



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte

Brasil

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L.; MOREIRA, I. T.
A PRODUÇÃO DE BRIQUETES PARA AMENIZAR A PRESSÃO ANTRÓPICA SOBRE O
BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DO BAIXO-AÇU POTIGUAR

HOLOS, vol. 5, 2015, pp. 256-270

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481547288022>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

A PRODUÇÃO DE BRIQUETES PARA AMENIZAR A PRESSÃO ANTRÓPICA SOBRE O BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DO BAIXO-AÇU POTIGUAR

M. A. M. E. TAVARES¹, S. R. L. TAVARES^{2*} e I. T. MOREIRA³

¹Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

³Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

silvio.tavares@embrapa.br*

Artigo submetido em dezembro/2014 e aceito em agosto/2015

DOI: 10.15628/holos.2015.2660

RESUMO

Cerca de 98% do território do Rio Grande do Norte estão incluídos nas chamadas Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil. Na região do Baixo-Açu, o desmatamento sistemático da mata nativa para atender às necessidades do polo ceramista e de outras pequenas indústrias locais tem intensificado o grave quadro de devastação ambiental da região. Este estudo examinou a viabilidade econômico-financeira da produção comercial de briquetes como forma de suprir parte da demanda por lenha e carvão vegetal, mitigando assim os efeitos antrópicos sobre o bioma caatinga. Os briquetes seriam compostos de resíduos da produção de cera de carnaúba e de capim-elefante plantado exclusivamente para fins energéticos nas áreas irrigáveis da região. As estimativas

de custos de instalação e manutenção da fábrica foram feitas tendo como parâmetros os custos de instalação de uma fábrica-escola em construção no Campus Ipanguaçu do IFRN e os custos de produção de uma fábrica idêntica a esta, em operação há cinco anos, no Estado do Paraná. Os dados foram sistematizados em planilhas do software Make Money, usado na avaliação da viabilidade econômica a partir de aferidores como Valor Presente Líquido, Payback e Taxa Interna de Retorno. Os resultados comprovaram que a produção de biocombustíveis sólidos adensados é viável no Baixo-Açu e pode contribuir de maneira efetiva para a recomposição da mata nativa, além de gerar ocupação e renda para os moradores da região.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustível sólido, desertificação, semiárido, alternativa energética e bioenergia.

THE BRIQUETES PRODUCTION TO EASE THE ANTHROPOGENIC PRESSURE OVER BIOME CAATINGA IN THE REGION OF LOW-AÇU, RN

ABSTRACT

Ninety-eight percent of Rio Grande do Norte territory are included in the so-called Desertification Susceptible Areas of Brazil. In Lower-Açu, native forest's systematic deforestation in order to attend ceramist polo and small local industries' needs has intensified the serious scenario of environmental devastation. This study examined the viability of implanting a commercial production of ecological firewood in the Ipanguaçu Campus of the Federal Institute of Rio Grande do Norte to supply part of the demand for firewood and charcoal, thus mitigating the effects of human activities on caatinga. The briquettes would be composed of residues from the production of carnauba wax and elephant grass

grown solely for energy purposes in the irrigable areas of the region. Estimative of factory's maintenance costs were made having as parameter the cost of installation of the factory-school being built in the Campus Ipanguaçu of the IFRN and production costs of a similar industrial plant data, located in Paraná state. These data were summarized in spreadsheets Make Money software, used in economic viability evaluations based on sealers such as Net Present Value, Payback and Internal Rate of Return. The results confirmed that the project is viable and can contribute effectively to the restoration of native vegetation, besides generating employment and income for local residents.

KEYWORDS: Solid biofuel, desertification, semiarid, alternative energy and bioenergy.

1 INTRODUÇÃO

O chamado Baixo-Açu potiguar localiza-se no centro-norte do Estado do Rio Grande do Norte, ocupando uma área de aproximadamente 5.000 km², onde vivem cerca de 150 mil pessoas. A região é cheia de potencialidades. Nenhuma outra no Estado reúne tantas vocações econômicas como ela, mas a forma com que algumas atividades vêm sendo desenvolvidas ao longo de décadas tem desencadeado um acelerado processo de desertificação.

A região abriga o 2º polo ceramista do Estado, com 32 indústrias que produzem 26 milhões de peças (tijolos, telhas e lajotas) por mês; pagam mais de R\$ 20 milhões em salários ao ano a mais de 1.500 empregados com carteira assinada e geram mais de 6 mil empregos indiretos (TAVARES, 2013). Mas a importância da indústria ceramista para a economia local é diretamente proporcional ao dano ambiental causado por décadas de extrativismo desenfreado.

Interromper esse processo de desmatamento da caatinga no Rio Grande do Norte, sem gerar desemprego e recuo no já tão precário padrão de vida das populações locais é o grande desafio a ser enfrentado pelos governantes e pela sociedade civil organizada. Uma das formas de se obter algum sucesso na superação desse desafio seria oferecer um combustível alternativo à lenha e carvão vegetal, sobretudo ao setor industrial local, maior consumidor desses dois energéticos florestais.

Este estudo analisou a viabilidade técnico-econômico-financeira da produção comercial de lenha artificial (briquetes), a partir de resíduos da produção de cera de carnaúba no Baixo-Açu potiguar, para atender à demanda das indústrias da região – não apenas das cerâmicas como de todas aquelas que usam lenha e carvão vegetal em seus processos produtivos. Ao contribuir para redução da pressão antrópica sobre o bioma caatinga, espera-se permitir a recuperação das áreas desmatadas, dando sustentabilidade às atividades econômicas lá desenvolvidas e gerando mais ocupação e renda para a população local.

2 METODOLOGIA

Para o dimensionamento da demanda de lenha e carvão das indústrias do Baixo-Açu foi realizada pesquisa de campo na qual foram entrevistados 85 empresários, que representam mais de 90% dos proprietários e/ou gerentes de indústrias cerâmicas, panificadoras, queijarias, pizzarias e churrascarias da região.

Os dados da produção de pó cerífero e de cera de carnaúba foram obtidos também de pesquisa de campo e comparados com os dados oficiais sobre a exportação de cera de carnaúba. Partindo-se da premissa de que 80% da produção nacional de cera é exportada (LIMA, 2011), com as informações disponíveis no Sistema AliceWeb, do Ministério da Indústria, Desenvolvimento e Comércio Exterior e os dados técnicos de produtividade de pó cerífero por folha de carnaúba foi possível estimar a quantidade disponível da matéria-prima principal dos briquetes - os resíduos da atividade extrativista da cera de carnaúba, mais especificamente, as palhas e os talos das palmeiras.

Para a análise do processo de briquetagem e busca de parâmetros de produção de briquetes foi realizada pesquisa de campo na Fábrica Leneco do Paraná, com capacidade de

produzir 4.800 t/ano de briquete – quantidade mínima para garantir a viabilidade de uma atividade cujo êxito depende sobremaneira da logística de coleta de matéria-prima e distribuição do produto acabado. Aos dados colhidos na Leneco foram acrescentadas informações específicas sobre a região, como preços de terreno para instalação da usina, valores dos salários e outras peculiaridades daquela porção do semiárido, cujas condições climáticas permitem certos ajustes ao processo produtivo da fábrica paranaense com o objetivo de torná-la mais viável.

Os valores das máquinas e equipamentos, dos projetos de engenharia civil e elétrica, assim como as respectivas execuções foram obtidas junto aos responsáveis pela construção da fábrica-escola de briquetes no Campus do IFRN, realizada ao longo dos anos de 2012 e 2013.

Para a análise da viabilidade econômico-financeira foram utilizados os métodos de, Payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Os valores encontrados para esses aferidores em 5, 10, 15 e 20 anos foram calculados pelo Programa *Make Money*, a partir dos dados de produção e manutenção da fábrica do Paraná e dos custos de instalação da fábrica em construção no *Campus Ipanguaçu* do IFRN.

Já o cálculo da mata nativa que pode vir a ser preservada com a produção em larga escala de lenha artificial na região foi feito a partir de parâmetros técnicos e dados oficiais sobre o incremento médio da caatinga; dos poderes caloríficos superior, inferior e útil dos briquetes que se pretende produzir na região e das espécies vegetais usadas como lenha; da estimativa da quantidade demandada de energéticos florestais nos nove municípios, convertidos em metro cúbico estéreo, tonelada e hectares e comparados uns com os outros.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS BRIQUETES

Assim como os *pellets*¹, os briquetes são a forma mais refinada de biomassa sólida, produzidas através da compactação (adensamento) de matéria-prima orgânica vegetal ou animal. Neste trabalho a produção de briquetes é gerada a partir de matéria-prima ligno-celulósica, ou seja, vegetal.

Quadro 1 - Características físico-químicas dos briquetes e pellets

Parâmetros	Briquetes	Pellets
Diâmetro	de 3cm a 10 cm	Abaixo de 3 cm
Comprimento	20 cm a 25 cm	Até 4 cm
Densidade aparente	De 1 t/m ³ a 1,4 t/m ³	idem
Densidade a granel	600 kg/m ³ a 700 kg/m ³	idem
Poder Calorífico Superior	4.300 kcal/kg a 4.800 kcal/kg	idem
Umidade	Entre 8% e 10%	idem
Teores de voláteis	81%	Idem
Cinzas	1,2%	Idem
Carbono fixo	18,8%	Idem
Matérias-primaas	serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, café entre outros (QUIRINO, 1991), sozinhas ou misturadas umas às outras, dependendo da densidade que se quiser ter (poder calorífico)	

Fonte: GENTIL, 2008.

¹ Os *pellets* se diferenciam dos briquetes apenas pelas suas dimensões reduzidas (abaixo de 3 cm de diâmetro e de 4 cm de comprimento (GENTIL, 2008).

4 DIAGNÓSTICO DA DEMANDA DE CARVÃO VEGETAL E LENHA NO BAIXO-AÇU

A dificuldade para se contabilizar o consumo de energéticos de madeira não é um problema exclusivamente brasileiro. Os dados de combustíveis de madeira geralmente são fornecidos por fontes secundárias; são inconsistentes e de qualidade duvidosa, dificultando a comparação entre os países International Energy Agency – IEA, 2006.

Assim sendo, foram utilizados os percentuais de consumo residencial e comercial de lenha e carvão que constam no último Balanço Energético Nacional - BEN, do ano de 2012, ano base 2011. Esses percentuais foram aplicados sobre a base de dados demográficos do Censo 2010 do IBGE. O consumo de espécies lenhosas no setor agropecuário foi desconsiderado por não ter sequer constado no último Balanço Energético do Rio Grande do Norte, editado em 2006. Desconsiderou-se também a participação da lenha (1,3%) e do carvão vegetal (menos de 1%) na matriz energética do setor comercial por sua pequena expressividade no contexto geral. Assim, nesse estudo, procurou-se apenas estimar o consumo desses dois combustíveis nos setores industrial e residencial, que são os que mais queimam lenha e carvão nos seus fornos. Já os dados sobre o consumo dos principais consumidores de lenha e carvão vegetal da região foram coletados diretamente, através de minuciosa pesquisa de campo, e comparados com os dados oficiais de produção.

4.1 Consumo residencial

Para estimar o consumo residencial de lenha (Quadro 2) foram utilizados os seguintes parâmetros: i) consumo mensal de lenha por domicílio de 1m³ st (FRANCELINO *et al.*, 2003; ii) participação da lenha na matriz energética residencial de 27,8% (MME, 2012); iii) número de domicílios nos nove municípios do Baixo-Açu igual a 43.599 (IBGE, 2010).

O cálculo do consumo residencial de carvão vegetal (Quadro 3) levou em conta os seguintes parâmetros: i) consumo diário de carvão por domicílio de 3,96 kg (SILVA *et al.*, 1993), o que daria um total de 0,119 t/mês por domicílio; ii) participação do combustível na matriz energética residencial de 2,1% (MME, 2012); iii) número de domicílios nos nove municípios do Baixo-Açu igual a 43.599 (IBGE, 2010).

Quadro 2 - Consumo residencial de lenha

Consumo de lenha/domicílio/mês*	1m ³ st
Participação da lenha no consumo energético residencial**	27,8%
Nº de domicílios no Baixo-Açu***	43.599
Nº de domicílios que consomem lenha	12.121
Consumo de lenha total/mês (12.112 x 1m ³ st)	12.121 m ³ st
Consumo de lenha total/ano	145.452 m³st

Fontes: *Francelino *et al.*, 2003; **MME, 2012; ***IBGE, 2010.

Quadro 3 - Consumo residencial de carvão vegetal

Consumo de cv/domicílio/dia*	3,96 kg
Consumo de cv/domicílio/mês	0,119 t
Participação do cv no consumo energético residencial**	2,1%
Nº de domicílios no Baixo-Açu***	43.599
Nº de domicílios que consomem cv	916
Consumo de cv total/mês (916 x 0,119 t)	109 t
Consumo de cv total/ano	1308 t ou 16.780,38 m ³ st de lenha

Fontes: *Silva et al., 1993; **MME, 2012; ***IBGE, 2010

4.2 Consumo industrial

As maiores consumidoras de lenha do Baixo-Açu são as indústrias cerâmicas. Os demais estabelecimentos que queimam lenha em seus fornos (panificadoras, queijarias, churrascarias e pizzarias) têm uma participação de apenas 2% no consumo geral desse energético. A pesquisa para estimar o consumo de lenha nessas empresas foi feita ao longo do mês de julho de 2012, através da aplicação de um questionário com perguntas abertas e fechadas em que se procurou dimensionar a produção de cada estabelecimento e estimar o respectivo grau de dependência da lenha para continuar funcionando.

Foram visitadas todas as 32 indústrias cerâmicas e mais de 90% dos demais estabelecimentos, num total de 81 empresas. Conforme a Tabela 1, o levantamento contabilizou uma expectativa de consumo de lenha para o ano de 2012 de 406.978 m³ st. Já a expectativa de consumo de carvão para o mesmo período era de 55,8t ou 715,83 m³ st de lenha. A previsão de despesas com a compra dos dois combustíveis naquele ano era de R\$ 9,4 milhões em todas as empresas pesquisadas.

Tabela 1- Consumo industrial de lenha e carvão no Baixo-Açu (2012)

Setor	Cons. de lenha (m ³ st)	Cons. de carvão (t)	Gasto com lenha (R\$)	Gasto com carvão (R\$)	Raio de coleta (Km)
panificadoras	6.274	----	151.029,00	----	Até 50
queijarias	924	----	16.200,00	----	local
pizzarias	888	----	25.500,00	----	local
churrascarias	-----	55,8	----	37.908,00	local
cerâmicas	398.892	----	9.184.380,00	----	Até 160
TOTAL	406.978	55,8	9.377.109,00	37.908,00	Até 160

Fonte:Tavares, 2013.

*Fatores de conversão: 1 m³st de lenha da caatinga = 0,21t (RIEGELHAUPT, 2004); 1t de carvão = 2,694 t de lenha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2012).

A pesquisa de campo revelou também a vulnerabilidade das empresas visitadas, especialmente as panificadoras e as cerâmicas, em relação à lenha. Os proprietários das panificadoras acreditam que os gastos com o combustível representem entre 10% e 15% dos custos de produção. Entre os ceramistas, esses gastos representam de 20% a 30% do custo total de produção.

4.3 Balanço da oferta e do consumo total de lenha e carvão vegetal

O desequilíbrio entre produção e consumo de lenha e carvão vegetal na região do Baixo-Açu pode ser observado na comparação entre os dados da produção desses dois combustíveis obtidos nas Pesquisas da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura do IBGE, no período 2006-2010 para a região e a demanda anual atual pelo combustível nos segmentos residencial e industrial (Quadro 4).

Quadro 4 - Balanço da oferta e do consumo de lenha e carvão vegetal -2012

Projeção do consumo de lenha*	residencial	145.452 m ³ st
	industrial	406.978 m ³ st
Projeção do consumo de carvão*	residencial	16.780,38 m ³ st
	industrial	55,8t 715,83 m ³ st
Total do consumo*		569.926,21 m³st ou 119.684,50 t
Média da produção de carvão e lenha (2006 a 2010)**	lenha	26.148 m ³ (69.292,2 m ³ st)
	carvão	99,2 t (1.272,59 m ³ st)
Total da produção**		70.564,79 m³st ou 14.818,61 t
Balanço oferta – demanda (m³ st)		70.564,79 – 569.926,21 = - 499.361,42

Fontes: *pesquisa de campo (autora); ** IBGE (Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura de 2006 a 2010).

Fatores de conversão: 1m³st de lenha da caatinga = 0,21t (RIEGELHAUPT, 2004); 1m³ de lenha = 2,65 m³ st no nordeste (IN nº1/96 do Ibama); 1 t de carvão = 2,694 t de lenha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2012).

Conforme evidencia o Quadro 4, a demanda por lenha é oito vezes maior do que a produção florestal nativa nos nove municípios estudados. Para se estimar o quanto essa demanda representa em área, fazemos o seguinte cálculo:

Incremento médio anual da caatinga (crescimento anual da vegetação) = 10 m³st/ha ou 2,1 t/ ha/ano (GARIGLIO, 2010);

Tempo que a caatinga leva a se recompor totalmente =15 anos;

Volume de caatinga totalmente recomposta em 1 hectare = 10 x 15 = 150 m³ st

Número de hectares equivalentes à demanda anual por lenha = 569.926,21 m³ st : 150 = 3.799,5 hectares/ano ou 37,99 km².

Ou seja, toda a lenha utilizada diretamente ou na forma de carvão vegetal nos consumos residencial e industrial somente no ano de 2012 equivale à devastação uma área de 3.799,5 hectares ou 37,99 Km², equivalentes a 3.517,59 campos de futebol oficiais (90 m² x 120 m² cada).

5 VANTAGENS COMPETITIVAS DO BAIXO-AÇU PARA BRIQUETAGEM

Entre as vantagens encontradas na região, se destacam: 1) A maior proximidade de outros potenciais centros consumidores do produto, como os municípios de Mossoró, Parnamirim, além da capital do Estado, Natal; 2) Abundância de recursos hídricos na região; e 3) disponibilidade farta de matéria-prima com todas as características necessárias para a produção de um combustível próximo à unidade de produção, como é o caso dos resíduos da produção de cera de carnaúba que atualmente não possuem nenhum valor econômico, sendo descartados no meio-ambiente.

5.1 Estimação da quantidade de resíduos florestais para a produção de briquetes

A metodologia mais eficiente para se estimar a quantidade, em peso, desses resíduos dispersos nos Vales do Açu e do Apodi foi utilizar, como base de cálculo, o volume de cera de carnaúba produzida por safra; uma vez que a contagem pura e simples das árvores, através de imagens de satélites, poderia levar à superestimação da quantidade de resíduos, já que nem todas as palmeiras são exploradas numa mesma safra por serem jovens demais, por ainda não terem se recomposto do corte anterior ou até mesmo por não serem mais produtivas.

Sendo assim, o dimensionamento da quantidade de resíduos da atividade carnaubeira foi feito a partir de pesquisa de campo sobre a produção de cera no território potiguar. A pesquisa constatou que toda a exportação de pó potiguar é feita por uma única empresa – a Organização Tabajara Ltda (Ortal), localizada em Mossoró. A empresa refina também a cera produzida pela única empresa instalada no Baixo-Açu e segunda maior produtora de pó cerífero potiguar - a J. Maehlmann Agentes de Comércio Exterior Ltda, localizada na própria região, no município de Açu. Segundo esta empresa, a produção de pó cerífero do Rio Grande do Norte gira em torno de 1.500 toneladas/ano, quantidade suficiente para produzir 1.125 toneladas/ano de cera de carnaúba (Tabela 2).

Tabela 2- Produção de cera de carnaúba a partir de pó cerífero do RN – Safra 2011/12

PRODUTORES	PRODUÇÃO DE PÓ (t)*	PRODUÇÃO DE CERA(t)*
J. Maehlmann	153,48	115,11
Ortal	642,52	484,89
MS e Foncepi (Ceará)	700,00	525
Total	1.500,00	1.125,00

Fonte: Tavares (2013)

Os resultados da pesquisa feita com os empresários do setor cerífero se mostraram consistentes com as estimativas feitas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). A empresa pública, responsável pela execução das políticas de garantias de preços mínimos de algumas produções extrativistas, estima que a exportação de cera de carnaúba represente 80% da produção (COSTA, 2009). A base de dados é o Sistema AliceWeb, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), sobre a qual se calcula uma produção média nos últimos cinco anos de 1.273t de cera.

Quadro 5 – Produção total de resíduos da produção de cera de carnaúba (t)

TIPOS DE RESÍDUOS	Massa (t)
Baganas sem pó cerífero	15.900
Talos cortados	7.650
Folhas secas basais	4.720
Talos das folhas secas basais	2.040
Total / ano	30.310 t

Fonte: Tavares, 2013.

A partir do valor de 1.500 toneladas de pó cerífero para produzir 1.125 toneladas de cera (Tabela 2) foi possível inferir o peso dos resíduos gerados pela atividade em um ano, conforme o Quadro 5 (TAVARES, 2013), através de parâmetros técnicos de produtividade por palha disponíveis

na escassa literatura sobre o assunto no Brasil (CARVALHO, 2005; CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA, 2009; MOURA, 2010).

Se para produzir 4.800 t/ano de briquete são necessárias 5.760 t de matéria-prima (20% a mais), conclui-se que a quantidade disponível de resíduos de palha de carnaúba seja suficiente para alimentar anualmente cinco fábricas com o mesmo padrão de produção. Apesar dessa constatação, nos experimentos realizados por Tavares e Santos (2012) para determinação da composição do briquete a ser produzido na região do Baixo-Açu e que serviu de base para esse estudo, os resíduos da produção cerífera participaram com 80% da composição do briquete; os outros 20% de biomassa seriam compostos por uma gramínea de alto potencial energético - o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach).

6 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

A proposta de investimento aqui analisada é da instalação de uma unidade de produção de briquetes à base de palha de carnaúba e/ou capim-elefante, com capacidade de produção de 400 toneladas/mês de briquetes, operando em dois turnos, seis dias na semana, com sete funcionários, além do proprietário. As informações sobre os custos de operação e de manutenção de uma fábrica de briquetes de tal porte foram obtidas através de pesquisa de campo realizada na fábrica Leneco do Paraná. A Leneco foi escolhida como parâmetro para a realização do estudo de viabilidade econômico-financeira por tratar-se de uma fábrica idêntica à fábrica analisada neste trabalho.

A fábrica-escola foi construída com financiamento do Programa Petrobras Ambiental e seus custos de instalação da fábrica são utilizados nesse estudo, com as devidas adaptações para tornar o modelo aqui apresentado mais próximo da realidade de um empreendimento comercial.

No investimento em capital de giro está a provisão mensal para compra de biomassa tanto para a produção dos briquetes em si como para uso como combustível no processo de secagem. Como o mercado de venda de palha de carnaúba inexiste na região, para este estudo foram definidos cinco cenários nos quais a tonelada da matéria-prima é vendida a R\$ 15,00, R\$ 20,00, R\$ 25,00, R\$ 30,00 e R\$ 35,00 (Quadro 7), valores esses que estão dentro dos intervalos de preços pagos por resíduos vegetais para os mais diversos fins no Brasil de uma forma geral, inclusive no Estado.

Já o preço do capim-elefante foi estimado em R\$ 80,00, tomando como base a produtividade da gramínea cultivada com manejo adequado e irrigação, segundo estimativa da Embrapa Solos – Pesquisador Sílvio Tavares (Comunicação Pessoal). Como o preço do capim-elefante é fixo, a cada variação do preço da palha de carnaúba, o custo com matéria-prima se altera, impactando o investimento em capital de giro conforme ilustra o quadro abaixo:

A falta de um mercado para biocombustíveis adensados na região também obrigou a definição de cenários para a venda do produto. Assim, foram estabelecidos também cinco preços de venda do briquete ao consumidor, dentro da faixa normalmente encontrada para a tonelada do produto no Rio Grande do Norte e em outros estados do País: R\$ 250,00, R\$ 275,00, R\$ 300,00, R\$ 325,00 e R\$ 350,00.

QUADRO 6 – CUSTO DE AQUISIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

- Quantidade de matéria-prima = 6.720 t/ano
 - 5.376 t de palha de carnaúba (80%)
 - 1.344 t de capim-elefante (20%)
- Custo 1 (palha a R\$ 15,00/t e capim a R\$ 80,00/t) = R\$ 39,20/t
- Custo 2 (palha a R\$ 20,00/t e capim a R\$ 80,00/t) = R\$ 44,80/t
- Custo 3 (palha a R\$ 25,00/t e capim a R\$ 80,00/t) = R\$ 50,40/t
- Custo 4 (palha a R\$ 30,00/t e capim a R\$ 80,00/t) = R\$ 56,00/t
- Custo 5 (palha a R\$ 35,00/t e capim a R\$ 80,00/t) = R\$ 61,60/t

Fonte: Tavares, 2013

TABELA 3 – INVESTIMENTOS EM CAPITAL FIXO E DE GIRO - FÁBRICA X

INVESTIMENTOS	VALORES
Terreno de 1.600 m ²	10.000,00
Construção do galpão de 900 m ²	236.600,00
Bases de concreto das máquinas	112.000,00
Máquinas*	745.100,00
Frete das máquinas	42.000,00
Montagem industrial + teste	30.000,00
Instalação elétrica industrial	65.521,00
Equipamentos, móveis e utensílios para escritório	6.600,00
Plano de negócios	10.000,00
Projeto de engenharia	5.000,00
Projeto elétrico	5.000,00
Despesas com abertura de empresa	2.000,00
Capital de giro (1 mês)**	de 74.954,58 (palha a R\$ 15,00/t e venda do briquete a R\$ 250,00) a 88.522,58 (palha a R\$ 35,00/t e venda do briquete a R\$ 350,00/t)
INVESTIMENTO TOTAL	de R\$ 1.344.775,58 a R\$ 1.358.353,58

Fonte: Tavares, 2013

TABELA 4 – COMPOSIÇÃO DO CAPITAL DE GIRO DA FÁBRICA X (R\$/MÊS)

ITENS	VALORES
1 – Despesas administrativas	20.107,33
Manutenção	5.000,00
Energia, água e telefone	2.500,00
Internet	70,00
Seguro	325,00
Material de escritório	200,00
Viagens e treinamentos	200,00
Depreciação	6.208,33
Pró-labore diretor	2.500,00
2 – Equipe própria e terceirizado	9.411,25
3 – Matéria-prima*	15.680,00 a 24.640,00
4 – Frete	24.000,00
5 – Impostos**	8.860,00 a 13.468,00
TOTAL	de 74.954,58 a 88.522,58

Fonte: Tavares 2013

* Em função do preço da tonelada da palha de carnaúba

** Em função do preço de venda do briquete, que impacta o faturamento bruto.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados das planilhas de investimentos em capital fixo e de giro (Tabelas 3 e 4) foram processados no *software* Make Money, que gerou 25 fluxos de caixa, frutos da combinação dos cinco preços de compra da matéria-prima com os cinco preços de venda dos briquetes (Tabela 5).

Verificou-se que, isoladamente, os gastos com transporte da matéria-prima e do produto acabado² apresentaram o maior peso na composição de preços dos biocombustíveis adensados - 28,38% em média, coerentemente com as pesquisas disponíveis na literatura sobre briquetagem no Brasil e no mundo (GENTIL, 2008; SERRANO, 2009; EMBRAPA AGROENERGIA, 2012; ROSSILO-CALLE, 2004). Além do frete, outro custo importante é o de aquisição da matéria-prima que participa em média com 23,70% do total de custos da fábrica.

Os critérios de viabilidade econômico-financeira adotados para a análise dos dados extraídos do programa foram os seguintes: (i) VPL para 10 anos igual ou superior a 50% do valor imobilizado com a planta de produção de briquetes (R\$ 1.510.549,00); (ii) TIR superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) estabelecida pelo plano de negócios (10% aa); (iii) *Payback* de no mínimo 5 anos.

Pelos critérios acima, observa-se, na Tabela 6 que o empreendimento se mostra bastante viável no prazo de 10 anos, em 19 dos 25 tratamentos do fluxo de caixa. A média dos VPL viáveis ficou em R\$ 1.861.019,00, valor que dá para comprar mais de uma fábrica do mesmo porte, cujo investimento inicial gira em torno de R\$ 1.300.000,00 com pequenas variações nas simulações feitas; a TIR média encontrada é de 36%, mais do que o dobro da TMA requerida; já o retorno do capital investido se dá em 3,92 anos, prazo também abaixo do limite inferior estabelecido para o *Payback*.

O objetivo do estabelecimento dos cenários diferentes para compra da palha de carnaúba e venda do produto foi obter matrizes de dados com valores de matéria-prima e de briquete dentro da faixa de preços praticados dentro e fora do Estado, visando à obtenção de modelos de regressões lineares para modelar e investigar a relação entre estas variáveis (compra e venda) e o resultado financeiro do empreendimento. Desta maneira, foi possível obter previsões sobre o comportamento financeiro em qualquer cenário de compra da matéria-prima (biomassa) e venda do produto (briquete).

Como são três as variáveis do fluxo de caixa (valor de compra da matéria-prima, valor de venda do briquete e imposto) que influenciaram os resultados dos aferidores econômicos acima, foi usado nesse trabalho o modelo de regressão múltipla. Contudo, como os valores dos impostos pagos são estabelecidos através de alíquotas percentuais sobre o faturamento das empresas (neste caso foram usados as faixas do Simples Nacional), para efeito de simplificação das análises dos dados e apresentação com menos parâmetros das equações de regressões, esses valores foram adicionados ao custo total da produção dos briquetes. Portanto, as regressões tiveram, para efeito prático, apenas duas variáveis dependentes (custo de compra da matéria-prima e o valor de venda do briquete).

² O custo do transporte de matéria-prima e de briquetes para distâncias de 0 a 50 km foi calculado em R\$ 30,00 - valor do frete de farelo a granel da Secretaria da Receita Pública do Estado do Mato Grosso (2011) e dos preços de frete praticados na região. De modo que se estima um gasto de R\$ 60,00 com o transporte da tonelada da matéria-prima para a fábrica, e da tonelada do produto acabado da fábrica ao consumidor.

TABELA 5- FLUXOS DE CAIXA DA FÁBRICA X

Nº	Tratamento		RECEITAS BRUTAS	CUSTOS TOTALS	LUCRO LÍQUIDOS	CUSTOS ABSOLUTOS ANUAIS				CUSTOS RELATIVOS ANUAIS				OBS*
	Compra	Venda				R\$	R\$	R\$	R\$	BIOGASSA	FRETE	ADMINIST.	IMPOSTO	
			R\$	R\$	R\$									
1	39,20	250,00	1.200.000,00	899.424,00	300.576,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	20,92	32,02	35,24	11,82	100,00
2	39,20	275,00	1.320.000,00	911.232,00	408.768,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	20,65	31,61	34,79	12,96	100,00
3	39,20	300,00	1.440.000,00	921.984,00	518.016,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	20,41	31,24	34,38	13,98	100,00
4	39,20	325,00	1.560.000,00	941.760,00	618.240,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	19,98	30,58	33,66	15,79	100,00
5	39,20	350,00	1.680.000,00	954.720,00	725.280,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	19,71	30,17	33,20	16,93	100,00
6	44,80	250,00	1.200.000,00	926.352,00	273.648,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	23,21	31,09	34,22	11,48	100,00
7	44,80	275,00	1.320.000,00	938.112,00	381.888,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	22,92	30,70	33,79	12,59	100,00
8	44,80	300,00	1.440.000,00	948.864,00	491.136,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	22,66	30,35	33,41	13,58	100,00
9	44,80	325,00	1.560.000,00	968.640,00	591.360,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	22,20	29,73	32,72	15,35	100,00
10	44,80	350,00	1.680.000,00	981.600,00	698.400,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	21,91	29,34	32,29	16,46	100,00
11	50,40	250,00	1.200.000,00	953.184,00	246.816,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	25,38	30,21	33,25	11,15	100,00
12	50,40	275,00	1.320.000,00	964.992,00	355.008,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	25,07	29,84	32,85	12,24	100,00
13	50,40	300,00	1.440.000,00	975.744,00	464.256,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	24,79	29,52	32,49	13,21	100,00
14	50,40	325,00	1.560.000,00	995.520,00	564.480,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	24,30	28,93	31,84	14,93	100,00
15	50,40	350,00	1.680.000,00	1.008.511,04	671.488,96	241.920,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	23,93	28,49	31,35	15,99	100,00
16	56,00	250,00	1.200.000,00	980.064,00	219.936,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	27,43	29,39	32,34	10,85	100,00
17	56,00	275,00	1.320.000,00	991.872,00	328.128,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	27,10	29,04	31,96	11,91	100,00
18	56,00	300,00	1.440.000,00	1.002.624,00	437.376,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	26,81	28,72	31,61	12,85	100,00
19	56,00	325,00	1.560.000,00	1.022.400,00	537.600,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	26,29	28,17	31,00	14,54	100,00
20	56,00	350,00	1.680.000,00	1.035.360,00	644.640,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	25,96	27,82	30,61	15,61	100,00
21	61,60	250,00	1.200.000,00	1.006.944,00	193.056,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	29,36	28,60	31,48	10,56	100,00
22	61,60	275,00	1.320.000,00	1.018.752,00	301.248,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	29,02	28,27	31,11	11,60	100,00
23	61,60	300,00	1.440.000,00	1.029.504,00	410.496,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	28,72	27,97	30,79	12,52	100,00
24	61,60	325,00	1.560.000,00	1.049.280,00	510.720,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	28,18	27,45	30,21	14,17	100,00
25	61,60	350,00	1.680.000,00	1.062.240,00	617.760,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	27,84	27,11	29,84	15,21	100,00
Média =													13,04	

TABELA 6 –ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA FÁBRICA X

Nº	Tratamento		VPL (Valor Presente Líquido)				TIR (Taxa Interna de Retorno)				PAYBACK	Anos	OBS*		
	Compra Biomassa	Venda Briquete	R\$		Anos		%		Anos						
			R\$	R\$	5	10	15	20	5	10	15	20			
1	39,20	250,00	205.383,72	502.033,10	941.283,28	1.208.646,94	4%	18%	21%	22%	5	I			
2	39,20	275,00	203.718,59	1.165.767,36	1.763.123,96	2.128.498,73	16%	28%	30%	30%	4	V			
3	39,20	300,00	567.876,36	1.756.594,18	2.494.694,42	2.949.386,79	25%	36%	37%	37%	3	V			
4	39,20	325,00	995.238,28	2.450.338,13	3.353.840,65	3.909.307,95	36%	45%	46%	46%	3	V			
5	39,20	350,00	1.399.970,58	3.107.047,32	4.167.007,67	4.819.625,01	46%	53%	54%	54%	2	V			
6	44,80	250,00	309.520,07	334.627,13	734.591,86	977.401,82	1%	16%	19%	20%	5	I			
7	44,80	275,00	99.582,24	998.361,40	1.556.432,54	1.897.414,14	13%	25%	28%	28%	4	V			
8	44,80	300,00	893.350,93	2.285.181,16	3.149.398,23	3.665.576,48	34%	43%	44%	44%	3	V			
9	44,80	325,00	549.931,12	1.729.921,12	2.462.602,08	2.925.380,55	25%	35%	37%	37%	3	V			
10	44,80	350,00	1.295.834,23	2.939.641,36	3.960.316,25	4.588.538,38	43%	51%	52%	52%	2	V			
11	50,40	250,00	413.656,42	167.221,17	527.900,45	746.317,22	-3%	13%	16%	18%	6	I			
12	50,40	275,00	4.554,11	830.955,44	1.349.741,13	1.666.329,55	10%	23%	25%	26%	4	V			
13	50,40	300,00	408.732,26	1.501.415,84	2.179.886,37	2.595.620,57	21%	32%	34%	34%	3	V			
14	50,40	325,00	786.965,58	2.115.526,20	2.940.457,81	3.447.140,46	31%	40%	41%	42%	3	V			
15	50,40	350,00	1.191.697,89	2.772.235,40	3.753.624,84	4.357.453,79	41%	49%	49%	50%	3	V			
16	56,00	250,00	517.792,77	184,80	321.209,03	515.232,63	-7%	10%	14%	15%	7	I			
17	56,00	275,00	108.690,45	663.549,47	1.143.049,71	1.435.244,95	7%	21%	23%	24%	5	V			
18	56,00	300,00	304.595,91	1.334.009,88	1.973.194,96	2.364.541,93	18%	30%	32%	32%	4	V			
19	56,00	325,00	682.829,23	1.948.120,23	2.733.766,40	3.216.054,17	28%	38%	39%	40%	3	V			
20	56,00	350,00	1.087.561,54	2.604.829,43	3.546.933,42	4.120.278,85	38%	46%	47%	48%	3	V			
21	61,60	250,00	621.929,12	167.590,76	114.517,61	284.308,57	-10%	7%	11%	13%	8	I			
22	61,60	275,00	212.826,80	496.143,51	936.358,29	1.204.160,36	4%	18%	21%	22%	5	I			
23	61,60	300,00	200.459,56	1.166.603,91	1.766.503,54	2.133.457,33	16%	28%	30%	30%	4	V			
24	61,60	325,00	437.493,66	1.551.841,43	2.243.763,73	2.673.393,04	22%	33%	34%	35%	3	V			
25	61,60	350,00	983.425,19	2.437.423,47	3.340.242,00	3.895.286,64	36%	44%	45%	45%	3	V			

*I = inviável e V= viável

Na Tabela 7, encontram-se as equações de regressões lineares múltiplas dos 25 fluxos de caixa gerados pela combinação preço de compra da matéria-prima X preço de venda do briquetes, para o *Payback*, o VPL e a TIR em 5, 10, 15 e 20 anos da fábrica x. O modelo de regressão múltipla utilizado neste estudo é expresso pela equação abaixo:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i$$

Onde:

Y_i = Variável dependente (VPL ou TIR);

X_{2i} e X_{3i} = Variáveis independentes, explanatórias ou regressores (CB e VB);

u_i = Termo de erro estocástico;

i = indicador da i -ésima observação;

β_1 = intercepto (valor médio de Y quando X_{2i} e X_{3i} são iguais a zero);

β_2 e β_3 = coeficientes angulares (coeficientes parciais da regressão).

Foram realizadas as análises dos Métodos dos Mínimos Quadrados (MMQ), visando obter as Análises de Variâncias (ANOVA) em todas as regressões estudadas com a suposição de que os erros têm distribuições normais. Também foi realizado o teste de hipóteses F para avaliar se a variável explicativa tem correlação com a variável resposta. Além das análises estatísticas citadas, todos os parâmetros estudados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se os valores de dados de uma determinada variável têm distribuições normais. Os dados também foram submetidos ao teste de Cochran que é usado para verificação de homogeneidade de variâncias.

TABELA 7 – ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA DA VPL, TIR E PAYBACK DA FÁBRICA DE BRIQUETES X

AFERIDOR	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO	R ² AJUSTADO
VPL 5	$Y = -3.321.660,12 - 19.393,82 CB + 15.623,02 VB$	0,9622
VPL 10	$Y = -4.566.419,95 - 31.186,16 CB + 25.352,89 VB$	0,9622
VPL 15	$Y = -5.339.317,86 - 38.508,27 CB + 31.394,36 VB$	0,9623
VPL 20	$Y = -5.826.697,18 - 43.045,28 CB + 35.150,54 VB$	0,9635
TIR 5	$Y = -80,31 - 0,54 CB + 0,42 VB$	0,9610
TIR 10	$Y = -51,24 - 0,44 CB + 0,35VB$	0,9621
TIR 15	$Y = -42,89 - 0,41 CB + 0,32 VB$	0,9625
TIR 20	$Y = -40,07 - 0,39 CB + 0,31 VB$	0,9625
<i>Payback</i>	$Y = 11,06 + 0,05 CB - 0,03 VB$	0,8526

Observa-se, na tabela acima, a ausência do erro estocástico nas equações de regressão. A razão da omissão deve-se ao fato de o erro ter sido extremamente pequeno em todas as regressões, gerando números muito extensos, cuja contabilização não afetaria a análise dos aferidores.

8 CONCLUSÃO

A implantação de um *cluster* de produção de briquetes na região do Baixo-Açu mostrou-se viável nesse estudo, como citado no exemplo deste trabalho, numa composição em que o briquete misto fosse composto de 80% de palha de carnaúba e 20% de capim-elefante e que tenha o comportamento esperado nos fornos das indústrias do Baixo-Açu, em especial das fábricas de telhas, tijolos e lajotas, que são as maiores consumidoras de lenha da região. O combustível seria produzido para suprir o próprio mercado local, com uma tendência fortemente compradora de um

produto capaz de reduzir ou acabar com a dependência da lenha, cuja demanda é de 119.685,134 t/ano, cada vez mais difícil de ser atendida.

A quantidade de matéria-prima principal (palha de carnaúba) é de 30.300 t, capaz de suprir cinco fábricas de briquetes de igual porte. Dentro da proposta de se misturar a palha de carnaúba a capim-elefante cultivado com irrigação para dar maior segurança operacional à fábrica, seriam necessárias também 1.344 t/a da gramínea, distribuídos em 16,8 ha plantados com sistema de irrigação, em propriedades próximas às fábricas, gerando trabalho e renda para carnaubeiros e agricultores.

As análises dos 25 fluxos de caixa da fábrica "X" comprovaram o prazo médio de retorno do capital investido (*Payback*) de 3,92 anos, ou seja, abaixo dos cinco anos estabelecidos pelos critérios de viabilidade; Taxa Interna de Retorno média de 31%aa e VPLs bastante próximos do valor do investimento inicial, no décimo ano de operação da fábrica, muitos até superando-os.

Entre os maiores dispêndios, destacam-se o frete (média de 28%) e a compra de matéria-prima (média de 24%).

Constatou-se que, para a fábrica "X", apenas a venda a R\$ 250,00 torna o negócio inviável em todas as simulações, pois a venda praticada a R\$ 275,00 é viável em praticamente todos os tratamentos, sendo inviável apenas a partir de certo ponto da faixa de preço da matéria-prima acima de R\$ 56,00/t. A venda a R\$ 300,00 se mostrou viável em todas as situações.

Uma fábrica com produção anual de 4.800 t de briquetes evitaria o desmatamento de 204,19 ha/ano da caatinga; 25 fábricas do mesmo porte evitaria a destruição de 5.104,75 ha/ano. Como o tempo de regeneração total de uma área de caatinga desmatada é de 15 anos, ao longo desse tempo uma fábrica evitaria o desmatamento de 3.062,85 ha/ano (30,62km²) e 25 fábricas evitariam a destruição de 76.571,25 ha (765,71 Km²).

Em relação à geração de emprego e renda, a instalação de apenas uma fábrica do porte do modelo estudado poderia contribuir com mais de R\$ 1,4 milhão ao ano à economia da região do Baixo-Açu, dos quais: R\$ 112.135,00 pagos em salários a sete funcionários; R\$ 80.640,00 pagos a carnaubeiros (considerando o valor da palha em R\$ 15,00/t) e R\$ 107.520,00 a agricultores, fornecedores de capim-elefante. O lucro líquido, estimado entre R\$ 156 mil e R\$ 680 mil também seria gasto, em grande parte, na própria região.

Porém, considerando que, em tese, a demanda por combustível suporte 25 fábricas de igual porte, um *cluster* capaz de suprir todo esse mercado teria potencial para gerar 175 novos empregos diretos e injetar anualmente na economia da região cerca de R\$ 30 milhões, dos quais R\$ 2,8 milhões ao ano em salários, R\$ 455 mil pagos aos fornecedores de palha de carnaúba, que venderiam os resíduos suficientes a cinco fábricas, além de cerca de R\$ 11 milhões ao ano, pagos aos produtores de capim-elefante ou outras espécies energéticas para suprir a demanda das outras 20 fábricas.

Os cálculos acima ilustram uma situação ideal, que dificilmente se concretizaria matematicamente da mesma forma. Contudo, eles servem para mostrar que, devido às suas características, de seu potencial hídrico e gerador de resíduos agroindustriais, a região do Baixo-Açu pode abrigar um APL de produção de biocombustíveis capaz de contribuir significativamente para um salto na qualidade de vida dos seus moradores tanto no aspecto econômico quanto no ambiental.

Como sugestões formuladas a partir desse estudo para incentivar a produção de biocombustíveis sólidos no Rio Grande do Norte e em especial na região do Baixo-Açu estão: i) a concessão de incentivos fiscais para dar às empresas iniciantes no ramo um mínimo de competitividade diante de mercados organizados como do petróleo, eletricidade e gás natural; ii) um maior rigor por parte dos órgãos ambientais no cumprimento da lei que proíbe o corte e comércio ilegal de lenha, de modo a desestimular a contravenção por parte dos maiores consumidores do combustível e iii) a criação de convênios com universidades e outros centros tecnológicos para o desenvolvimento das tecnologias de adensamento ligno-celulósico.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, F. P. A.de. Eco-eficiência na produção de pó e cera de carnaúba no município de Campo Maior (PI). 157f. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2005.
2. COSTA, L.G.A. Conjuntura Agrícola: Rio Grande do Norte. In: CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (ORG). Agricultura e abastecimento alimentar: políticas públicas e mercado agrícola. Brasília: CONAB, 2009. p. 493 – 501.
3. EMBRAPA. Briquetagem e peletização de resíduos florestais. Folder. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012.
4. FRANCELINO, Márcio R. et al. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. Revista Árvore. Viçosa, 27 (1): 79-86, 2003.
5. GARIGLIO et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasilia: Servico Florestal Brasileiro, 2010.
6. GENTIL, L. V. B. Tecnologia e economia do briquete de madeira. 197f. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008.
7. IBGE. Censo Agropecuário 2006.
8. IBGE. Censo Demográfico 2010.
9. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Energy balances of non-oecd countries 2003 – 2004. Paris: OECD, 2006.
10. LIMA, G. Cenário sobre o pó e a cera de carnaúba - período: novembro/2011. Conjuntura mensal.Conab:Fortaleza,2011.
11. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . **Balanço Energético Nacional 2012**: Ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012.
12. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa Ibama Nº 1/1996. Diário Oficial da União nº 174, de 6 de setembro de 1996.
13. MOURA, F. Análise econômica da atividade extrativista da carnaúba no município de Carnaubais, RN. TCC em Ciências Econômicas da UERN, Açu, 2010.
14. QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. Ed. IBAMA - Circular Técnica do LPF. Vol 1. Nr 2. 1991.
15. SILVA, Paulo et al. Consumo de energéticos florestais do setor domiciliar no Estado de Pernambuco. Recife: IBAMA, 1993.

16. TAVARES M. A. M. E. Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do Baixo-Açu, RN. 245 f. Dissertação de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, fevereiro de 2013.
17. TAVARES S. R. de L. & SANTOS T. E. dos. Potencial de uso de biomassa vegetal para produção de briquetes na região do Baixo-Açu, no Rio Grande do Norte. Trabalho apresentado no 7º Congresso Internacional de Bioenergia, de 30 de outubro a 2 de novembro de 2012, no Centro de Exposições Imigrantes, São Paulo. Disponível no CD dos Anais do Congresso.