

APROVEITAMENTO DA CASCA DO CUPUAÇUZEIRO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Eyde Cristianne Saraiva dos Santos
Rubem César Rodrigues Souza
Omar Seye
Jim Lau
Katriana Tavares de Freitas

Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico – CDEAM,
Universidade Federal do Amazonas,
Manaus – AM, Cep: 69000-00, Manaus – AM, tel.: (92) 647-4416,
e-mail: cdeam_ufam@yahoo.com.br

Resumo

No presente estudo são apresentados resultados preliminares do projeto “Aproveitamento da casca do fruto do cupuaçuzeiro para produção de energia”.

As análises elementar e térmica são conduzidas para a casca de cupuaçu “in natura” e para o carvão obtido a partir da carbonização dessa casca. Os resultados iniciais apresentam-se bastante favoráveis para o aproveitamento da casca e do carvão como insumo energético em processo de termoconversão onde se visa a geração de energia elétrica.

Abstract

In the present study, are presented preliminaries results of the project “Use of the fruit of the cupuaçuzeiro for generation of energy.”

The elementary and thermal analyses are carried out for the cupuaçu peel and for the coal obtained starting from the carbonization of that peel. The initial results come quite favorable for the use of the peel and of the coal as energy input in thermo conversion process where the generation of electric energy is sought.

Introdução

A geração de energia elétrica a partir da queima de biomassa vem sendo uma das metas para o desenvolvimento da Região Norte. Porém, este processo de geração de energia pode apresentar dificuldades operacionais devido as características do insumo energético considerado. Tais dificuldades podem surgir tanto na produção bem como na queima do insumo energético.

Nesse sentido, a caracterização de insumos energéticos é extremamente importante para a avaliação do potencial energético. Sendo, portanto, necessário o conhecimento da composição e do comportamento térmico da biomassa ao durando o processo de combustão.

Histórico

Em um ensaio experimental realizado no Instituto de Pesquisas da Amazônia- Inpa, na execução do projeto “Alternativas para o suprimento de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia (Duzat *et al*, 2003) verificou-se que o carvão do fruto do cupuaçuzeiro, apresentou combustão espontânea. Verificada a possibilidade do mesmo ser um energético em potencial

propôs-se o projeto “Aproveitamento da casca do fruto do cupuaçuzeiro para produção de energia”, o qual foi aprovado e está sendo financiado pela “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas –Fapeam”.

Os objetivos do estabelecidos no projeto foram:

- desenvolver um estudo sobre a cultura do cupuaçuzeiro no estado do Amazonas considerando os aspectos técnicos e socioeconômicos;
- projetar e construir o protótipo de uma máquina briquetadeira;
- avaliar as características físico-químicas dos briquetes e do carvão vegetal produzidos a partir da casca do fruto do cupuaçuzeiro;
- avaliar o desempenho de um gasogênio utilizando briquetes e carvão vegetal produzidos a partir da casca do fruto do cupuaçuzeiro, para produção de eletricidade;
- avaliar a viabilidade técnica-econômica de produção dos briquetes e do carvão vegetal produzidos a partir da casca do fruto do cupuaçuzeiro.

Caracterização agro-sócio –econômica da cultura do cupuaçuzeiro

Entre os produtos agrícolas do Amazonas, o cupuaçu se destaca pela diversidade de utilização e pelas características organolépticas de sua polpa, apresentando um grande potencial na indústria de alimentos na região (Souza *et al.*, 1998).

Pertencente à família Sterculiaceae e recebe os seguintes nomes comuns: copoasú, cação blanco, cupuaçu, pupu, cupu e pupuaçu (Duarte Aguilar e Gasparoto, 1999).

O cupuaçuzeiro é uma espécie arbórea, nativa da Amazônia Oriental, que se encontra distribuída entre a região sudoeste do estado do Pará e a pré-amazônia do estado do Maranhão, Brasil. A distribuição particularmente nas regiões do rio Ipapecuru médio, rio Tocantins baixo, rio Xingu baixo (Duarte Aguilar e Gasparoto, 1999).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma Grandiflorum* (Willd. Ex Spreng. Schum)) tem como habitat natural a floresta tropical úmida de terra altas, não inundáveis, cujas árvores de maior tamanho suportam sombreamento parcial. No Brasil é cultivado desde o estado de São Paulo até o Sul de Roraima. Outros países onde é cultivado ocasionalmente são: Equador, Guiana, Martinica, Costa Rica, São Tomé, Trinidad Tobago, Ghana, Venezuela, Peru e Colômbia (Muller *et al.*, 1995).

O cupuaçuzeiro pode alcançar entre 18 m a 20 m de altura e 45 cm de diâmetro de caule à altura do peito. Nas plantações cultivadas racionalmente, a altura varia de 6 m a 8 m, com copa em andares (Muller *et al.*, 1995).

É uma cultura de significativa importância econômica deixando de ser fruteira de fundo de quintal e ganhando status nos grandes centros urbanos. A polpa é ácida, de cor amarela, branca, ou creme, de sabor agradável, sendo consumida, principalmente na forma de suco, picolé, creme, iogurte doce e outras iguarias (Souza *et al.*, 1998). As sementes podem ser aproveitadas na fabricação de chocolate em pó e em tablete, são utilizadas também pela indústria de cosméticos na fabricação de cremes para pele (Muller *et al.*, 1995).

Até o início da década de 80, a cultura do cupuaçu era para comercialização local para bancas e feiras. Essa produção começa a crescer consideravelmente a partir da década de 90, com uma área plantada com cupuaçu no Estado do Amazonas de 331 há em 1991 para 54.235 ha em 1997. Somente de 1996 a 1997 houve um incremento de 84 % na área plantada (Souza *et al.*, 1998).

As regiões do Madeira e do Rio Negro / Solimões somam 4183,5 ha (70,6% da área plantada), seguida do médio Amazonas, com 1471 ha (24,84%) (Souza *et al.*, 1998).

O fruto apresenta características de baga de forma elipsóide ou oblonga, variando de 12 cm a 25 cm de comprimento e 10 cm a 12 cm de diâmetro, pesando entre 0,5 kg e 4 kg, média de 1,5 kg. O epicarpo é rígido e lenhoso, com epiderme verde, recoberta por uma coloração ferruginosa, meso-endocarpo de coloração branco-amarelado; o fruto contém entre 20 e 50 sementes dispostas em fileiras verticais em torno da placenta, envoltas por abundante polpa ácida e de aroma característico; existem plantas que produzem frutos sem sementes, cuja polpa é menos ácida que a dos frutos com sementes (Duarte Aguilar e Gasparoto, 1999).

O cultivo da planta está localizado em grande parte na terra firme e em alguns locais na várzea alta (Muller *et al.*, 1995). A área plantada varia de 0,5 a 10 ha, podendo estar solteira ou consorciada com outras frutíferas perenes ou com culturas temporárias, principalmente mandioca e banana. A quantidade colhida em 1995 – 1996 foi de 7.982 mil frutos numa área de 2.156 ha (IBGE, 1997). Por esta informação estima-se que a produção estadual de 3.033 t de polpa, 1.197 t de amêndoas úmidas e 360 t de amêndoas secas e descascadas.

A quantidade de casca gerado em uma área de 1 ha varia de acordo com o peso do fruto, que pode variar de 0,5 a 4 Kg, cerca de 2,8 a 22 t de casca de cupuaçu. Só o município de Humaitá gera cerca 16,73 % de casca (Quadro 1).

A demanda do cupuaçu tem sido maior que a oferta, determinando a elevação dos preços do produto. As estatísticas estimam que a aceitação do cupuaçu e de seus derivados atinge um índice médio de até 70 % da produção local. Nos mercados de Rondônia e Acre existe uma demanda de 1.080 mil frutos/ano, contra uma oferta de 515 mil frutos/ano (Sebrae, 1995).

Carvalho (1998) considera que para viabilizar economicamente a implantação e comercialização de frutos regionais da Amazônia, tais como o cupuaçu, açaí e camu-camu, e suprir a demanda no eixo Rio-São Paulo, é necessário conscientizar que o ecobusiness ou econegócio seja um tipo de empreendimento de preservação ambiental e desenvolvimento sustentado.

Porém, a casca do fruto do cupuaçuzeiro é resíduo de biomassa agrícola que em alguns produtores o utilizam para fabricação de adubo orgânicos, mas na maioria das vezes são aglomerados em um lugar perto da área de processamento dos frutos, contribuindo para a proliferação de pragas e doenças que incidem sob a cultura do cupuaçuzeiro.

O processo de briquetagem

Processo de briquetagem é o aproveitamento e compactação de resíduos vegetais para uso de produção de energia. Os resíduos vegetais podem ser serragem, bagaço de girassol, palha de milho, casca de arroz, casca de uva, restos de madeira etc. Neste caso estamos tratando a casca do cupuaçu como resíduo utilizado para fazer os briquetes. Restos minerais também podem ser utilizados no processo de briquetagem como utilização de restos de metais e produtos químicos variados.

As vantagens são: redução do desmatamento; produção de energia mais barata; menor poder de poluição e permite a reutilização de sobras de materiais. A utilização da técnica de briquetagem deve ser incentivada porque é uma das formas de obtenção de material energético para geração de energia com grandes vantagens ecológicas, sendo uma fonte importante alternativa de geração de energia.

A densificação do resíduo através do processo de briquetagem consiste na compactação a elevadas pressões, o que provoca a elevação da temperatura do processo da ordem de 100 °C. O aumento da temperatura provocará a "plastificação" da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira. Isto justifica a não utilização de produtos aglomerantes (resinas, ceras, etc). Para que a aglomeração tenha sucesso, é necessária uma quantidade de água, compreendida de 8% a 15% e que o tamanho da partícula esteja entre 5 e 10 mm. O

diâmetro ideal dos briquetes para queima em caldeiras, fornos e lareiras é de 70 mm a 100 mm, com dimensões (diâmetro de 28 a 65 mm) são usadas em estufas, fogões com alimentação automática, grelhas, churrasqueiras etc.

A briquetadeira desenvolvida no projeto, apresenta como equipamento principal uma prensa, que têm a função de realizar a união da biomassa com o ligante através de prensagem mecânica, produzindo um produto com formato determinado pelo molde e com densidade superior quando comparado com o material inicial.

Quadro 1. Estimativa do numero de produtores, área plantada e a quantidade de casca de cupuaçu dos principais municípios no Amazonas.

MUNICÍPIO	REGIÃO	NÚMERO de PRODUTORES (*)	ÁREA PLANTADA (*) (Ha)	QUANTIDADE DE CASCA (Kg)		QUANTIDADE DE CASCA(%)
				Mínimo	Máximo	
HUMAITÁ	MADEIRA	650	910	460.033,94	3.680.271,50	16,73
APUÍ	MADEIRA	343	795	401.897,78	3.215.182,25	14,62
ITACOATIARA	MÉDIO AMAZONAS	920	860	434.757,35	3.478.058,78	15,81
RIO PRETO DA EVA	RIO NEGRO / SOLIMÕES	230	230	116.272,31	930.178,51	4,23
CAREIRO	RIO NEGRO / SOLIMÕES	363	375	189.574,43	1.516.595,40	6,90
PRESIDENTE FIGUEREDO	MÉDIO AMAZONAS	360	250	126.382,95	1.011.063,60	4,60
AUTAZES	RIO NEGRO / SOLIMÕES	200	435	219.906,33	1.759.250,66	8,00
MANAQUIRI	RIO NEGRO / SOLIMÕES	320	140	70.774,45	566.195,62	2,57
MANAUS	RIO NEGRO / SOLIMÕES	280	300	151.659,54	1.213.276,32	5,52
MAUÉS	MÉDIO AMAZONAS	273	238	120.316,57	962.532,55	4,38
OUTROS	-	961	905	457.506,28	3.660.050,23	16,64
TOTAL		4.900	5438	2.749.081,93	21.992.655,43	100,00

(*) Fonte: IDAM, 1997.

Metodologia adotada para caracterização energética

Os procedimentos metodológicos adotados foram os seguintes:

Análise elementar: determinação das porcentagens de carbono, hidrogênio e nitrogênio de amostras da casca “*in natura*” e de carvão do cupuaçu foi conduzido em equipamento com a seguinte especificação “Perkin Elmer-Series II 2400”, serviço contratado e realizado na Central Analítica de Química da Unicamp.

Análise termogravimétrica: as perdas de massa das diferentes amostras foram medidas em atmosfera oxidante (ar) fazendo-se uso de uma Termobalança Universal 25V23CTA Instruments. Os ensaios foram realizados com temperaturas variando na faixa de 25 C te 950 C a taxa de aquecimento de 20 C por minuto (serviço também contratado e realizado na Central Analítica de Química da Unicamp).

Poder calorífico: foi determinado através de método isotérmico utilizando-se uma Bomba Calorimétrica 1341 Oxugen Bomb Calorimeter, os ensaios foram realizados no Laboratório de Análises Físico-químicas de Biomassa do Cdeam.

Caracterização energética

Os resultados da análise elementar revelam que a casca do cupuaçu "*in natura*" apresenta percentual de carbono ligeiramente inferior à média de diversas espécies estudadas por Barbosa *et al.* (1985), com cerca de 4,5%.

De acordo com Jenkins (1983), para uma amostra dada, o aumento de 1% no seu teor de carbono representa um aumento de aproximadamente 0,39 MJ/Kg no seu poder calorífico da casca.

As curvas termogravimétricas das amostras podem ser observadas nas Figuras 1 e 2, onde a perda de massa em função da temperatura é reportada no eixo das ordenadas. A amplitude da perda de massa difere da casca "*in natura*" e do carvão da casca". O teor de umidade (cerca de 4,68% da massa inicial da amostra) é praticamente igual nos dois casos. Vale enfatizar que o teor de umidade é um fator limitante para a combustão, isso devido ao efeito da água sobre o poder calorífico. A reação de combustão é altamente exotérmica e a evaporação da água é altamente endotérmica.

Enquanto que três zonas de perda de massa são observadas no caso do casca "*in natura*", no caso do carvão de cupuaçu não se observou a formação de pico entre 200 C e 300 C, evidenciando que a hemicelulose e a celulose presente no material já foram degradados durante o processo de produção do carvão de cupuaçu. A hemicelulose e a celulose apresentaram menor (17,3 MJ/Kg) poder calorífico que a lignina (26,7 MJ/kg).

O carvão da casca além de apresentar maior poder calorífico, apresenta-se como insumo energético, que devido a ausência de celulose e hemicelulose, sua combustão não produz alcatrões.

A briquetadeira desenvolvida para fabrico dos briquetes a parti da casca do fruto do cupuaçuzeiro encontra-se em fase de teste e as características físico-química e energéticas dos briquetes estão sendo analisada.

Vencida a primeira etapa do projeto que consiste na fabricação e teste da briquetadeira. Com um determinado estoque de briquetes, dar-se-á início a segunda parte do projeto, que consiste no teste de desempenho do conjunto gaseificador/motor será realizado através do monitoramento de diversos parâmetros através de um sistema de aquisição de dados desenvolvido especificamente para este equipamento.

Os dados obtidos durante os testes do gaseificador possibilitarão avaliar a viabilidade técnica da geração de eletricidade a partir da gaseificação do briquete produzido a partir da casca do cupuaçu. A análise de viabilidade econômica será levada a efeito a partir dos dados de custos de toda a cadeia produtiva do energético (briquete da casca do cupuaçu) e ainda, os custos de construção do gasogênio e dos custos de operação e manutenção do equipamento. Esses custos possibilitarão definir o custo da eletricidade gerada (R\$/kWh) e o custo de capital para instalação do equipamento (R\$/kW). Para analisar a viabilidade econômica serão utilizados os seguintes métodos: valor presente líquido, taxa interna de retorno e tempo de retorno, largamente conhecidas na área de engenharia econômica.

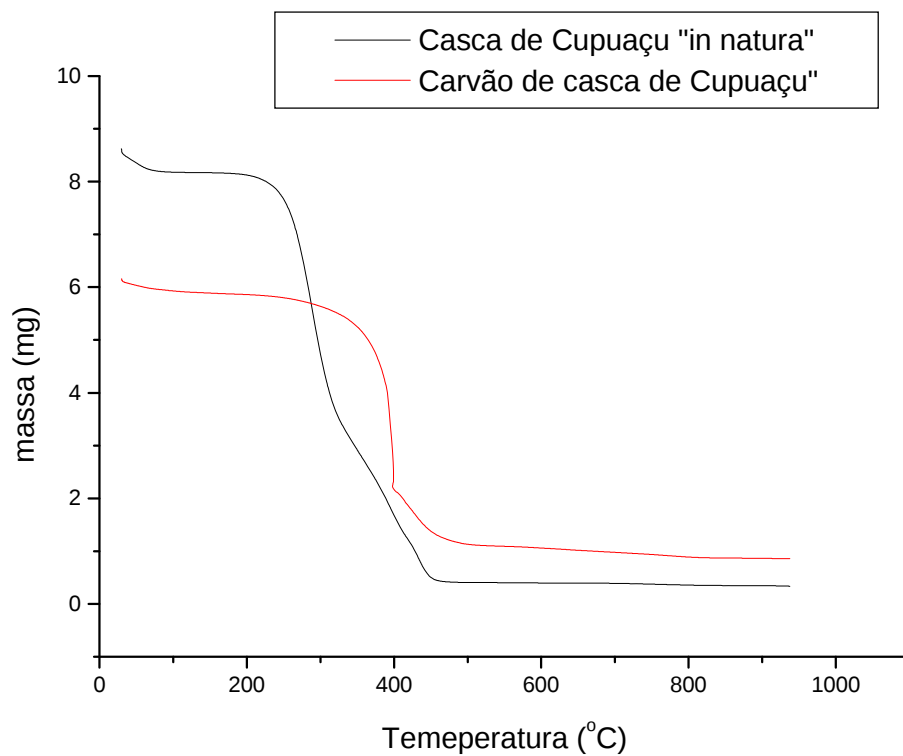


Figura 1 – Perda de massa em função da temperatura

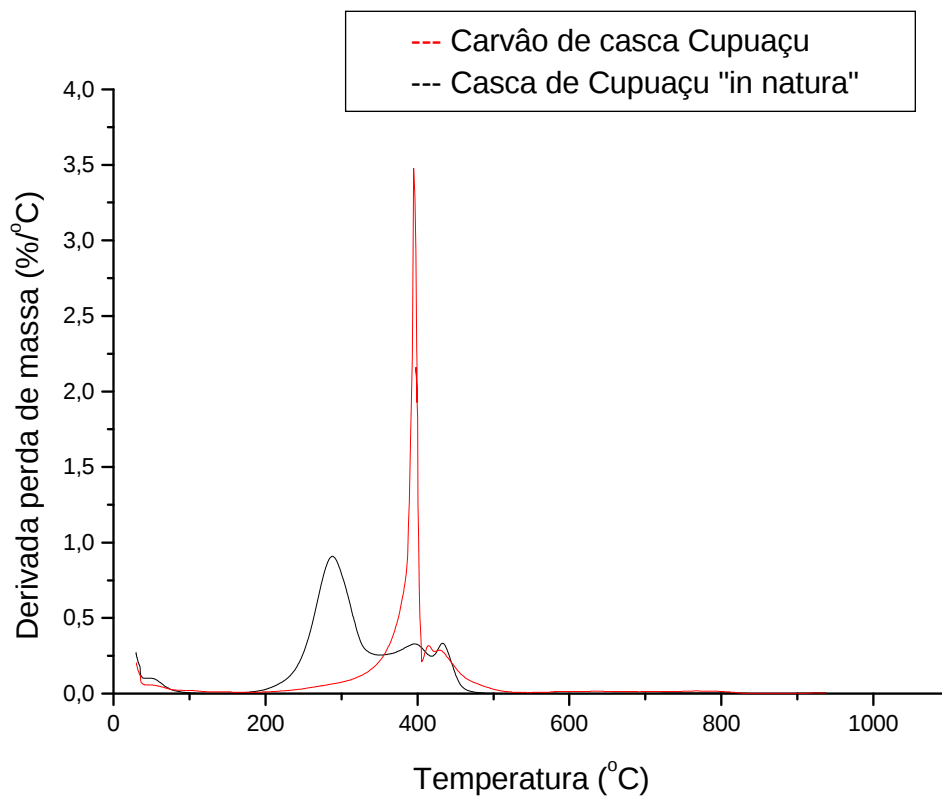


Figura 2 – Derivada da perda de massa em função da temperatura

Tabela 1. Resultados da análise elementar da casca de Cupuaçu

Amostra	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)
Casca <i>in natura</i>	45,1	5,82	0,84
Carvão da casca	67,2	2,77	1,82

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2. Composição química de espécies florestais da Amazônia.

Nome comum	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)
Abiurana	48,5	6,3	0,7
Breu	47,8	5,7	0,4
Cardeiro	46,4	5,5	1,3
Marupá	45,6	5,6	1,6
Cajuaçu	47,3	5,7	0,3

Fonte: Barbosa *et al.* (1985).

Tabela 3. Poder calorífico da casca de cupuaçu

Amostra	Poder calorífico (MJ/Kg)
Casca <i>in natura</i>	18,08 MJ/Kg
Carvão da casca	23,88 MJ/Kg

Fonte: Elaboração própria.

Considerações finais

O desenvolvimento energético da Região Norte do Brasil passa inevitavelmente pelo desenvolvimento econômico das populações que são os destinatários finais da energia gerada. Os resultados preliminares tem mostrado que a cultura do cupuaçu que já tem a função econômica de gerar renda em grande parte da Região Norte pode ter também uma função energético como insumo em processo de geração de eletricidade.

Palavras Chaves

Cupuaçu, energia, resíduo de biomassa.

Agradecimentos

À Fapeam pelo apoio financeiro sem o qual o estudo não poderia ter sido realizado.

Referências

- [1] DUZAT, R.M.M. SOUZA, R. C.R. SANTOS, E.C. S. AZEVEDO, C.P. **Relatório do Projeto Alternativas para o suprimento de energia elétrica em comunidades isoladas na Amazônia**. Manaus, AM, 2003.
- [2] SOUZA, A. das G.C. de; SILVA, S.E.L. da; TINÔCO, P.B.; GUIMARÃES, R.R.; SÁ SOBRINHO, A.F. de. EMBRAPA-CPPAA/SEBRAE-AM. **Cadeia produtiva do cupuaçu no Amazonas**; Série Agronegócios; p.16-21; EMBRAPA-CPPAA/SEBRAE-AM; Manaus; 1998. (EMBRAPA-CPAA. Documento, 17; SEBRAE-AM. Série Agronegócios).
- [3] DUARTE AGUILAR, J.A.; GASPAROTTO, L. Empresa Amazônia Ocidental. **Aspectos cronológicos e biológicos da broca do fruto, *Conotrachelus* sp. Fiedler,1940**

- (Coleóptera: Curculionidae) no cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum Schum.*) e seu controle.;p.6-8;Embrapa Amazônia Ocidental ;Manaus;1999. (Empresa Amazônia Ocidental. Documentos, 3).
- [4] MÜLLER, C. H; FIGUERÊDO, F.J.C; NASCIMENTO, W.M.O. do; GALVÃO, E.U.P.; STEIN, R.L.B.; SILVA, A.B.; RODRIGUES, J.E.L.F.; CARVALHO,E.U. DE; NUNES, A.M.L. Empresa de Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. **A Cultura do Cupuaçu**; Coleção Plantar; p.9-18; EMBRAPA-SPI; Brasília; 1995.
- [5] IBGE, Censo agropecuário. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=1>.1996.
- [6] SEBRAE (Rios Brancos, Acre). **Cupuaçu: opções de investimento no Acre com produtos florestais não madeireiros**. Rio Branco, 1995. 36p. (SEBRAE – AC. Produtos Potenciais na Amazônia).
- [7] CARVALHO, M.C. Amazônia busca parceira para ecoprodutos. **Folha de São Paulo**, SP, 10 maio 1998. suplemento. Caderno Dinheiro. In DUARTE AGUILAR, J.A.; GASPAROTTO, L. Empresa Amazônia Ocidental. **Aspectos cronológicos e biológicos da broca do fruto, *Conotrachelus* sp. Fiedler,1940 (Coleóptera: Curculionidae) no cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum Schum.*) e seu controle.**;p.6-8;Embrapa Amazônia Ocidental ;Manaus;1999. (Empresa Amazônia Ocidental. Documentos, 3).
- [8] IDAM (Manaus-AM). **Plano Operativo** 1997. Manaus, 1997. 98p.
- [9] Jenkins, B.M. **Physical properties of biomass**, in O. Kitani, C.W. Hall (Eds), Biomass Handbook, chap. 5.2, Gordon & Breach, New York, 1989.
- [10] Barbosa, A.P.R; Monteiro de Paulo, E.VC.; Mendes, L.A.B; Filho, M.S.; Santana, M.G.; Da Cunha, M.S; Siqueira, M.L. **Estudo de selecionadas madeiras de Balbina para picagem e produção de energia** – Série Técnica nº 09 - Centro de pesquisa de produtos Florestais – CPPF, Manaus – AM, 1985.