

CUSTO DE PRODUÇÃO DO CAPIM ELEFANTE E EUCALIPTO COMPACTADO EM BRIPELLS E BRIQUETES, UTILIZANDO SECAGEM SOLAR E INDUZIDA¹

HENRIQUE JUN MURAMATSU SEGUCHI², VICENTE NELSON GIOVANNI
MAZZARELLA², PAULO HENRIQUE FERREIRA³, MARI TOMITA KATAYAMA²

¹Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

²Pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo- IPT.
hseguchi@ipt.br, mazza@ipt.br, katayama@ipt.br

³Engenheiro Mecânico pela Universidade de São Paulo- USP. paulohferr@gmail.com

Resumo

A biomassa é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão, no momento, o combustível mais utilizado neste processo é cavaco de madeira, serragem, casca de arroz e etc. O capim elefante aparece como fonte de energia promissora, necessitando de estudos mais aprofundados para obter informações detalhadas desta variedade. O presente trabalho levanta os custos de compactação (briquete e bripell), desde o plantio do capim elefante e do eucalipto de plantio adensado, utilizando secagem solar e induzida. Foram extraídas informações de projeto do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, referente a plantio e queima do capim elefante, localizado em Panorama-SP, as demais informações foram encontradas em referências citadas na revisão. A metodologia de custo foi adotada de trabalho da EMBRAPA. O capim elefante compactado indica custo mais competitivo comparado ao eucalipto, mostrando-se favorável produzir o capim compactado para consumo próprio, comparado à forma que fazem hoje, a compra do material de terceiros.

Palavras chave: Biomassa; Lenha ecológica; Energia Renovável;

COST OF ELEPHANT GRASS AND EUCALYPTUS PRODUCTION IN COMPRESSED BRIPELL AND BRIQUETTES USING SOLAR AND INDUCED DRYING.

Abstract

Biomass is used in production of energy from processes such as combustion, at the time, the most widely used fuel in this process is wood chips, sawdust, rice hulls, etc. Elephant grass is a promising energy source, requiring further study for detailed information of this variety. This work exhibit the compression costs (briquette and bripell), since planting of elephant grass and dense planting of eucalyptus, using solar and induced drying. It was extracted information from IPT project - Technological Research Institute, referring to plantation and burning of elephant grass, located in Panorama-SP, other information found in the review cited references. The cost methodology was adopted from the work of EMBRAPA. The compressed elephant grass indicates cost more competitive compared to eucalyptus, being favorable to produce the compressed grass for their own consumption, compared to the way they do today, buying the material from third part.

Keywords: Biomass; Ecological wood; Renewable Energy;

Introdução

O combustível fóssil é o principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa. A atual tendência mundial é de substituir energias fósseis por outras renováveis, entre elas a biomassa, que tem se destacado como alternativa energética.

O Brasil possui um conjunto de condições favoráveis para a produção de certas biomassas como combustível, o que a coloca num lugar de evidência, pois é a única fonte de energia que interage com o carbono atmosférico. Isso ocorre, através da fotossíntese, que absorve o dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera e libera o oxigênio.

Segundo Dias et al. (2012), a biomassa pode ser utilizada diretamente para geração de calor ou de energia elétrica ou transformada em biocombustíveis sólidos tais como

briquetes e péletes, líquidos como etanol e biodiesel, ou gasosos, a exemplo do biogás e gás de síntese.

O capim pode também, abastecer caldeiras, serve como matéria-prima de etanol celulósico, chamado de 2ª geração, além de virar lenha ecológica (CHIES, 2008).

Assim, o capim elefante aparece como opção energética sólida, bastante promissora, devido a sua resistência a estiagens, infestações de pragas, facilidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, alta produtividade, ciclo curto (para fins energéticos pode ser colhido após 6 meses).

As vantagens da alta produtividade do capim elefante estão associadas à classificação que mede a atividade fotossintética, por ser uma gramínea do tipo C-4, necessita de menor quantidade de água e possui uma alta eficiência em transformar energia solar em biomassa. Segundo Carvalho et al. (2012), plantas C4 utilizam o CO₂ disponível de forma mais eficiente por possuírem uma série de atributos anatômicos e bioquímico-fisiológicos que as caracterizam como plantas mais tolerantes a estresses ambientais e mais produtivas do que as plantas C3 (eucalipto).

As biomassas possuem a densidade muito baixa, assim, o processo de compactação pode facilitar o manuseio, baratear custos logísticos, além de trazer benefícios no processo da queima. A peletização e a briquetagem são as formas de compactar as biomassas mais conhecidas, sendo que os péletes são muito utilizados na Europa, em residências, hospitais, escolas e indústrias.

O processo de briquetagem é menos exigente em termos de energia, comparado ao de pélete, assim, o custo do briquete acaba sendo inferior. Segundo a Revista da Madeira (2012) o briquete se tornou uma solução prática e viável com um ótimo custo - benefício, trazendo uma ótima economia, rentabilidade e garantia no fornecimento. Logo, no Brasil, o briquete foi mais aceito do que o pélete.

Outra forma de compactar a biomassa é a bripellagem, os chamados briPELLs, que têm o tamanho entre o pélete e briquete, diâmetro de 40 mm.

Assim, o objetivo deste trabalho é de levantar e comparar os custos de produção do capim elefante e eucalipto, desde plantio, até o processo de compactação (“briquetagem e briPELLagem”) da biomassa, considerando a secagem solar e secagem induzida, através de secador (tambor rotativo).

Materiais e métodos

Para a composição de custo, foi adotada como ponto de partida, uma usina (de briquete e bripell), utilizando a secagem solar e induzida, para o capim elefante e eucalipto de plantio adensado, com produção de 1000 t/mês de material compactado, 12% de umidade de saída, segundo especificação dos fornecedores das compactadoras.

Foram extraídos dados de um primeiro teste de queima do projeto entre o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e a Prefeitura Municipal de Panorama, e como parte interessada a INCOESP - Cooperativa das Indústrias Cerâmicas Vermelhas do Oeste Paulista, realizado em Panorama – SP. O teste cerâmico utilizou 6673,7kg de briPELLs (lenha ecológica) de capim elefante, em um forno com aproximadamente 13500 lajotas, ciclo completo. Com esses dados, é possível ter como base o consumo médio de briPELLs da cerâmica.

Com o material compactado produzido na usina, serão abastecidas 4,05 cerâmicas (de acordo com os dados do teste cerâmico), de pequeno porte (cada cerâmica com produção de 500 mil lajotas por mês, cada lajota com peso de 3,034 kg de entrada no forno).

Os dados de capim elefante foram coletados do mesmo projeto do IPT. A variedade do experimento selecionada, que mostrou melhor resultado no campo de plantio, na região de Panorama, é a Cameroon, plantio tradicional, sem irrigação, produtividade média anual de 63,09 tm.s./ha.a. (tonelada de massa seca por hectare ao ano), T.U. (teor de umidade) médio de 60,17%, sendo duas colheitas semestrais, 1598 kg/ha de calcário, 400 kg/ha de adubo de plantio super simples, 600 kg/ha do adubo 20-05-20 (NPK) de cobertura, uma análise de solo/ha e 12285/ha de varas de capim para plantio. Segundo Mazzarella e Urquiaga (2006), o período de reforma do plantio ou ciclo de vida útil é de 10 anos, porém para este estudo, foi considerado ciclo de vida útil de sete anos para o capim elefante.

Para os dados de eucalipto, utilizou-se como fonte Dinardi (2014), plantio adensado, com produtividade anualizada de 34,9 tm.s./ha.a., ciclo de três anos, espaçamento de 3 x 0,5m, densidade básica adotada de 400 kg/m³, 300 kg/ha do adubo de plantio 06-30-06, 250 kg/ha do adubo de cobertura 19-00-19, 1500 kg/ha de calcário, 5,5 litros/ha de herbicidas, 11 kg/ha de formicidas, 7334/ha mudas de eucalipto para plantio. Foi considerada uma análise de

solo para cada ha. O valor de umidade da biomassa na hora da colheita foi encontrado na literatura, de acordo com Lana (2012) 54%.

Para realizar a secagem solar, considerou-se uma cama de secagem de 20 cm, com 5 revolvimentos diários, durante 3 dias consecutivos. A premissa adotada é que o revolvimento ocorre a cada 10 dias, em quantidades iguais, ou seja, o total de capim necessário em um mês, foi dividido em 3 vezes no mês. O pátio de secagem, foi calculado baseado nas condições específicas de cada biomassa, calculou-se um total de 3 ha para o capim e 1 ha para o eucalipto.

Para a secagem induzida, foi solicitada a RCA Máquinas, um pré-projeto para simular a quantidade necessária de biomassa despendida na secagem, utilizando secadores com tambor rotativo, necessitando de aproximadamente 23,7% de capim/eucalipto.

Foi calculada a quantidade de hectares necessários para cada tipo de biomassa, baseada na produtividade do capim/eucalipto. Para o capim elefante são necessários 207 ha por ano para secagem induzida e 167 ha para secagem solar, já para o eucalipto 374 ha por ano para secagem induzida e 303 ha para secagem solar. A diferença da área da secagem solar para a secagem induzida é explicada pela necessidade da biomassa despendida na secagem induzida necessitar de biomassa adicional, consequentemente uma área maior (a forma de secagem adotada foi utilizar a própria biomassa para realizar a secagem, aproximadamente 23,7%, conforme já especificado).

O cálculo para determinar a área da secagem solar é a relação da quantidade total de biomassa para alimentar a usina, na umidade como colhida (60,17% para o capim elefante e 54% para o eucalipto) e a produtividade da biomassa por hectare ao ano, na umidade como colhida (158,4 t com 60,17% de umidade para o capim elefante e 75,9 t com 54% de umidade para o eucalipto). Lembrando que a usina tomada como base possui produção de 1000 t/ mês de material compactado e 12% de umidade. O cálculo para determinar a área da secagem induzida é a relação da quantidade total de biomassa para alimentar a usina, na umidade como colhida, mais 23,7% da biomassa (que é necessária para realizar a secagem da biomassa) e a produtividade da biomassa por hectare ao ano, na umidade como colhida.

O custo total por hectare dos equipamentos, máquinas e usinas, foi calculado, baseado em trabalho da EMBRAPA (YOKOYAMA et al.,1995). Foram solicitados

orçamentos de preços para os fornecedores via site, e-mail e telefone. Para a composição do custo, foi adotada a taxa de juros selic 14,25% (Banco Central do Brasil, 2016), preço médio do óleo diesel de R\$ 2,448, segundo a ANP (2015). O custo de mão de obra foi baseado no boletim do Salariômetro, elaborado pela FIPE (2016), custo mediano do piso em Novembro de 2015 foi R\$ 1.057,00.

O valor residual dos equipamentos foi baseado na metodologia de cálculo de custo de produção da CONAB (2010), que segue na Tabela 1.

Utilizou-se os equipamentos de operações de aração (NewLaser), distribuição de calcário (NewLaser), um único equipamento que faz os sulcos, distribui adubo, faz o plantio dos toletes e fecha os sulcos (DMB), forrageira ou colheitadeira (Menta para capim e New Holland para eucalipto), ancinho revolvedor (Nogueira), trator (MF) caminhão com caçamba(VW e Stahlluz respectivamente), o tempo gasto na operação foi baseado na especificação de cara equipamento. O caminhão caçamba possui capacidade volumétrica de 30 m³ e foi considerado para fazer o transporte do material colhido.

Tabela 1 - Equipamentos utilizados para compor o custo

| Equipamento/usina | Preço unitário (R\$) | Vida útil (anos) | Valor residual (%) | Tempo gasto na operação (h/ha) |
|--|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Forrageira (sussex 4/6) – c.e. ¹ . | 144.500,00 | 10 | 25 | 3,96 |
| Forrageira (NH) – eucalipto (já inclui trator) | 1.600.000,00 | 10 | 25 | 1,52 |
| Trator (MF 7180) | 137.620,00 | 10 | 25 | 2,93 |
| Ancinho (Haynog 300) c.e. ¹ | 28.500,00 | 15 | 5 | 0,72 |
| Ancinho (Haynog 300) eucalipto | 28.500,00 | 15 | 5 | 0,40 |
| Trator (MF 4292) c.e. ¹ | 86.220,00 | 10 | 25 | 0,72 |
| Trator (MF 4292) eucalipto | 86.220,00 | 10 | 25 | 0,40 |
| Caminhão (VW 17-230) + caçamba 30m ³ (Stahlluz) - c.e. ¹ | 179.570,00 | 10 | 0 | 20,35 |
| Caminhão (VW 23-230) + caçamba 30m ³ (Stahlluz)- eucalipto | 187.191,00 | 10 | 0 | 7,62 |
| Distribuidor de calcário (NL) | 18.500,00 | 10 | 5 | 0,70 |
| Trator (MF 4292) | 86.220,00 | 10 | 25 | 0,70 |
| Grade aradora(NL) | 16.500,00 | 15 | 5 | 0,70 |
| Trator (MF 4292) | 86.220,00 | 10 | 25 | 0,70 |
| Sulcadeira, adubadeira, plantadeira (DMB) | 298.500,00 | 15 | 0 | 0,90 |
| Trator (MF 7415) | 182.095,00 | 10 | 25 | 0,90 |
| Bripell (Solar)c.e. ¹ | 900.000,00 | 10 | 0 | 39,80 |
| Bripell (Induzida) c.e. ¹ | 2.000.000,00 | 10 | 0 | 39,80 |
| Biomax (Solar) c.e. ¹ | 215.000,00 | 10 | 0 | 39,80 |
| Biomax (Induzida) c.e. ¹ | 833.000,00 | 10 | 0 | 39,80 |
| Bripell (Solar) eucalipto | 900.000,00 | 10 | 0 | 22,00 |
| Bripell (Induzida) eucalipto | 2.000.000,00 | 10 | 0 | 22,00 |
| Biomax (Solar) eucalipto | 215.000,00 | 10 | 0 | 22,00 |
| Biomax (Induzida) eucalipto | 833.000,00 | 10 | 0 | 22,00 |

¹ c.e. – capim elefante

A quantidade de horas de utilização do caminhão foi baseada na capacidade de carga do próprio caminhão, para o capim elefante de 8540 kg, para o eucalipto de 17690 kg, devido à densidade aparente de cada biomassa. Foi encontrado para o capim 61,2 kg/m³, na base seca (JASINKAS et al., 2013) ou 153,65 kg com 60,17% de T.U. Segundo trabalho do Bruder (2012), seus resultados permitiram concluir que a variação da densidade básica e da aparente do estudo, não apresentam diferenças significativas, por isso, a densidade básica do eucalipto adotada foi de 400 kg/m³ (DINARD, 2014).

Foi tomada como premissa, a distância de 10 km do local de colheita até o local de compactação da biomassa. Estimando que um caminhão opere na faixa de 50 km/h, e que demore 6 min para descarregar a biomassa na usina. Cada viagem leva em torno de 30 minutos, até retornar ao campo de colheita.

Para a compactação foram considerados dois tipos diferentes de materiais.. Um deles é o chamado briplets (Bripell). A outra alternativa é fazer briquetes (Biomax) de 103 mm, método de compactação bastante conhecido.

O custo de eletricidade foi calculado baseado na potência dos equipamentos de compactação. Para a secagem solar, foram considerados apenas os equipamentos de compactação. O preço da eletricidade utilizada é de R\$ 506,63 MWh (ANEEL, 2016).

Foi considerado o preço do arrendamento de terra do projeto entre IPT e Prefeitura Municipal de Panorama. O espaço do galpão para realizar a secagem induzida e compactação da biomassa é de 600 m² de área, e secagem solar (no campo) e compactação 300 m², assumido o preço de aluguel médio de R\$ 252,36 m²/ano (CUSHMAN; WAKEFIELD, 2015).

Resultados e discussão

Os custos por tonelada ano para cada biomassa, com tipos de secagens diferentes (solar e induzida), foram calculados e seguem conforme Tabela 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2 - Custo da tonelada do bripell com capim elefante

| Custo do bripell de capim elefante | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----------------|------------|---------------|------------------|
| | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Equipamento/Usina/Tolete | | Custo (R\$/ha) | | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Caminhão caçamba | | 834,54 | | 139.684,47 | 172.795,45 |
| Forrageira + trator | | 266,99 | | 44.689,06 | 55.282,21 |
| Ancinho + trator | | 28,27 | | 4.732,57 | - |
| Distribuidor de calcário | | 25,96 | | 4.345,01 | 5.374,96 |
| Grade aradora | | 23,93 | | 4.005,08 | 4.954,45 |
| Plantadora + trator | | 299,89 | | 50.195,83 | 62.094,30 |
| Bripell (induzida) | | 1.592,04 | | - | 329.642,25 |
| Bripell (Solar) | | 847,98 | | 141.935,20 | - |
| Toletes (Induzida) | | 6.060,60 | | 144.917,55 | 179.268,98 |
| Parcial | | | | 534.504,77 | 809.412,59 |
| Insumos | Quantidade /ha | Unidade | R\$/kg | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Adubo Superfosfato Simples | 400 | kg | 1,17 | 11.230,72 | 13.892,86 |
| Adubo 20,5,20 (NPK) | 600 | kg | 1,63 | 163.813,07 | 202.643,51 |
| Calcário | 1598 | kg | 0,38 | 14.328,92 | 17.725,46 |
| Análise de solo | 1 | unidade | 22,00 | 526,05 | 650,75 |
| Parcial | | | | 189.898,75 | 234.912,58 |
| Aluguel | R\$/unidade | Unidade | Quantidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Terra arrendada | 850,00 | ha | - | 142.272,94 | 175.997,49 |
| Pátio de secagem arrendado | 850,00 | ha | - | 2.550,00 | - |
| Galpão (Induzida) | 252,36 | m² | 600 | - | 151.416,00 |
| Galpão (Solar) | 252,36 | m² | 300 | 75.708,00 | - |
| Parcial | | | | 220.530,94 | 327.413,49 |
| Energia | Quantidade | Unidade | R\$/kWh | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Bripellagem (Induzida) | 60,8829728 | kW/t h | 0,51 | - | 349.343,97 |
| Bripellagem (Solar) | 36,2 | kW/t h | 0,51 | 219.849,26 | - |
| Parcial | | | | 219.849,26 | 349.343,97 |
| Total | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Total (R\$) | | | | 1.164.783,72 | 1.721.082,63 |
| R\$/ton | | | | 97,07 | 151,96 |

kW/t h = kilowatt por tonelada hora

Tabela 3 – Custo da tonelada do briquete com capim elefante

| Custo do briquete de capim elefante | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|------------------|
| | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Equipamento/Usina/Tolete | | Custo (R\$/ha) | | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Caminhão caçamba | | 834,54 | | 139.684,47 | 172.795,45 |
| Forrageira + trator | | 266,99 | | 44.689,06 | 55.282,21 |
| Ancinho + trator | | 28,27 | | 4.732,57 | - |
| Distribuidor de calcário | | 25,96 | | 4.345,01 | 5.374,96 |
| Grade aradora | | 23,93 | | 4.005,08 | 4.954,45 |
| Plantadora + trator | | 299,89 | | 50.195,83 | 62.094,30 |
| Briquete (induzida) | | 802,66 | | - | 166.195,88 |
| Briquete (Solar) | | 384,63 | | 64.380,02 | - |
| Toletes | | 6.060,60 | | 144.917,55 | 179.268,98 |
| Parcial | | | | 456.949,59 | 645.966,22 |
| Insumos | Quantidade /ha | Unidade | R\$/kg | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Adubo Superfosfato Simples | 400 | kg | 1,17 | 11.230,72 | 13.892,86 |
| Adubo 20,5,20 (NPK) | 600 | kg | 1,63 | 163.813,07 | 202.643,51 |
| Calcário | 1598 | kg | 0,38 | 14.328,92 | 17.725,46 |
| Análise de solo | 1 | unidade | 22,00 | 526,05 | 650,75 |
| Parcial | | | | 189.898,75 | 234.912,58 |
| Aluguel | R\$/unidade | Unidade | Quantidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Terra arrendada | 850,00 | ha | - | 142.272,94 | 175.997,49 |
| Pátio de secagem arrendado | 850,00 | ha | - | 2.550,00 | - |
| Galpão (Induzida) | 252,36 | m² | 600 | - | 151.416,00 |
| Galpão (Solar) | 252,36 | m² | 300 | 75.708,00 | - |
| Parcial | | | | 220.530,94 | 327.413,49 |
| Energia | Quantidade | Unidade | Custo (R\$/kWh) | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Briquetagem (Induzida) | 120 | kW/ t h | 0,51 | - | 688.555,02 |
| Briquetagem (Solar) | 48,3 | kW/ t h | 0,51 | 293.845,40 | - |
| Parcial | | | | 293.845,40 | 688.555,02 |
| Total | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Total (R\$) | | | | 1.161.224,68 | 1.896.847,31 |
| R\$/ton | | | | 96,77 | 167,48 |

Tabela 4 - Custo da tonelada do bripell com eucalipto

| Custo do bripell de eucalipto | | | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|-------------|---------------|------------------|
| | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Equipamento/Usina | | Custo (R\$/ha) | | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Caminhão caçamba (induzida) | | 304,16 | | 92.042,05 | 113.859,81 |
| Forrageira + trator | | 450,48 | | 136.318,43 | 168.631,52 |
| Ancinho + trator | | 15,64 | | 4.732,57 | - |
| Distribuidor de calcário | | 25,96 | | 7.855,39 | 9.717,44 |
| Grade aradora | | 23,93 | | 7.240,83 | 8.957,20 |
| Plantadora + trator | | 299,89 | | 90.749,49 | 112.260,85 |
| Bripell (Induzida) | | 880,60 | | - | 329.642,25 |
| Bripell (Solar) | | 469,04 | | 141.935,20 | - |
| Parcial | | | | 480.873,96 | 743.069,07 |
| Insumos | Quantidade /ha | Unidade | R\$/unidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Adubo 06-30-06 | 300 | kg | 1,72 | 51.921,43 | 64.228,95 |
| Adubo 19-00-19 | 250 | kg | 1,53 | 38.562,31 | 47.703,16 |
| Calcário | 1500 | kg | 0,38 | 56.738,94 | 70.188,41 |
| Herbicidas | 5,5 | L | 30,00 | 16.643,42 | 20.588,60 |
| Formicidas | 11 | kg | 12,00 | 13.314,74 | 16.470,88 |
| Mudas | 7334 | mudas | 0,59 | 436.079,50 | 539.448,30 |
| Análise de Solo | 1 | unidade | 22,00 | 2.219,12 | 2.745,15 |
| Parcial | | | | 615.479,46 | 761.373,45 |
| Aluguel | R\$/unidade | Unidade | Quantidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Terra arrendada | 850,00 | ha | - | 257.216,54 | 318.187,46 |
| Pátio de secagem arrendado | 850,00 | ha | - | 850,00 | - |
| Galpão (Induzida) | 252,36 | m² | 600 | - | 151.416,00 |
| Galpão (Solar) | 252,36 | m² | 300 | 75.708,00 | - |
| Parcial | | | | 333.774,54 | 469.603,46 |
| Energia | Quantidade | Unidade | R\$/kWh | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Bripellagem (Induzida) | 60,9 | kW/ t h | 0,51 | - | 380.401,81 |
| Bripellagem (Solar) | 36,2 | kW/ t h | 0,51 | 219.849,26 | - |
| Parcial | | | | 219.849,26 | 380.401,81 |
| Total | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Total (R\$) | | | | 1.649.977,22 | 2.354.447,79 |
| R\$/ton | | | | 136,15 | 190,91 |

Tabela 5 - Custo da tonelada do briquete com eucalipto

| Custo do briquete de eucalipto | | | | | |
|--------------------------------|----------------|---------|-------------|---------------|------------------|
| | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Equipamento/Usina | | | | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Caminhão caçamba | | | | 92.042,05 | 113.859,81 |
| Forrageira + trator | | | | 136.318,43 | 168.631,52 |
| Ancinho + trator | | | | 4.732,57 | - |
| Distribuidor de calcário | | | | 7.855,39 | 9.717,44 |
| Grade aradora | | | | 7.240,83 | 8.957,20 |
| Plantadora + trator | | | | 90.749,49 | 112.260,85 |
| Briquete (Induzida) | | | | - | 329.642,25 |
| Briquete (Solar) | | | | 141.935,20 | - |
| Parcial | | | | 480.873,96 | 743.069,07 |
| Insumos | Quantidade /ha | Unidade | R\$/unidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Adubo 06-30-06 | 300 | kg | 1,72 | 51.921,43 | 64.228,95 |
| Adubo 19-00-19 | 250 | kg | 1,53 | 38.562,31 | 47.703,16 |
| Calcário | 1500 | kg | 0,38 | 56.738,94 | 70.188,41 |
| Herbicidas | 5,5 | L | 30,00 | 16.643,42 | 20.588,60 |
| Formicidas | 11 | kg | 12,00 | 13.314,74 | 16.470,88 |
| Mudas | 7334 | mudas | 0,59 | 436.079,50 | 539.448,30 |
| Análise de Solo | 1 | unidade | 22,00 | 2.219,12 | 2.745,15 |
| Parcial | | | | 615.479,46 | 761.373,45 |
| Aluguel | R\$/unidade | Unidade | Quantidade | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Terra arrendada | 850,00 | ha | - | 257.216,54 | 318.187,46 |
| Pátio de secagem arrendado | 850,00 | ha | - | 850,00 | - |
| Galpão (Induzida) | 252,36 | m² | 600 | - | 151.416,00 |
| Galpão (Solar) | 252,36 | m² | 300 | 75.708,00 | - |
| Parcial | | | | 333.774,54 | 469.603,46 |
| Energia | Quantidade | Unidade | R\$/kWh | (R\$) ano | (R\$) ano |
| Briquete (Induzida) | 120,0 | kW/ t h | 0,51 | - | 749.769,85 |
| Briquete (Solar) | 48,3 | kW/ t h | 0,51 | 293.845,40 | - |
| Parcial | | | | 293.845,40 | 749.769,85 |
| Total | | | | Secagem Solar | Secagem Induzida |
| Total (R\$) | | | | 1.723.973,36 | 2.723.815,83 |
| R\$/ton | | | | 143,66 | 220,86 |

Não foram feitos testes nas cerâmicas utilizando briquetes com 103 mm de diâmetro, pelo fato da rosca sem fim do alimentador ser menor do que o próprio briquete, tornando a alimentação no forno incompatível.

O capim elefante, em ambas as formas de compactação, mostrou-se com preço mais competitivo comparado ao eucalipto. A diferença é que para o capim elefante, o briquete é mais vantajoso do que o bripell. Este valor é derivado do alto custo de investimento de uma usina de bripell. Porém, na cerâmica em que foi realizado o experimento, a alimentação com briquetes é improvável, até o momento.

Para o eucalipto, acontece o inverso, o bripell é mais vantajoso do que o briquete.

O consumo de energia dos equipamentos de briquete é maior do que o bripell. No caso do preço da energia continuar a subir, vale a pena analisar se o preço do briquete ainda é mais competitivo, já que o bripell é mais econômico no gasto energético, porém o custo de investimento é maior.

O custo para aquisição do bripell pronto no mercado está na faixa de R\$ 300,00 a R\$ 350,00. Para um ciclo completo na queima de lajotas, o forno necessita de aproximadamente 6,7 t de bripell (R\$ 2010,00 a R\$ 2345,00), e segundo relato de ceramistas da região de Panorama, o custo de combustível em um ciclo com cavaco, custa na média de R\$ 1.500,00 a R\$ 1.600,00, utilizando de 37,5 m³ a 40 m³ de cavaco, ao preço de R\$ 40,00 /m³, (estimam a umidade em torno de 50%). Conforme já mencionado por Dinardi (2014), a densidade aparente do eucalipto é de 400 kg/m³. Sendo assim, o consumo mínimo utilizado na cerâmica deste estudo necessita de pelo menos 15 t (diferença de no mínimo 8,3 t de capim elefante compactado para o cavaco).

Os custos do cultivo de plantio dedicado até a compactação do capim elefante em briPELLs ou briquetes, são menores do que a compra de cavaco de terceiros pelos ceramistas. O capim elefante aparece como alternativa energética promissora, devido ao custo mais competitivo no mercado.

Além da vantagem do custo do material compactado ser inferior comparado ao cavaco, combustível que utilizam atualmente, outro benefício é que possui umidade inferior ao cavaco, isso pode ser traduzido como melhor eficiência na utilização do material compactado, segundo Lima et al. (2008), quando a madeira é utilizada para geração de energia, a umidade

influencia negativamente na quantidade de calor liberado durante a queima, diminuindo a eficiência energética. Lima ainda evidencia a importância da secagem da madeira para o melhor aproveitamento da energia, que em muitos casos é negligenciada.

Este fator negativo da presença de umidade na madeira, pôde ser verificado no experimento, realizado na cerâmica de Panorama, pela diferença (8,3 t) de consumo na queima do capim elefante compactado para o cavaco.

Conclusões

Ao observar os custos relacionados à produção de briquetes e briplets de capim elefante e eucalipto, a diferença entre as duas alternativas é notória, sendo o capim elefante mais econômico e, como já apontado em trabalho anterior (MAZZARELLA et al., 2015), com menor custo energético, o que pode ser traduzido como tendo um menor impacto ambiental, visto que a produção de energia representa, em certa medida, a geração de poluentes, como gases do efeito estufa.

Outra vantagem destacada nos resultados é o menor custo utilizando a secagem solar, mas sabe-se que, em situações com falta de insolação, por exemplo, devido ao clima local, a secagem induzida ainda será necessária. De qualquer forma, os valores obtidos para o capim elefante ainda são menores, comparativamente ao eucalipto.

Um aspecto importante a ser considerado, não tão evidente, é a menor necessidade de área de plantio para a biomassa capim elefante, dada a maior produtividade, o que, além de representar um menor custo com terras, também representa um menor custo logístico, dada as menores dimensões.

Referências

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **"Relatórios do Sistema de Apoio a Decisão" Consumidores, Consumo, Receita e Tarifa Média – Classe de Consumo Industrial.** 2015. Disponível em:

<http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampClasseConsumo.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1>. Acesso em: 22 mar. 2016, 14:53:15.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim Anual de Preços 2015: preços do petróleo, gás natural e combustíveis nos mercados nacional e internacional, Rio de Janeiro.** 164p. 2015.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Focus – Relatório de mercado.** 18/03/16. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20160318.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2016, 15:07:45.

BRUDER, E. M. **Métodos de determinação da densidade básica e aparente da madeira de Eucalyptus sp.** Tese (Mestrado) - Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. 99p. 2012.

CARVALHO, M. A. de F.; LANNA, A. C.; STEIN, V. C. **Arroz C4: desafios e perspectivas.** Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 40p. 2012.

CHIES, V. **Pesquisa investe em capim como fonte de energia.** Edição 59. Brasília: Embrapa Agroenergia. p. 4-8. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Metodologia de cálculo de custo de produção da CONAB.** 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf>> Acesso em: 28 Jan 2016, 16:40:21.

CUSHMAN; WAKEFIELD. **Brazil marketbeat office snapshot. 2015.** Disponível em: <http://www.cushmanwakefield.com/~media/marketbeat/2015/05/Brazil_Americas_MarketBeat_Industrial_Q12015_English.pdf> Acesso em: 28 Jan. 2016, 08:52:13.

DIAS, J. M. C. de S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e pélets a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia. 130p. 2012.

DINARDI, A. J.. **Viabilidade técnica e econômica de povoamentos de Eucalyptus spp. sob diferentes espaçamentos visando a produção de biomassa para energia**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

JASINSKAS, A.; SIMONAVIČIŪTĖ, R.; SARAUSKIS, E.; SAKALAUSKAS, A.; ČEKANAUSKAS, S. **Assessment of unconventional bioenergy plant chopping, milling and pelleting quality indicators and physical-mechanical properties**. Volume 11, number II. Agronomy Research. p. 307-318. 2013.

LANA, G. C.. **Efeito da dimensão de toras no processo de colheita florestal e seus impactos no custo e na qualidade do carvão vegetal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

LIMA, E. A. de.; ABDALA, E. M.; WENZEL, A. A. **Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira**. Paraná: Embrapa Florestas. 3p. 2008.

MAZZARELLA, V. N. G.; SEGUCHI, H. J. M.; FERREIRA, Paulo. H. **Balances energéticos de capim elefante x eucalipto: O capim como alternativa energética para indústrias cerâmicas**. Revista brasileira de biomassa e energia, edição 22, 2015. p. 4-7.

MAZZARELLA, V. N. G.; URQUIAGA, S. Capim elefante como fonte de biomassa para a siderurgia. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE FERRO-GUSA, 2006, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: UFOP, 2006. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/10h45%20Mazzarela.pps>> . Acesso em: 06 mar. 2017.

REVISTA DA MADEIRA. **Mercado e potencial de biomassa para energia**. Edição nº133 - DEZEMBRO DE 2012

SALARIÔMETRO. Boletim mensal de salário. **O balanço de 2015: a inflação virou o jogo e ganhou a corrida contra os salários**. Janeiro de 2016. Disponível em:

<http://www.salarios.org.br/boletim/boletim_2016_01.pdf > Acesso em: 5 Fev. 2016, 10:37:46.

YOKOYAMA, L. P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I. P. de; DUTRA, L. G.; SILVA, J. G. da; GOMIDE, J. de C.; BUSO, L. H. **Sistema Barreirão: Análise de custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas**. Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA. Documento 56. 31p. 1995.