



## Reaproveitamento de cascas de cupuaçu para a produção de energia através da sua transformação em briquetes

### Reuse of cupuaçu shells for producing energy by processing them in briquettes

DOI: 10.56238/isevmjv2n2-003

Recebimento dos originais: 01/03/2023

Aceitação para publicação: 20/03/2023

#### Christa Korzenowski

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul- UERGS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6500-2910>

E-mail: [christa-korzenowski@uergs.edu.br](mailto:christa-korzenowski@uergs.edu.br)

#### Cássia Beatriz Silva De Souza

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul- UERGS

ORCID: <https://orcid.org/>

E-mail: [cassia-souza@uergs.edu.br](mailto:cassia-souza@uergs.edu.br)

#### Rosangel Rojas Aguero

Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0776-599x>

E-mail: [r.rojas@furg.br](mailto:r.rojas@furg.br)

#### Marlene Guevara dos Santos

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul- UERGS

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7452-1162>

E-mail: [marlene-santos@uergs.edu.br](mailto:marlene-santos@uergs.edu.br)

#### RESUMO

Devido às problemáticas que a energia de origem fóssil acarreta, a tendência global é a de substituir este tipo de fonte por alternativas que geram um menor impacto ao ambiente, entre elas, a utilização de resíduos de biomassa gerados pela agroindústria, através do processo de briquetagem. Paralelamente, a preservação da Amazônia tem sido violada, entre outros fatores, para a produção de lenha. Assim, o objetivo do presente trabalho é realizar um estudo preliminar de uma usina de briquetagem como destino sustentável aos resíduos gerados na indústria do beneficiamento do cupuaçu, cuja produção ocorre em larga escala no Estado do Amazonas. As pesquisas sobre o mercado e a produção foram realizadas através do buscador Google, o projeto da usina, os custos e a análise econômica foram realizados com base no Manual Plant Design and Economics for Engineers. O mercado brasileiro do briquete apresenta grande potencial. Para o projeto foi considerando o total de 5.000 t/ano de matéria-prima úmida produzida. O total de capital de investimento inicial resultou no valor de R\$ 1.590.525,56. O preço sugerido a ser praticado é o de R\$455,00/tonelada e, considerando a produção de 3.217,77 toneladas por ano, a receita anual é de R\$ 1.488.655,35. O lucro bruto anual resultou em R\$ 677.257,64 e o lucro líquido resultou em R\$ 654.966,96 ao ano, desconsiderando-se a depreciação. O capital de giro resultou em R\$ 587.943,96 ao ano. O número de anos para pagar o investimento foi de 2,7 anos. A análise preliminar do projeto apresenta viabilidade econômica, contudo para a análise técnica são necessários mais testes.

**Palavras-chave:** Casca de cupuaçu, Briquetes, Biomassa, Aproveitamento de resíduos sólidos.



## 1 INTRODUÇÃO

O suprimento de energia, como ela é conhecida hoje, proporcionou grandes avanços tecnológicos e econômicos e, o acesso à mesma, influencia diretamente na qualidade de vida das pessoas.

Estima-se que até 2040 a demanda por energia aumentará em um 1% ao ano, em todo o planeta (STEVENS, P. 2019).

No entanto, devido às problemáticas que a energia de origem fóssil acarreta, a tendência global é a de substituir este tipo de fonte por alternativas que geram um menor impacto ao ambiente. Entre estas alternativas encontra-se a biomassa, expressamente rica na maioria das regiões do Brasil. Ampliar a sua transformação vem sendo alvo de interesse, uma vez que isso também se traduz em novas fontes de renda.

É também neste contexto que entra a questão da Amazônia, um dos biomas mais importantes do planeta e que, como consequência da exploração de terra, a sua preservação tem sido violada. Valorizar e preservar o bioma amazônico, aliado com o desenvolvimento equilibrado de bens de consumo que proporcionam a saúde e o bem-estar humano, gerando empregos justos para os membros das comunidades da região, tem sido o objetivo tanto da iniciativa privada quanto das entidades públicas pertinentes, promovendo uma série de debates, pesquisas e iniciativas a respeito. É por estas diretrizes que o presente trabalho será guiado.

Dentre as diversas formas de biomassa encontradas na região amazônica, a casca do cupuaçu vem sendo estudada como forma de obtenção de energia térmica, principalmente em algumas comunidades ribeirinhas, cuja fonte de renda para a grande maioria vem do cultivo desta espécie.

Aliado à utilização de cascas ou outros resíduos gerados da agroindústria, estão as metodologias de aproveitamento como a briquetagem. O processo de briquetagem promove a densificação energética da biomassa, tornando-a mais eficiente para a queima. Em um primeiro momento, os resíduos não teriam nenhum valor agregado, mas a sua transformação em um produto compacto, permitiria o seu uso como substituto da lenha, tendo inclusive uma melhor performance que este insumo. Assim, usinas de briquetagem representam uma solução sustentável não só para o destino final de resíduos, cuja disposição inadequada poderia causar danos ao ambiente, mas também promoveriam a diminuição da deflorestação, bem como a redução da emissão de gases à atmosfera.

## 1.1 AS PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS AO USO DE COMBUSTÍVEIS DE ORIGEM FÓSSIL

Os combustíveis fósseis são os que predominam entre as fontes de energia, fornecendo cerca de 80 % da energia mundial distribuída em eletricidade, calor e transporte, além de também fazerem parte dos constituintes de diversos produtos, como o aço ou plástico. Estes combustíveis incluem o carvão, o petróleo e o gás natural que, quando queimados, liberam dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros gases de efeito estufa, que por sua vez criam uma camada gasosa na atmosfera que não permite a liberação do calor, contribuindo para o aquecimento global e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas e seus efeitos

Ainda assim, não se pode negar os enormes avanços tecnológicos, possibilitados, indiretamente, pelo suprimento de energia por meio destes tipos de combustíveis, que beneficiaram grandemente as comunidades, inclusive as mais carentes. Contudo, atualmente, governos e entidades privadas de cada país estão comprometidos com a substituição desta matriz energética por outras fontes renováveis e menos poluentes, assim como no investimento para alcançar maior eficiência energética e reduzir os custos de tecnologias de recuperação de carbono atmosférico, entre outras. A nível internacional, destacam-se as metas de redução de emissões como um dos objetivos da Agenda 2030 (AGENDA 2030; NUNEZ, C. 2019).

Outro ponto importante ressaltar sobre os combustíveis fósseis é com relação à instabilidade política envolvendo os países que possuem as maiores reservas de petróleo. Conflitos internacionais foram um incentivo à busca por novas alternativas energéticas. Por exemplo, o preço do barril do petróleo já sofreu diversas variações, causando instabilidade no mercado a muitos países (GENTIL, L. V. B., 2008).

Diante deste cenário, como dito, entram as fontes de energia renovável. A partir da segunda guerra mundial, avançou-se nos estudos sobre fontes de energia renováveis como a biomassa, eólica, hidráulica, solar, atômica e do hidrogênio, entre outras (GENTIL, L. V. B., 2008). A partir desse momento, a biomassa se tornou uma possível alternativa frente ao combustível fóssil, devido às suas características como ser renovável, de baixo custo, com pouca emissão de poluentes e abundante. Os tipos de biomassa mais promissores são os lignocelulósicos, oriundos de árvores nativas ou plantadas (Goldemberg, J. 1998).

Existe, portanto, uma tendência mundial para a descarbonização da economia e para a cogeração elétrica com biomassa onde ela é farta, de boa qualidade e de baixo preço (GOLDEMBERG, J. 1998).



## 1.2 A AMAZÔNIA

A Amazônia é conhecida como a maior floresta preservada do mundo. É o maior bioma do Brasil, com 4.196.943 km<sup>2</sup> e acolhe um-terço das espécies que vivem sobre a Terra. Nela, crescem 2.500 espécies de árvores, um-terço de toda a madeira tropical do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA).

Quando se aborda sobre a floresta Amazônica, surge o conceito de Amazônia Legal, que foi instituído pelo Governo Brasileiro para promover o desenvolvimento social e econômico dos Estados da Região Amazônica, a saber, Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parte do Estado do Maranhão, compreendendo uma área de 5.217.423 km<sup>2</sup>, que corresponde a 61% do território brasileiro. Apesar de seu extenso tamanho, tem a menor densidade demográfica do país, com 12,4% do total da população nacional, mas com 55,9% da população indígena brasileira, cerca de 250 mil pessoas, no território. Ademais, também abriga o bioma do Cerrado e do Pantanal mato-grossense (OEKO, 2014).

### 1.2.1 A problemática da eletrização nas comunidades isoladas da Amazônia

Hoje em dia, apesar de todo o desenvolvimento, muitas áreas rurais ainda carecem de luz, devido à falta de eletricidade e ao fornecimento de combustíveis (RENDEIRO, G., 2011). Por consequência, isso influencia no desenvolvimento humano, cujo índice nesses locais é mais baixo. Assim, as comunidades ali presentes estão limitadas, não possuindo meios para a produção e sustentação própria (SANTOS, S. M. A., 2006).

Nas regiões isoladas da Amazônica, os grupos-geradores movidos a óleo diesel são a tecnologia mais comumente utilizada, porém a sua sustentabilidade econômica é difícil devido ao custo atrelado ao transporte, que pode ser duplicado devido às grandes distâncias. Normalmente estes geradores são utilizados somente em um curto espaço de tempo (entre as 18h e 22h da noite). Este fato torna-se ainda mais agravante porque a geração de energia elétrica por combustível fóssil, na maioria das vezes, não é atrelada a nenhuma atividade produtiva, tornando-se assim, mais um custo no restrito orçamento dos moradores destas comunidades isoladas. Devido a isso, faz-se imprescindível a análise da disponibilidade de recursos energéticos e sua viabilidade técnica na determinação de opções adequadas e eficientes para sanar esta problemática (ANDRADE, C. S., 2010; RENDEIRO, G., 2011; SANTOS, S. M. A., 2006).

Embora a região Amazônica possua diversas fontes de energia renovável, especialmente uma farta produção de biomassa, o uso delas é raro, à exceção de alguns pequenos aproveitamentos hidráulicos e de sistemas fotovoltaicos comunitários oriundos, principalmente, de projetos de

pesquisas (ANDRADE, C. S., 2010; RENDEIRO, G., 2011; SANTOS, S. M. A., 2006). Isto acontece não apenas por causa do custo mais elevado de implantação dessas energias ecológicas (quando comparadas com motores a diesel ou a gasolina), mas principalmente em razão da tecnologia ser mais complexa e, geralmente, desconhecida na região (RENDEIRO, G., 2011).

Ainda assim, em se tratando da biomassa localmente disponível, o emprego da mesma em unidades de geração de energia elétrica de pequeno porte pode significar uma boa escolha, a despeito do elevado custo inicial. Isto porque além de ser uma fonte de energia renovável, é uma alternativa capaz de ativar a economia local pela geração de postos de trabalho, em razão do uso de produtos energéticos nativos e/ou cultivados (RENDEIRO, G., 2011).

É inegável que sociedades abastecidas com bens essenciais vivem com maior qualidade de vida e dispõem de mais ferramentas para crescer economicamente. A ausência de sistemas de abastecimento elétrico fomenta a precariedade, uma barreira difícil de superar. Fica evidente a urgência por energização elétrica nas pequenas comunidades isoladas da Amazônia. Este bem essencial evita o êxodo rural, possibilitando ações de cunho básico para uma boa qualidade de vida, tais como, a retirada de água do subsolo e sua purificação, a irrigação, o processamento pós-colheita e geração de bens com maior valor agregado. Além disso, propicia o acesso à informação, à comunicação e a atividades mais nobres como as educacionais e lúdicas. Melhora as condições de saúde, dando lugar à conservação de medicamentos e alimentos. (SANTOS, S. M. A., 2006).

### 1.3 A BIOMASSA VEGETAL E A BRIQUETAGEM

#### 1.3.1 a biomassa de base lignocelulósica e as tecnologias de aproveitamento

A biomassa vegetal de base lignocelulósica se destaca como a fonte de energia mais comum utilizada dentre outros tipos de biomassa. Ela inclui os resíduos agrícolas florestais e os orgânicos urbanos (CREMONEZ, P. A. *et al.* 2013). Em termos de resíduos agrícolas, o Brasil se destaca devido à alta produção de insumos que geram grande quantidade de rejeitos. Por exemplo, em 2019, foram colhidas 49,31 milhões de sacas de café, sendo que 60% do peso bruto da semente correspondente às cascas (CAVATON, T.; FERREIRA, L., 2019; CREMONEZ, P. A. *et al.* 2013). Diversos resíduos lignocelulósicos provenientes de bagaço, cascas e palhadas são gerados pelo agronegócio. Assim, estes tipos de resíduos apresentam-se como potenciais produtores de bioenergia (CREMONEZ, P. A. *et al.* 2013).

As biomassas podem ser tratadas de diferentes maneiras para produzir combustíveis através de um processo de conversão. Estes métodos são divididos em biológicos e térmicos. Os principais processos biológicos de conversão são a fermentação e a digestão anaeróbica, e entre os processos

térmicos de conversão destacam-se a combustão, a gaseificação, a liquefação e a pirólise (BARRETO, E. J. F. 2008).

#### 1.3.1.1 Propriedades físicas e energéticas

A biomassa vegetal possui variadas propriedades que influenciam direta ou indiretamente na performance energética da biomassa. Neste tópico irão ser abordadas as propriedades mais relevantes para a caracterização da biomassa, tendo em vista a sua briquetagem e combustão ou gaseificação. Segundo Barreto, E. J. F. (2008), a estrutura e composição da biomassa irão determinar a estequiometria, o balanço de massa e eficiência das reações de combustão envolventes. O tipo de produtos gerados, como os voláteis, as cinzas e o alcatrão, precisam, então, ser conhecidos. Ademais, os ensaios das análises imediatas feitas por Barreto, E. J. F. (2008), seguem a NBR 16586 (ABNT, 2017) para o carvão mineral, e a norma ASTM D2000 para a madeira, uma vez que ainda não foi elaborada uma norma padrão para a análise de biomassa (BARRETO, E. J. F. 2008).

#### 1.3.2 A Briquetagem

A briquetagem é o processo de compactação de biomassa vegetal fina ou triturada, por meio da aplicação de alta pressão, através de orifícios entre cilindros rotativos ou outros artifícios semelhantes, com o objetivo de formar blocos compactos de forma definida, resultando assim na densificação energética da biomassa (ZANELLA, K. 2018). A pressão exercida provoca uma elevação da temperatura que resulta na plastificação da lignina que, por sua vez, atua como aglomerante das partículas durante a compactação, em conjunto com as proteínas, amidos, gorduras e carboidratos solúveis, que são também adesivos da biomassa (FIGUEIRA, F. V.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S. 2015; QUIRINO, W. F. 1991). Isto ocorre naturalmente para resíduos de base lignocelulósicos (BARRETO, E. J. F. 2008). Na ausência destes ligantes, a briquetagem faz-se com a prévia mistura da biomassa com aglutinantes, de modo a permitir a correta compactação (ZANELLA, K. 2018).

A partir da briquetagem consegue-se um produto com homogeneidade granulométrica, de maior densidade energética por unidade de volume, de fácil manipulação, baixa umidade, com elevada capacidade de armazenagem e com resistência à geração de finos. Além disso, os briquetes possuem alto Poder Calorífico e geram menor teor de cinzas. Deste modo, a briquetagem viabiliza o reaproveitamento energético de resíduos gerados, para posterior queima e produção de energia. Devido à compactação, os briquetes possuem maior potencial na geração de energia que os

resíduos de biomassa dos quais foram gerados, sendo a melhor escolha tecnológica para o aproveitamento destes. O processo de densificação produz, então, um produto de maior valor comercial que pode ser utilizado como combustível sólido para a geração de energia (ZANELLA, K. 2018).

É possível utilizar uma variedade de resíduos, tais como, resíduos do processamento da madeira, algodão, milho, capim de elefante, casca de arroz, café, amendoim e girassol, bagaço de cana, coco, entre outros resíduos agroflorestais (BARRETO, E. J. F. 2008; BIOMAX; FIGUEIRA, F. V.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S. Es 2015; GENTIL, L. V. B. 2008; ZANELLA, K. 2018).

#### 1.3.2.1 O Briquete

O briquete é um produto feito a partir de biomassa, utilizado como combustível tanto para geração de calor como de potência. O briquete surge como alternativa ao descarte de resíduos agroflorestais e como solução para o aumento da densidade energética destes resíduos.

Em paralelo, também contribui para minimizar o consumo de madeira para lenha ou carvão uma vez que, devido à sua uniformidade de combustão e densidade calorífica, é apto a substituir estes produtos e, inclusive, pode ter uma melhor performance de combustão (CAVALCANTI, M. A., CORREA, A. Z., SANTOS, N. S. S. 2010; GENTIL, L. V. B. 2008; VARELA, M.; LECHÓN, Y.; SAÉZ, R.1999).

Outrossim, a utilização de descartes lignocelulósicos em forma de briquete, é mais vantajosa do ponto de vista econômico e quanto à redução dos impactos ambientais relacionados à produção, transporte e uso de combustíveis fósseis (VARELA, M.; LECHÓN, Y.; SAÉZ, R.1999).

O briquete é usado em fornalhas, fornos e caldeiras das indústrias. Servem a uma variedade de segmentos comerciais, tais como, abatedouros, cerâmicas, cerealistas, cervejarias, destilarias, feculares, hospitais, hotéis/motéis, indústria de balas, indústria de óleo de soja, indústria de papel, indústria de refrigerantes, laticínios, lavanderias, metalúrgicas, restaurantes, panificadoras, pizzarias, recauchutadoras, tinturarias e residências para aquecimento domiciliar (BIOMAX; FIGUEIRA, F. V.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S. 2015; GENTIL, L. V. B. 2008; VARELA, M.; LECHÓN, Y.; SAÉZ, R. 1999; ZANELLA, K. 2018).

No Brasil não existe uma metodologia ou normas específicas para a fabricação e comercialização de briquetes. Em linhas gerais, a sequência do processo de briquetagem, segundo uma maioria de autores (BARRETO, E. J. F. 2008; FIGUEIRA, F. V.; MARTINAZZO, A. P.;

TEODORO, C. E. S. 2015; GENTIL, L. V. B. 2008; ZANELLA, K. 2018), consiste em: Recebimento dos resíduos (estocagem em silos); Padronização das dimensões (cominuição); Peneiramento; Secagem; Alimentação da máquina; Briquetagem; Resfriamento; Embalagem e Comercialização.

Segundo Oliveira, R. R. L (2013), para que o processo de formação do briquete seja eficiente e dê lugar a um produto de boa qualidade, as características da biomassa utilizada precisam ser conhecidas. Obviamente, a caracterização energética da biomassa, é igualmente válida para o briquete. Características como o teor de cinza, o tamanho das partículas e a umidade do material comprometem a qualidade do briquete. As cinzas agregam todos os elementos que não são relevantes nas reações de combustão, como o potássio, o fósforo e o cálcio, entre outros, reduzindo o aproveitamento energético do briquete. Desta maneira, quanto menor a quantidade de cinzas, melhor a qualidade do briquete. Além disso, quanto maior a umidade do briquete, menor será seu desempenho na queima, pois uma parte da energia será utilizada para aquecer e vaporizar essa umidade. Por sua vez, a granulometria dos resíduos também influencia na qualidade do briquete. Quanto menor a partícula, melhor o processo de compactação e maior a resistência mecânica. Devido a biomassa ser de origem diversa, as condições e características do processo de briquetagem e do briquete irão variar. Ainda assim, observa-se a existência de uma faixa de variação padrão, a qual a biomassa se enquadra.

De acordo com Gentil, L. V. B (2008) as temperaturas alcançadas na câmara de briquetagem variam de 170 °C a 270 °C, para briquetes de serragem. Já o teor de umidade base úmida do briquete vai variar de 5 % a 15 % e a sua densidade é entre 1000 kg/m<sup>3</sup> a 1500 kg/m<sup>3</sup>. Ademais, o briquete deve ser apresentado em peças cilíndricas ou hexagonais com cerca de 70 mm a 100 mm de diâmetro e comprimento de 10 cm a 40 cm.

No Quadro 1, estão descritos os valores típicos das características termofísicas dos briquetes.

Quadro 1 – Média das características termofísicas dos briquetes

Produto	PCS (MJ/Kg)	Umidade (%)	Carbono Fixo (%)	Voláteis (%)	Cinzas (%)	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )
Briquete	19,2	12	14	84	2	1200

Fonte: (BARRETO, E. J. F. 2008).

### 1.3.2.2 As vantagens do briquete sobre a lenha

De acordo com Gentil, L. V. B. (2008), em comparação com a lenha doméstica, a densidade a granel do briquete de serragem é de 700 kg/m<sup>3</sup>, enquanto a lenha doméstica é de 380 kg/m<sup>3</sup>. Tem

umidade entre 5 % e 15 %, em comparação com a lenha doméstica ou plantada, que está na faixa de 25 %. Assim, o briquete tem um Poder Calorífico Útil (PCU) maior.

Segundo Figueira, F. V.; Martinazzo, A. P.; Teodoro, C. E. S. (2015), uma tonelada de briquetes a base de resíduos de milho, soja e trigo equivalem, em termos de densidade calorífica, a 5 m<sup>3</sup> de lenha, que correspondem a pouco mais de duas toneladas em peso. Ou seja, briquetes deste tipo de biomassas também possuem poder calorífico mais elevado que a lenha. Além disso, o briquete ocupa um espaço menor, pois 1 tonelada do produto preenche cerca de 2 m<sup>3</sup> de espaço.

Barreto, E. J. F. (2008), afirma que da compactação de resíduos de base lignocelulósica obtém-se briquetes com qualidade superior a qualquer espécie de lenha, contendo de 2 a 5 vezes mais densidade energética.

Entre as vantagens do uso de briquetes citadas pelo autor, em comparação com a lenha, destaca-se para os briquetes: são produzidos em tamanhos padrões (no formato de cilindros ou bolachas); estão contidos em embalagens padronizadas; produto higiênico sem os inconvenientes da lenha; ocupam um espaço de armazenamento menor; sua combustão propicia uma regularidade térmica na fornalha.

Além das vantagens descritas acima, o briquete gera menos fumaça, não deixa cheiro, não é tóxico, evita o desmatamento e é isento de fiscalização pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) ou Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) (FIGUEIRA, F. V.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S. 2015).

#### 1.3.2.2.1 O MERCADO DO BRIQUETE NO AMAZONAS

A produção de briquetes no Amazonas iniciou-se no ano de 2012, feito a partir dos resíduos da cana de açúcar. O nome da empresa que iniciou o projeto é desconhecido e possivelmente ela vende seus produtos no Marketplace MFRURAL, uma página comercial para produtos do agronegócio (A CRÍTICA, 2013). Além dessa empresa, constatou-se que existem apenas outras duas mais que fornecem briquetes para Manaus, sendo que só uma delas possui usina na cidade. São, a saber, a Madebriq (briquetes a partir de resíduos madeireiros) e a Florida Clean Power, situada em Roraima. A empresa<sup>1</sup> produz 15.000 toneladas/ano, das quais 75 % são vendidas em Manaus a R\$ 550,00/tonelada. Conclui-se, então, que existe uma demanda insatisfeita na cidade de Manaus.

A fiscalização cada vez mais rígida de órgãos ambientais contrapõe o extrativismo ilegal, o que gera uma menor disponibilidade de lenha. Assim, o mercado é cada vez menor e mais caro. Isso sinaliza que o briquete pode substituir essa demanda. Cada tonelada de briquete previne que

dez árvores sejam derrubadas. Além disso, pode-se levar em conta o menor tempo de fervura em relação ao carvão, e a acomodação do produto, que é mais prática. Estas vantagens somam-se às outras já citadas e indicam a predisposição do mercado a substituir a lenha pelo briquete.

Ademais, existem projetos de pesquisa fomentados pela FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) e pelo Governo do Estado do Amazonas, que incentivam o uso de briquetes para substituição do carvão, óleo e lenha pelas empresas do ramo alimentício, mercado doméstico e indústrias. Alguns restaurantes e cooperativas de catadores já aderiram a ideia e se tornaram parceirodessa iniciativas. Com isso, apesar do mercado do briquete no Amazonas ser pequeno, há indícios de que está em crescimento e que tem o parecer favorável diante instituições de pesquisa, do Governo e de entidades privadas (CAVALCANTI, M. A., CORREA, A. Z., SANTOS, N. S. S. 2010; A CRÍTICA, 2013).

Outro aspecto positivo para empreendimentos do tipo é a Zona Franca de Manaus. A instalação de usinas ali é vantajosa, uma vez que a política tributária vigente é diferenciada, sendo concedidos benefícios fiscais, o que representa uma diminuição no custo de processamento dos briquetes. Além disso, o parque industrial de Manaus tem à disposição diversos terrenos com infraestrutura de captação e tratamento de água, sistema viário urbanizado, rede de abastecimento de água, rede de telecomunicações, rede de esgoto sanitário e drenagem pluvial. Ademais, tem à disposição uma variedade de galpões, totalmente estruturados, aptos para a instalação imediata de uma usina (SUFRAMA).

#### 1.4 O CUPUAÇU E SEUS RESÍDUOS

O cupuaçu, *Theobroma grandiflorum* é um fruto nativo da Amazônia e uma das espécies mais importantes do gênero *Theobroma*, se destacando por ser um dos frutos mais apreciados pelos habitantes da região (NAZARÉ, R. F. R. *et al.* 1990; PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1999). O seu cultivo possui valor econômico e social significativo para as regiões povoadas da Amazônia, não se limitando apenas ao extrativismo, mas com alto índice de crescimento de cultivo e potencial industrial (PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1999).

Rico em nutrientes e de aroma característico, tem a sua polpa preparada para elaborar sucos, sorvetes, cremes, geleias e doces, licores, biscoitos, entre outros, envolvendo mais de 60 modalidades de consumo como alimento (EMBRAPA, 1997; MÜLLER, C. H. *et al.* 1995; NAZARÉ, R. F. R. *et al.* 1990; PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; VASCONCELOS, M. N. *et al.* 1975; VENTURIERI, G. A. 1993).

Até meados dos anos setenta, o cupuaçu era desconhecido pela maior parte do Brasil. O seu consumo se concentrava na Região Norte. Isso veio a mudar ao passo as iguarias produzidas com a polpa eram difundidas, provocando o gradual crescimento do sistema de cultivo, o surgimento de pequenas e médias agroindústrias e o desenvolvimento de pesquisas para sarar as dificuldades oriundas do cultivo, como pragas, manejo, etc. (PARENTE, V. *et al.* 2003; SOUZA, A. G. C *et al.* 1998; SOUZA, A. G. C *et al.* 1999; VENTURIERI, G. A. 1998).

As suas características *sui generis* evidenciaram e promoveram o entusiasmo em sua produção e pesquisa. Visava-se, então, a uma maior promoção dos produtos gerados não só nos principais centros urbanos do país como no mercado internacional, com a exportação do cupuaçu, uma vez que produtos naturais sustentáveis ganhavam destaque no exterior (PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1998;).

O cupuaçu apresenta um formato longo, ovado, elíptico ou redondo. A parte externa do pericarpo se diferencia em uma casca de coloração verde, seca, rígida, e cuja espessura varia dos 0,6cm a 1,0 cm. É recoberta por uma camada pulverulenta ferrugínea, que se esvoaça com o manuseio. Já o endocarpo é carnoso, de coloração branco-amarelado, com aroma muito ativo e bem aderido às sementes por meio de fibras (PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1999; VENTURIERI, G. A. 1993).

As árvores podem chegar até 20 metros de altura, o comprimento do fruto chega até aos 40 cm e o seu diâmetro até 15 cm. O peso do cupuaçu varia de 2,5 a 5,0 Kg, sendo 1,5 Kg o peso médio considerado. As sementes, envoltas pela polpa, são dispostas em cinco fileiras, apresentam formatos ovóides ou elipsoides, de 2 cm a 3 cm de comprimento, 2 cm a 2,5 cm de largura, 1 cm a 1,8 cm de espessura e, pesam aproximadamente 7 g. (PARENTE, V.; JÚNIOR, A.; COSTA, A. 2003; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1999; VENTURIERI, G. A. 1993;).

Segundo Venturieri, G. A. (1998), a composição centesimal do cupuaçu compreende os valores de 46,47 % em casca, 36,79 % para polpa e 16,74 % para sementes. Já pela pesquisa da Souza, A. G. *et al.* (1999), a polpa representa 40 % da utilização do fruto. Outros 60 % restantes são constituídos pela casca do fruto (40 %) e pelas sementes (20 %). Parente, V.; Júnior, A.; Costa, A. (2003) relataram que, em média, o percentual se distribui da seguinte forma: casca 43,0%, polpa 38,5 %, sementes 16 % e placenta 2,5 %.

A espécie *T. grandiflorum* ocorre espontaneamente na parte sul e leste do Pará, abrangendo as áreas do médio Tapajós (microrregião Itaituba), rios Xingu (microrregião Altamira), Anapu (microrregião Portel), Guamá (microrregiões Guamá e Bragantina) e Tocantins (microrregião Tucuruí). Também se encontra no nordeste do Maranhão, com presença forte nos rios Turiaçu e

Pindaré (MÜLLER, C. H. *et al.* 1995; VASCONCELOS, M. N. *et al.* 1975;).

Atualmente está distribuída por toda a bacia Amazônica, cuja maior concentração de produção e consumo é nos estados do Pará, Amazonas, Rondônia e Acre (SOUZA, A. G. *et al.* 1998; SOUZA, A. G. *et al.* 1999).

Sendo uma espécie perene, a sua safra se dá entre os meses dezembro e março. Se produz em terras de clima quente, com temperaturas médias mensais variando entre 24,2 °C e 28,2 °C e úmido, com umidade relativa elevada (limite mínimo de 77 % e máximo de 88 %, sendo no mês mais seco de 64 % e no mês mais úmido de 93 %) (MÜLLER, C. H. *et al.* 1995).

A produtividade do Cupuaçuzeiro varia em função da qualidade genética das mudas, as condições climáticas, do solo, período de colheita, além dos tratamentos culturais e fitossanitários, resultados em cada safra (LÓPEZ, P. A. B. 2015; SOUZA, A. G. C. *et al.* 1999; VENTURIERI, G. A. 1993). O cultivo desta espécie produz em menor escala de rendimento nos primeiros anos (entre 4 a 7 frutos/planta/ano), aumentando e se estabilizando a partir do quinto ano (LÓPEZ, P. A. B. 2015). Segundo Venturieri, G. A. (1993), em boas condições, os plantios de 5 anos geram em torno de 20 a 30 frutos/planta e podem alcançar de 4,7 a 7 toneladas/ha/ano de frutos. Já em plantios de 7 anos, a produtividade é de 60 a 70 frutos/planta, com 14 a 15,4 toneladas/hectare por ano de frutos, em manejo de 7m x 7m (espaçamento triangular) com 234 plantas/ha. Estes números revelam que, já a partir do quinto ano, a quantidade de casca produzida pode chegar 3,02 ton/há/ano (referentes a 7 ton/há/ano de frutos, com porcentual da média da casa do fruto a 43,16 %).

Embora as melhorias sejam significativas, a safra nunca é constante. A quantidade e qualidade dos frutos depende, principalmente, das condições climáticas a que estiveram sujeitas as plantações e, em segunda instância, do manejo e cuidado às pragas. Com relação a estas últimas, os principais gargalos que afetam a produção são a vassoura-de-bruxa, doença causada por um fungo, e a praga broca-do-fruto, contribuídas com a falta de conhecimento de manejo por parte do produtor (IDAAM, 2015).

Em se tratando da produção a nível estadual, o Estado do Pará é o principal produtor, seguido dos Estado do Amazonas, Rondônia e Acre (LÓPEZ, P. A. B. 2015). No Estado do Amazonas, em 2013, segundo o IDAAM (2015), a produção de cupuaçu foi superior a nove milhões de frutos (reduzindo 1 milhão em comparação com a safra de 2011). Os municípios que se destacaram foram o Novo Remanso (2.096.000 frutos), Manacapuru (1.137.400 frutos), Itacoatiara (1.120.000 frutos), Autazes (1.100.000 frutos) Presidente Figueiredo (800.000 frutos). No ano de 2016, Itacoatiara (a 176 quilômetros a leste de Manaus) despontou, alcançando R\$ 296

milhões com a produção agrícola de frutos e chegando a ser o quinto município com maior valor de produção do País. Abacaxi e cupuaçu são as suas duas principais culturas, segundo Gomes, B. (2014).

#### 1.4.1 Iniciativas para o aproveitamento da casca de cupuaçu

A casca do cupuaçu é um resíduo que não possui interesse relevante por parte dos produtores e indústrias de beneficiamento. O uso mais significativo é como adubo orgânico, realizado pelos próprios produtores em seus cultivares, porém, as cascas são majoritariamente descartadas. Ainda algumas comunidades aproveitam a casca para o artesanato, mas essa utilidade, em comparação com a produção, é mínima (LOPEZ, P. A. B. 2015).

Por sua vez, o descarte deste resíduo gera acúmulo de lixo, o que promoveu iniciativas de reaproveitamento, em especial no setor energético, servindo de biomassa para a produção de energia. Santos, S. M. A (2006) descreveu o uso da casca de cupuaçu para a geração de energia, a partir do seu carvão, aplicando tecnologia de gaseificação em substituição ao diesel, em uma comunidade ribeirinha do Amazonas. A qualidade do carvão gerado da gaseificação da casca de cupuaçu é semelhante ao carvão de cavaco de eucalipto, pellets de resíduos de eucalipto e endocarpo do babaçu. Abaixo, a Tabela 7 mostra as principais características termofísicas da casca de cupuaçu, encontradas pela pesquisa de Santos, S.M.A (2006). Ademais, destaca-se o projeto desenvolvido por Santos, E. C. S *et al.* (2004) que visou pesquisar a produção de briquetes a partir da casca de cupuaçu.

LÓPEZ, P. A. B. (2015) cita o uso da casca do cupuaçu como biossorvente de corantes em solução aquosa na indústria têxtil, porém não foram encontrados estudos mais aprofundados sobre o assunto.

Quadro 2 – Características termofísicas da casca de cupuaçu

Resíduo	Umidade b.u (%)	PCS (MJ/Kg) b. s	Carbono fixo b.s (%)	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas b.s (%)
Casca de cupuaçu	11,6	19, 2	16, 2	79	4, 8

Fonte: (SANTOS, S. M. A. 2006)

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir, será detalhado toda a metodologia seguida para a elaboração da usina.

## 2.1 LEVANTAMENTO DE MERCADO E LOCALIZAÇÃO DA USINA

Realizou-se o estudo de mercado seguindo a metodologia de pesquisa proposta por Villar, A. M.; Nóbrega, J. C. L. (2013) no manual Planejamento das Instalações Industriais. Através da ferramenta de busca Google obteve-se informações sobre a situação do mercado a nível nacional e regional, quantidade produzida na região escolhida para a usina, tipo de demanda e perfil do consumidor, preço médio do produto, tendência do mercado e potencial do empreendimento. Também foi realizada uma pesquisa para identificar qual seria o diferencial do produto em relação ao mercado estabelecido.

A região da usina foi escolhida com base na produção do cupuaçu. A cidade foi escolhida com base na menor distância possível com os locais de maior fornecimento de matéria-prima, no fácil escoamento e onde há incentivos econômicos ao empreendimento, minimizando-se, assim, os custos com transporte e possíveis taxações.

## 2.2 ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA DISPONÍVEL E FUNCIONAMENTO FABRIL

Foi consultado o Portal do IDAAM (IDAAM, 2015), para encontrar os dados de produção de cupuaçu no Amazonas. Embora notícias em web-páginas locais relatem que mais recentemente a quantidade colhida de cupuaçu seja maior, o último registro do IDAAM data ao ano de 2013 e, assim, foi a partir desse dado que se estimou um valor hipotético da quantidade de cascas residuais (43% do total de toneladas de cupuaçu, conforme Parente, V.; Júnior, A.; Costa, A. (2003)).

Para a operação, foi estipulada uma jornada de trabalho de oito horas, durante os dias úteis da semana e com cinco dias anuais reservados a manutenção.

## 2.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

As etapas do processo de briquetagem foram baseadas nas descritas por Barreto, E. J. F. *et al.* (2008), Figueira, F. V.; Martinazzo, A. P.; Teodoro, C. E. S. (2015), Gentil, L. V. B. (2008) e Zanella, K. (2018). Elaborou-se o fluxograma do processo utilizando o *software SmartDraw* (SMARTDRAW, 2017).

## 2.4 CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA E BRIQUETES NA FORNLHA E SECADOR

Na fornalha do secador, será queimada parte dos briquetes produzidos pela usina. Para tal, foi calculada a quantidade de ar necessário para secagem, briquetes produzidos e a quantidade dos mesmos para a queima. Em primeiro lugar, foram assumidos determinados valores para os parâmetros envolvidos nas operações. O Poder Calorífico da casca do cupuaçu foi o

correspondente ao PCS de 19200 kJ/Kg em base seca (11,6 % de umidade), conforme Santos, S. M. A. (2006). Partiu-se de uma umidade inicial da matéria-prima de 35 %, conforme descrito para os resíduos agrícolas, segundo Silva, S. J. (2008). Uma vez que não foi encontrado na literatura, mas a fim de possibilitar a continuação da análise preliminar, adotou-se para a densidade específica aparente da casca o valor de 250 kg/m<sup>3</sup>, com base nas análises realizadas por Barreto, e. j. f. (2008) (ver ponto 3.3.2.3.2, pág. 30).

As operações unitárias calculadas dizem respeito às reações que ocorrem na fornalha e no secador. Na entrada da fornalha, foram estipuladas as condições de 27 °C de temperatura e 60 % de umidade relativa do ar ambiente baseado na média encontrada através do Portal do Climate-Data (CLIMATE-DATA). Já a temperatura do ar de entrada e umidade relativa do ar de saída foram escolhidos aleatoriamente, mas considerando valores razoáveis, a saber 80 °C e 90 %, respectivamente. A partir da quantidade de cascas estipulada para o projeto, obteve-se a vazão das mesmas entrando no secador. A umidade da matéria-prima na saída do secador foi estabelecida em 10 %, com base no referencial teórico das etapas da briquetagem, acima citado.

A partir da temperatura e umidade relativa (UR%) do ar de entrada da fornalha, foi calculada a entalpia (H) e a umidade absoluta (U<sub>abs</sub>) do ar (que também corresponde à umidade absoluta do ar de entrada do secador) através do *software* CATT3 (JOHN WILEY & SONS, INC., 1996). Com o mesmo programa e a partir da umidade absoluta e temperatura do ar de entrada, obteve-se a entalpia (H). Por sua vez, com H e a UR% do ar na saída do secador, obteve a U<sub>abs</sub> na saída do mesmo. Com a vazão de entrada de cascas no secador em base úmida, descobriu-se a quantidade de água das cascas que precisaria ser seca para alcançar a percentagem desejada de umidade final, através da fórmula:

$$m_{\text{água}} = \text{vazão } (bu) \times (1 - U) \quad (1)$$

Onde vazão bu é a vazão da matéria-prima em base úmida e U é a umidade correspondente. A partir da quantidade de água a ser seca da matéria-prima, averiguou-se a vazão mássica de ar (v<sub>ar</sub>) necessária para a secagem a partir da fórmula:

$$v_{ar} = \frac{v_{\text{água}}}{\Delta U_{abs}}, \text{ onde } \Delta U_{abs} = U_{abs,s} - U_{abs,e} \quad (2)$$

Onde v<sub>água</sub> é a vazão mássica de água e ΔU<sub>abs</sub> é a diferença da umidade absoluta na saída (U<sub>abs,s</sub>) e entrada (U<sub>abs,e</sub>).

A partir da carta psicrométrica (INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. 1999), obteve-se o volume específico ( $V_{esp}$ ) do ar a 27 °C e com 60 % de UR. Com o  $V_{esp}$ , averigou-se a vazão volumétrica ( $V_{vol}$ ) de ar necessário para secagem. Para calcular a quantidade de calor ( $Q$ ) necessária para aquecer o ar utilizou-se a fórmula:

$$Q = v_{ar} \times \Delta H, \text{ onde } \Delta H = H_s - H_e \quad (3)$$

Onde  $v_{ar}$  é a vazão mássica do ar necessário para a secagem da matéria-prima e  $\Delta H$  é a diferença de Entalpia na saída ( $H_s$ ) e entrada ( $H_e$ ) da fornalha. Assumiu-se mais 10 % de calor necessário para o aquecimento da matéria-prima que será queimada e também se considerou uma perda de calor de 30 % na fornalha. Com estes dados, calculou-se a quantidade necessária de matéria-prima para queima na fornalha através da fórmula:

$$m_{casca} = \frac{Q}{PCS_{casca}} \quad (4)$$

Onde  $Q$  é o calor necessário para a secagem e  $PCS_{casca}$  é o Poder Calorífico Superior da casca de cupuaçu. Neste caso, foi ignorado que o PCS obtido para casca foi de 11,6% de umidade (um pouco acima da umidade estabelecida para o presente trabalho).

A vazão mássica de casca seca foi calculada pela fórmula:

$$vazão_{bu,s} = vazão_{bs,e} + (vazão_{bs,e} \times X_2), \text{ onde } X_2 = \frac{U_f}{1-U_f}, \quad (5)$$

Onde  $vazão_{bs,e}$  é a vazão de entrada da matéria-prima em base seca (ou seja, sem 35 % de umidade) e  $X_2$  é a fração da umidade final.

## 2.5 EQUIPAMENTOS E RESPETIVOS CUSTOS

A busca pela empresa fornecedora dos equipamentos foi feita através da plataforma de pesquisa Google e as condições estabelecidas para a escolha foram: empresa nacional ou que produz os equipamentos no Brasil; fornecesse a maioria dos equipamentos.

Sendo que a escolha final seria baseada pelo menor custo total. Foram selecionadas duas empresas e pediu-se o orçamento dos equipamentos, sendo que da parte delas foi pedido o tipo de material a ser briquetado e o volume de produção. Nenhuma empresa trabalha com cascas de

cupuacu, contudo, para dar continuidade ao estudo, os equipamentos foram determinados (pelas empresas) como em se tratando com cascas de coco. A empresa selecionada forneceu a relação de quase todos equipamentos necessários, seus respectivos valores para o mês em que o orçamento foi dado, a área mínima necessária da planta industrial, número de operadores e supervisores necessários, valor e duração da instalação. O único equipamento não custeado pela empresa foi o picador, cujo tipo, dimensão e valor foram estipulados a partir do manual Plant Design and Economics for Engineers (PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D.; WEST, R. E. 2002).

## 2.6 ESTIMATIVA DE CUSTOS E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a análise dos custos e viabilidade econômica, utilizou-se a metodologia proposta no manual Plant Design and Economics for Engineers (PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D.; WEST, R. E. 2002). O Total de Capital de Investimento (TCI) é subdividido em Capital de Investimento Fixo (CIF), requerido para custear a instalação da planta, e Custo da Produção (CP) inicial, necessário para a operação da planta de usinagem nos primeiros três meses. Para este último, calculou-se o CP anual, sem considerar as taxas de juros, e multiplicou-se esse valor por um quarto (o equivalente a três meses de operação).

O CIF é subdividido em Custos Diretos (CD) e Custos Indiretos (CI). Já o CP é subdividido em Total de Custos da Manufatura (TCM) e Despesas Gerais da Manufatura (DGM). A estimativa do Capital de Investimento foi realizada com base no Método C, no qual o CIF é calculado com base no Custo dos Equipamentos Entregues (CEE). Para cada item, o valor é dado considerando-se uma porcentagem do CEE. Este tipo de método é comum em estudos preliminares e a sua precisão esperada está na faixa dos 70 % a 80 %, podendo alcançar os 90 %. Uma vez que, à exceção de um, todos os equipamentos foram custeados com precisão de valores, espera-se alcançar um valor de capital de investimento próximo à realidade.

Somado o valor de todos os equipamentos da usina, fez-se um acréscimo de 15 % para a entrega dos mesmos. Com base neste valor final (o CEE), foram então calculados os CD e CI.

Dentre os CD, a instalação foi calculada em dias trabalhados por operadores da BIOMAX e locais, totalizando dois operadores na empresa fornecedora e quatro da região. Foram contabilizados vinte e dois dias de instalação, trinta dias de estadia e passagem para os operadores da BIOMAX. Os valores cobrados e os dias de instalação foram informados pela própria empresa, bem como o número de trabalhadores que devem atuar em uma usina do porte proposto. A locação do espaço fabril foi avaliada em R\$ 10.000,00 conforme o Portal de Imóveis Viva Real, e inclui parte externa, tubulações, sistema elétrico e instalações de serviços completa. Sendo assim, todos

estes itens não foram contabilizados. Para os CI, foram contabilizados os serviços de engenharia, as despesas legais e a contingência em 1,5 %, 3 % e 2 % do CEE, respectivamente.

Para os CP, o TCM é dividido em Custos Diretos de Produção (CDP) e Despesas Fixas da Produção (DFP). Dentre os CDP, foi contabilizado o trabalho operacional e de supervisão baseados da média salarial dada pelo Portal Salário (SALÁRIO). Os tributos e encargos foram determinados segundo Fernandes, D. P. (2018). Os serviços de utilidade (água e energia) foram contabilizados com base nos dados obtidos através dos portais Amazonas Energia S/A (AMAZONAS ENERGIA) e Águas de Manaus (ÁGUAS DE MANAUS). A manutenção e reparo foi calculada em 5 % do CIF e os suprimentos operacionais foram estimados em R\$ 500,00/mês. Para o presente projeto não foram identificados custos com *royalties* e tampouco com a matéria-prima, uma vez que se partiu do princípio de que a mesma é um resíduo descartado e a sua captação seria uma solução para as indústrias de beneficiamento. As DF foram avaliadas em taxas (0,08 % do CIF), seguro (0,05 % do CIF) e depreciação, baseada no valor de equipamentos entregues e instalação, aumentado em 20 % por causa da inflação especulada e considerando-se 20 anos a duração dos equipamentos. Nesta seção também se incluem a taxa de juros do financiamento, 10 % do TCI. O último que compõe os CP são as despesas gerais que incluem os custos administrativos, baseados no Portal Salário (SALÁRIO), e marketing, cuja meta de gasto foi estabelecida em R\$ 500,00 mensais de modo a reduzir impactos no custo, além do transporte do produto (5 % do TCM), coleta da matéria-prima (transporte durante a safra) e contingência (5 % do TCM).

A maioria dos valores percentuais foram baseados nas porcentagens descritas no Manual *Plant Design and Economics for Engineers* (PETERS, m. s.; TIMMERHAUS, k. d.; WEST, r. e. 2002) e assumiram valores anuais. Os valores que não estão estimados conforme o manual, foram baseados em valores razoáveis de modo a reduzir o impacto de custos. Assim, o TCI foi calculado somando-se o CIF e mais três meses do CP.

Por fim, sugeriu-se um valor para venda do produto, com base nos valores praticados no mercado para o briquete, para obter-se a Receita Anual (RA). Calculou-se o Lucro Bruto (LB) subtraindo-se o CP à RA. O Lucro Líquido (LL) foi obtido subtraindo-se 12 % em impostos ao valor do LB, desconsiderando-se a depreciação. Os impostos foram contabilizados em 12 %, com base na política praticada na Zona Franca de Manaus, descrita no Portal da SUFRAMA (SUFRAMA). Após isso, calculou-se o Capital de Giro (CG), adicionando ao LL a Depreciação Anual. O número de anos para pagar o investimento foi calculado dividindo-se o TCI pelo CG.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 ESTUDO DE MERCADO E LOCALIZAÇÃO DA USINA

Com base no levantamento de mercado e nas condições favoráveis ao empreendimento a usina será localizada no Parque Industrial de Manaus, capital do estado do Amazonas, o segundo estado com maior nível de produção de cupuaçu. Manaus está situada relativamente perto de todos os principais municípios produtores e de beneficiamento do cupuaçu e possui uma boa localização para exportação, o que representa um menor custo de transporte. Soma-se a isso o fato de que a cidade também possui uma demanda insatisfeita de briquetes, o que a torna a principal consumidora.

#### 3.2 QUANTIDADE A SER PROCESSADA

A quantidade a ser produzida de briquetes vai depender da produção de cupuaçu na região escolhida. No entanto, o histórico de produção do cupuaçu, ao longo dos anos, sofreu variações e não foi possível encontrar dados satisfatórios. Ainda assim, especula-se que no ano de 2011 foram produzidas em torno de 6.450 toneladas casca e para o ano de 2013, 4.033,44 toneladas (considerando 43% de casca). Assim, para a elaboração do projeto estabeleceu-se a quantidade de 5.000 toneladas de cascas por ano. No Quadro abaixo listam-se os principais municípios produtores e as respectivas quantidades estimadas de casca produzidas (percentagem de 43% em casca, conforme Parente, V.; Júnior, A.; Costa, A. (2003)).

Quadro 3 – Estimativa da quantidade de casca de cupuaçu nos principais municípios do estado do Amazonas no ano de 2013

Municípios	Casca gerada (t)
Novo Remanso	1351,92
Manacapuru	733,623
Itacoatiara	722,4
Autazes	709,5
Presidente Figueiredo	516

Fonte: Autora (2020)

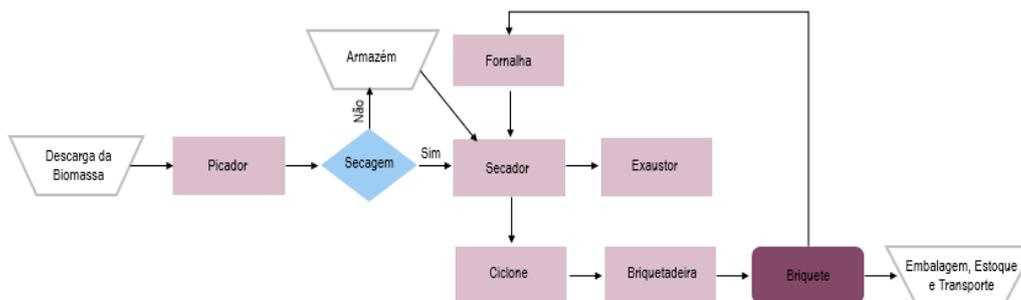
#### 3.3 PROCESSAMENTO DO BRIQUETE

Nesta etapa, é demonstrada a cadeia produtiva, bem como todos os aspectos concernentes à operação da usina, incluindo os cálculos das operações unitárias.

### 3.3.1 Fluxograma do processo

Uma vez que as cascas de cupuaçu sejam coletadas das indústrias de beneficiamento do fruto, as mesmas são descarregadas na usina, passando diretamente para o picador, a fim de obter-se um material com dimensões adequadas ao briquete. Parte da descarga será armazenada enquanto outra será levada para o secador, porque durante os oito meses de safra haverá uma grande quantidade de matéria-prima, que será processada (iniciando-se pelo processo de secagem) ao longo de todo o ano. Toda a matéria-prima passará pelo processo de secagem a fim de garantir uma umidade adequada para o processo de briquetagem. Na saída do secador, os resíduos secos vão precipitar no ciclone de exaustão, sendo descarregados numa válvula rotativa de exaustão por gravidade. Da válvula, os resíduos serão levados por um sistema de transporte mecânico até ao silo subterrâneo da briquetadeira e, depois, passarão pela briquetagem. Ademais, alguns outros resíduos e gases quentes da fornalha serão aspirados pelo exaustor, atravessando todo o secador. Já depois da briquetagem, uma pequena parte dos briquetes serão utilizados na fornalha, para aquecimento do secador, enquanto que a maior parte será embalada, estocada e posteriormente transportada aos clientes. O fluxograma apresentado detalha todas as etapas pelas quais a matéria-prima passará até ao momento de obtenção do briquete e sua disposição final.

Figura 2 – Fluxograma do processo de briquetagem de cascas de cupuaçu proposto, realizado a partir do *software Smartdraw* (SMARTDRAW, 2017)



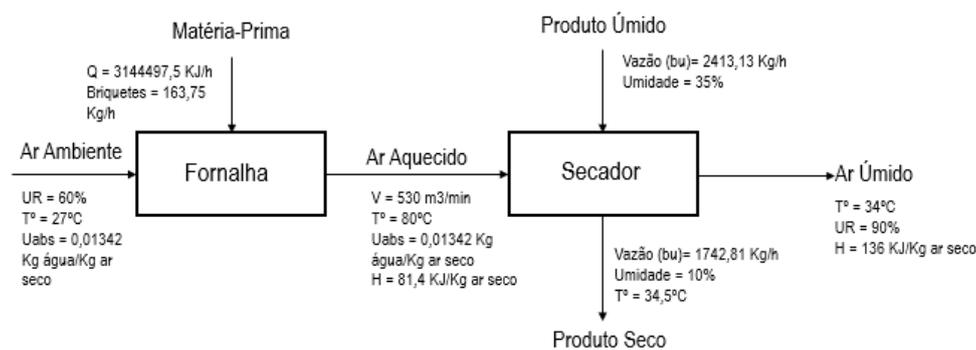
Fonte: Autora (2020)

### 3.3.2 Produção e cálculo do consumo de energia de briquetes na fornalha e no secador

A operação da usina resulta em 259 dias ao ano de funcionamento, operando-se oito horas diárias durante os dias úteis da semana. As operações unitárias foram calculadas a partir do processamento de matéria-prima úmida de 5.000 toneladas por ano de casca.

A Figura abaixo, mostra o diagrama das operações unitárias em ambas as etapas de aquecimento do ar na fornalha e secagem das cascas no secador, descrevendo os dados encontrados para cada uma das etapas, que abaixo serão apresentadas.

Figura 3 – Fluxograma das operações unitárias da usina de briquetagem



Fonte: Autora (2020)

### 3.3.2.1 Fornalha

Para a temperatura de 27°C e UR de 60 % do ar ambiente, a  $U_{abs}$  do ar ambiente, na entrada e saída da fornalha resultou em 0,01342 Kg de água/Kg ar seco.

Figura 14 – Dados obtidos no programa CATT3

#	Temp.	Temp. bulbo úmido	Entalpia	Umidade absoluta	Umidade Relativa	Temp. Orvalho	Excesso de água
	°C	°C	kJ/kg (dry air)	kg water/kg dry	%	°C	kg water/kg dry
1	27	21,2	81,4	0,01342	60	18,58	0
2	80	33,37	136	0,01342	4,516	18,58	0
▶ 3	34,46	32,93	136	0,03171	90	32,58	0

Fonte: Autora (2020)

### 3.3.2.2 Secador

Considerando o total de 5.000 t/ano de matéria-prima úmida, para a produção em 259 dias com jornadas de oito horas, obteve-se a vazão de 2.413,13 Kg/h de cascas úmidas. Em base seca obteve-se 1.568,53 Kg/h de matéria-prima. A quantidade de água necessária evaporar das cascas resultou em 670,31 Kg/h e a  $U_{abs}$  do ar na saída do secador resultou em 0,03171 Kg água/Kg ar seco, conforme a Figura 13. Considerando uma umidade mínima de 10 %, a vazão de matéria-prima que será briquetada resultou em 1.742,81 Kg/h. Tendo em vista a  $U_{abs}$  na entrada do secador (0,01342 Kg água/Kg ar seco), o total de  $U_{abs}$  no ar do secador resultou em 0,01829 Kg água/Kg

ar. A vazão mássica do ar resultou em 3.6649,16 Kg/h e a vazão volumétrica resultou em 530,80 m<sup>3</sup>/min. Preferiu-se obter a quantidade de ar necessário para secagem em m<sup>3</sup>/min para melhor compreender o volume que será ocupado pelo ar no secador e quanto dele irá circular por minuto. Para posteriores estudos pode-se calcular o tempo necessário para secagem.

A entalpia de entrada ( $H_e$ ) e saída ( $H_s$ ) resultaram em 81,4 kJ/Kg de ar e 136 kJ/Kg ar, respetivamente, conforme a Figura 13. Assim, a Entalpia do processo resultou em 54,6 kJ/Kg de ar. Com a vazão mássica do ar e a entalpia total do processo, o calor necessário para aquecer o ar foi de 2.001.043,9 kJ/h, porém adicionou-se 10 % a mais ao valor para contabilizar o calor necessário para o aquecimento da matéria-prima que será queimada antes na fornalha. Ademais, foi considerada uma perda de calor de 30 % através das paredes da fornalha. Assim, a quantidade de calor final necessária para aquecer o ar resultou em 3.144.497,549 kJ/h.

A quantidade de matéria-prima necessária para a fornalha foi calculada a partir do calor para aquecimento do ar e poder calorífico da casca de cupuaçu (19200kJ/Kg) e resultou em 163,78 Kg/h de casca. Assim, subtraindo-se esse valor à produção de 1.742,81 Kg/h de briquete, tem-se que, para a venda são produzidos 1.579,038 Kg/h de briquete. Considerando os dias e horas de produção, anualmente chega-se a um total de 3.271,77 toneladas de briquete produzidas.

### 3.4 EQUIPAMENTOS

O orçamento foi elaborado pela empresa BIOMAX e, conhecendo o nível de produção, eles levaram a cabo o inventário de todos os equipamentos necessários, as dimensões e modelos dos mesmos, bem como os valores. A relação dos equipamentos necessários está descrita no ponto 5.6.1 e os mesmos já vêm acompanhados de motor, tubulações, sensores, quadro de comando e etc., conforme cada tipo de máquina.

### 3.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

#### 3.5.1 Custo dos Equipamentos e Entrega

Como mencionado anteriormente, o orçamento dos equipamentos foi dado pela BIOMAX (Quadro 10) e, no caso do picador, o custo foi baseado no manual *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* de Peters, M. S.; Timmerhaus, K. D.; West, R. E. (2002).

Quadro 4 – Custo de todos os equipamentos orçados pela empresa BIOMAX

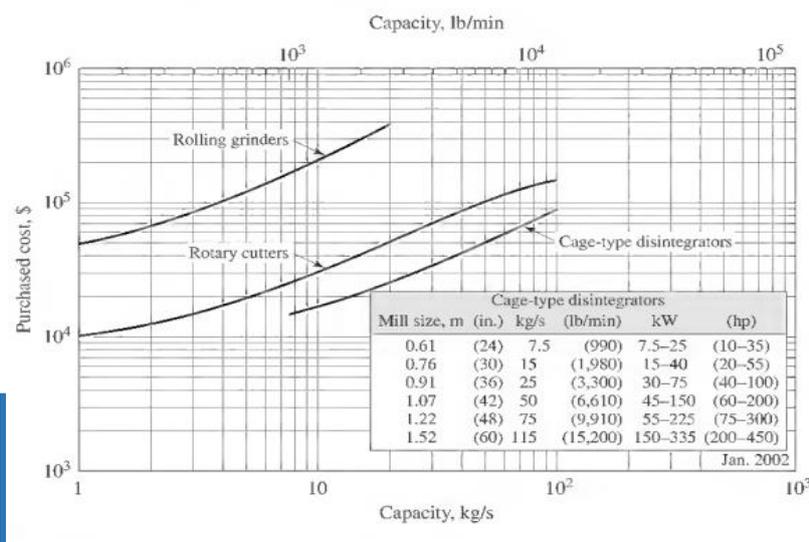
Equipamentos da Biomax	Quantidade	Valores (R\$)
Silo/dosador subterrâneo	2	56.000,00

Chupim do secador	1	35.000,00
Secador tambor B 18000.	1	416.000,00
Sistema de transporte mecânico	2	46.000,00
Chupim da Briquetadeira	1	20.000,00
Briquetadeira B 95/210R	1	316.000,00
Total		866.000,00

Fonte: Autora (2020)

O valor do picador foi baseado no gráfico abaixo. Optou-se por um moinho de facas pois a redução de tamanho alcançada por este instrumento é de até 50 vezes. O picador vai processar as 5.000 toneladas recebidas durante os 8 meses de safra (aproximadamente 248 dias). Assim, o picador deverá ter uma capacidade de processar 20,16 toneladas por dia ou 0,23 Kg/s. Para essa capacidade, o valor do picador é de aproximadamente US\$10.000,00, convertidos em R\$57.000,00 (conversão obtida em Julho de 2020), para possibilitar a análise da viabilidade econômica na moeda brasileira. O valor inclui motor e acessórios. Foram encontradas empresas fabricantes deste tipo de picador porém não foi possível obter-se o orçamento. No entanto, tendo em conta os outros equipamentos, assume-se que o valor estipulado é razoável.

Figura 4 – Gráfico do custo de um picador. Linha azul aponta a capacidade mais próxima da necessária ao picador e o valor correspondente



Fonte: (PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D.; WEST, R. E., 2003) Adaptado

O valor total de equipamentos fica em torno de R\$ 923.000,00 e a potência total instalada é de aproximadamente 140 kW. O frete dos equipamentos será calculado em 15% sobre o valor

dos equipamentos entregues (CEE), resultando em um total de R\$ 138.450,00. Peters *et al* (2013) citam que o valor do transporte é cerca de 10 % do valor dos equipamentos, porém decidiu-se acrescer 5 % devido à distância e ao difícil acesso via rodoviária para a cidade de Manaus.

### 3.5.2 Capital de Investimento

#### 3.5.2.1 Capital de Investimento Fixo (Cif)

Dentro do CIF tem-se os CD que incluem instalação de todo o maquinário e tubulação, instalação de serviços e local. Segundo as informações dadas pela BIOMAX, a instalação terá a duração de 22 dias e serão necessários dois operadores oriundos da empresa e cujo valor é de R\$650/dia/operador, resultando em um total de R\$ 28.600,00. Soma-se a este valor as passagens aéreas (R\$ 2.000,00 por passageiro), a estadia e alimentação (R\$ 300,00/pessoa/dia), que resultam em R\$ 13.000,00. Ademais, serão necessários 4 operadores para a produção, que serão contratados e no primeiro mês de trabalho irão auxiliar com a instalação. O custo por cada operador é de R\$ 3.500,00, já considerando todos os encargos. O total com a instalação resulta em R\$ 55.600,00. Com base no tamanho mínimo sugerido pela BIOMAX, dado conforme o porte do projeto, estimou-se uma área total entre 800 m<sup>2</sup> a 1.000 m<sup>2</sup> e, por se tratar de uma área industrial disposta com diversos galpões para alocar ou comprar já totalmente estruturados, todos os custos envolvidos na construção são desprezados, bem como a montagem do sistema elétrico e áreas de serviço e escritório. O valor estipulado para a locação de uma estrutura que atenda às necessidades da usina é de R\$ 10.000,00. Já a instalação de serviços contará com equipamentos de cozinha, limpeza, guarda-volumes, almoxarifado e equipamentos de escritório. O valor corresponde a 15 % do CEE, resultando em R\$ 159.217,50.

Ademais dos CD, o CIF também está composto pelos CI, que correspondem às despesas legais e contingência. Com as despesas legais calculou-se gastar 3 % do CEE, resultando em R\$ 31.843,50, e a contingência em 20 % do CEE, totalizando R\$ 212.290,00. Como resultado, o total de CIF foi calculado em R\$ 1.530.401,00.

Ao serem analisados cada ponto do total de CIF, os valores apresentados mostram-se concordantes com a realidade. Outrossim, ainda que o mercado do briquete esteja visivelmente em expansão, o empreendimento é inovador, principalmente para a região. Por isso, observa-se que a compra de um local possa ser arriscada, além de que encarecer grandemente o investimento. Assim, a locação do espaço apresenta-se como uma opção para tornar o investimento mais viável, além de descomprometer a empresa com os possíveis riscos de empreendimento.

### 3.5.2.2 Estimativa do Custo da Produção (cp) anual e capital para operação

Dentro do CP tem-se o Total de Custos de Manufatura (TCM) e as Despesas Gerais da Manufatura (DGM). Por sua vez, o TCM se divide em:

#### a) Custos Diretos da Produção (CDP)

- Trabalho operacional, como antes citado, composto por 4 operadores cujos salários e encargos sociais são de R\$ 3.500,00/mês/operador. Total de R\$ 168.00,00 ao ano.
- Supervisão, um engenheiro cujo salário e encargos sociais é de R\$ 6.000,00/mês. Total de R\$ 72.00,00 ao ano.
- Serviço de utilidades com energia e água. A usina terá aproximadamente 140 kW instalados, onde serão cobrados 0,75 R\$/kWh. Contabilizando oito horas diárias num total de 22 dias trabalhados, obteve-se o valor de R\$ 2.310,00/mês de energia. Uma vez que água não é uma matéria-prima e será somente utilizada para limpeza, banheiros e bebida, a mensalidade foi estipulada em R\$800,00/mês. Total de R\$ 37.320,00 ao ano.
- Manutenção e Reparo, calculados em 5 % do CIF, resultando em R\$ 76.520,05 ao ano.
- Suprimentos operacionais (embalagens e pallets): estimados em R\$ 500,00/mês, resultando em R\$ 6.000,00 ao ano.

Assim, os CDP foram avaliados em R\$ 359.840,02 ao ano. No entanto, o custo com manutenção e reparo mostrou-se muito elevado quando observada a baixa quantidade e complexidade dos equipamentos e do processo em si. Por isso, um gasto com manutenção e reparo calculado a 2,5% do CIF resultaria em um valor mais adequado à realidade (R\$ 38.260,025 ao ano), diminuindo assim o CDP para R\$ 321.580,00 ao ano.

#### b) Despesas Fixas da Produção (DFP)

- Depreciação, que foi calculada com base no valor dos equipamentos entregues e instalação, mais 20 % para cobrir a inflação em 20 anos de vida-útil dos equipamentos. Resultou em um total de R\$ 67.023,00 ao ano.
- Taxas: 0,8 % do CIF, uma vez que se trata de uma indústria com incentivos fiscais. Total de R\$ 12.243,208 ao ano.
- Seguro: 0,4 % do CIF, resultando em R\$ 7.652,005 ao ano.

- Taxa de juros: 10 % do TCI, que será financiado. Total de R\$ 160.050,357 ao ano. Para obtenção do TCI, que engloba o CIF e o CP de três meses, o CP foi calculado previamente desconsiderando os interesses (descrito abaixo).

As DFP foram avaliadas em R\$ 365.970,80 ao ano. Assim, o TCM do briquete, resulta em R\$ 687.555,08 ao ano. Já as DGM se distribuem em:

- Custos administrativos, que incluem um funcionário com salário e encargos de 3.500,00 ao mês, e gastos com telefone, internet e pacotes de softwares de administração, que englobam um total de R\$ 400,00 ao mês. Anualmente, o valor gasto é de R\$ 46.800,00.
- Marketing, cuja meta de contratação de serviços é de R\$ 500,00 ao mês, totalizando R\$ 6.000,00 ao ano.
- Transporte do Produto: 5 % do TCM, resultando em R\$ 34.377,57 ao ano.
- Transporte da matéria, obtida através do valor mensal do transporte do produto multiplicado pelos oito meses de safra, totalizando R\$ 22.918,36/ano.
- Contingência, avaliada em 2 % do TCM. Total de R\$ 13.751,02/ano.

Em suma, tem-se que o custo com as DGM é de R\$ 123.846,92 ao ano. O total do CP anual, que equivale à soma das DGM com o TCM, resulta em R\$ 811.397,7 ao ano. Não contabilizando a taxa de juros, o total do CP resulta em R\$ 652.345,14 ao ano. Assim, para os três primeiros meses de operação, o CP resultou em R\$ 163.086,29.

### 3.5.2.3 Total do Capital De Investimento

O TCI, equivalente à soma do CP para os três primeiros meses de operação e CIF, resultou no valor de R\$ 1.590.525,56.

### 3.5.3 Estimativa da Receita Anual

O preço praticado para os briquetes no Brasil varia de R\$ 300,00 a R\$ 450,00 por tonelada. Em Manaus, das duas empresas fornecedoras conhecidas os valores praticados são:

- a) MF Rural, a 420R\$/t de briquete;
- b) Florida Clean Power, a 550R\$/t de briquete.

Com base nestes dados, o preço sugerido a ser praticado é o de R\$455,00/tonelada. Considerando a produção para venda de 3.271,77 toneladas de briquete por ano, a receita anual é de R\$ 1.488.655,35.

### **3.5.4 Lucro Bruto (LB), Lucro Líquido (LL), Capital de Giro (CG) e anos para pagar o investimento**

O LB anual resultou em R\$ 677.257,64. Já o LL resultou em R\$ 654.966,96 ao ano, desconsiderando-se a depreciação. O CG resultou em R\$ 587.943,96 ao ano. O número de anos para pagar o investimento foi calculado dividindo-se o TCI pelo CG, resultando em 2,70 anos.

### **3.5.5 Análise da viabilidade técnico-econômica**

Tendo em conta que se trata de um estudo preliminar, durante a elaboração do projeto foram verificadas algumas lacunas que comprometem a viabilidade. Entre estas, a mais importante é a falta de estudos sobre as características físico-químicas da casca do cupuaçu ou o acesso aos mesmos. Embora o uso da casca tenha sido considerado e, inclusive, institutos de pesquisa tenham em andamento estudos a respeito, todavia não foram realizados testes em escala-piloto da briquetagem da casca, que comprovem a eficácia da mesma. Por esse motivo, a viabilidade técnica é comprometida. Além disso, ainda não foi avaliada nenhuma briquetadeira adaptada para a casca de cupuaçu. Outro ponto de dificuldade diz respeito à recolha da matéria-prima. No cotidiano, isto é, para os produtores e indústrias de beneficiamento no geral, a casca de cupuaçu é um resíduo descartado, sem nenhum interesse relevante. A correta destinação é um problema.

Para o negócio proposto, essa situação seria uma vantagem pois a matéria-prima, como colocado antes, seria fornecida sem custos e haveria em abundância. Ou melhor, para empresas regulamentadas, a coleta da casca de cupuaçu poderia ser cobrada, gerando uma receita adicional. Contudo, para uma recolha eficiente dessa matéria-prima seria necessário o comprometimento dessas indústrias e produtores particulares em entregar as cascas de modo adequado, resguardando-as em local apropriado para não ocorrerem contaminações ou serem molhadas.

Além disso, para avaliação deste tipo de ação, deve-se ter em conta que a coleta somente deste tipo de resíduo não deve ser de interesse por parte da maioria das empresas. Ademais, depender do comprometimento das empresas, ainda mais quando, na maioria das vezes, a disposição em local indefinido não é fiscalizado ou punido, pode comprometer a eficiência do transporte. Uma outra solução oposta, seria a aquisição do produto, mas para tal seria necessária a



realização de um estudo mais aprofundado sobre os possíveis efeitos econômicos e sociais resultantes.

Em termos de viabilidade econômica, a opção pela locação é atraente porque o investimento será pago em menos de três anos, o que aumentaria para aproximadamente cinco anos caso o local fosse comprado (pelo preço de R\$ 1.000.000, já considerando negociações, segundo o Portal Viva Real (VIVA REAL)). Ademais, as dimensões do local e dos equipamentos permitem ainda um aumento na produção do briquete, o que ainda possibilita a expansão de produção e consequente aumento da receita.

Apesar de ser um estudo preliminar, o projeto mostra-se economicamente viável, além de apresentar um enorme potencial, uma vez que o mercado do briquete no Amazonas ainda é inicial, mas a sua demanda é cada vez maior.

#### 4 CONCLUSÕES

O projeto tem potencial de ser implementado na Cidade de Manaus, uma vez que a análise preliminar da viabilidade técnica é positiva. Ainda assim, algumas lacunas precisam ser consideradas, como a necessidade de estudos mais profundos sobre as características físico-químicas da casca do cupuaçu e sobre a logística e possíveis problemas. Outrossim, testar em escala-piloto a briquetagem com a casca de cupuaçu e posterior avaliação do briquete produzido, é fundamental para a confirmação do potencial do empreendimento.

Outro ponto importante ressaltar é a escala de produção, que pode ser ampliada com o uso de outros resíduos semelhantes à casca. A adição de outras matérias-primas não representa custos logísticos, uma vez que os municípios mencionados que produzem cupuaçu também produzem outras variedades de cultivares. Ademais, o local e os equipamentos estão dimensionados para uma margem de produção sensivelmente maior que a necessária, possibilitando uma expansão.

Conclui-se que, para uma fase inicial de planejamento, o projeto apresenta uma boa perspectiva e viabilidade técnico-econômica. No entanto, são necessários ajustes e uma análise com mais indicadores, para que haja uma maior confiabilidade na viabilidade.



## REFERÊNCIAS

Abnt. Nbr 16586: matérias-primas para fundição - carvão mineral - método de ensaio para determinação do teor de cinzas. Rio de Janeiro, p. 4, 2017.

Águas de Manaus. Legislação e tarifas. Disponível em: <https://www.aguasdemanau.com.br/legislacao-e-tarifas/>. Acesso a 5 jul. 2020.

Amazonas energia s/a. Disponível em: <http://www.amazonasenergia.com/cms/>. Acesso a 5 jul. 2020

Andrade, e. C. Potencial de utilização da amêndoa do cupuaçu (*theobroma grandiflorum*) e dos frutos do muruci (*byrsonima crassifolia*) e da pupunha (*bactris gasipaes*) como fontes de ácidos graxos essenciais na elaboração de um complemento alimentar na nutrição humana. 2009. Dissertação (mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) - universidade federal do Pará, Belém, 2007.

Andrade, c. S. Energia elétrica e as populações tradicionais do estado do Amazonas: aprendizados a partir da experiência na comunidade do Roque na reserva extrativista do Médio Juruá. 2010. Xxvii, 237 f, tese (doutorado) – universidade federal do Rio de Janeiro. Programa de pós-graduação em planejamento energético, Rio de Janeiro, 2010.

Barreto, e. J. F. (coord.). Combustão e gasificação de biomassa sólida: soluções energéticas para a Amazônia. 1ª ed. Brasília: MME, 2008.

Biomax. Briquetagem. Disponível em: <https://www.biomaxind.com.br/briquetagem/>. Acesso em: 30 abril 2020.

Biobrasa. Briquete para fogão a lenha. Disponível em: [http://www.biobrasa.com.br/index.php?id\\_product=32&controller=product](http://www.biobrasa.com.br/index.php?id_product=32&controller=product). Acesso a 15 maio 2020.

Briquete: 'o carvão sustentável' ganha mercado na Amazônia. A crítica. Manaus, 3 jan. 2013. Disponível em: <http://amazonia.org.br/2013/01/briquete-o-e2%80%98carv%3%a3o-sustent%3%a1vel%e2%80%99-ganha-mercado-na-amaz%3%b4nia/>. Acesso em: 15 maio 2020.

Cavalcanti, m. A., Correa, a. Z., Santos, n. S. S. Briquete de resíduos agroflorestais da Amazônia. Revista Madeira. Ed. 125. 2010. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1503&subject=briquetes&title=briquete%20de%20res%edduos%20agroflorestais%20da%20amaz%4nia](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1503&subject=briquetes&title=briquete%20de%20res%edduos%20agroflorestais%20da%20amaz%4nia). Acesso em: 30 abril 2020.

Cavaton, t.; Ferreira, l. Safra dos cafés do Brasil atinge 49,31 milhões de sacas das quais 34,3 milhões da espécie arábica e 15,01 milhões de conilon em 2019. Embrapa, 20 dez. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49047026/>. Acesso em: 6 ago. 2020.



Chen, l.; xing, l.; han, l. Renewable energy from agro-residues in china: solid biofuels and biomass briquetting technology. *Renewable & sustainable energy reviews*, v. 13, n. 9, p. 2689-2695, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.025>. Acesso em: 11 set. 2020.

Cohen, k. O. *Et al.* Processamento tecnológico das amêndoas da cacau e de cupuaçu. Belém: embrapa amazônia oriental. 2003.

Donate, p. Síntese ambientalmente correta a partir de biomassa. *Orbital: the electronic journal of chemistry*. 2010. Doi: 10.17807/orbital.v6i2.570. Acesso em: 15 maio 2020.

Fernandes, d. P. Quanto custa um funcionário e todos os encargos trabalhistas envolvidos. *Treasy*. Santa catarina, 28 fev. 2018. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/encargos-trabalhistas/>. Acesso em: 5 jul. 2020

Figueira, f. V.; martinazzo, a. P.; teodoro, c. E. S. Estimativa da viabilidade econômica da produção de briquetes a partir de resíduos de grãos beneficiados. *Engevista*, v. 17, n. 1, p. 95-104, 2015.

Fonseca, a., *et al.* Boletim do desmatamento da amazônia legal. 2019. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-julho-2019-sad/>. Acesso em: 5 maio 2020.

Froehlich, p. L.; moura, a. B. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. *Tecnologia e tendência. [s.i]: feevale*, v. 9, nº 1. 2014. Disponível em: [http://www.feevale.br/comum/midias/c4306aaf-19fb-497d-a6f3-c3b0d4c98a66/2\\_%20artigo.pdf](http://www.feevale.br/comum/midias/c4306aaf-19fb-497d-a6f3-c3b0d4c98a66/2_%20artigo.pdf). Acesso a 20 maio 2020.

Gentil, l. V. B. Tecnologia e economia do briquete de madeira. 2008. 195 f. Tese (doutorado) – universidade de brasília. Programa de pós-graduação em engenharia florestal, brasília, 2008.

Gomes, c. F. S; maia, a. C. C. Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. *Prod., são paulo*, v. 23, n. 3, p. 488-499. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-65132013005000005>. Acesso em: 18 maio 2020.

Goldemberg, j. Energia e desenvolvimento. *Estudos avançados, são paulo*, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998.

Idaam. Produção de cupuaçu no amazonas. 2015. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/producao-de-cupuacu-no-amazonas/>. Acesso em: 15 maio 2020.

Inpe. Desmatamento. 2019. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/amazon/increments>. Acesso em: 5 maio 2020.

Lippel. Briquetadeiras de pistão mecânicas. Disponível em: <https://www.lippel.com.br/briquetadeiras-de-pistao-mecanicas/briquetadeira-mecanica-de-pistao-para-biomassa-bl-95/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

López, p. A. B. Avaliação da cadeia produtiva do cupuaçu (*theobroma grandiflorum (willd. Ex spreng.) Schum.*) Nos municípios de itacoatiara, presidente figueiredo e manaus. 2015, [s.i], 99 f.



Tese (doutorado) - instituto nacional de pesquisas da amazônia (inpa). Programa de pós-graduação em agricultura no trópico úmido, manaus, 2015.

Ministério do meio ambiente (mma). Amazônia. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia.html>. Acesso em: 4 maio 2020.

Müller, c. H., *et al.* A cultura do cupuaçu. Brasília: embrapa-spo/belém: embrapa- cpatu, p. 61. 1995.

Nazaré, r. F. R. *Et al.* Boletim de pesquisa 108 - processamento das sementes de cupuaçu para a obtenção de cupulate. Belém: embrapa amazônia oriental. 1990.

Oliveira, r. R. L. Moldagem de briquetes com finos de carvão vegetal aglutinados com parafina: caracterização de algumas propriedades. Dissertação (mestrado em ciência dos materiais) - universidade federal de são carlos, sorocaba, 2013.

Parente, v.; júnior, a.; costa, a. Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: cupuaçu. 2003; [*s.i.*]: instituto superior de administração e economia isae/fundação getúlio vargas (fgv)/ superintendência da zona franca de manaus (suframa). 2003.

Quirino, w. F. Briquetagem de resíduos lignocelulósicos. Ibama - circular técnica do ipf. Vol. 1, n. 2, 1991.

Rendeiro, g. Geração de energia elétrica em localidades isoladas na amazônia utilizando biomassa como recurso energético. 2011. Xiii, 253 f. Tese (doutorado) – universidade federal do pará. Instituto de tecnologia. Programa de pós-graduação em engenharia de recursos naturais da amazônia, belém, 2011.

Santos, s. M. A. Geração de eletricidade em comunidades isoladas na região amazônica com a utilização de gaseificadores de biomassa. 2006. Dissertação (mestrado em energia) - energia, universidade de são paulo, são paulo, 2006. Doi:10.11606/d.86.2006.tde-22102012-181413. Acesso em: 25 maio 2020.

Santos, e. C. S., *et al.* Aproveitamento da casca do cupuaçuzeiro para a produção de energia. An. 5. Enc. Energ. Meio rural. Universidade federal do amazonas - centro de desenvolvimento energético amazônico (cdeam), manaus, 2004.

Silva, a. C. L.; santos, e. C. S. 2007. Estimativa de geração de energia elétrica utilizando o carvão da casca do fruto do cupuaçuzeiro no estado do amazonas. Manaus: universidade federal do amazonas. 2007.

Silva, e. R., *et. Al.* Composição química das partes constituintes da casca de frutos de cupuaçuzeiros. 61<sup>a</sup> reunião anual da sbpc. Manaus: instituto de pesquisa da amazônia (inpa) / fapeam. 2009.

Sítio da mata. Cupuaçu (*theobroma grandiflorum*). Disponível em: <https://www.sitiodamata.com.br/cupuacu-theobroma-grandiflorum>. Acesso em: 7 maio 2020.

Souza, a. G. C. *Et al.* Cadeia produtiva do cupuaçu no amazonas. Manaus: embrapa-cpaa/sebrae-am, p. 35. 1998.



Souza, g. H. R.; pandolfi, m. A. C.; coimbra, c. C. O mercado potencial do uso de briquetes no brasil. Iv simtec. São paulo: unicamp. 2012.

Soluções industriais. Prensa hidráulica. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Stevens, p. Global energy demand means the world will keep burning fossil fuels, international energy agency warns. Cnbc. 2019. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2019/11/12/global-energy-demand-will-keep-world-burning-fossil-fuels-agency-says.html>. Acesso em: 5 maio 2020

Stock food. Cupuaçu (*theobroma grandiflorum*). Disponível em: <https://www.stockfood.com/images/00395565-cupua%C3%A7u-theobroma-grandiflorum->. Acesso em: 7 maio 2020.

Venturieri, g. A. Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Clube do cupuaçu, belém-pa, p.103. 1993.

Villar, a. M.; nóbrega j. C. L. Planejamento das instalações empresariais. 1ª ed. [s.i]: ufpb, 2014.

Zanella, k. Produção de briquetes de carvão vegetal por meio do beneficiamento do bagaço da laranja (*citrus sinensis*). 2018. 184 f. Tese (doutorado) - universidade estadual de campinas, programa de pós-graduação em engenharia química, campinas, 2018.