

Determinação do Preço da Energia do Briquete e da Lenha

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

12.1 Economia de escala na produção de biocombustíveis sólidos: uma comparação com o mercado brasileiro de etanol

12.2 Preço da energia e poder calorífico do briquete de palha de carnaúba

12.3 Custo da lenha e do briquete de palha de carnaúba no Baixo-Açu

RESUMO Não se tem no Brasil, até o momento, o conhecimento da implantação de nenhum *cluster* energético de briquetes, de modo a tornar possível uma análise econômica mais acurada desse mercado ainda inexplorado. Por quanto tempo ele seria imperfeito ou quando se tornaria competitivo o bastante para que as ações de qualquer indivíduo não fossem perceptíveis a ponto de alterar os preços praticados por todos os fabricantes do produto? Para que o mercado de briquetes cresça no Brasil, é preciso que os consumidores primeiro conheçam esse biocombustível o suficiente para tomarem a decisão de usá-lo ou não. Este capítulo apresenta uma análise de custo-benefício do briquete misto de palha de carnaúba, comparando o seu potencial energético com as diversas espécies lenhosas encontradas no semiárido brasileiro e estabelecendo um preço para a energia disponibilizada pelos dois tipos de biomassa.

12.1 Economia de escala na produção de biocombustíveis sólidos: uma comparação com o mercado brasileiro de etanol

Como não se tem uma contribuição teórica ou prática para análises mais acuradas do comportamento do mercado de briquetes no Brasil, pode-se inferir tendo como base a teoria econômica que, no caso de *clusters* energéticos de briquetes, se aplica muito bem o conceito de economia de escala. Este conceito vem sendo usado na análise de *clusters* de produção de biocombustíveis líquidos – no caso do Brasil mais representado pelo etanol de cana de açúcar.

Uma breve análise para o entendimento sobre economia de escala na instalação e desenvolvimento de *clusters* energéticos locais, regionais ou nacional, pode ser exemplificado pelo setor sucroalcooleiro no Brasil. Existia no passado recente uma preocupação constante dos usineiros com a possibilidade de usinas e destilarias ampliarem sua capacidade de moagem, o que poderia gerar uma competição desenfreada por matéria-prima e, assim, elevar os custos de produção de açúcar e álcool. Entre os anos de 1933 e 1990, o setor foi regulado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que controlava todos os aspectos econômicos deste complexo agroindustrial. No momento em que o governo cessou sua regulação sobre tais questões, os atores privados passaram a dispor de liberdade para traçar suas estratégias empresariais.

Segundo Figueira *et al.* (2013), é consenso entre pesquisadores que essa liberalização setorial gerou efeitos positivos para o setor, que ganhou mais eficiência e reduziu os custos de produção, tanto na fase agrícola, como na industrial. Questões como a escala de moagem e a gestão da cadeia de suprimentos são fundamentais para explicar a competitividade e os custos de produção das usinas brasileiras.

Antes mesmo de discutir a questão do tamanho das usinas visando ao ganho econômico de escala, é importante destacar importantes mudanças ocorridas no ambiente institucional e competitivo do setor após a desregulamentação. A mais importante delas foi sem dúvida a entrada de grandes grupos internacionais atuando conjuntamente ou não com grupos brasileiros na aquisição de usinas já existentes (*brownfields*), como pela construção de novas usinas (*greenfields*).

Segundo Figueira *et al.* (2013), essa “mudança de nacionalidade” do capital controlador, somada ao processo de abertura de capital a diversos grupos, transformou a gestão das usinas, antes administradas sobre o processo de gestão familiar. Dessa forma, observa-se uma maior profissionalização dos quadros gerenciais, o que contribuiu para uma maior eficiência e redução de custos

na produção de açúcar e álcool. Assim, acirrou-se a concorrência e o ganho de eficiência passou para o topo das preocupações dos novos gestores do setor.

No caso do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo, o efeito do ambiente competitivo gerou grande concorrência entre os pares, que por sua vez levou a um aumento no tamanho das unidades produtivas como forma de reduzir custos de produção. A teoria econômica denominada de “economia de escala” mostra essas vantagens de custos de unidades produtivas maiores em relação às menores.

Caso exista economia de escala em um setor, empresas com unidades produtivas maiores conseguem produzir com menores custos se comparadas às empresas com menores unidades produtivas. Logicamente, a teoria econômica também reconhece a impossibilidade de ganhos infinitos de escala, existindo, então, um tamanho de otimização das unidades produtivas onde todas as possíveis economias de escala são exploradas.

Segundo Figueira, et al. (2013), os ganhos de escala podem advir de um ou da somatória dos seguintes fatores:

- a) Ganho de especialização – unidades produtivas maiores conseguem expandir sua produção sem elevar, na mesma proporção, o número de funcionários;
- b) Economias geométricas – o produto das unidades produtivas maiores tende a ser proporcional ao volume da unidade, enquanto o custo associado à produção é proporcional à área das unidades processadoras;
- c) Indivisibilidade técnica dos equipamentos industriais: – como nem sempre é possível comprar equipamentos com um tamanho exato para produzir a quantidade de produto desejada, alguns equipamentos das unidades produtivas menores podem estar ociosos, podendo expandir a produção sem elevações proporcionais dos custos;
- d) Compra de insumos – o aumento da capacidade produtiva pode levar a um incremento do poder de negociação com relação aos fornecedores de insumos, podendo gerar redução dos preços dos insumos adquiridos para o processo produtivo;
- e) Facilidade financeira – as maiores empresas podem ter mais facilidade na obtenção de empréstimos junto às instituições bancárias;

- f) Lei dos grandes números – a equipe e os materiais utilizados para a reposição e conserto de peças não se elevam na mesma proporção que o tamanho da unidade produtiva.

Por outro lado, a partir do “tamanho ótimo” da planta industrial, os custos começam a subir em função das deseconomias de escala e estas estão relacionadas aos seguintes fatores:

- a) Preço crescente dos fatores de produção – Como mão de obra empregada e/ou insumos, como o preço da biomassa adquirida pela fábrica de briquetes;
- b) Limitações da eficiência administrativa – Os problemas de administração e supervisão tornam-se progressivamente mais difíceis de solucionar à medida que a escala da unidade produtiva aumenta;
- c) Custo de transporte – O maior tamanho da unidade produtiva pode gerar elevação dos custos de transporte dos insumos adquiridos, vindo de maiores distâncias, por exemplo, ou do transporte para consumidores finais, necessitando ser transportados a maiores distâncias em alguns casos.

Desta maneira, é de se esperar que um dos fatores importantes na determinação do preço da energia do briquete - entre vários outros - será o tamanho das unidades produtoras (usinas) que otimize o ganho de escala na unidade industrial.

12.2 Preço da energia e poder calorífico do briquete de palha e carnaúba

Segundo Gentil (2008), ainda hoje, na maioria das vezes, os biocombustíveis lignocelulósicos são vendidos por massa ou por volume no Brasil. Os briquetes e *pellets* são vendidos em unidades de R\$/t e a lenha em R\$/m³st, cujo valor é convertido para peso utilizando-se a equação:

$$PL = Pst/p \quad [12]$$

Onde:

- PL = preço da lenha (R\$/t)
- Pst = preço do metro estéreo (R\$/m³st)
- p = densidade da lenha (t/m³st)

A questão é que os consumidores precisam da energia da biomassa para gerar calor ou potência em fornalhas, fornos e caldeiras e não simplesmente da sua

massa. As biomassas secas possuem mais calor disponíveis e as úmidas menos, ainda que tenham o mesmo peso. As mais úmidas têm que dissipar toda a água durante a combustão antes de gerar o calor necessário para o processo produtivo para o qual ela foi comprada.

O fato de o consumidor ainda “comprar preço” e não energia é um dos grandes entraves para o crescimento da produção e venda de briquetes e *pellets*, que acabam em desvantagem em relação à lenha, por terem um preço por tonelada maior do que o dela, ainda que possuam um rendimento também maior (GENTIL, 2008). Para o autor, o parâmetro correto na comparação dos preços entre dois biocombustíveis deveria ser a energia efetivamente disponibilizada para ser usada como combustível. Isso é feito através do cálculo do poder calorífico do material.

12.2.1 Cálculo do poder calorífico de um combustível

Poder calorífico é a quantidade de energia térmica liberada durante a queima completa de uma unidade de massa ou de volume de combustível, expressa em kcal/kg, kJ/kg, kcal/m³ ou kJ/m³. Trata-se de um valor teórico, uma vez que sua determinação é feita em uma câmara adiabática (que impede a troca de calor com o meio externo), na qual a amostra é depositada com 0% de umidade e submetida à queima, com medições contínuas da temperatura através de uma bomba calorimétrica. A variação da temperatura registrada pela bomba é então utilizada para calcular a energia liberada pelo combustível – chamado de Poder Calorífico Superior (BRAND, 2010).

$$PCS = (K + M H_2O) \Delta t / m_s \quad [13]$$

Onde:

- K = constante do calorímetro (cal/°C);
- M H₂O = volume da água do calorímetro (2.700 ml);
- M_s = massa seca da amostra e
- Δt = Diferença entre as temperaturas inicial e final da água.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984)

Porém, mesmo com teor de umidade da massa de 0%, a reação química provocada pela combustão faz com que as moléculas de hidrogênio constituintes do material se unam às de oxigênio formando água, exigindo um gasto de energia para a sua evaporação. Para se ter um valor mais preciso da quantidade de energia

efetivamente disponível no combustível é calculado o PCI ou Poder Calorífico Inferior, que só é igual ao PCS no caso de o material analisado não conter hidrogênio em sua composição. Caso contrário, é excluída a interferência desse vapor d'água produzido durante a combustão no processo de medição do PCS, conforme a equação 14 (BRAND, 2010).

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 600 \times 9\text{H} / 100 \quad [14]$$

Onde:

- PCI = Poder Calorífico Inferior (kcal/kg);
- PCS = Poder Calorífico Superior (kcal/kg);
- H = % de hidrogênio presente no material.

O PCI só pode ser usado diretamente se o combustível não apresentar umidade livre, externa. Porém, a maioria dos sistemas de utilização de biomassa para geração de energia não seca o material abaixo de 10%, inclusive os secadores rotativos das fábricas de briquete. Assim, quando o combustível apresentar qualquer teor de umidade livre, deve-se utilizar para o cálculo de energia disponível o Poder Calorífico Útil (PCU), também chamado de Poder Calorífico Líquido (PCL) ou Poder Calorífico Inferior de Base Úmida (BRAND, 2010), expresso na equação 15 (GENTIL, 2008).

$$\text{PCU} = [(\text{PCS} - \text{K}) \times (1 - \text{TU}) - (600 \times \text{TU})] / 238,89 \quad [15]$$

Onde:

- PCU = Poder Calorífico Útil;
- PCS = Poder Calorífico Superior;
- K = constante de calor de vaporização da água no calorímetro, no valor de 324 kcal/kg;
- 600 = constante;
- 238,89 = transformação de kcal/kg em MJ/kg ou GJ/t;
- TU = teor de umidade.

A razão entre o preço da lenha (equação 12) e o seu Poder Calorífico Útil (equação 15) resulta no preço da energia útil (PE) do biocombustível, expresso em R\$/ GJ ou em R\$/MJ, conforma a equação 16 (GENTIL, 2008):

$$PE = PL/PCU \quad [16]$$

12.3 Custo da lenha e do brique de palha de carnaúba no Baixo-Açu

O principal concorrente do brique na região do Baixo-Açu é a lenha legal, cortada com permissão oficial e transportada com Documento de Origem Florestal (DOF). A lenha ilegal, sobre a qual não recai nenhum outro custo de produção a não ser de coleta e transporte, não pode ter seus preços comparados com os de nenhuma atividade produtiva regular, pois trata-se de uma atividade criminosa. Além do mais, a consciência cada vez maior da necessidade de frear o processo de desertificação do semiárido potiguar está abrindo paulatinamente o mercado para alternativas energéticas que deem sustentabilidade às atividades econômicas já desenvolvidas nas regiões afetadas.

A lenha legalizada é vendida a um preço médio de R\$ 35,00 o m³st. Para permitir uma melhor comparação entre os gastos com lenha e com brique será usada inicialmente a unidade de peso (tonelada) como unidade para os dois combustíveis. Sendo assim,

- 1 m³st de lenha = 0,21 t (RIEGELHAUPT, 2004). Logo,
- 1 t = 4,76 m³st de lenha = 4,76 x R\$ 35,00 = R\$ 166,67 (custo médio de 1 tonelada de lenha legal da Caatinga na região do Baixo-Açu);

Na comparação entre dois combustíveis, é necessário calcular o poder energético de ambos. Afinal, o que está sendo comprado é energia e não simplesmente peso. Nesse caso, o parâmetro utilizado é o Poder Calorífico Inferior (PCI), medido em kcal/kg. Como o carro-chefe da composição da biomassa do brique é palha de carnaúba, essa matéria-prima será usada como referência, sendo utilizada em 80%, contra 20% de capim-elefante.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012), o PCS da lenha catada no Brasil é de 3.300 kcal/kg. Este valor, logicamente, corresponde a um valor médio de lenha de várias espécies estudadas em vários biomas nacionais. Algumas dessas espécies estão presentes também no semiárido, como as frutíferas arbóreas mangueira (*Mangifera indica* L.) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). Por esse motivo, consideramos relevante levá-lo em consideração na comparação

com o briquete que será produzido no Baixo-Açu potiguar. Porém, é fundamental a utilização de parâmetros técnicos locais, já que sabidamente o poder calorífico médio das espécies da Caatinga é superior ao estabelecido pelo Balanço Nacional.

Dentre as espécies mais energéticas do semiárido que representam o extremo de poder calórico da lenha da região destacam-se a jurema preta (*Mimosa hostilis Benth.*) e a algaroba (*Prosopis juliflora* L). Assim, para que as comparações de custo de aquisição da lenha e do briquete ficassem mais próximas da realidade local, foram considerados também o preço da energia das duas espécies acima. Deve-se ressaltar, no entanto, que das duas espécies locais indicadas para o contraste de preço de aquisição, apenas uma, a algaroba, pode ser comercializada sem o Documento de Origem Florestal (DOF) por se tratar de uma espécie exótica ao bioma. No caso da jurema preta, toda a produção de lenha deve ser oriunda de Plano de Manejo Florestal devidamente licenciado pelos órgãos ambientais e transportada com o referido DOF, práticas geralmente não respeitadas na região o que torna a atividade de corte e comercialização dessa madeira ilegal.

As Tabelas 13.1, 13.2 e 13.3 mostram a comparação de preços de aquisição da unidade energética de calor (kcal) das lenhas genérica, de jurema preta e de algaroba respectivamente, de acordo com as variações de umidade e, conseqüentemente, de Poder Calorífico Útil (PCU) de cada uma delas. Os valores encontrados para a kcal dessas biomassas a cada teor de umidade são cotejados com os preços da kcal do briquete com 80% de palha de carnaúba e 20 % de capim elefante. Os PCUs foram calculados a partir dos PCS abaixo:

- PCS da lenha catada = 3.300 kcal/kg (MME,2012);
- PCS da lenha de jurema preta = 4.150 kcal/kg (OLIVEIRA et al, 1999; CUNHA, 2012);
- PCS da lenha de algaroba = 4.935 kcal/kg (OLIVEIRA et al, 1999; PEREIRA; LIMA, 2002; CUNHA, 2012);
- PCS do briquete composto 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 4318 kcal/kg (SANTOS, 2012);
- PCS do briquete composto 100% de palha de carnaúba = 4395 kcal/kg (SANTOS, 2012).

Para fins de cálculo, Tavares e Santos (2012), estabeleceram os seguintes coeficientes técnicos para os briquetes de carnaúba puros e em composição com capim elefante:

- % de H na palha de carnaúba = 5,61%;
- % de H no capim-elefante = 6,48%;
- % de umidade na palha de carnaúba = 9,98%;
- % de umidade no capim elefante = 9,73%.

Aplicando-se a fórmula 14, obtivemos os seguintes valores para os Poderes Caloríficos Inferiores dos materiais testados:

- PCI da lenha catada = 2.976 kcal/kg;
- PCI da lenha de jurema = 3.826 kcal/kg;
- PCI da lenha de algaroba = 4.611 kcal/kg;
- PCI do briquete composto 100% de palha de carnaúba = 4.092 kcal/kg;
- PCI do briquete composto 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 3.994 kcal/kg.

Conforme os dados acima indicam, o PCI do briquete com 100% de carnaúba e 80% de carnaúba + 20% de capim-elefante são 37% e 34% maiores respectivamente do que o PCI da lenha catada, obtido através do PCS definido pelo BEN e que na região. Este resultado é coerente com os alcançados por Morais (2007), em um dos poucos trabalhos sobre o consumo específico de lenha e briquete de madeira em indústrias de cerâmica vermelha no Brasil. Segundo ele, o rendimento da lenha nos fornos de Goiás era 31,45% menor do que o rendimento do briquete.

Tomando como média um rendimento do briquete de palha de carnaúba pura e em composição com capim-elefante, podemos estabelecer um rendimento médio a favor do uso do briquete como biocombustível de 35% a mais em relação à lenha. Ou seja: para se ter a mesma quantidade de energia contida em 1 tonelada de briquete de palha de carnaúba é necessário adquirir 35% a mais de lenha em peso. No caso dos consumidores de lenha legal do Baixo-Açu, que compra a tonelada de lenha legal por R\$ 166,67, o gasto para obter, com este combustível, a mesma quantidade de energia que teriam com briquete seria de:

$$\text{R\$ } 166,67 + 35\% = \text{R\$ } 225,00$$

Já o PCI da lenha de jurema preta é apenas 4,39% inferior do que o do briquete misto, o que faz mudar o cálculo do preço da tonelada de energia desse energético florestal.

$$\text{R\$ } 166,67 + 4,39\% = \text{R\$ } 174,00$$

No caso da lenha da algaroba, cujo PCI é 15,45% superior ao do briquete, o preço da respectiva tonelada de energia é bem inferior aos das demais biomassas, conforme o cálculo abaixo.

$$\text{R\$ } 166,67 - 15,45\% = \text{R\$ } 141,00$$

De acordo com os cálculos acima, pode-se afirmar que R\$ 225,00, R\$ 174,00 e R\$ 141,00 são o preço da “tonelada de energia” das lenhas genérica, de jurema preta e de algaroba equivalentes à “tonelada de energia” fornecida pelo briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante.

Não se pode deixar de considerar, no entanto, que além da umidade intrínseca à biomassa que é descontada no cálculo do PCI, os materiais são submetidos à umidade externa. Como o briquete é um produto manufaturado, a umidade pode ser controlada em qualquer parte do ano. Com uma estocagem adequada é possível manter um padrão de fornecimento de energia por tonelada, de modo que o consumidor saiba exatamente o que está adquirindo.

Já com a lenha a precisão acima não é possível. A lenha é disponibilizada tal qual encontrada na natureza. Na estação chuvosa, por exemplo, ela é vendida úmida, com um poder calorífico inferior àquele comum durante a estiagem. Quanto mais úmida a biomassa, menor é seu Poder Calorífico Útil. Essa é a real quantidade de energia térmica que o biocombustível sólido irá fornecer na sua utilização como fonte de geração e manutenção de calor. O entendimento desse aspecto é fundamental na hora de optar por um ou outro combustível.

Na Tabela 12.1, é mostrada a comparação dos preços da energia do briquete misto (80% de palha de carnaúba e 20% de capim-elefante) com os preços da energia da lenha catada. O PCU do briquete foi calculado em 3.627 kcal/kg, de acordo com os parâmetros definidos por Tavares e Santos (2012); já o PCU da lenha catada foi calculado a partir do PCS que consta no BEN – Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012) para a lenha catada em todo o Brasil de uma forma geral.

Como se pode observar, a relação custo-benefício da lenha em relação ao briquete diminui conforme aumenta o seu teor de umidade, a ponto de o briquete se mostrar bem mais viável economicamente a partir de um teor de umidade da lenha próximo a 10% (a média de umidade para a madeira, de acordo com o BEN é de 25%).

Tabela 12.1 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha catada e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
0	R\$ 225,00/t (PCU = 2.976 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000756/kcal	250,00	0,0000689	8,83
		275,00	0,0000758	0,28
		300,00	0,0000827	9,40
		325,00	0,0000896	18,52
		350,00	0,0000965	27,64
10	R\$ 225,00/t (PCU = 2.941 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000859/ kcal	250,00	0,0000689	19,80
		275,00	0,0000758	11,78
		300,00	0,0000827	3,76
		325,00	0,0000896	4,26
		350,00	0,0000965	12,28
20	R\$ 225,00/t (PCU = 2.261 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000995/ kcal	250,00	0,0000689	30,74
		275,00	0,0000758	23,81
		300,00	0,000087	16,88
		325,00	0,0000896	9,96
		350,00	0,0000965	3,03
30	R\$ 225,00/t (PCU = 1.903kcal/kg) PE = R\$ 0,0001182/ kcal	250,00	0,0000689	41,70
		275,00	0,0000758	35,87
		300,00	0,0000827	30,04
		325,00	0,0000896	24,21
		350,00	0,0000965	18,38
40	R\$ 225,00/t (PCU = 1.546 kcal/kg) PE=R\$ 0,0001455/kcal	250,00	0,0000689	52,64
		275,00	0,0000758	47,90
		300,00	0,0000827	43,17
		325,00	0,0000896	38,43
		350,00	0,0000965	33,69
50	R\$ 225,00/t (PCU = 1.188 kcal/kg) PE = R\$ 0,0001894	250,00	0,0000689	63,61
		275,00	0,0000758	59,97
		300,00	0,0000827	56,33
		325,00	0,0000896	52,69
		350,00	0,0000965	49,05

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

Na Tabela 12.2 é exposta a equivalência do preço da energia, em kcal/kg, do briquete em relação à lenha de jurema preta (*Mimosa hostilis*, Benth), espécie típica do Bioma Caatinga, bastante valorizada na região como lenha devido ao seu alto PCS. O PCU da lenha da jurema preta foi calculado a partir da média dos PCS definidos pelos estudos de Oliveira et al (1999) e Cunha (2012) e se mostrou ligeiramente mais baixo do que o do briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante. Para teores de umidade de 40% a jurema preta perde em custo-benefício para o briquete vendido a R\$ 250,00 e R\$ 300,00; com umidade a partir de 50% verifica-se a clara vantagem do briquete sobre a lenha nativa de jurema preta.

Tabela 12.2 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de jurema preta e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIF. DE PREÇOS (%)*
0	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	51,56
	(PCU = 3.826 kcal/kg)	275,00	0,0000758	66,72
	PE = R\$ 0,0000455/	300,00	0,0000827	81,87
	kcal	325,00	0,0000896	97,03
		350,00	0,0000965	112,19
10	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	34,01
	(PCU = 3.383 kcal/kg)	275,00	0,0000758	47,41
	PE = 0,0000514/ kcal	300,00	0,0000827	60,81
		325,00	0,0000896	74,22
		350,00	0,0000965	87,62
20	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	16,50
	(PCU = 2.941 kcal/kg)	275,00	0,0000758	28,15
	PE = 0,0000592/ kcal	300,00	0,0000827	39,80
		325,00	0,0000896	51,45
		350,00	0,0000965	63,10
30	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	1,05
	(PCU = 2.498 kcal/kg)	275,00	0,0000758	8,85
	PE = R\$ 0,0000697/	300,00	0,0000827	18,75
	kcal	325,00	0,0000896	28,64
		350,00	0,0000965	38,54
40	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	18,55
	(PCU = 2.056 kcal/kg)	275,00	0,0000758	10,41
	PE = R\$ 0,0000846/	300,00	0,0000827	2,27
	kcal	325,00	0,0000896	5,88
		350,00	0,0000965	14,02
50	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	36,10
	(PCU = 1.613 kcal/kg)	275,00	0,0000758	29,71
	PE = R\$ 0,0001079	300,00	0,0000827	23,32
		325,00	0,0000896	16,93
		350,00	0,0000965	10,54

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

Na Tabela 12.3 repetimos o mesmo exercício com a lenha da algaroba (*Prosopis Juliflora*), uma das preferidas dos consumidores de energéticos florestais também pelo seu alto poder calorífico. Mais uma vez, calculamos a média dos PCS da algaroba contidos nos trabalhos de Oliveira et al (1999), Pereira e Lima (2002) e Cunha (2012) para comparar os preços da kcal de energia de acordo com os teores de umidade apresentados.

Tabela 12.3 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de algaroba e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
0	R\$ 141,00/t (PCU = 4.611 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000306/kcal	250,00	0,0000689	125,41
		275,00	0,0000758	147,95
		300,00	0,0000827	170,49
		325,00	0,0000896	193,03
		350,00	0,0000965	215,57
10	R\$ 141,00/t (PCU = 4.090 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000345/kcal	250,00	0,0000689	99,94
		275,00	0,0000758	119,93
		300,00	0,0000827	139,93
		325,00	0,0000896	159,92
		350,00	0,0000965	179,91
20	R\$ 141,00/t (PCU = 3.569 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000395/kcal	250,00	0,0000689	74,47
		275,00	0,0000758	91,92
		300,00	0,0000827	109,36
		325,00	0,0000896	126,81
		350,00	0,0000965	144,26
30	R\$ 141,00/t (PCU = 3.048 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000463/kcal	250,00	0,0000689	49,00
		275,00	0,0000758	63,90
		300,00	0,0000827	78,80
		325,00	0,0000896	93,70
		350,00	0,0000965	108,60

Tabela 12.3 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de algaroba e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
40	R\$ 141,00/t (PCU = 2.527 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000558/kcal	250,00	0,0000689	23,53
		275,00	0,0000758	35,88
		300,00	0,0000827	48,24
		325,00	0,0000896	60,59
		350,00	0,0000965	72,94
50	R\$ 141,00/t (PCU = 2.006 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000703/kcal	250,00	0,0000689	1,94
		275,00	0,0000758	7,87
		300,00	0,0000827	17,68
		325,00	0,0000896	27,48
		350,00	0,0000965	37,29

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

A análise da Tabela 12.3 nos permite chegar à conclusão que, diante de um PCU tão alto como o da algaroba, torna-se muito difícil sua substituição pela lenha artificial, uma vez que a própria natureza dotou esse vegetal das características que a tecnologia tenta acrescentar às biomassas artificiais, como é o caso do briquete. Contudo, há que se considerar que, como no Rio Grande do Norte não existem florestas energéticas de algaroba, o fato de a lenha dessa árvore apresentar uma relação custo-benefício excepcional não significa que hoje seja possível atender, apenas com ela, a uma parcela considerável da demanda por lenha e carvão vegetal.

Por fim, a Tabela 12.4 traz a comparação de preço da quilocaloria de energia das biomassas primárias (lenha genérica, jurema preta e algaroba) e do briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante que será produzido na fábrica-escola de Ipanguaçu. Se considerarmos que não existe lenha disponibilizada na natureza com zero por cento de umidade e que o teor médio de umidade do material lenhoso se situa acima dos 20% (25% de acordo com o BEN), pode-se observar que a partir dessa faixa, metade das 60 simulações se mostraram favoráveis ao uso do briquete.

Tabela 12.4 – Relação preço do briquete / preço da lenha genérica, de jurema preta e de algaroba de acordo com os respectivos teores de umidade.

ESPÉCIES DE LENHA	PREÇO DO BRIQUETE* (R\$/t)	PREÇO DA ENERGIA DO BRIQUETE (R\$/Kcal)	TEORES DE UMIDADE DOS DIFERENTES TIPOS DE LENHA					
			0%	10%	20%	30%	40%	50%
Lenha catada (R\$ 225,00/t)	250,00	0,0000689	8,83	19,80	30,74	41,70	52,64	63,61
	275,00	0,0000758	0,28	11,78	23,81	35,87	47,90	59,97
	300,00	0,0000827	9,40	3,76	16,88	30,04	43,17	56,33
	325,00	0,0000896	18,52	4,26	9,96	24,21	38,43	52,69
	350,00	0,0000965	27,64	12,28	3,03	18,38	33,69	49,05
Jurema preta (R\$ 174,00/t)	250,00	0,0000689	51,56	34,01	16,50	1,05	18,55	36,10
	275,00	0,0000758	66,72	47,41	28,15	8,85	10,41	29,71
	300,00	0,0000827	81,87	60,81	39,80	18,75	2,27	23,32
	325,00	0,0000896	97,03	74,22	51,45	28,64	5,88	16,93
	350,00	0,0000965	112,19	87,62	63,10	38,54	14,02	10,54
Algaroba (R\$ 141,00/t)	250,00	0,0000689	125,41	99,94	74,47	49,00	23,53	1,94
	275,00	0,0000758	147,95	119,93	91,92	63,90	35,88	7,87
	300,00	0,0000827	170,49	139,93	109,36	78,80	48,24	17,68
	325,00	0,0000896	193,03	159,92	126,81	93,70	60,59	27,48
	350,00	0,0000965	215,57	179,91	144,26	108,60	72,94	37,29

• Vantagem do briquete • Vantagem da lenha
Fonte: Tavares (2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: determinação do poder calorífico superior, NBR 8633. [Rio de Janeiro], 1984.

BRAND. M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

CUNHA, A. B. **Análise das propriedades físicas, mecânicas e energéticas da parte aérea e tronco de algaroba (Prosopis Juliflora)**. 2012. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em <http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/4438/1/2012_AndreBarretoCunha.pdf>. Acesso em 10 nov. 2012.

FIGUEIRA, S. R. F.; PEROSA, B. B. & BELIK, W. Usinas de açúcar e álcool: Impacto na desregulamentação e da concorrência. **Agroanalysis**, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, v. 33, n. 03, p. 23–25, 2013.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

MORAIS, D. M. **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos**: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal. 2007. 229 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/3574?mode=full>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

OLIVEIRA, M. R. de et al. Estudo das condições de cultivo da algaroba e jurema preta e determinação do PC. **Revista de Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 14, p. 93–104, 1999.

PEREIRA, J. C. D; LIMA, P. C. F. **Comparação da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para a produção de energia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 45).

RIEGELHAUPT, E. **Revisão e atualização da oferta e demanda de energéticos florestais no Nordeste**. Brasília, 2004. Relatório Final do Consultor – Projeto TCP/BRA/2909.

SANTOS, T. E. **Potencial de uso de biomassa vegetal para produção de briquetes na região do Baixo-Açu, no Rio Grande do Norte**. 2012. 47 f. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia de Bioprocessos) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

TAVARES, S. R. de L. & SANTOS, T. E. dos. **Potencial de uso de biomassa vegetal para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7; BIOTECH FAIR, 5., 2012, São Paulo.

O Projeto Caatinga Viva e os Possíveis Impactos Ambientais e Sociais da Instalação de um APL de Briquetes no Baixo-Açu Potiguar

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvia Roberto de Lucena Tavares

Ivan Targino Moreira

13.1 O Projeto Caatinga Viva e o PAN-Brasil

13.2 Impactos ambientais

13.3 Geração de trabalho e renda

RESUMO A instalação de um *cluster* de produção de briquetes na região do Baixo-Açu, capaz de atender tanto às demandas das indústrias locais quanto das famílias, pode ajudar a mitigar os efeitos da devastação da Caatinga, dar maior segurança energética às empresas, sobretudo àquelas do segmento de cerâmica vermelha, além de ampliar o leque de alternativas de geração de ocupação e renda para os trabalhadores extrativistas da carnaúba e pequenos produtores rurais. De acordo com esse estudo, para suprir toda a demanda por lenha e carvão vegetal de quase 120 mil toneladas seriam necessárias 25 fábricas de igual porte à que está sendo construída pelo Projeto Caatinga Viva, no Campus Ipanguaçu do IFRN. Se essa demanda fosse plenamente atendida, cerca de 5 mil hectares deixariam de ser devastados todos os anos e aproximadamente R\$ 30 milhões poderiam ser injetados, também anualmente, na economia da região, através do faturamento bruto das usinas que nela se instalarem.

13.1 O Projeto Caatinga Viva e o PAN-Brasil

Conforme o texto preliminar do PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2011), apesar das inviabilidades técnicas e de logísticas que em grande parte das vezes impedem um maior aproveitamento dos resíduos agro-silvo-pastoris, estudos específicos em algumas regiões apontam para a possibilidade de aumento da participação da biomassa na matriz energética. Assim, a primeira diretriz do PNRS para a gestão dessa categoria de resíduos é o desenvolvimento de tecnologias para o seu aproveitamento.

De modo que o Projeto Caatinga Viva está totalmente aderido às propostas elencadas não só pelo PNRS como também pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, o PAN-Brasil (BRASIL, 2004), e pelo seu equivalente estadual, o PAE-RN (RIO GRANDE DO NORTE, 2010). O Projeto tem como objetivo servir de base para a proposição de políticas públicas para a promoção do desenvolvimento sustentável de áreas cujos biomas estejam ameaçados pelo desmatamento insustentável da mata nativa para fins energéticos e que, ao mesmo tempo, apresentem condições de abrigarem um APL para produção de biocombustíveis sólidos adensados, como briquetes e *pellets*, como é o caso da região do Baixo-Açu.

13.2 Impactos ambientais

Mais de 90% da lenha e do carvão vegetal consumidos no Rio Grande do Norte ainda procedem da mata nativa, explorada na maior parte das vezes de forma insustentável, com custos relevantes ao meio ambiente (ARAÚJO, 2010). Na região do Baixo-Açu, o processo de desertificação se apresenta de forma grave, constituindo-se em um problema para a continuidade das atividades econômicas locais e para a vida das pessoas de uma forma geral (Figura 13.1).



Figura 13.1– Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no RN.

Fonte: Carvalho et al. (2000).

Viável do ponto de vista econômico e financeiro, a instalação da fábrica de briquetes de Ipangaçu pode contribuir de forma significativa para a reversão do quadro de devastação do Bioma Caatinga na região, conforme raciocínio detalhado abaixo:

- Incremento Médio Anual da Caatinga (crescimento anual da vegetação do semiárido) = $10 \text{ m}^3\text{st/ha/ano}$ ou $2,1 \text{ t/ha/ano}$ (GARIGLIO, 2010). ;
- Tempo de recomposição da Caatinga = 15 anos (RIEGELHAUPT et al., 2010);
- 1 hectare da Caatinga = $2,1 \text{ t/ha/ano} \times 15 = 31,5 \text{ t}$ de vegetação nativa;
- PCI da lenha catada = 2.976 kcal/kg (BRASIL, 2012);
- PCI do briquete composto por 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 3.983 kcal/kg (SANTOS,2012), 34% superior ao PCI da lenha;
- Logo, 4.800 t de briquete = 6.432 t de lenha ($4.800 \text{ t} + 34\%$);
- Sendo $31,5 \text{ t}$ de lenha = 1 ha, então 6.432 t de lenha = $204,19 \text{ ha}$ (área que deixará de ser devastada com a instalação da fábrica de briquetes de Ipangaçu);
- Demanda total por lenha = $569.929,21 \text{ m}^3\text{st/a}$ ou $119.685,13 \text{ t/a}$;
- Nº de fábricas necessárias para suprir a demanda total por lenha = $119.685 \text{ t} / 4.800 \text{ t} = 25$;¹⁹
- Área que deixaria de ser devastada por ano com 25 fábricas de briquetes operando na região = $5.104,76 \text{ ha/ano}$.

Outra solução para equilibrar a balança oferta-demanda por lenha seria implantar um plano de manejo eficiente da vegetação da Caatinga de modo a suprir toda essa demanda por energéticos nos nove municípios que compõem o Baixo-Açu. O plano de manejo consiste na divisão de um terreno em um número x de talhões igual ao número de anos que a vegetação cortada leva para voltar ao estado original. A demanda de cada ano é suprida pelo desmatamento de apenas um talhão. Para que a mata se recomponha, no ano seguinte é cortada a mata do 2º talhão e assim por diante, até retornar ao primeiro, já com a vegetação em ponto de corte novamente.

Conforme visto acima, o tempo necessário para a Caatinga se recompor é de 15 anos em média (RIEGELHAUPT et al., 2010). Isso significa que para atender à demanda

¹⁹ Considera-se, para efeitos de modelo, a capacidade de produção da fábrica-escola, que está sendo construída no Campus Ipangaçu do IFRN (4.800 t/ano). Evidentemente que o número de fábricas vai depender do porte das mesmas.

por lenha, o responsável pelo plano de manejo teria que fazer o corte em 15 talhões de 204,19 ha, o que exigiria uma propriedade de 3.062,85 ha (30,62 km²) para se igualar à oferta de apenas uma fábrica de briquetes durante todo esse tempo.

Se o objetivo fosse fazer plano de manejo para suprir todo o mercado, seria necessário dispor de uma área de 76.571,25 ha (3.062,85 ha x 25 fábricas) ou 765 km² – praticamente a área ocupada pelo Município de Macau. Obviamente, não é possível se dispor de uma área contínua de tal tamanho. Logo, a execução de plano de manejo da Caatinga com objetivo de suprir, de forma legal, toda a demanda por energéticos da região, é absolutamente inviável, o que justificaria a criação de um APL de produção de biocombustíveis adensados na região do Baixo-Açu.

Por fim, a produção de um briquete à base dos substratos da carnaúba pode significar um incentivo a mais para a preservação desta que é chamada de “árvore da vida” por causa dos inúmeros usos que suas partes permitem. Produzir energia a partir dos resíduos da produção de cera de carnaúba é dar um destino nobre a um material que hoje é simplesmente jogado e abandonado no meio ambiente.

13.3 Geração de trabalho e renda

A despeito de suas potencialidades, os municípios do Baixo-Açu, tomados em conjunto, apresentam um percentual de pobres maior do que a média estadual, de 56,73%, contra 52,27% do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010), que está, por sua vez, entre os estados mais pobres do País (Figura 13.2).

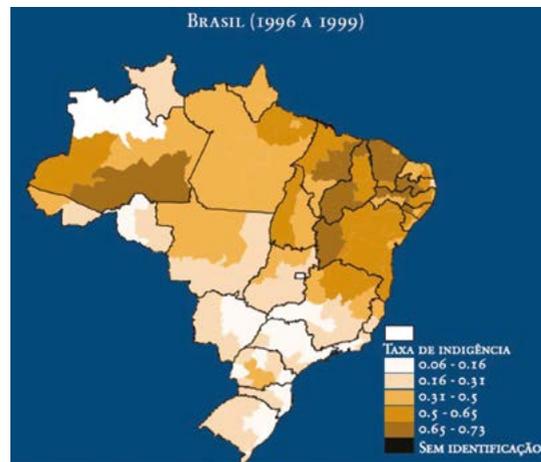


Figura 13.2 – Nível de indigência por mesorregião.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2004).

Dentro dessa perspectiva, a criação de mais um segmento – o da bioenergia – para participar da cadeia produtiva principalmente da Indústria de Cerâmica Vermelha, pode ser uma forma eficiente de resolver o problema do desequilíbrio entre oferta e demanda de lenha na região e, ao mesmo tempo, promover a geração novos postos de trabalho e preservação dos já existentes, dinamizando a economia dos nove municípios estudados.

A instalação da fábrica-escola de briquetes de Ipangaçu pode contribuir com mais de R\$ 1,4 milhão ao ano à economia da região, 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.

Além de contribuir para a economia do Baixo-Açu, a fábrica-escola funcionaria como o embrião de um Arranjo Produtivo Local voltado à produção de biocombustíveis adensados. Partindo-se do princípio da substituição total da lenha pelo briquete e ignorando a pequena oferta computada pelo IBGE de madeira nativa (70.564,75 m³st/ano ou 14.818,60 t/a), a demanda total por lenha na região, incluindo a transformada em carvão vegetal, é de 569.929,21 m³st/ano ou 119.685,13 t/ano. Para atendê-la, seriam necessárias 25 fábricas de briquete com a mesma capacidade de produção da fábrica-escola (4.800 t/ano).

Com um preço médio de venda do briquete estimado em R\$ 300,00 a tonelada, a expectativa de faturamento anual das empresas do APL seria de R\$ 30.240.000,00; o número de empregos diretos gerados seria em torno de 175, que receberiam cerca de R\$ 2,8 milhões ao ano em salários, além dos salários indiretos de prestadores de serviço; a produção de briquetes absorveria todo o resíduo da produção de cera de carnaúba disponível (30.310 t), gerando R\$ 454,65 mil de uma renda que não existia antes para cerca de mil carnaubeiros da região; haveria ainda a necessidade de inclusão dos agricultores da região na nova atividade econômica, como produtores de espécies vegetais energéticas para complementar a quantidade de biomassa necessária para atender a toda demanda de lenha e carvão vegetal da região.

Para suprir as cinco fábricas de briquete misto de palha de carnaúba com capim-elefante, seriam necessárias 6.720 t/ano deste último; para suprir totalmente as outras 20 fábricas de capim-elefante como matéria-prima exclusiva, seriam necessárias mais 134.400 t, totalizando 141.120 t a serem plantadas na região. Vendidas a R\$ 80,00 a tonelada, a quantidade de dinheiro gerada, por ano, para

produção de biomassa para fins energéticos no Baixo-Açu poderia ultrapassar R\$ 11 milhões ao ano.

De acordo com os estudos de Tavares e Santos (2012), expostos no capítulo 12 deste trabalho, o capim-elefante se apresenta como uma espécie de gramínea que reúne as qualidades requeridas para o processo de adensamento ligno-celulósico com bons índices de produtividade e baixos custos de produção no campo. Como essa espécie de gramínea pode alcançar, com irrigação e manejo adequados, uma produtividade de 80t/ha, seriam necessárias 1.764 hectares/ano (141.121 t / 80 t/ha) para cultivo do capim para, associadamente à palha de carnaúba, produzir briquetes suficientes para os consumidores residenciais e industriais locais, de modo a interromper o desmatamento do Bioma Caatinga.

Divididos em módulos de três hectares, tamanho padrão das propriedades onde se desenvolve a agricultura familiar, a produção de capim-elefante pode gerar ocupação e renda para 588 famílias de pequenos agricultores. Caso sejam plantados em escala empresarial, as culturas de capim poderão ocupar quase seis pivôs centrais de irrigação, com 100 hectares cada.

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, contribuindo significativamente para um salto na qualidade de vida dos seus moradores tanto no aspecto econômico quanto no ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. S. de. **Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas**. Caicó: Emparn, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília, 2004. Disponível em <www.ibama.gov.br/rn/wp-content/files/2009/05/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CARVALHO, A. E. de; GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. **Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal: [s.n.], 2000.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

IBGE **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

RIEGELHAUPT, E. et al. O manejo florestal na caatinga: resultados da experimentação. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **História dos comitês de bacias do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/programas/gerados/comitesdebacias.asp>>. Acesso em>10 mar. 2012.

SANTOS L. D. **Concorrência e cooperação em arranjos produtivos locais: o caso do polo de informática de Ilhéus, BA**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005. Disponível em: <www.bibliotecadigital.ufba.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=260>. Acesso em: 10 out. 2010.

TAVARES, S. R. de L.; SANTOS, T. E. dos. **Potencial de uso de biomassa vegetal para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7; BIOTECH FAIR, 5., 2012, São Paulo.