

Suprimento de biomassa lenhosa para cadeia produtiva da indústria oleira no Estado do Amazonas – Brasil

Ligneous biomass supply for the pottery and brickworks industry productive chain in the state of Amazonas, Brazil

*Eyde Cristianne Saraiva dos Santos
Universidade Federal do Amazonas*

*Ennio Peres da Silva
Universidade Estadual de Campinas*

Resumo: O desenvolvimento da região Amazônica se apresenta como um desafio histórico para o desenvolvimento sustentável. Logo, na perspectiva de desenvolvimento regional, o setor energético assume papel de extrema relevância, face ao seu potencial para impulsionar a produção de riquezas e a melhoria das condições de vida. Nesse sentido, o desafio que se apresenta é a exploração dos recursos naturais sem a degradação das condições ambientais para esta e para as próximas gerações. Apesar da dimensão continental da região e da grande diversidade de setores passíveis de utilização de biomassa, a discussão se restringiu a um de grande importância econômica para o Estado do Amazonas, o oleiro. A pesquisa consistiu na obtenção de dados junto a empresas e instituições, tratamento dos dados técnicos, econômicos e ambientais. No setor oleiro, foi estudada a introdução de espécies de rápido crescimento para produção de lenha, em substituição à mata nativa, de forma a contribuir para redução do avanço de fronteira contra floresta.

Palavras-chave: Indústria cerâmica, Desenvolvimento sustentável, Estudo de caso, Biomassa.

Abstract: The sustainable development of the Amazon region has been posing a great challenge for a long time. Therefore, the regional energy supply sector has assumed an extremely important role due to its potentiality for raising the income and improving the living conditions of the local residents. Hence, we must seek for a way of being able to exploit its natural resources diversity without degrading the environmental conditions for our own as well as coming generations. We are dealing with a continental-sized region holding a large variety of natural resources and power supply sources. The present study has restricted its discussion into the local pottery and brickworks production complex power supply demands. Hence, our work consisted of gathering information pertaining to economical, environmental and processing technique data available at local companies and institutions. In the pottery sector, as a whole, we are studying the introduction of fast-growing timber species for the production of firewood, as an alternative to those found in the native forest aiming to contribute for its conservation and sustainability.

Keywords: Ceramic Industry, Sustainable Development, Case Study, Biomass.

JEL: Q31

Introdução

O desafio atual na Amazônia é diminuir o fluxo de emissões de carbono principalmente devido ao desmatamento ilegal. Nesse sentido, Fearnside (2009) aponta que este pode ser reduzido quando aplicados métodos de comando e controle, usando programas de inspeções e multas, a criação de áreas protegidas e vários tipos de projetos integrados de desenvolvimento destinados a canalizar trabalho e recursos de capital, para uso sustentável da terra em áreas desmatadas em vez de desmatamento da floresta.

Em 1987, o município de Manacapuru já apresentava um índice de desmatamento de 4,6 % de 7.062 km² do seu território, enquanto que o município de Iranduba atingia um índice de desmatamento de 13,39 % de uma área de 2.354 km², isto é, um dos mais elevados do estado.

Sendo os referidos municípios os maiores consumidores de lenha no Estado do Amazonas (SOUZA e NASCIMENTO, 2006).

A produção oleira do pólo agrupa os municípios de Manacapuru e Iranduba do Estado do Amazonas. No entanto, este setor apresenta dificuldades para sua sustentabilidade devido a problemas associados ao suprimento energético (SANTOS e SOUZA, 2002).

O setor oleiro do Amazonas utilizou como insumo energético para sustentar seu processo produtivo, madeira de áreas florestais não licenciadas. Para conter o avanço de fronteira contra floresta na região explorada pelos ceramistas foi realizada uma operação que contou com a Polícia Federal (PF), o Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o resultado dela evidenciou a gravidade da situação, pois, se empresas necessitam de biomassa para atender as demandas energéticas do processo produtivo, a capital Manaus e outros municípios no entorno do pólo dependem exclusivamente dos produtos oleiros para o setor de construção civil.

Atualmente utilizam como insumo energético os resíduos de madeira do Pólo Industrial de Manaus (PIM) e da construção civil, e caroços de açaí, oriundos de empresas que processam industrialmente a fruta nos municípios de Codajás, Manacapuru e Manaus, mas os insumos não são suficientes e perenes para atender a demanda energética das empresas.

Fez-se uma pesquisa *in loco*, com o objetivo de compreender o processo produtivo utilizado pela indústria oleira no Estado do Amazonas e, assim, demonstrar que existem métodos agronômicos factíveis quanto à obtenção e uso sustentável de insumos energéticos.

2. Material e Métodos

Para a escolha do local para estudo de caso, optou-se por selecionar sub-regiões e municípios dentro delas, método este já aplicado por Figueiredo (2003). Para proceder com a seleção dos municípios, estabeleceram-se alguns critérios, exigindo-se que tenham atividade de extração de argila mineral para confecção de cerâmica estrutural.

A lista com os contatos de empresas do Estado do Amazonas do setor oleiro foi obtida junto ao sindicato da categoria; posteriormente, tais dados foram cotejados junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral do Estado do Amazonas - DNPM/AM.

Para selecionar as empresas, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- adensamento da empresa por área geográfica para definição do município;
- dispersão geográfica da empresa;
- aspectos de legalização junto ao setor comercial e órgãos fiscalizadores;
- interesse das empresas em participar da pesquisa, permitindo acesso às suas instalações para coleta de dados.

Considerou-se o contorno espacial da pesquisa, ou seja, com a seleção da sub-região e dos municípios que melhor atendessem aos requisitos estabelecidos.

Figueiredo (2003), ao verificar que os municípios pesquisados em seu trabalho não representavam a existência de um mercado atrativo para novos empreendimentos, inclusive no setor energético, recomendou que o tratamento fosse dado ao Estado em forma de microrregiões, pela visão ampliada da demanda por energia elétrica dos municípios e localidades desta região. Esta abordagem é também utilizada nesta pesquisa.

Considerando informações relativas às potencialidades para abastecimento local e regional, para as Sub-regiões (SUFRAMA, 2012) que compõem o Estado do Amazonas, foi eleita a Sub-região 14 para estudo de caso, uma vez que esta reúne as atividades de extrativismo

vegetal e mineral para confecção de cerâmica estrutural, o que configuraria um mercado para o estudo proposto.

A Sub-região 14 compreende 15 municípios, a saber: Anamã, Anori, Autazes, Beruri, Caapiranga, Careiro, Careiro da Várzea, Coari, Codajás, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão e Rio Preto da Eva.

Escolhida a Sub-região 14, após a verificação dos critérios para a eleição dos municípios, já descritos, foram selecionados: Manacapuru e Iranduba, que concentram ambos os setores de extrativismo supracitados.

A pesquisa realizada se limitou aos pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru, cujos produtos visam atender à demanda da indústria da construção civil em toda a região, principalmente da cidade de Manaus.

O Pólo Oleiro de Manacapuru está representado por 13 empresas dispersas ao longo da Rodovia Manoel Urbano, entre os quilômetros 38 e 45, enquanto o Pólo de Iranduba agrupa dez empresas também situadas na mesma rodovia, entre os quilômetros 0 e 4. Destas 23 empresas, foram selecionadas oito para o presente estudo, quatro de cada pólo.

Vencidas várias etapas, procedeu-se então a uma rotina para obtenção de dados no sentido de viabilizar a pesquisa, os quais sejam: visita técnica, coleta de dados da empresa, coleta e análise de dados técnicas e análise de viabilidade técnico-econômica.

A seguir apresenta-se as equações para a realização do estudo:

2.1. Custo de produção da lenha

$$C_{pl} = C_l \cdot d \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

C_{pl}: custo de produção da lenha (US\$/m³)

d: densidade (kg/m³)

$$C_l: \text{custo da lenha (US\$)} = \frac{(VP_i - P_t)}{P_r} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

VP_i: valor presente dos custos anualizados para produção de lenha (US\$);

P_t: preço da terra (US\$/ha);

P_r: produtividade (kg/ha).

Os dados utilizados constam das Tabelas 01 e 02.

Tabela 01 - Manutenção para cultivo de espécies lenhosas

| Parâmetros | Implantação (R\$/ha) | Manutenção (R\$/ha/ano) |
|--|----------------------|-------------------------|
| Preço da terra | 808,00 | 261,36 ¹ |
| Construção do viveiro | 797,00 | 861,88 ² |
| Preparo do terreno | 2.002,00 | 2.002,00 ³ |
| Preparo de mudas | 736,00 | 736,00 ³ |
| Plantio | 460,00 | 460,00 ³ |
| Manutenção do plantio | 672,00 | 672,00 ³ |
| Valor presente dos 10 anos de investimento (R\$) | - | 4.993,24 |
| Valor presente dos 10 anos de investimento (US\$) (VP _i) | - | 2.269,66 ⁴ |

Fonte: Santos (2006).

O investimento foi anualizado, multiplicando-se o custo pela equação 3 $\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$ (Eq. 3), onde : $i = 30\%$ ao ano e $n = 10$ anos.

Foi considerada a necessidade de construção de viveiro a cada dois anos. Esses valores foram atualizados, utilizando-se a seguinte relação $\sum \frac{1}{(1+i)^{n_i}}$ (Eq. 4), onde i igual a 12% ao ano e n_i assume valores iguais a 2, 4, 6 e 8. De posse do valor presente, este foi anualizado da mesma forma que o preço da terra, inclusive adotando-se a mesma taxa e mesma vida útil. Esses custos se repetem anualmente. Foi adotada a taxa de câmbio do dólar americano de R\$ 2,20.

Tabela 02 - Produtividade das espécies

| Espécie | Produtividade (T/ha) | Densidade (kg/m ³) | PCI (MJ/kg) |
|------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------|
| <i>Acacia auriculiformes</i> | 6,7529 | 660 | 17,91 |
| <i>Acacia mangium</i> | 10,4813 | 610 | 17,72 |
| <i>Gmelina arborea</i> | 7,1854 | 440 | 16,81 |

Fonte: Duzat *et al.* (2003).

2.2 Custo da Lenha por Unidade de Energia

$$C_{le} = \frac{C_{pl}}{d \cdot PCI} \cdot 10^3 \quad (\text{Eq. 5})$$

onde:

C_{le} : custo de produção da lenha por unidade de energia (US\$/GJ);

C_{pl} : custo da lenha (US\$/m³);

d : densidade (kg/m³);

PCI: poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg).

Os dados de poder calorífico inferior constam da Tabela 2.

2.3 Preço de Mercado da Lenha

$$P_{ML} = [1 + (ICMS + lucro)] \cdot C_{pl} \quad (\text{Eq. 6})$$

onde:

P_{ML} : preço de mercado da lenha (US\$/m³);

ICMS: imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (25%);

Lucro: foi assumido como igual a 20%;

C_{pl} : custo da lenha (US\$/m³).

2.4 Estimativa do Consumo Anual de Lenha

$$C_{ol} = C_d \cdot N \quad (\text{Eq. 7})$$

onde:

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m^3/ano);

C_d : consumo diário de lenha (m^3/dia);

N : número de dias trabalhados no ano (300).

A Tabela 03 apresenta o consumo diário de lenha por empresa.

Tabela 03 - Consumo diário de lenha por empresa

| Município | Empresa | Estimativa do consumo de lenha (m^3/dia) |
|------------|---------|--|
| Manacapuru | A | 50 |
| | B | 120 |
| | C | 60 |
| | D | 60 |
| Iranduba | E | 90 |
| | F | - |
| | G | 10 |
| | H | 25 |

Fonte: Santos (2006).

2.5 Estimativa de Emissão

$$E_e = FE \cdot PCI \cdot C_{ol} \quad (\text{Eq. 8})$$

onde:

E_e : estimativa de emissão (ton/TJ útil);

FE : fator de emissão (ton/TJ);

PCI : poder calorífico inferior da lenha (MJ/kg);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m^3/ano).

A Tabela 04 apresenta os fatores de emissão.

Tabela 04. Fatores de emissão da lenha nativa

| Fator de Emissão da lenha nativa (ton/TJ) | | |
|---|-----------------|-----------------|
| CO | CO ₂ | NO _x |
| 0,0012210 | 0,0019186 | 0,0010319 |

Fonte: Santos (2006)

Foi adotado um poder calorífico inferior à média dos poderes caloríficos das espécies atualmente utilizadas como lenha (3.981,22 kcal/kg).

2.6. Conversão anual de floresta

$$C_f = \frac{C_{ol}}{P_{tl}} \quad (\text{Eq. 9})$$

onde:

C_f : conversão anual de floresta (ha/ano);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano);

P_{il} : Produção teórica de lenha nativa igual a 322,5 st/ha (GARCIA, 2002).

2.7 Estimativa de Área Manejada Necessária para Atender os Processos Produtivos das Olarias

$$A_m = \frac{V_b \cdot PCI}{P_r} \cdot a \quad (\text{Eq. 10})$$

onde:

A_m : estimativa de área manejada (ha/ano);

P_r : produtividade (kg/ha);

PCI: poder calorífico inferior (kcal/kg);

a : número de áreas para tornar o plantio sustentável (6);

V_b : volume de biomassa (m³/ano), obtida através da expressão:

$$V_b = \frac{E_{tp}}{C_{ol} \cdot PCI} \cdot b \quad (\text{Eq. 11})$$

Tabela 05 - Poder calorífico inferior por espécie

| Espécie | PCI (kcal/kg) |
|------------------------------|------------------|
| <i>Acacia auriculiformes</i> | 4.278,79 |
| <i>Acacia mangium</i> | 4.233,27 |
| <i>Gmelina arborea</i> | 4.016,71 |

Fonte: Duzat *et al.* (2003).

onde:

b : fator para converter kcal para MJ (238,84);

E_{tp} : energia consumida no processo (MJ/ano).

$$E_{tp} = \frac{C_{ol} \cdot PCI \cdot d}{b} \quad (\text{Eq. 12})$$

2.8 Estimativas de Emissões Evitadas pela Substituição da Lenha Nativa por *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth., *Acacia mangium* Willd ou *Gmelina arborea* Roxb

$$E_{ev} = E_{ln} - E_{lm} \quad (\text{Eq. 13})$$

onde:

E_{ev} : estimativa de emissão evitada (ton /TJ útil);

E_{ln} : estimativa de emissão por lenha nativa (ton /TJ útil);

E_{lm} : estimativa de emissão por lenha manejada (ton /TJ útil).

Os dados de estimativa de emissão por lenha nativa foram calculados pela equação descrita na seção 2.5; a estimativa de emissão de lenha manejada pode ser calculada pela mesma equação, mas, utilizando os fatores de emissão descritos na Tabela 06:

Tabela 06 - Fatores de emissão da lenha manejada

| Espécie | Fator de Emissão (ton/TJ) | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| | CO | CO ₂ | NO _x |
| <i>Acacia auriculiformis</i> | 0,00105165 | 0,00165259 | 0,00151680 |
| <i>Acacia mangium</i> | 0,00105841 | 0,00166322 | 0,00116808 |
| <i>Gmelina arborea</i> | 0,00109393 | 0,00171904 | 0,00110282 |

Fonte: Santos (2006)

2.9. Investimento para Produção de Lenha Manejada

$$I_{lm} = C_{ol} \cdot C_{pl} \text{ (Eq. 14)}$$

onde:

I_{lm} : investimento para produção de lenha manejada (US\$);

C_{ol} : estimativa do consumo anual de lenha (m³/ano) ;

C_{pl} : custo de produção da lenha (US\$/m³).

2.10. Receita com Crédito de Carbono por um ano de não uso de Lenha Nativa

$$R_{cc} = C_c \cdot E_{ln} \text{ (Eq. 15)}$$

onde:

R_{cc} : receita com crédito de carbono (US\$/ano);

C_c : custo do carbono (US\$ 7,30/ton C);

E_{ln} : estimativa de emissão por lenha nativa (ton /TJ útil).

3. Resultados e Discussão

3.1 Processo produtivo

O pólo oleiro do Amazonas produz tijolos maciços, refratários, de oito furos, alguns tipos de telhas, lajotas, combogós, etc., apenas sob encomenda. De fato, a grande produção do pólo oleiro concentra-se na fabricação de tijolos de oito furos.

Existe apenas uma olaria que produz telhas, inclusive para exportação, em todo o pólo oleiro de ambos os municípios, mas não foi permitido o acesso às suas instalações. Logo, a pesquisa foi focada no processo de fabricação de cerâmica vermelha, tendo como maior produto a fabricação de tijolos.

Verificou-se que a exploração das camadas superficiais de argila é realizada a céu aberto durante os períodos de seca dos rios e igarapés. Essa exploração é feita de forma rudimentar por empresas de pequeno porte. Já as empresas de médio e grande

porte utilizam pás-carregadeiras e caminhões basculantes. Constatou-se, ainda, que mesmo as olarias de grande porte não possuem equipamentos apropriados à exploração racional das jazidas, como tratores de esteira e escavadeiras hidráulicas (*drag-lines*), que propiciam o corte de argila também na época de cheia dos rios. Normalmente, as pás-carregadeiras retiram argila para transporte em caminhões basculantes.

A técnica de exploração utilizada afeta somente as camadas superficiais, as quais podem alcançar até quatro metros. Esse método induz a uma forte pressão sobre o uso do solo, gerando a necessidade de novos desmatamentos, aumentando as áreas degradadas, expulsando a fauna nativa, e provocando assoreamento de cursos d'água, erosão, aumento da poluição atmosférica, etc..

No tocante ao insumo energético, este pode ter duas origens: a lenha da floresta (87,5% das empresas pesquisadas) e resíduos madeireiros provenientes de serrarias (12,5% das empresas pesquisadas).

Dentre as tecnologias utilizadas para processamento do insumo energético, o forno tipo caieira foi o mais representativo na pesquisa, sendo utilizado por 47% das empresas, seguido do abóboda com percentual de incidência de 17%, que são fornos mais rudimentares e apresentam menor custo de implantação. Por outro lado, fornos mais eficientes, como o semi-contínuo, só foram encontrados em 3% das empresas pesquisadas (Tabela 07).

Verifica-se que, dentre as tecnologias utilizadas para produção de produtos cerâmicos, as caieiras são as que apresentam pior relação consumo por produção, o que implica em elevada utilização de lenha (Tabela 07).

Tabela 07 - Tecnologias utilizadas para produção de cerâmica no pólo oleiro

| Tipo de forno | Quantidade de fornos nas olarias (%) | Média do consumo de lenha (m ³ /milheiro) |
|---------------|--------------------------------------|--|
| Caieira | 47,00 | 14,33 |
| Abóboda | 17,00 | 8,86 |
| Contínuo | 13,00 | 8,00 |
| Caipira | 10,00 | 12,00 |
| Semi-contínuo | 3,00 | 5,40 |
| Reversível | 10,00 | 7,50 |

Fonte: Santos (2006).

3.2 Impactos ambientais

A partir do relatório do DNPM (2000) e dos impactos descritos por Silva *et al.* (2004), detalhou-se possíveis danos ambientais na extração de argila e as medidas minimizadoras, que são apresentados na Quadro 1. Assim, destacam-se como essenciais as seguintes medidas mitigadoras: a) referente ao solo: adotar práticas mecânicas como o terraceamento, enleareamentos permanentes e trincheiras antierosivas; b) referente à água: planejar a exploração das jazidas conservando as áreas próximas de cursos d'água; c) referente à flora: aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha; c) referente à fauna: realizar reflorestamento com espécies nativas de ocorrência na área desmatada, visando a recomposição do *habitat*; d) referente aos microrganismos: após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo; e) referente ao meio antrópico: adequar às instalações da empresa conforme as diretrizes do programa de certificação do setor oleiro.

Ao observar os possíveis impactos ambientais gerados pela extração mineral, verifica-se que as medidas minimizadoras são extremamente importantes para a sustentabilidade da atividade produtiva. Portanto, é recomendável que as empresas do setor oleiro incorporem aos custos de produção os riscos ambientais, de forma a garantir, ao longo do tempo, uma produção sustentada.

Quadro 01 - Impactos ambientais da extração e medidas mitigadoras

| Meio | Impacto | Medida mitigadora |
|--------------------------|---|--|
| Físico (solo) | Indução ao surgimento do processo de erosão do solo pela supressão da cobertura vegetal, ocasionando grandes impactos, tais como: retirada dos nutrientes do solo, formação de intenso ravinamento e voçorocas. | Terraceamento, enleareamentos permanentes e trincheiras antierosivas são práticas mecânicas que consistem no deslocamento de massas de solo para obter barreiras físicas e diminuir a velocidade da enxurrada. |
| | Formação de crosta laterítica que inibe ou até impede o desenvolvimento e a restauração da nova cobertura vegetal; aumento do transporte de sedimentos em suspensão e rolamento nas águas. | Instalação de material vegetal visando obter barreira física para diminuir a velocidade da enxurrada, como também proteger o solo contra o impacto das gotas de água da chuva e evitar o salpicamento das partículas, além do selamento superficial; essa técnica é considerada de caráter vegetativo. |
| Físico (água) | Indução à depreciação da qualidade da água dos mananciais vizinhos, tendo em vista que as áreas geologicamente propícias à exploração de argila estão nas regiões mais baixas, com cotas muito próximas aos níveis de cheia dos rios, sujeitas a inundações sazonais. | Planejar a exploração das jazidas conservando as áreas próximas de cursos d'água. |
| | Indução à depreciação da qualidade da água pelo aumento de sua turbidez, além do assoreamento dos mananciais vizinhos, em razão da incidência de processos erosivos no solo que carregam particulados. | Proceder com a inserção de práticas mecânicas visando evitar a formação de processos erosivos. |
| Biótico (flora) | A retirada da cobertura vegetal para o desenvolvimento do <i>Pit</i> de lavra torna inevitável a perda da camada superficial do solo (horizonte A). | Após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo. |
| | O corte da floresta para a produção de lenha, usada como matéria energética na queima de cerâmica estrutural. | Aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha e à diminuição da pressão contra a floresta. |
| Biótico (fauna) | Redução e ou descentralização de <i>habitat</i> pelo corte da floresta para a produção de lenha. | Aproveitar áreas degradadas para plantações florestais visando à obtenção de lenha e à diminuição da pressão contra a floresta. |
| | Indução ao afugentamento da fauna silvestre pela destruição do <i>habitat</i> . | Realizar reflorestamento com espécies nativas de ocorrência na área desmatada, visando à recomposição do <i>habitat</i> . |
| Biótica (microrganismos) | Destruição da macro e microfauna pela retirada da camada superficial do solo (horizonte A) para o desenvolvimento do <i>Pit</i> de lavra. | Após exploração das áreas, proceder com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo. |
| Antrópico | Instalações industriais precárias, sem segurança. | Adequar as instalações da empresa conforme as diretrizes do programa de certificação do setor oleiro. |
| | Depreciação do aspecto cênico, em vista da degradação da paisagem devido à exposição do solo e escavações, com alteração do perfil topográfico. | Planejar a exploração das jazidas e proceder com as medidas de recuperação da área já explorada, com as técnicas de caráter mecânico e vegetativo. |

Registra-se, na Tabela 08, as estimativas atuais de emissões de gases precursores do efeito estufa, sendo que a empresa “B” superou as demais em consumo do insumo energético e isto induz a maiores estimativas de emissões frente às outras empresas. Contudo, esses valores poderiam ser reduzidos se adotassem como energético, essências florestais com maior poder calorífico.

Tabela 08 - Estimativa atual de emissões de gases de efeito estufa

| Município | Empresa | Estimativa do consumo de lenha (m ³ /ano) | Estimativa de emissão de CO lenha (t CO /TJ útil) | Estimativa de emissão de CO ₂ lenha (t CO ₂ /TJ útil) | Estimativa de emissão de NO _x lenha (t NO _x /TJ útil) |
|------------|---------|--|---|---|---|
| Manacapuru | A | 15.000,00 | 72.913,53 | 114.578,40 | 61.621,30 |
| | B | 43.200,00 | 209.990,95 | 329.985,78 | 177.469,35 |
| | C | 18.000,00 | 87.496,23 | 137.494,08 | 73.945,56 |
| | D | 18.000,00 | 87.496,23 | 137.494,08 | 73.945,56 |
| Iranduba | E | 27.000,00 | 131.244,35 | 206.241,12 | 110.918,35 |
| | F | 2.400,00 | 11.666,16 | 18.332,54 | 9.859,41 |
| | G | 3.000,00 | 14.582,71 | 22.915,68 | 12.324,26 |
| | H | 7.500,00 | 36.456,76 | 57.289,20 | 30.810,65 |
| Total | | 134.100,00 | 651.846,92 | 1.024.330,87 | 550.894,45 |
| Média | | 19.157,14 | 93.120,99 | 146.332,98 | 78.699,21 |

3.3 Aspectos Ambientais da Implantação e Manejo da Produção de Biomassa

A biomassa é fonte energética potencialmente limpa no que diz respeito às emissões atmosféricas. Em comparação com os insumos fósseis, a contribuição para a formação de chuvas ácidas é significativamente menor quando do uso da biomassa, seja pela menor temperatura de combustão, seja pela quase total ausência de enxofre em sua composição. Ademais, a contribuição das emissões globais de CO₂ são nulas ou bastante reduzidas, desde que a biomassa seja produzida de forma renovável (WALTER e NOGUEIRA, 1997).

De acordo com Araújo *et al.* (2005), argumentos plausíveis podem ser utilizados a favor de utilização de espécies nativas e exóticas no emprego para recuperação de áreas degradadas. Uma boa situação para a utilização de espécies exóticas é no caso de encostas altamente degradadas ou construídas pelo homem, onde os solos são estéreis ou altamente modificados.

Se, por um lado, poucas espécies nativas são adaptáveis a tais condições, por outro lado, pode-se encontrar espécies exóticas que sejam bem adaptadas às condições adversas das áreas degradadas, podendo servir também como pioneiras ou para cobertura, já que modificam bastante o local, permitindo que as nativas possam se estabelecer.

Entretanto, deve-se proceder com cautela, uma vez que as espécies exóticas podem se espalhar incontrolavelmente, competir de forma prejudicial com as espécies nativas e formar monoculturas artificiais e não desejadas na paisagem Amazônica (ARAÚJO *et al.*, 2005).

Diferentemente das espécies estudadas neste trabalho, o eucalipto é a espécie lenhosa exótica mais estudada no País, foi melhorada geneticamente, e seus aspectos silviculturais já são amplamente conhecidos nos meios técnico e científico. Sobre essa espécie, Coscarelli (2001) comenta que, como toda espécie de raízes profundas, o eucalipto absorve mineral das camadas inferiores do solo, devolvendo à superfície grande quantidade de matéria orgânica, através de suas folhas e galhos. Mas, Foelkel (2005) reporta que os componentes da biomassa do eucalipto possuem compostos tóxicos, que servem para sua proteção; são substâncias alelopáticas produzidas pela espécie que repelem insetos, o que inviabiliza a existência dos animais que deles se alimentam, alterando a cadeia alimentar nas áreas de plantio, o que é muito comum, sobretudo em plantios comerciais.

Desde 1998, o plantio de *Acacia mangium* vem sendo comum em várias áreas do lavrado de Roraima. Em muitos casos, estas plantações estão muito próximas ou imediatamente adjacentes a áreas de posse e uso tradicional de comunidades indígenas, principalmente das etnias Wapichana e Macuxi, e nos municípios de Boa Vista e Cantá. Nessas áreas, populações indígenas relataram intensa presença e atividade de abelhas (*Apis mellifera* L. – principalmente) proliferando nos buritizais das terras indígenas onde existem plantações próximas, as quais estariam dificultando a coleta de palhas para construções habitacionais das comunidades. Constatou-se também, no solo coberto de folhagem, uma intensa população de formigas e a presença de pragas (lagartas verdes), indicadas como perigosas e cáusticas (causadoras de queimaduras) no contato com a pele. A presença destas pragas é percebida como um risco, podendo se espalhar nas áreas, nas roças de subsistência e até nas malocas indígenas (LAURIOLA, *et al.*, 2002).

Massaro Júnior (2006) registrou que o *Costalimaita ferruginea* (besouro-amarelo) e a *Bemisia tabaci* (mosca branca) incidiram nos plantios comerciais, danificando-os. O referido autor relatou que diversos outros insetos, ainda não identificados, foram observados atacando a cultura.

No estudo conduzido por Garay *et al.* (2003) na região de Tabuleiros Terciários, no norte do Estado do Espírito Santo, constatou-se que houve maior quantidade de material foliar acumulado nas camadas holorgânicas (os horizontes holorgânicos, camada superficial do solo, normalmente camada cultivável.) na área sob *Acacia mangium*. Verificou-se maiores teores e estoque de nitrogênio no folhoso e a menor relação carbono por nitrogênio, bem como a maior quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo pela decomposição da *Acacia mangium*. Esses resultados demonstram a grande contribuição em matéria orgânica e nitrogênio que esta espécie fornece, evidenciando sua maior eficiência em reconstituir os horizontes orgânicos do solo.

Estudo semelhante faz-se necessário nos plantios de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformes*, para se verificar o real impacto da decomposição da matéria orgânica na ciclagem de nutrientes e no ciclo hidrológico, bem como a supressão de outras espécies na área de cultivo, nos solos pobres do Amazonas.

Carvalho *et al.* (2010) comentam que o manejo adequado do solo e da vegetação na Amazônia, abrange os sistemas de rotação/sucessão de culturas que incluam plantas com alta produção de resíduos vegetais e, ainda, plantas capazes de acumular nutrientes no solo, como a implantação de leguminosas nos sistemas de produção. Marinho *et al.* (2004) informam que a *Acacia mangium*, uma leguminosa arbórea, facultativa a presença de fungos micorrízicos arbusculares sem prévia inoculação, e a recomendam para a recuperação de áreas degradadas e ou de baixa fertilidade na Amazônia.

A proposição apresentada nessa pesquisa considera o plantio comercial em áreas degradadas e não para fins de reflorestamento de forma a substituir o uso da floresta nativa, porque o reflorestamento visa recompor a vegetação florística remanescente da região, não sendo recomendável fazê-lo utilizando espécies exóticas, pois as mesmas devem ser cultivadas em áreas restritas para o plantio, de forma a evitar que a mesma se torne uma invasora. Ao utilizar espécies de crescimento rápido, com alto poder calorífico, contribui-se para diminuir o avanço da fronteira contra a floresta, poupando-a da completa destruição.

3.4 Aspectos Econômicos da Implantação e Manejo da Produção de Biomassa

No intuito de estudar a possibilidade de utilização das áreas degradadas para um possível processo de plantio de biomassa lenhosa para fins energéticos, foram selecionadas quatro empresas em cada município.

Verificou-se uma variação na área do imóvel, área da indústria e, por conseguinte, no número de empregados. As empresas do município de Iranduba apresentaram as maiores áreas construídas, bem como o maior número de empregados. A partir da área disponível do imóvel, estimou-se as áreas que poderiam ser utilizadas para o plantio energético, as quais são apresentadas na Tabela 09.

Tabela 09 - Caracterização das empresas do segmento cerâmico-oleiro

| Municípios | Empresas | Área do imóvel (m ²) | Área da indústria (m ²) | Nº empregados |
|------------|----------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Manacapuru | A | 647.600 | 2.700 | 16 |
| | B | 900.000 | 4.000 | 40 |
| | C | 76.300 | 10.000 | 5 |
| | D | 200.000 | 2.600 | 15 |
| Iranduba | E | 795.000 | 15.000 | 20 |
| | F | 26.000 | 10.000 | 37 |
| | G | 3.000.000 | 2.500 | 90 |
| | H | 150.000 | 2.700 | 16 |
| Total | | 5.794.900 | 49.500 | 239 |
| Média | | 724.362 | 6.187 | 29 |

Na Tabela 10 são apresentados os dados estimados de conversão de floresta pelo uso de lenha de espécies nativas nos processos produtivos por empresa. É importante ressaltar que a área convertida anualmente é superior à detida pelas empresas para cultivos, portanto, a utilização dos sistemas manejados com as essências exóticas seria uma medida benéfica contra o avanço da fronteira florestal. Observa-se que a área anual de cultivo de *Acacia mangium* necessária para abastecer o processo produtivo, representa 15 % da área disponível para plantio. Registra-se ainda que a empresa F utiliza resíduos madeireiros.

A estimativa de conversão de floresta nativa foi bastante conservadora por duas razões. Em primeiro lugar, não foram consideradas as perdas; além disso, no cálculo foi adotado o valor médio de produção (322,5 m³/ha) de floresta Amazônica, o qual apresenta grandes variações entre diferentes estudos, podendo este valor, segundo Garcia (2002), chegar a 465 m³/ha.

Tabela 10 - Estimativa de áreas convertidas de floresta e áreas manejadas para atendimento ao processo produtivo

| Municípios | Empresas | Conversão de floresta ¹ (ha/ano) | Área disponível para plantio (ha) | Área manejada de <i>Acacia auriculiformis</i> (ha/ano) | Área manejada <i>Acacia mangium</i> (ha/ano) | Área manejada <i>Gmelina arborea</i> (ha/ano) |
|------------|----------|---|-----------------------------------|--|--|---|
| Manacapuru | A | 46,51 | 64,49 | 23,57 | 9,78 | 20,82 |
| | B | 136,00 | 89,60 | 67,89 | 28,18 | 59,96 |
| | C | 55,81 | 6,63 | 28,29 | 11,74 | 24,98 |
| | D | 55,81 | 19,74 | 28,29 | 11,74 | 24,98 |
| Iranduba | E | 83,72 | 78,00 | 42,43 | 17,61 | 37,48 |
| | F | - | 1,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | G | 9,30 | 299,75 | 1,92 | 4,71 | 4,16 |
| | H | 23,23 | 14,73 | 11,79 | 5,05 | 10,41 |
| Total | | 410,38 | 574,54 | 204,18 | 88,81 | 182,79 |
| Média | | 58,62 | 71,81 | 29,16 | 12,68 | 26,11 |

É importante destacar que a quantidade de energia térmica estimada a partir da lenha de *Acacia mangium* destacou-se sobre a de *Acacia auriculiformis* e a de *Gmelina arborea* na quantidade de energia produzida por hectare, apesar do poder calorífico da *Acacia auriculiformis* ser superior ao da *Acacia mangium*. A produtividade de biomassa verde foi o fator determinante para esse resultado.

Na Tabela 10, as empresas A, B, D, E, G e H detêm área disponível para plantio, ao se comparar com a área necessária para atender à demanda de lenha da espécie *Acacia mangium*, enquanto que os sistemas manejados com as espécies *Acacia auriculiformis* e a *Gmelina arborea* demandam áreas maiores.

Para fazer o dimensionamento da área para plantio, utilizou-se o conceito de sistemas agroflorestais, que recomenda o pousio no intervalo de cultivo das áreas para que a macro e micro biota do solo se mantenham, bem como as características físicas e químicas do solo, que são favorecidas no ambiente através da recomposição da vegetação pioneira, conhecida como capoeira. Portanto, os ciclos de cultivo estabelecidos foram de três anos, com igual tempo de descanso, admitindo-se a necessidade de manutenção de seis áreas para garantir o pousio do sistema manejado.

Freitas (1992) aponta os seguintes custos para áreas reflorestadas: “O custo médio do reflorestamento de um hectare de terra degradada nos estados do Pará e Maranhão, segundo projetos de silvicultura da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), está em torno de 1.200-1.700 US\$/ha, para plantios de eucaliptos ou acácias em ciclos de corte de 7 anos, obtendo uma produtividade média de 20-30 m³/ha/ano de biomassa. No restante do País, o custo médio do reflorestamento encontra-se entre 700 e 1.100 US\$/ha, isto é, entre 40 e 60% do custo de reflorestamento das terras degradadas da Amazônia. Sendo assim, para integrar esta produção aos mercados nacional e internacionais, estímulos fiscais serão necessários”.

Nesse cenário, pode-se incluir a agricultura familiar, conforme reporta Sawyer (2009), a qual a produção pode abranger a policultural, agroextrativista e/ou agroecológica, em áreas naturais ou recuperadas, e mantém diversas funções ecossistêmicas interligadas, ainda que de forma imperfeita. Gerando, assim emprego e renda.

Contudo, Simioni e Hoeflich (2010) aludem que a geração de energia a partir de biomassa de origem florestal apresenta tendência de elevação. Entretanto, a quantidade, a qualidade da biomassa, sobretudo nos aspectos de teor de umidade e

classificação por tipo ou categoria, também devem ser consideradas, por serem importantes.

Como comentado anteriormente, é possível obter recursos adicionais em empreendimentos que viabilizem o sequestro de carbono, através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Assim sendo, realizou-se um estudo no sentido de avaliar a factibilidade da captação de tais recursos no contexto do pólo oleiro dos municípios de Iranduba e Manacapuru.

Inicialmente, foram realizadas estimativas de emissões de CO₂ evitadas por ano, decorrentes da substituição da lenha nativa pelas espécies *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* e *Gmelina arborea* obtidas através de plantios energéticos em áreas degradadas (Tabela 11).

Tabela 11 - Estimativas de emissões evitadas pela substituição da lenha nativa por espécies exóticas

| Municípios | Empresas | Emissões evitadas pelo uso de <i>Acacia auriculiformis</i> (t CO ₂ /ano) | Emissões evitadas pelo uso <i>Acacia mangium</i> (t CO ₂ /ano) | Emissões evitadas pelo uso <i>Gmelina arborea</i> (t CO ₂ /ano) |
|------------|----------|---|---|--|
| Manacapuru | A | 8.512,21 | 8.965,48 | 11.005,22 |
| | B | 24.515,16 | 25.820,59 | 31.695,03 |
| | C | 10.214,65 | 10.758,58 | 13.206,26 |
| | D | 10.214,65 | 10.758,58 | 13.206,26 |
| Iranduba | E | 15.321,98 | 16.137,87 | 19.809,39 |
| | F | 1.361,95 | 1.434,48 | 1.760,83 |
| | G | 1.702,44 | 1.793,10 | 2.201,04 |
| | H | 4.256,10 | 4.482,74 | 5.502,61 |
| Total | | 76.099,15 | 80.151,43 | 98.386,65 |
| Média | | 9.512,39 | 10.018,93 | 12.298,33 |

O desenvolvimento de um estudo destinado à avaliação da viabilidade de captação de recursos, via comercialização de créditos de carbono, exige um grande número de informações, cujo levantamento exigiria um grande esforço e um lapso de tempo que fugiria ao escopo desta pesquisa. No entanto, uma avaliação preliminar foi desenvolvida, e seus resultados apresentados na Tabela 12. Onde, ressalta-se o fato de que a receita a ser obtida através da comercialização dos créditos de carbono é, para todas as empresas, superior ao investimento necessário destinado à produção de lenha, independentemente da espécie lenhosa a ser plantada.

O custo obtido para a lenha (*Acacia mangium* Willd) por unidade de energia foi de US\$ 1,22/GJ, valor aproximado da lenha nativa (lenha clandestina) de US\$ 1,09/GJ. Apesar do preço estimado da lenha, proveniente de sistema manejado, ser superior ao da lenha nativa, há de se considerar que a produção em larga escala reduz os custos de produção, e que, para as atividades de comercialização de lenha clandestina, não há cobrança de impostos e tampouco se faz reposição florestal. Com o esgotamento do estoque de biomassa local, considera-se a produção de lenha uma atividade promissora.

Tabela 12 - Estimativas de investimentos no plantio de lenha das espécies lenhosas

| Municípios | Empresas | Investimento para produção de <i>Acacia auriculiformis</i> (US\$/ano) | Investimento para produção de <i>Acacia mangium</i> (US\$/ano) | Investimento para produção de <i>Gmelina arborea</i> (US\$/ano) | Receita com os créditos de carbono (US\$/ano) |
|------------|----------|---|--|---|---|
| Manacapuru | A | 294.423,83 | 175.321,03 | 184.469,06 | 572.891,99 |
| | B | 847.940,62 | 504.924,57 | 531.270,90 | 1.649.928,92 |
| | C | 353.308,59 | 210.385,24 | 221.362,88 | 687.470,39 |
| | D | 353.308,59 | 210.385,24 | 221.362,88 | 687.470,39 |
| Iranduba | E | 529.962,89 | 315.577,86 | 332.044,31 | 1.031.205,58 |
| | F | 47.107,81 | 28.051,37 | 29.515,05 | 91.662,72 |
| | G | 58.884,77 | 35.064,21 | 36.893,81 | 114.578,40 |
| | H | 147.211,91 | 87.660,52 | 92.234,53 | 286.445,99 |
| Total | | 2.632.149,01 | 1.567.370,03 | 1.649.153,42 | 5.121.654,37 |
| Média | | 329.018,63 | 195.921,25 | 206.144,18 | 640.206,80 |

Basseto (2010) refere que o engajamento de uma empresa na Responsabilidade Social e Sustentabilidade requer que o resultado econômico seja obtido da integração às ações sociais e ambientais. O que é possível visto que o incentivo aos plantios para produção de biomassa lenhosa poderão gerar emprego e renda. E, considerando o conceito de produção mais limpa, as estratégias são factíveis para as empresas, pois reduziria o risco ao meio ambiente, minimizando o consumo de bioenergéticos provenientes de atividades de desmatamento e de uso alternativo do solo.

Considerações finais

Considera-se que os sistemas produtivos com espécies lenhosas exóticas sejam uma opção real a problemática da produção de biomassa lenhosa, o estudo de impacto ambiental é muito importante, havendo a necessidade de aprofundá-lo, visto que, na pesquisa, o foco principal consistiu nos aspectos técnicos e econômicos da produção de lenha.

A promoção de plantio manejado pode ser utilizada como sumidouro de CO₂. No caso da substituição de combustível fóssil por biomassa, as emissões dos gases de efeito estufa são evitadas, além de se criar a possibilidade de obtenção de ganhos financeiros com a comercialização dos créditos de carbono.

Com o esgotamento dos recursos naturais, é fato que a utilização de lenha originada de plantio manejado diminui a pressão sobre a floresta, contribuindo para sua conservação.

Referências

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Souza; Almeida, Josimar Ribeiro de; Guerra, Antonio José Teixeira **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005, 320p.

BASSETTO, Luci Ines. A incorporação da responsabilidade social e sustentabilidade: um estudo baseado no relatório de gestão 2005 da companhia paranaense de energia - COPEL. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 3, 2010. Disponível em:

<<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180214231001>>.
Acessos: 07/06/2012. doi: 10.1590/S0104-530X2010000300016.

CARVALHO, João Luis Nunes et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 34, n. 2, abr. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a01.pdf> Acesso: 20/02/2012. doi: 10.1590/S0100-06832010000200001.

COSCARELLI, Eulália Guatimosium Vigigal. Pequena história de uma grande floresta. 103-114p. In: MELLO, Marcelo Guimarães (org.). **Biomassa: energia dos trópicos em Minas Gerais**. 2001, 272p. ilustr.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral, **Projeto argila: regularização e levantamento ambiental do setor oleiro nos municípios de Iranduba e Manacapuru**. Relatório final. 2000, 63p.

DUZAT, Rejane Mércia de Moraes et al. **Relatório final do projeto Alternativas para o suprimento energético em comunidades Isoladas na Amazônia**, Manaus. 2003.

FEARNSIDE, Philip Martin. Global warming in Amazonia: impacts and Mitigation. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 39, n. 4, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n4/v39n4a30.pdf> Acesso: 20/06/2012. doi: 10.1590/S0044-59672009000400030.

FIGUEIREDO, Carlos Alberto. **Contribuição para o estabelecimento de políticas de desenvolvimento com impactos energéticos no sistema isolado do Estado do Amazonas**. Tese de Doutorado, Campinas: UNICAMP, 2003, 189p. ilustr.

FOELKEL, Celso. **Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores**, 2005, 133p.

FREITAS, Marcílio de. **Amazônia e desenvolvimento sustentável**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004, 222p.

GARAY, I. et al . Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 27, n. 4, Aug. 2003. Available: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a15v27n4.pdf>. Acesso: 06/06/2012. doi: 10.1590/S0100-06832003000400015.

GARCIA, Roberto. **Combustíveis e combustão industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 202 p. ilustr. 2002.

LAURIOLA, Vincenzo. et al. **Nota preliminar sobre impactos das plantações de *Acacia mangium* Wild. sobre terras e populações indígenas de Roraima**. 2002. Contribuição para a audiência pública do dia 13/11/02. INPA/Roraima.

MARINHO, Ney Freitas et al . Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 18, n. 1, Mar. 2004 . Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v18n1/v18n1a12.pdf>>. Acesso:15/05/2012. doi: 10.1590/S0102-33062004000100012.

MASSARO JÚNIOR, A.L. **Levantamento de pragas em plantios de *Acacia mangium* em Roraima.** 2006. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=303>. Acesso: 03/01/2012.

SANTOS, Eyde Cristianne Saraiva dos. **Proposta para uso apropriado de biomassa lenhosa para fins energéticos no Estado do Amazonas: estudo de caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico.** Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: 2006.

SANTOS, Eyde Cristianne Saraiva dos and SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues. Avaliação de biomassa para uso energético na indústria oleira no município de Iraduba, estado do Amazonas, Brasil: um estudo de caso.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings online...** Available from: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100025&script=sci_arttext. Acesso: 19/03/2012.

SAWYER, Donald. Fluxos de carbono na Amazônia e no Cerrado: um olhar socioecossistêmico. **Soc. estado.** Brasília, v. 24, n. 1, abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/se/v24n1/a07v24n1.pdf>. acessos em 11/04/2012. doi: 10.1590/S0102-69922009000100007.

SILVA, Alexandre Marco da.; Schulz, Harry Edmar; Camargo, Plínio Barbosa de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Rima Editora, 2004, 140p.

SIMIONI, Flávio José; HOEFLICH, Vitor Afonso. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, Dec. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n6/a15v34n6.pdf>. Acesso: 19/05/2012. doi: 10.1590/S0100-67622010000600015.

SOUZA, Cintia Rodrigues; NASCIMENTO, Laura Miranda do. Desempenho inicial de *Acácia mangium* e *Acácia auriculiformes* para produção de lenha na região de Iraduba (AM). In: PERÉZ, Eduardo Lleras et. Al. II Jornada de Iniciação Científica da Embrapa da Amazônia Ocidental. **Anais.** 2006, 60p. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/pibic/documentos-diversos/IIJornada.pdf>>. Acesso: 15/04/2012.

SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. **Potencialidades do Estado do Amazonas.** Disponível em: <<http://www.suframa.gov.br/publicacoes/potencialidades/amazonas.htm>>. Acesso: 20/02/2012.

WALTER, Arnaldo da Silva; NOGUEIRA, Luis Augusto Horta. Produção de eletricidade a partir de biomassa. In: Cortez, Luis Augusto Barbosa; Lora, Eduardo Electro da Silva.; **Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa** – Serie: Sistemas Energéticos, v.2. Manaus: EDUA/EFEI, 1997. 527p. ilut.

*Submetido em 20/06/2012.
Aprovado em 15/05/2013.*

Sobre os autores

Eyde Cristianne Saraiva dos Santos

Engenheira Agrônoma (1998) e Mestre em Ciências Agrárias (2002) pela Universidade Federal do Amazonas. Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas. Especialista em Saúde Ambiental pela FioCruz. Atualmente é professora na Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Chefe do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos e Coordenadora do Laboratório de Bioenergia.

Email: eyde_cristianne@yahoo.com.br

Ennio Peres da Silva

Possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1977), mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1981) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (1989). Atualmente é coordenador do Laboratório de Hidrogênio da UNICAMP (LH2), secretário executivo do Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH) e professor da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência nas áreas de Física e Engenharia Mecânica, com ênfase em aproveitamento de fontes renováveis de energia, geração distribuída e em sistemas isolados, atuando principalmente nos seguintes temas: hidrogênio, células a combustível, energia, energia elétrica e fontes renováveis.

Email: lh2ennio@ifi.unicamp.br