kW; Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2006.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; DE ABREU, S. L.; RUTHER, R.; Atlas Brasileiro de Energia Solar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE – São José dos Campos, SP. 2006.

ROCHA, B. R. P. Relatório do Projeto MEAPA – Metodologias Integradas para o Mapeamento de Energias Alternativas no Estado do Pará, Janeiro, 1999.

ROCHA, B. R. P.; SILVA, I. M. O.; PINHEIRO, E. C. L. *et al.* Mapeamento de alternativas energéticas na Ilha do Marajó. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., Campinas, 2000.

ROSA, V. H. S. Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável, 440 p., 297 mm, (UnB-CDS, Doutor, Política e Gestão Ambiental, 2007). Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2007.

SEOP - Secretaria de Estado de Obras Públicas. CDROM - Relatório do projeto Promoção de estudos de viabilidade para projeto, construção e instalação de Sistemas de gaseificação de biomassa na comunidade quilombola de Jenipaúba em Abaetetuba/PA. 2007.

STASSEN, H. E.; Small-Scale Biomass Gasifiers for Heat and Power; World Bank Technical Paper Number 296; Energy Series; Washington, D.C.; 1995.

DE SÁ, A. L.; ZACK, M. B., ZACK, J.; AMARANTE, O. A. C.; Atlas do Potencial Eólico Brasileiro; Ministério de Minas e Energia – Brasília, DF; 2001.