

JOSÉ LÁZARO PINHEIRO DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA
MADEIREIRA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA –
O CASO DA EMPRESA B. K. ENERGIA ITACOATIARA
LTDA NO ESTADO DO AMAZONAS.**

CURITIBA

2011

JOSÉ LÁZARO PINHEIRO DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA
MADEIREIRA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA –
O CASO DA EMPRESA B. K. ENERGIA ITACOATIARA
LTDA NO ESTADO DO AMAZONAS.**

Trabalho apresentado para obtenção do título de Especialista em Gestão da Indústria Madeireira e Moveleira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho Silva

CURITIBA

2011

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1.0 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2.0 OBJETIVOS | 8 |
| 3.0 REVISÃO DA LITERATURA | 9 |
| 3.1 A questão energética no Brasil..... | 9 |
| 3.2 Energias alternativas..... | 12 |
| 3.3 Os Sistemas isolados..... | 12 |
| 3.4 Geração de energia elétrica no Brasil..... | 14 |
| 3.5 A situação energética na Amazônia..... | 14 |
| 3.6 Benefícios Sociais, Econômicos e Ambientais..... | 15 |
| 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 4.1 A empresa B.K. ENERGIA ITACOATIARA LTDA..... | 16 |
| 4.2 Coleta e análise dos dados..... | 20 |
| 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 21 |
| 5.1 Descrições das atividades da empresa..... | 21 |
| 5.2 Dados sobre a produção da empresa..... | 24 |
| 5.3 Dados financeiros da empresa..... | 25 |
| 5.4 Principais impactos ambientais gerados..... | 26 |
| 5.5 Monitoramento do Sistema..... | 27 |
| 5.6 Benefícios Sociais, Econômicos e Ambientais..... | 28 |
| 5.6.1 Benefícios Sociais..... | 28 |
| 5.6.2 Benefícios Econômicos..... | 28 |
| 5.6.3 Benefícios Ambientais..... | 29 |
| 6.0 CONCLUSÕES | 29 |
| 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |
| 8.0 ANEXO | 33 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01: Origem e destinação da madeira..... | 16 |
| Figura 02: Localização das empresas..... | 17 |
| Figura 03: Fluxograma de biomassa..... | 22 |
| Figura 04: Fluxograma de produção de energia..... | 23 |
| Figura 05: Gráfico de relação entre consumo de resíduo e energia produzida..... | 25 |
| Figura 06: Software de Monitoramento do Sistema..... | 27 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 01: Participação da biomassa na geração de energia no País..... | 11 |
| Tabela 02: Empreendimentos em operação, construção e outorgados..... | 13 |
| Tabela 03: Volume de resíduos em toneladas utilizados pela empresa..... | 24 |
| Tabela 04: Volume de energia em MWh gerada/comercializada..... | 24 |
| Tabela 05: Relação de madeira por energia produzida (ton x Kwh/mês)..... | 24 |
| Tabela 06: Estimativa de redução de CO ² (ton/ano): período 2007 – 2009..... | 25 |
| Tabela 07: Custo operacional médio mensal da empresa..... | 26 |
| Tabela 08: Impostos devidos pagos pela empresa..... | 26 |

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a importância do aproveitamento dos resíduos da indústria madeireira, para tanto, foram coletados dados de produção referente aos anos de 2007 a 2010 tanto na empresa geradora de resíduos, quanto na empresa consumidora. A empresa MIL MADEIRAS PRECIOSAS LTDA gera aproximadamente 90.000 toneladas de resíduo por ano que são utilizados pela empresa B. K. ENERGIA ITACOATIARA LTDA para gerar cerca de 45.000 MW/h de energia, cada MW/h é comercializado a R\$ 270,00 (duzentos e setenta Reais) com a empresa concessionária de energia elétrica do Amazonas, gerando uma receita bruta anual de mais de R\$ 1.200.000,00 (um Milhão e duzentos mil Reais). A substituição das usinas geradoras de energia a diesel pelas de biomassa, significa uma redução de 0,8 ton/CO₂ por MW gerado, por conta disso, a empresa possui certificados de créditos de carbono que são comercializados nas Bolsas de valores nos Estados Unidos. Os principais benefícios identificados a partir do aproveitamento dos resíduos de madeira para geração de energia foram: Melhoria na qualidade de vida da população local, geração de emprego e renda para a população do município de Itacoatiara, redução da emissão de CO₂ na atmosfera da ordem de 0,8 tonelada por MWh gerado, além de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), principais gases do efeito estufa e destinação correta dos resíduos da indústria madeireira.

Palavras-chave: Resíduo, madeira, energia, meio ambiente.

ABSTRACT

This study aimed to demonstrate the importance of recovery of waste timber industry, for both, production data were collected for the years 2007 to 2010 in both the company generating the waste, the company in the consumer. The company MIL MADEIRAS PRECIOSAS LTDA generates approximately 90,000 tons of waste per year that are used by company B. K. ENERGIA ITACOATIARA LTDA to generate about 45,000 MW / h of energy, each MW / h is sold at R\$ 270,00 (two hundred and seventy reais) with the electric utility company of the Amazon, generating an annual revenue of more than R\$ 1.200.000,00 (one million two hundred thousand reais). The replacement of power plants for biomass diesel, means a reduction of 0.8 MW generated by ton/CO₂, because of that, the company has certified carbon credits that are traded in stock exchanges in the United States. The main benefits identified from the use of wood waste for power generation were: Improved quality of life of local people, generate employment and income for the population of the municipality of Itacoatiara, reducing emissions of CO₂ in the atmosphere of order 0.8 ton per MWh generated, and methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), main greenhouse gases and correct disposal of waste in the timber industry.

Keywords: waste, timber, energy, environment.

1.0 - INTRODUÇÃO

Cerca de 30% de todas as florestas tropicais remanescentes do mundo, estão localizadas na Amazônia. Com uma extensão de 4,2 milhões de km² e enorme diversidade de ambientes, possui cinquenta e três grandes ecossistemas e mais de 600 tipos diferentes de *habitat* terrestre e de água doce, o que resulta numa riquíssima biodiversidade, com cerca de 45.000 espécies de plantas e vertebrados. O tipo de vegetação predominante deste bioma é representado pela floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta, podendo ser encontrado ainda, tipologias vegetacionais típicas de savana, campinaranas, formações pioneiras e de refúgio vegetacional. A Amazônia abriga vastos estoques de madeira comercial, possui ainda uma vasta variedade de produtos florestais não madeireiros, que sustenta diversas comunidades locais, como frutos, cipós, óleos, etc. A geração de energia elétrica a partir de resíduos de madeira, tem se mostrado uma boa alternativa, tanto do ponto de vista econômico, quanto ambiental e social.

A exploração econômica da madeira tem sido uma das principais atividades na região, no entanto, devido ao baixo grau de aproveitamento, essa atividade tem gerado um grande volume de resíduo não aproveitável, causando prejuízo tanto financeiro, quanto ambiental.

Em geral, a exploração florestal na Amazônia, ocorre em sua maioria através de Planos de Manejo Florestal Sustentável em floresta nativa, sem aplicação de um bom manejo utilizando técnicas de impacto reduzido, com baixa produtividade e com incipiente reposição florestal, dada a precariedade dos maquinários utilizados no processo de desdobro da madeira.

O Segundo Feitosa (2008), apenas 35% de cada tora é transformado em produto serrado, os outros 65% da tora é desperdiçada, transformando-se em resíduo não aproveitado pela indústria. Outros estudos demonstram que o desperdício de madeira em tora das indústrias de beneficiamento é cerca de 60%, sendo que em algumas empresas, o volume de resíduo gerado chega a 80% por tora, um valor inaceitável considerando as atuais preocupações ambientais e aproveitamento econômico.

Os principais tipos de resíduos gerados na indústria madeireira são:

- **Pó de lixamento:** proveniente do processo de lixamento, na fase de acabamento, de uma peça. Apresenta-se como um pó muito fino cuja partícula varia de acordo com o número de aspereza da lixa;

- **Destopo:** Proveniente do corte das pontas estragadas ou inúteis dos troncos, tábuas ou pranchas;

- **Cascas:** Sobra do processo de descasque, quando se retira toda a parte da proteção natural do tronco (casca);

- **Costaneiras:** Sobra no formato de meia-lua contendo uma parte de madeira e casca não removida, proveniente da redução da tora em peças de seção retangular ou quadrada;

- **Sobras:** Peças processadas e acabadas, apresentando boa qualidade técnica e comercial, mas que não foram usadas nos produtos finais;

- **Rejeitos:** Peças que, ao sofrer o processamento, ficaram abaixo dos padrões técnicos ou comerciais geralmente por estarem quebrados, empenados, rachados ou trincados;

- **Serragem:** Proveniente da ação mecânica de serras e máquinas de desbaste da madeira. Para cada tipo de máquina ou de serra há um resíduo peculiar, mas podem-se classificar tais sobras como finas ou grossas;

- **Serragem grossa:** Formada de lascas, flocos, maravalha e cavacos. Mantêm uma boa quantidade das fibras do tronco;

- **Serragem fina:** Formada por pó de serra de diferentes tamanhos de partícula. Apresenta-se parecida como a farinha de mandioca.

Somente no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010, o volume de madeira serrada comercializada no estado do Amazonas, foi de 1.443.835,00 m³. Considerando um rendimento médio de 50%, em relação a madeira em tora, pode-se inferir que o volume de resíduo gerado é da mesma ordem, volume suficiente para gerar aproximadamente 750.000 de MWh de energia limpa.

2.0 – OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo geral demonstrar a importância do aproveitamento dos resíduos produzidos na indústria madeireira para geração de energia elétrica.

Os objetivos específicos foram:

a - Demonstrar o processo produtivo de energia elétrica a partir de resíduos de madeira gerados pela empresa Mil Madeiras preciosas Ltda.

b - Apresentar os benefícios sociais, econômicos e ambientais do aproveitamento de resíduos de madeira para geração de energia elétrica;

3.0 – REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - A QUESTÃO ENERGÉTICA NO BRASIL

O suprimento de energia é considerado uma das condições básicas para o desenvolvimento econômico e para o progresso das nações. Em termos de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia. Nos dias atuais são cada vez maiores as necessidades energéticas para a produção de alimentos, bens de consumo, bens de serviço e de produção, lazer, e finalmente para promover os desenvolvimentos econômicos, sociais e culturais.

Na zona rural as fontes alternativas de energia podem ser utilizadas para melhorar a qualidade de vida dessa população, pois se caracteriza não só como um atrativo ambiental, mas também social. Segundo (CORTEZ et al, 1997, citado por FREITAS, et al, 2006) as fontes alternativas, como a biomassa representa cerca aproximadamente 14% da energia utilizada no mundo, sendo responsável por cerca de 35% da energia consumida nos países em desenvolvimento e na Amazônia essa fonte de energia é abundante.

Segundo COUTO et al (2004), a madeira possibilita a redução significativa das fontes de energia de origem fóssil e a utilização racional desses recursos, além de também limitar as emissões de gases causadores do efeito estufa, constituindo assim, uma importante fonte de energia, considerando ainda o baixo impacto ambiental produzido, uma vez que a utilização dos subprodutos da colheita florestal para a esta finalidade, permite a exploração e a valorização racionais e otimizadas dos recursos florestais.

Ainda segundo o mesmo autor, a energia derivada da biomassa florestal, por ser renovável, admite ciclos de rotações que variam de 5 a 200 anos, dependendo da espécie e dos métodos silviculturais utilizados. Por esta razão, o período de reposição dessa fonte é desprezível quando comparado com o carbono (250 a 300 milhões de anos) ou do petróleo (100 a 450 milhões de anos). Considerando que a madeira apresenta um baixo teor de enxofre (0,1 a 0,2%) em relação aos combustíveis fósseis, sua combustão é bem menos nociva à atmosfera.

De acordo com estudos de Bacchi (2006) a demanda projetada de energia para o mundo indica um aumento da ordem de 1,7 % ao ano, no período de 2000 a 2030, assim, pode-se inferir que o petróleo não conseguirá suprir toda essa procura, o que pode causar aumento nos preços da energia oriundas desta fonte. Portanto, a idéia de buscar novas fontes de energia limpa, é uma demanda constante, aliada ainda às pressão do mundo em cima de questões ambientais.

Como exemplos de energias renováveis têm a energia eólica, hidrelétrica, solar e de biomassa. A biomassa é uma grande fonte de geração de energia, ela representa a quarta fonte de energia em nível global e constitui o principal combustível para 75,0 % da população mundial.

Apesar dos avanços tecnológicos na geração e distribuição de energia elétrica, cerca de um terço da população mundial ainda não possui acesso a esse recurso (ANEEL, 2008). O Brasil não foge desta realidade, pois existe ainda um grande contingente de pessoas que vivem distante dos centros urbanos sem as mínimas condições de infra-estrutura. Particularmente, a Amazônia apresenta-se como uma dessas regiões e, é caracterizada pela sua grande extensão territorial, complexa logística de transporte, baixa densidade demográfica, baixo poder aquisitivo da população, etc.

Ainda segundo dados da ANEEL (2008), as fontes de energias alternativas vão responder por 10% do consumo brasileiro em menos de uma década, se confirmadas as previsões do Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia) do Ministério das Minas e Energia.

Hoje, essas energias representam 3,5% da matriz de consumo elétrico nacional (ver tabela 01). Fazem parte do Proinfa as energias eólica (dos ventos), de biomassa (bagaço de cana-de-açúcar queimado em caldeiras, por exemplo) e pequenas centrais hidrelétricas.

TABELA 01 - Participação da biomassa na geração de energia no País

| | Tipo | Nº. de usinas | MW (total Brasil = 104.822MW) | % da geração Nacional |
|-----------------|----------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| Biomassa | Bagaço de cana | 252 | 2.000 | 2,55% |
| | Licor negro | 13 | 944 | 0,75% |
| | Madeira | 27 | 232 | 0,21% |
| | Biogás | 3 | 45 | 0,02% |
| | Casca de arroz | 4 | 21 | 0,01% |

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008)

O Proinfa foi criado em 2002, ainda no Governo Fernando Henrique Cardoso, mas só foi regulamentado em 2004, quando começou a funcionar. O objetivo é variar a matriz energética, através do incentivo a produtores alternativos. Estão sendo operados comercialmente 820 megawatts, sendo 420 megawatts de biomassa, 208 megawatts de eólica e 192 de PCHs.

Já são 30 empreendimentos operando comercialmente e mais 52 em construção, que agregarão mais 1 mil megawatts, o que significa dizer que em breve haverá cerca de 1,8 megawatts disponíveis, ou mais de 50% da meta, que é chegar a 3,3 mil megawatts até 2008, segundo cálculos do Proinfa.

Segundo dados da ANEEL (2008), mais da metade do consumo de energia permanece na região Sudeste e Centro-Oeste, onde se concentram a maior parte dos consumidores industriais e residências, 62% dos 435,6 mil Gwh consumidos em 2007 em todo país. A região Norte por um lado era o menor consumidor de energia em 2007, representando apenas 7% do consumo nacional; por outro lado é a região que nos últimos dez anos mais cresceu em consumo (54%), enquanto as regiões Sudeste Centro Oeste expandiu o consumo em apenas 19% - as regiões Sul e Nordeste cresceram 32% e 24%, respectivamente, entre 2000 e 2010 – Dados do Operador Nacional de Sistema Elétrico .

Segundo dados do MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (2009), através dos dados apresentados pelo Balanço Energético Nacional, as energias renováveis produzidas no País tiveram um aumento significativo. Por exemplo, houve um aumento de 188,7 % na produção de biodiesel disponibilizado no mercado interno, tendo em vista o aumento da produção de cana em torno 1,5 %. O etanol também teve um aumento de 20,3 %.

3.2 – ENERGIAS ALTERNATIVAS

Segundo Coimbra e Figueiredo (2003, citados por ROSÁRIO et al, 2008) a energia hidroelétrica é responsável por mais de 90% da produção total de eletricidade em 24 países . No Brasil, esse número representa 14,8 % de todo o consumo de energia, sendo que a geração é realizada principalmente através de grandes usinas hidrelétricas e termoelétricas. Essas atividades, por serem consideradas como de grandes impactos sociais, culturais e ambientais, estão sempre sendo contestados, a ponto de colocar-se em questão a construção de novos empreendimentos hidroelétricos em muitos países, inclusive no Brasil, exemplos recentes, são as usinas hidrelétricas de SANTO ANTÔNIO e JIRAU no rio madeira, estado de Rondônia e BELO MONTE no estado do Pará.

Entre os impactos ambientais, Coimbra e Figueiredo (2003) destacam os dados da Comissão Mundial de Barragens: i) a destruição de florestas e *habitats* selvagens; ii) a redução da biodiversidade aquática, a diminuição das áreas de desova a montante e a jusante, e o declínio dos serviços ambientais prestados pelas planícies aluviais a jusante, brejos, ecossistemas de rios, estuários e ecossistemas marinhos adjacentes; iii) impactos cumulativos sobre a qualidade da água, inundações naturais e a composição de espécies quando várias barragens são implantadas no mesmo rio; iv) emissão de gases do efeito estufa devido a decomposição da vegetação alagada e ao influxo de carbono na captação.

3.3 - OS SISTEMAS ISOLADOS

Segundo a ANEEL (2010) Os Sistemas Isolados no Brasil, são abastecidos basicamente por usinas térmicas movidas a óleo diesel e óleo combustível – embora também abriguem Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) e termelétricas movidas a biomassa. Estão localizados principalmente na região Norte: nos Estados de Amazonas, Roraima, Acre, Amapá e Rondônia. Segundo dados da Eletrobrás, eles atendem a uma área de 45% do território brasileiro e a cerca de 3% da população nacional – aproximadamente 1,3 milhão de consumidores espalhados por 380 localidades. Em 2008, respondiam por 3,4% da energia elétrica produzida no país.

Ainda de acordo com dados da ANEEL (2010), o Brasil contava, até novembro de 2008, com 1.768 usinas em operação, que correspondem a uma capacidade instalada de 104.816 MW (megawatts) – número que exclui a participação paraguaia na usina de Itaipu. Do total de usinas, 159 são hidrelétricas, 1.042 térmicas abastecidas por fontes diversas (gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível), 320 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), duas nucleares, 227 centrais geradoras hidrelétricas (pequenas usinas hidrelétricas) e uma solar.

De acordo com os mesmos estudos da ANEEL (2010), a maior parte da potência, tanto instalada quanto prevista, provém de usinas hidrelétricas. Em segundo lugar, estão as térmicas e, na seqüência, o conjunto de empreendimentos menores.

Há poucos anos, as hidrelétricas representavam cerca de 90% da capacidade instalada no país. Em 2008, essa participação recuou para cerca de 74%. O fenômeno foi resultado da construção de usinas baseadas em outras fontes (como termelétricas movidas a gás natural e a biomassa) em um ritmo maior que aquele verificado nas hidrelétricas. A tabela 02 mostra os empreendimentos em operação, construção e outorgados no Brasil.

TABELA 02 - Empreendimentos em operação, construção e outorgados

| Empreendimentos em Operação | | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------|------------|
| Tipo | Quant. | Potencia outorgada (kW) | % |
| Central Geradora Hidrelétrica | 227 | 120.009 | 0,11 |
| Central Geradora Eolielétrica | 17 | 272.650 | 0,26 |
| Pequena Central Hidrelétrica | 320 | 2.399.598 | 2,29 |
| Central Geradora Solar Fotovoltaica | 1 | 20 | 0,00 |
| Usina Hidrelétrica de Energia | 159 | 74.632.627 | 71,20 |
| Usina Termelétrica de Energia | 1042 | 25.383.920 | 24,22 |
| Usina Termonuclear | 2 | 2.007.000 | 1,92 |
| Total | 1768 | 104.815.824 | 100 |
| Empreendimentos em Construção | | | |
| Tipo | Quant. | Potencia outorgada (kW) | % |
| Central Geradora Hidrelétrica | 1 | 848 | 0,01 |
| Central Geradora Eolielétrica | 22 | 463.330 | 6,26 |
| Pequena Central Hidrelétrica | 67 | 1.090.070 | 14,73 |
| Usina Hidrelétrica de Energia | 21 | 4.317.500 | 58,34 |
| Usina Termelétrica de Energia | 19 | 1.528.898 | 20,66 |
| Total | 130 | 7.400.646 | 100 |

| Empreendimentos Outorgados entre 1998 e 2008 (não iniciaram sua construção) | | | |
|---|------------|-------------------------|------------|
| Tipo | Quant. | Potencia outorgada (kW) | % |
| Central Geradora Hidrelétrica | 74 | 50.189 | 0,19 |
| Central Geradora Undi-Elétrica | 1 | 50 | 0,00 |
| Central Geradora Eolielétrica | 50 | 2.401.523 | 9,08 |
| Pequena Central Hidrelétrica | 166 | 2.432.568 | 9,19 |
| Usina Hidrelétrica de Energia | 15 | 9.053.900 | 34,21 |
| Usina Termelétrica de Energia | 163 | 12.526.201 | 47,33 |
| Total | 469 | 26.464.431 | 100 |

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008)

3.4 - GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Segundo dados da ANEEL (2010), a utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração (pela qual é possível obter energia térmica e elétrica) dos setores industrial e de serviços. Em 2007, ela foi responsável pela oferta de 18 TWh (terawatts-hora), segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008. Este volume foi 21% superior ao de 2006 e, ao corresponder a 3,7% da oferta total de energia elétrica, obteve a segunda posição na matriz da eletricidade nacional. Na relação das fontes internas, a biomassa só foi superada pela hidreletricidade, com participação de 85,4% (incluindo importação).

De acordo com o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em novembro de 2008 existiam 302 termelétricas movidas a biomassa no país, que correspondem a um total de 5,7 mil MW (megawatts) instalados.

3.5 - A SITUAÇÃO ENERGÉTICA NA AMAZÔNIA

No estado do Amazonas e outros estados da região Amazônica, mais de 90% da eletricidade é fornecida por geradores a diesel nos diversos sistemas isolados. Segundo dados da CEAM (2006), a geradora e distribuidora de eletricidade para os sistemas isolados no estado do Amazonas, tem 88 sistemas isolados na área de atendimento.

Nesses sistemas, a companhia opera atualmente 368 geradores a diesel com capacidade instalada de 212 MW. Somente na cidade de Itacoatiara, o maior dos sistemas isolados, a distribuidora elétrica mantém sete geradores a diesel com 21 MW de capacidade instalada, que atualmente operam apenas durante as horas de pico, já que a B.K Itacoatiara supre a maior parte da demanda elétrica. Em 2004 a CEAM gerou 665.727 MWh e consumiu por volta de 200 milhões de litros de diesel.

3.6 - BENEFÍCIOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS

Segundo Abreu (2005) uma grande parcela destes resíduos provocam diversos impactos ambientais sobre os meios físicos, particularmente sobre os mananciais hídricos superficiais e subterrâneos, sobre meios biológicos e socioeconômicos. Segundo Cassilha et al (2003) essa geração de resíduos originada na cadeia produtiva da madeira é causada tanto pela baixa qualidade de matéria-prima quanto pela falta de conhecimento básico das propriedades físicas, mecânicas, organolépticas da madeira e também pela aplicação de tecnologias inadequadas para seu processamento.

A energia produzida a partir dos resíduos de madeira apresenta inúmeras vantagens do ponto de vista ambiental, por ser uma fonte de energia renovável, é pouco poluente, além de contribuir com a redução significativa de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), alguns dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa que são gerados nas usinas a diesel, além disso, a matéria prima (resíduos) utilizada no processo possuem baixo custo, e suas cinzas são menos agressivas para o ambiente contribuindo ainda para uma menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos, etc).

Do ponto de vista social, segundo dados do CENBIO (2008), como a maior parte da biomassa é produzida na zona rural, isto faz com que haja uma importante fixação e geração de empregos nessas regiões, principalmente para pessoas com baixa escolaridade, o que evita o deslocamento populacional para áreas urbanas e possível ingresso na marginalidade posteriormente. Em países pobres, como os do continente africano e América Latina, a produção de uma biomassa sustentável pode contribuir para o desenvolvimento social da região com a geração de renda para as populações locais. Podemos destacar ainda a aplicação de impostos no município, geração de renda, etc.

Ainda segundo o CENBIO, As vantagens econômicas da biomassa, principalmente para os países em desenvolvimento, baseiam-se no fato de ser uma fonte de energia produzida regionalmente e, portanto, colaborando para independência energética e geração de receita. Para o Brasil, por exemplo, também há o fato de que a maior parte dos equipamentos necessários para a conversão da biomassa em energia é de fabricação nacional, não havendo necessidade de importação, como acontece com outras fontes de energia. Na verdade, esta questão econômica da biomassa é uma questão estratégica, contrapondo as situações de crise mundial, que se repetem com uma frequência cada vez maior.

4.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - A EMPRESA B. K. ENERGIA ITACOATIARA LTDA.

Considerando a necessidade de aproveitamento e destinação adequada dos resíduos de madeira gerados no processo de desdobro da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, o grupo Suiço Precious Woods Holding criou a empresa B. K. Energia Itacoatiara Ltda, ambas empresas estão localizadas no município de Itacoatiara no estado do Amazonas (figura 01 e 02). A empresa Mil Madeiras Preciosas é detentora de um Plano de Manejo Florestal com mais de 150.000,00 hectares de floresta tropical e tem um consumo médio anual de mais de 100.000,00 m³ de madeira em tora, que são comercializados principalmente para o mercado internacional (fotos 01 e 02). A empresa possui desde 1997 o selo da FSC e foi a primeira empresa certificada na Amazônia.



Figura 01- Origem e destinação da madeira (fonte: IBAMA)

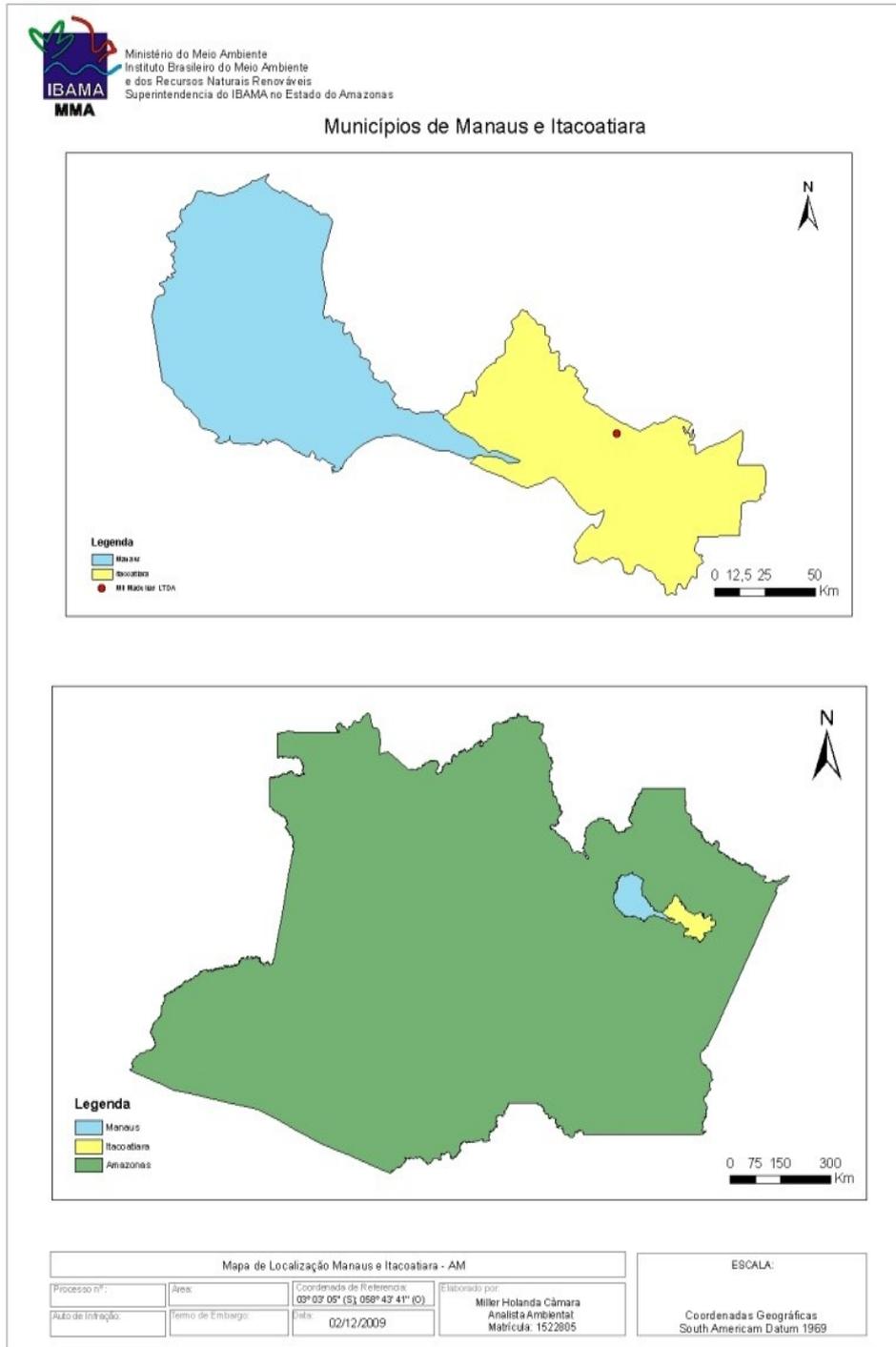


Figura 02 – Localização das empresas (fonte: IBAMA)



Foto 01 – PMFS da empresa Mil Madeiras Preciosas.



Foto 02 – Complexo industrial MIL / BK

A BK Energia Itacoatiara Ltda foi autorizada pela ANEEL para operar como produtora independente de energia (Resolução nº 425 de 15/10/2001). O projeto possui as licenças ambientais e de construção necessárias. A primeira licença de operação (L.O. nº 355/02-01) foi emitida em 07 de novembro de 2003 pelo IPAAM (Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas).

A empresa B. K. consome em média 7.500 toneladas de resíduos/mês. Esta atividade, além de resolver um problema ambiental dando destinação correta aos resíduos gerados pela indústria madeireira, constituindo uma fonte limpa e renovável de energia, também é viável do ponto de vista econômico e social (fotos 03 e 04).



Foto 03 – Empresa beneficiada com incentivos fiscais



Foto 04 – Sede da empresa B.K. Energia Itacoatiara Ltda

Toda matéria prima consumida pela B.K para geração de energia, é procedente dos resíduos madeireiros gerados pela empresa Mil Madeira e resíduos da abertura de infra-estrutura (estradas, pátios, etc.). Todo processo de

transporte do resíduo da serraria, é feito através de esteiras que interligam as duas empresas. Antes do transporte, os resíduos passam por um triturador para reduzir o tamanho dos mesmos (fotos 05 a 08).



Foto 05 – Pátio de toras da Mil Madeireira (set/11)



Foto 06 – Transporte dos resíduos



Foto 07 Silo de armazenagem dos resíduos -set/11



Foto 08 – Transporte dos resíduos

A serragem e o cavaco de madeira eram um problema para a Mil Madeireira e para a cidade de Itacoatiara. Em 1997 o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) demandou que a Mil Madeireira Itacoatiara Ltda deixasse de queimar os resíduos de madeira. Desde então, a companhia começou a armazenar os resíduos em pilhas. Isso resultou na acumulação de cerca de 110.000 toneladas de resíduos de madeira e emissão de metano. A implementação da termelétrica de biomassa, em 2002, resolveu dois problemas para a cidade. Um,

substituiu a geração elétrica a diesel e outro, eliminou as gigantescas pilhas de resíduo deixadas à deterioração (fotos 09 e 10).



Foto 09 – Resíduo atual gerado na indústria



Foto 10 – Resíduo anteriormente acumulado

4.2 – COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram coletados dados tanto na empresa geradora de resíduos, quanto na empresa consumidora dos resíduos referentes ao período de 2007 a 2010. Os dados foram coletados no mês de setembro de 2011, consistindo em: volume de madeira em tora processada, volume de resíduos gerados, volume de resíduos consumidos no processo de geração de energia, quantidade de energia gerada e comercializada, relação entre volume de resíduo x energia gerada, receitas, etc. Como as empresas já possuíam todos estes dados, o trabalho consistiu em tabular e analisar os resultados finais, do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Durante visita às empresas, foi possível acompanhar todo o trabalho produtivo, tanto na indústria madeireira, quanto na empresa geradora de energia, desde a geração dos resíduos até o processo final de geração, controle e distribuição de energia. Foi feito registro fotográfico das etapas do processo na empresa. Foi possível também acompanhar os trabalhos de monitoramento de produção e distribuição de energia elétrica gerada na B.K. através do software de controle, além, de entrevistas com os operadores do sistema que explicaram o funcionamento do processo. Os dados coletados foram agrupados em tabelas excell e gerados gráficos de produção e consumo, cujos resultados encontram-se no próximo tópico.

A empresa também forneceu informações financeiras sobre suas principais despesas, além das receitas geradas com a comercialização de energia. Estes dados foram analisados levando-se em consideração a receita líquida em comparação com outros empreendimentos do setor.

No que diz respeito a identificação dos benefícios sociais e ambientais do aproveitamento de resíduos de madeira para geração de energia elétrica, principalmente para o município de Itacoatiara, as informações foram fornecidas pelo Senhor Isaac Queiroz, gerente da empresa. Também foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto e coletado dados em Relatórios de monitoramento da empresa.

5.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após pesquisas na literatura e visita às empresas, foi possível identificar e descrever as etapas do processo produtivo desde a geração dos resíduos na indústria madeireira até a distribuição da energia elétrica produzida na empresa B.K. ENERGIA, além dos benefícios sociais, econômicos e ambientais oriundos do aproveitamento de resíduos de madeira para geração de energia elétrica;

5.1 - DESCRIÇÕES DAS ATIVIDADES DA EMPRESA

O objetivo da empresa consiste na geração de eletricidade através de uma usina termelétrica utilizando resíduos de madeira de uma empresa de manejo florestal e processamento de madeira, certificada pelo FSC1, na cidade de Itacoatiara, estado do Amazonas, Brasil. A eletricidade é gerada por uma caldeira de alta pressão (42 bar - 420° C), uma turbina a vapor de múltiplo estágio acoplada a um gerador elétrico de 9 MW (foto 11). A termelétrica substitui vários geradores a diesel e é a primeira desse tipo em uma região abastecida 100% por geradores a diesel. Para a produção prevista de energia elétrica (ao redor de 4.400 MWh por mês, assumindo um fator de capacidade de 71% e tendo deduzido aproximadamente 20% MWh de consumo próprio/mês).



Foto 11 – Gerador principal

O projeto foi elaborado e pertencia originalmente a um consórcio brasileiro formado por duas companhias: Koblitz Ltda e Grupo Brennand. A termelétrica iniciou sua operação no final de 2002 nas instalações da Mil Madeireira Itacoatiara Ltda., que garante o fornecimento dos resíduos de madeira. A Mil Madeireira Itacoatiara é uma subsidiária da Precious Woods Holding Ltd., Uma companhia aberta em 1990 com o objetivo de promover o manejo sustentável de florestas na América Latina e substituir a demanda de madeira tropical de desmatamento por madeira tropical sustentavelmente produzida. A figuras 03 e 04 demonstram o fluxograma de produção de energia.

Fluxograma – Biomassa

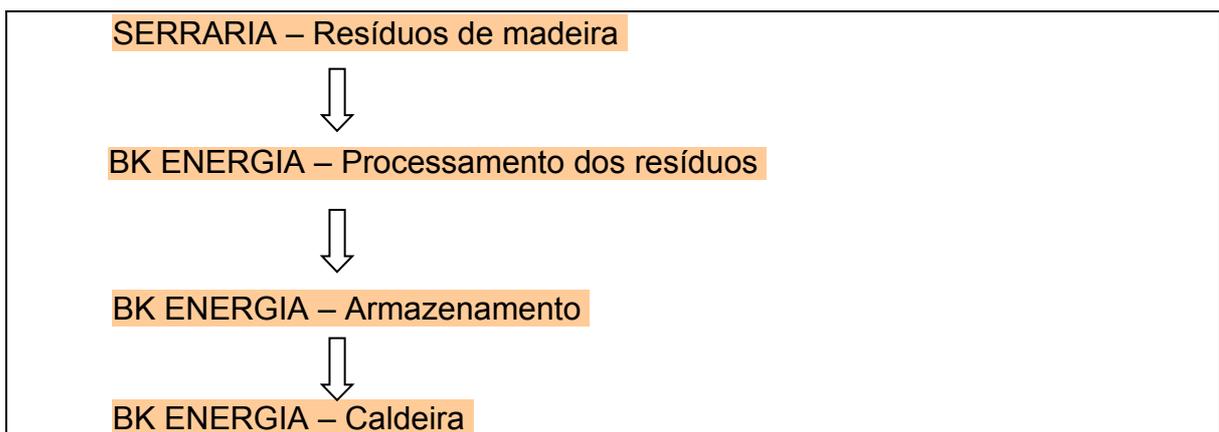


Figura 03 – Fluxograma de biomassa

Fluxograma – Energia e CO2

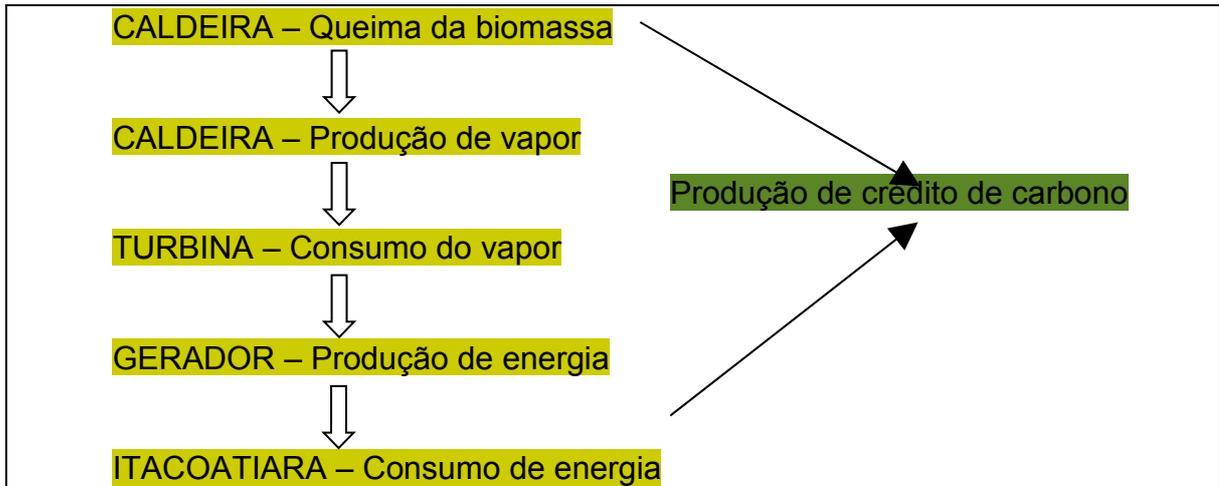


Figura 04 – Fluxograma de produção de energia

Segundo dados da própria empresa (2006), na Amazônia, não existe outro projeto que substitua a geração de eletricidade a diesel para uma rede isolada por biomassa. Em algumas regiões, existem várias pequenas e independentes caldeiras de biomassa, mas nenhuma delas gera eletricidade para um sistema isolado e nenhuma delas é operada usando biomassa proveniente de madeira certificada pela FSC.

Existem outras termelétricas que utilizam resíduos de madeira sendo desenvolvidas no Brasil através de projetos de MDL. Estas termelétricas estão concentradas na região Sul/Sudeste do país. Entretanto, nenhum destes projetos substitui a geração a diesel em grande escala e nenhum deles utiliza biomassa originária de floresta sustentavelmente manejada e certificada pela FSC.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo tornou possível montar uma usina elétrica, substituir a geração a diesel e exportar eletricidade ao sistema isolado de Itacoatiara. O MDL melhorou a taxa de retorno do projeto de 13,43% para 31,66%, necessária para envolver vários parceiros em projetos pioneiros como esse e garantir a operação no longo prazo. Sem a perspectiva das receitas dos créditos de carbono não teria sido possível implementar o projeto. O projeto também contribui para o reconhecimento do fornecimento de energia renovável na Amazônia, além de promover o uso sustentável e inteligente da floresta.

5.2 – DADOS SOBRE A PRODUÇÃO DA EMPRESA

De acordo com dados apresentados pela empresa, são necessários em média 2,00 toneladas de resíduo de madeira para produção de 01 MWh de energia. As tabelas 03, 04 e 05 e a figura 05 mostram o consumo de resíduos e a quantidade de energia comercializada referente aos anos de 2007 a 2010, lembrando que este volume corresponde a cerca de 80% do volume produzido. A tabela 06 destaca a estimativa de redução de CO2 para a atmosfera em função da utilização dos resíduos na empresa no mesmo período.

TABELA 03 – Volume de resíduos em toneladas utilizados pela empresa

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
|-------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 2007 | 11.342 | 9.732 | 5.869 | 0 | 243 | 9.335 | 9.535 | 9.712 | 9.254 | 9.346 | 8.516 | 8.916 | 91.799 |
| 2008 | 9.143 | 9.001 | 10.049 | 9.948 | 4.331 | 8.869 | 8.218 | 10.895 | 9.520 | 9.702 | 9.361 | 9.605 | 108.621 |
| 2009 | 5.327 | 6.809 | 8.436 | 4.728 | 2.070 | 7.631 | 8.905 | 7.321 | 8.776 | 9.124 | - | - | 69.127 |
| 2010 | 4228 | 7833 | 8060 | 6610 | 5533 | 4750 | 6507 | 7907 | 6215 | 7400 | 7536 | 7453 | 79852 |

TABELA 04 – Volume de energia em MWh gerada/comercializada

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 2007 | 4.262 | 3.950 | 2.378 | 0 | 13 | 3.536 | 4.091 | 4.159 | 4.248 | 4.357 | 4.188 | 4.111 | 39.293 |
| 2008 | 3.901 | 3.782 | 3.946 | 4.023 | 1.595 | 3.652 | 3.642 | 4.602 | 3.893 | 4.260 | 4.094 | 4.084 | 45.474 |
| 2009 | 2.894 | 3.591 | 4.190 | 2.404 | 1.193 | 4.115 | 4.710 | 4.181 | 4.536 | 4.966 | - | - | 36.781 |
| 2010 | 2.410 | 3.673 | 4.500 | 4.224 | 4.196 | 3.307 | 3.705 | 2.931 | 3.923 | 4.288 | 4.074 | 4.331 | 45.623 |

Obs: os dados acima referem-se apenas a energia comercializada, representando cerca de 80% da energia produzida

TABELA 05 – Relação de madeira por energia produzida (ton x Kwh/mês – média 48 meses)

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Volume resíduo (tonelada) | 7.510 | 8.344 | 8.104 | 5.322 | 3.044 | 7.646 | 8.291 | 8.959 | 8.441 | 8.893 | 8.471 | 8.658 | 87.350 |
| Energia comercializada Mw/h | 3.367 | 3.749 | 3.754 | 2.663 | 1.749 | 3.653 | 4.037 | 3.968 | 4.150 | 4.468 | 4.119 | 4.175 | 41.793 |
| Relação vol. resíduo/Mwh gerado | 2,230 | 2,226 | 2,159 | 1,998 | 1,740 | 2,093 | 2,054 | 2,258 | 2,034 | 1,990 | 2,057 | 2,074 | 2,090 |

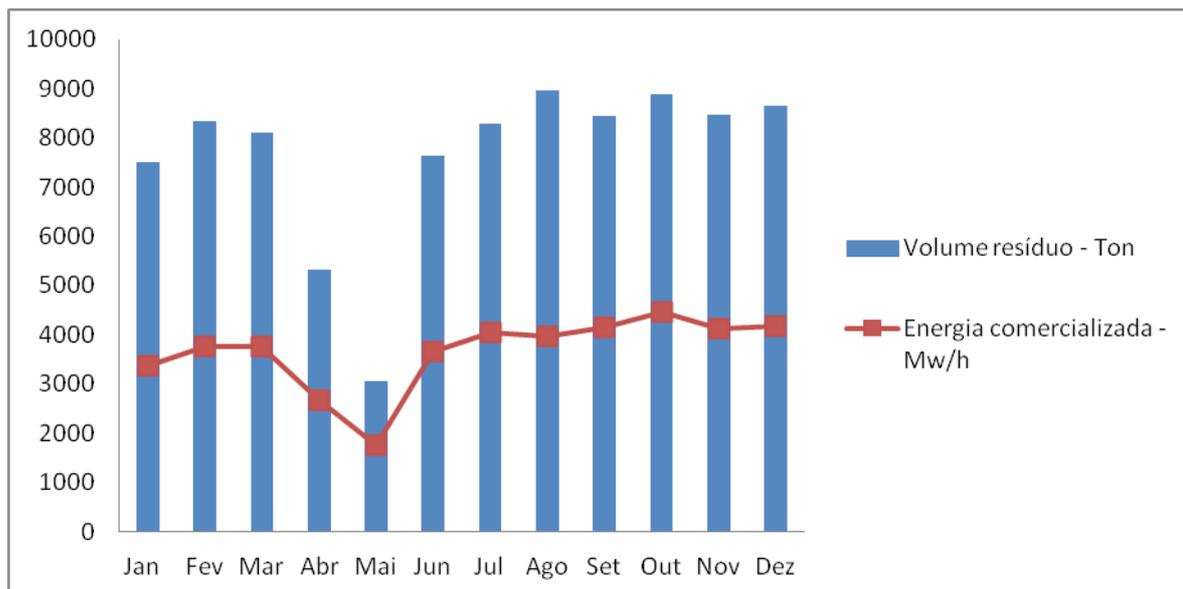


Figura 05 – Relação entre o consumo de resíduo e energia comercializada (2007-2010).

TABELA 06 – Estimativa de redução de CO² (ton/ano): período 2007 – 2009*

| Ano | CO ² (ton) |
|------|-----------------------|
| 2007 | 143.700 |
| 2008 | 166.998 |
| 2009 | 105.930 |

* Dados fornecidos pela empresa B. K. ENERGIA

Ainda de acordo com a empresa, o percentual de umidade dos resíduos queimados na caldeira, varia entre 18,81 a 38,24% com uma média de 28,95%. A relação entre a queima do resíduo e energia produzida para uma umidade de 28,95% é da ordem de 3.052 Kcal/kg. Já para o resíduo seco a produção é de 4.540 kcal/kg. Esta diferença pode ser explicada devido a variação do teor de umidade das diferentes espécies de madeira utilizadas.

5.3 – DADOS FINANCEIROS DA EMPRESA

Cada MWh de energia é comercializado a R\$ 270,40 (Duzentos e setenta Reais e quarenta centavos) com a empresa Eletrobrás Amazonas Energia - concessionária de energia elétrica do estado do Amazonas (dados de 09/2011), a empresa goza de incentivos fiscais do Governo Federal e possui atualmente 40 funcionários. A empresa tem um custo operacional médio mensal de R\$ 557.321,41 (Quinhentos e cinquenta e sete mil, trezentos e vinte e um Reais e quarenta e um

centavos – dados de setembro de 2011). A tabela 07 discrimina as principais despesas da empresa e a tabela 08 mostra os tributos pagos.

TABELA 07 - Custo operacional médio mensal da empresa

| Despesas | Valor - R\$ |
|-----------------|--------------------|
| Pessoal | 133.905,54 |
| Biomassa | 182.158,16 |
| Materiais | 15.016,05 |
| Depreciação | 128.229,46 |
| Manutenção | 83.989,43 |
| Outros custos | 14.022,77 |
| Total | 557.321,41 |

Fonte: B. K. Energia S. A. – setembro 2011 / (média dos últimos 12 meses)

TABELA 08 – Impostos devidos pagos pela empresa

| TRIBUTO | TAXA - % |
|--------------------------|-----------------|
| IR | 1,20% |
| CSLL | 1,00% |
| COFINS | 3,00% |
| PIS/PASEP | 0,65% |
| ICMS | 25,00% |
| TOTAL DE IMPOSTOS | 30,90% |
| RECEITA LÍQUIDA | 69,10% |

Obs: Apenas o ICMS é desembolsado efetivamente pela empresa. O demais impostos são descontados pela CEAM no momento do pagamento da fatura.

5.4 – PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS

Os principais impactos ambientais gerados no processo de produção, estavam relacionados a possibilidade de emissões de particulados e o gerenciamento de águas residuais. A empresa dispõe de um sistema de filtragem através de um ciclone que foi instalado para reduzir o problema das emissões de particulados e essas emissões são periodicamente monitoradas e comparadas com os padrões legais. Para resolver o problema das águas residuais, uma estação de tratamento de água foi construída para mitigar os impactos do esgoto e esses impactos também são monitorados e comparados com padrões legais. Os níveis de emissões são permanentemente monitorados e comparados com padrões legais.

5.5 – MONITORAMENTO DO SISTEMA

Todo o sistema de geração e transferência de energia é automático e monitorado através de um software (figura 06), e possuem a supervisão de dois operadores. O sistema controla ainda a medição e a distribuição da energia produzida e fornecida pela usina à rede geral. Este dispositivo possui backup para fins de verificação e serve ao mesmo tempo como um dispositivo de entrada para o sistema eletrônico de fiscalização da usina e também são utilizados para fins de faturamento. O sistema permite o monitoramento e alterações das diversas fases do processo de geração de energia, como a caldeira, pátio de cavaco, o vapor, a combustão, sistema de resfriamento, fluxo de água, evaporadores, etc. (fotos 12-14).



Fig. 06 – Software de monitoramento



Foto 12 – Operador do sistema

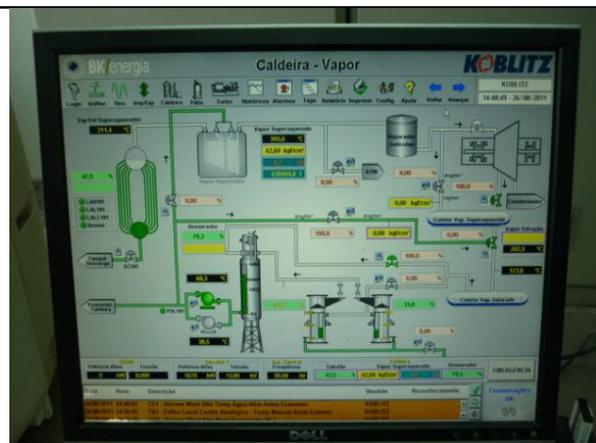


Foto 13 – Controle do fluxo caldeira-vapor

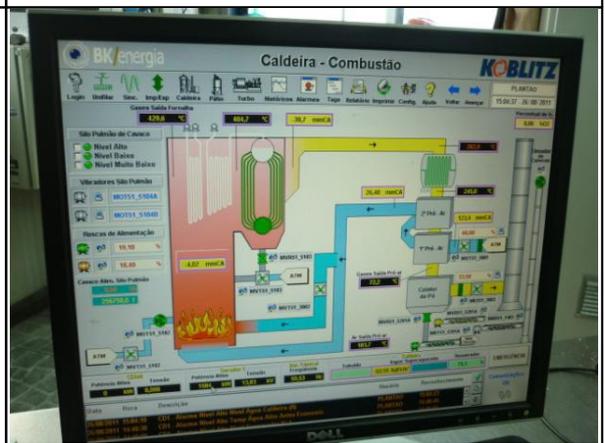


Foto 14 – Controle fluxo caldeira – combustão

5.6 – BENEFÍCIOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

5.6.1 – Benefícios Sociais

- Melhoria na condição de vida através de energia elétrica, gerando conforto e desenvolvimento para a população de Itacoatiara;
- fixação da população local, evitando o êxodo para a capital;
- aplicação de impostos na saúde, educação e segurança;
- geração de trabalho e renda

5.6.2 – Benefícios Econômicos

Considerando o preço do MWh comercializado a R\$ 270,40 e a energia média gerada por mês da ordem de 3.800 MWh (média do ano de 2010), tem-se uma receita bruta mensal de R\$ 1.027.520,00 (Hum Milhão vinte e sete mil quinhentos e vinte Reais).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) permite que projetos que evitem as emissões, reduzam ou capturem gases de efeito estufa (GEE) e que sejam desenvolvidos em países não participantes do Anexo I, possam ser certificados e por este motivo receberem compensações financeiras por evitarem, reduzirem ou capturarem gases de efeito estufa da atmosfera.

No momento, a empresa está sem crédito de carbono porque está passando por uma revisão que ocorre de 07 em 07 anos, a auditoria é realizada por empresas certificadas pela ONU. Para ter direito aos créditos de carbono, a empresa apresenta relatórios de monitoramento de emissões de carbono através da relação entre o consumo de biomassa e a venda de energia. Após a concessão dos créditos, os mesmos são negociados na BOLSA DE CLIMA DE CHICAGO (CCX) nos Estados Unidos.

5.6.3 – Benefícios Ambientais

- destinação correta dos resíduos da indústria madeireira;
- redução de CO₂ na atmosfera através da queima adequada dos resíduos de madeira da ordem de 0,8 toneladas de CO₂ por MWh gerado;

- eliminação da produção de metano da biomassa dos resíduos;
- substituição das usinas geradoras de energia a diesel responsável pela emissão de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) reconhecidamente alguns dos principais gases do efeito estufa.

6.0 – CONCLUSÕES

A utilização dos resíduos de madeira para produção de energia, além dos benefícios já citados, pode proporcionar alternativas de atendimento às demandas, com menor impacto ambiental nas áreas rurais e urbanas, principalmente nas comunidades mais isoladas da Amazônia, onde os custos de levar energia são muito elevados. Com a instalação de pequenas usinas geradoras de energia através de biomassa, é possível proporcionar novas oportunidades para a modernização da agricultura e da economia nessas localidades. Com a utilização de fontes limpas de biocombustíveis, por exemplo, é possível melhorar a saúde e a qualidade da vida de todos. É necessário que seja feito um investimento contínuo para melhorar a eficiência, eficácia e segurança na utilização desse tipo de energia.

A implementação de empreendimentos como este, garante a geração de eletricidade renovável, reduzindo a demanda do sistema elétrico nacional, evitando grandes impactos ambientais causados pelas grandes hidrelétricas, como Belo Monte e Santo Antônio, além das usinas movidas a diesel com redução substancial de CO₂. A energia gerada pela B.K. ENERGIA impulsiona a economia local, resultando num aumento da qualidade de vida e dos padrões sociais para as comunidades locais.

Além de o empreendimento ser considerado de baixo impacto ambiental, por tratar-se de um projeto que utiliza resíduos de madeira certificada, com origem comprovada através de Plano de Manejo Florestal Sustentável devidamente aprovado pelo órgão ambiental competente, a empresa confere através deste empreendimento, uma destinação adequada a esses resíduos que outrora ficavam acumulados prejudicando o meio ambiente.

Os principais benefícios identificados durante o trabalho foram:

Benefícios Sociais

- ◆ Melhoria na qualidade de vida da população local;
- ◆ Conforto e desenvolvimento para a população de Itacoatiara;
- ◆ Fixação da população no município evitando o êxodo para a capital;
- ◆ Aplicação de impostos na saúde, educação e segurança;
- ◆ Geração de emprego e renda.

Benefícios Econômicos

- ◆ 20% da energia produzida é utilizada nas 02 empresas
- ◆ 80% é comercializada (+/- 3.800 MW/mês)
- ◆ Cada MW é comercializado a R\$ 270,40
- ◆ Renda bruta mensal: R\$ 1.027.000,00
- ◆ Créditos de carbono (MDL)

Benefícios Ambientais

- ◆ Destinação correta dos resíduos da indústria madeireira;
- ◆ Redução da emissão de CO₂ na atmosfera da ordem de 0,8 tonelada por MWh gerado, além de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) principais gases do efeito estufa.
- ◆ Eliminação da produção de metano da biomassa dos resíduos;
- ◆ Substituição das usinas geradoras de energia a diesel;

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. H. F. **Forma de aproveitamento dos resíduos da madeira**. 2005. 45p. Trabalho de Graduação apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Atlas da Energia Elétrica no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. 2010. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap4.pdf. Acesso em 10/09/2011.

BACCHI, M.R.P. **Brasil – Gerando energia de biomassa, limpa e renovável**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro>. Acesso em 10/09/2011.

B.K. ENERGIA ITACOATIARA LTDA – **Relatório de Monitoramento**. Versão 4 – 2010. <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/4UM32O8WKPSQ7RDE9AX1650JGILTCZ>. Acesso em 06/08/2011.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional - BEN**. Brasília: MME, 2009.

CASSILHA, A. C.; PODLASEK, C. L.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; SILVA, M. C. da; MENGATTO, S. N. F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação e Tecnologia**, periódico técnico científico dos Programas de Pós-graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ. 2003. Disponível em: http://www.ppgte.cefetpr.br/revista/vol8/artigos/rev08_artigo13.pdf. Acesso em: 05/06/2011.

[CENBIO – Importância e vantagens da Biomassa. Disponível em: http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/importancia.htm](http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/importancia.htm). Acesso em 18/09/2011.

COUTO, L. C; COUTO, L; WATZLAWICK, L. F; CÂMARA, D. **Vias de Valorização Energética de Biomassa**. Disponível em: http://www.renabio.org.br/arquivos/p_vias_biomassa_5919.pdf. Acessado em: 09/06/2011.

IBAMA - **DOF: Informação Estratégica para a Gestão Florestal no Brasil: Período 2007-2010 - Relatório consolidado Documento de Origem Florestal** Disponível em: http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/wp-content/files/Relatorio_DOF_atualizacao_2007-2010.pdf). Acesso em 08/08/2011.

FEITOSA, B. C. **Aproveitamento dos resíduos de madeira no Pará.** 2008. Disponível em: http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=114&id=1274. Acesso em: 05/06/2011.

FREITAS, K.T., SOUZA, R. C. R.; SEYE, O.; SANTOS, E. C.S.; XAVIER, D. J. C.; BACELLAR, A. A. - **Custo de geração de energia elétrica em comunidade isolada do Amazonas: estudo preliminar do projeto NERAM.** 2006. - Revista Brasileira de Energia Vol. 12 - Nº 1. Disponível em: www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=193. Acesso em 09/08/2011.

HILLIG, E.; SCHNEIDER, V. E.; Éverton Hillig; WEBER, C.. TECCHIO, D. T.; - **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento.** [XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.](#) ENEGEP 2006 ABEPRO. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR520346_8192.pdf. Acesso em [08/08/2011](#).

REIS, E. S. M. **O uso alternativo dos resíduos sólidos gerados durante o processamento mecânico da madeira provenientes de uma empresa na cidade na cidade de Marabá-PA.** 2005. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção de graduação do curso de Tecnologia Agroindustrial, Universidade do Estado do Pará, Marabá.

ROSÁRIO, L. T. R.; ELS, R. V. Els e JÚNIOR, A. C. P. B.- **Alternativas Energéticas para comunidades isoladas na Amazônia: A energia hidrocínética no Maracá, sul do Amapá.** (2005). Disponível em: http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa4/Alternativas_energeticas%20para%20comunidades.pdf – acesso em 08/08/11.

ANEXO A - Dados Técnicos da empresa

- Capacidade instalada = 9.000 kW
- Geração média de energia = 5,70 MWh/hora (64.000 Mwh/ano)
- Demanda de vapor / consumo = 45.000 kg de vapor/hora;
- Eficiência da caldeira = 85,5%;
- Entalpia na entrada da caldeira = 116 kcal/kg;
- Entalpia na saída da caldeira = 779 kcal/kg
- Calor total de horas necessárias = 34.894.736 kcal/h;
- Total de resíduos de madeira por hora = 11.433 kg;
- Consumo médio de madeira = 2,00 toneladas/MWh;
- Temperatura de trabalho = 420° C;
- Pressão de trabalho = 52 kgf/cm²;
- Tensão de geração = 13, 8 KV;
- Tensão de transmissão = 34,5 KV