

EFEITO DA GRANULOMETRIA NA COMPACTAÇÃO DA BIOMASSA DE CAPIM ELEFANTE

EFFECT OF PARTICLE SIZE ON COMPACTION OF BIOMASS OF ELEPHANT GRASS

Aline Cristina FERRAGUTTI¹; Fábio Minoru YAMAJI²; Diego Aleixo da SILVA¹;
Taruhim Miranda Cardoso QUADROS¹; Ariane Aparacida Felix PIRES³

RESUMO - Devido a sua alta produtividade e fácil adaptação aos diversos ecossistemas a gramínea forrageira *Pinnisetum purpureum* Schumach., conhecida popularmente por capim elefante, é um fornecedor de biomassa em alto potencial. O objetivo do experimento foi verificar a influência do aumento da densidade da biomassa do capim elefante no processo de briquetagem em função das diferentes granulometrias do material. O material foi coletado no campus Sorocaba da UFSCar. Após a coleta foi determinada a densidade a granel desse material. Em seguida o capim foi seco em estufa, passado no moinho Willey e feita a análise granulométrica. O material foi dividido em dois tratamentos: uma porção fina (100 à 200 mesh) e outra grossa (35 à 60 mesh). Foram produzidos 10 corpos de provas por tratamento. A produção foi feita numa prensa hidráulica, com pressão de 12 toneladas durante 30 segundos. Com um paquímetro foi realizado o cálculo da densidade aparente dos briquetes, através método estequiométrico e por fim realizado o ensaio compressão diametral na máquina universal de ensaios Emic DL 30000 N. Os ensaios mostraram que as melhores condições granulométricas para a produção de briquetes com capim elefante foi a granulometria fina (100 à 200 mesh), pois produziram briquetes mais densos e com melhor resistência mecânica.

Palavras-chave: densidade, resistência, briquete, partículas.

ABSTRACT - Due to its high productivity and easy adaptation to different ecosystems the forage grass *Pinnisetum purpureum* Schumach., popularly known as elephant grass, is a high potential supplier of biomass. The objective of the experiment was to verify the increased bulk density of elephant grass biomass briquetting process according to the different particle size of material. The material was collected at UFSCar's campus, located in Sorocaba. After the collection it was determined the bulk density of the material. Then, the grass was oven-dried, passed in "Willey" mill and then the particle size analysis was made. The material was divided into two treatments: a thin (35 to 60 mesh) and a thick portion (100 to 200 mesh). There were produced 11 specimens per treatment. The production was made in a hydraulic press at a pressure of 12 tons for 30 seconds. With a caliper, the apparent bulk density of the briquettes was calculated through the method stoichiometric and finally the diametrical compression test in a Universal Testing Machine "Emic DL 30000 N" was done. The tests showed that the best condition for the production of grain size briquettes with elephant grass was the thin portion (100 to 200 mesh).

Keywords: bulk density, strength, briquette, particles.

¹Bolsista CNPq, graduando/a do curso de Engenharia Florestal, UFSCar – Campus Sorocaba, alineferragutti@gmail.com, aleixodiego@ig.com.br, talu_sk8@hotmail.com

²Professor orientador, departamento de Engenharia Florestal, UFSCar – Campus Sorocaba. fmyamaji@ufscar.br

³Mestranda em ciência dos materiais pela UFSCar – Campus Sorocaba, arianepires9003@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A medida que a população mundial cresce há o aumento em ritmo acelerado da demanda por energia, gerando assim uma crescente necessidade de extração dos recursos naturais com fins energéticos, aumento da degradação do meio e do volume de resíduos acumulados. Ações estas que resultam em grande aumento das emissões de gases do efeito estufa á atmosfera e provocam alterações na mesma. Segundo Vale (2007) esta situação trás preocupações quanto á escassez e conseqüente disponibilidade dos recursos não renováveis e busca por novas fontes de energia. Com relação a isso vem se destacando fontes de energia que podem se renovar, ao contrário do petróleo, como, por exemplo, a biomassa e a possível substituição do petróleo por ela.

No Brasil, por possuir terra em quantidade suficiente para alcançar grande produtividade, a biomassa se destaca como fonte alternativa para as energias fósseis a longo e médio prazo (GOLDEMBERG, 2009). De acordo com Couto (2004) é possível converter essa biomassa em combustível sólido, pois as plantas verdes com auxilio da fotossíntese convertem a energia solar armazenada nas plantas em energia química armazenada nas ligações entre carbonos e hidrogênios. A biomassa é considerada uma energia limpa, pois emite menos gás carbônico, é renovável e permite a ciclagem do carbono em seu ciclo, quando é queimada libera dióxido de carbono em maioria e este é novamente absorvido pela planta em um novo plantio, assim fechando o ciclo.

Dentre os tipos de produção de biomassa lignocelulósica é desenvolvida as culturas energéticas de herbáceas. Algumas características fisiológicas das espécies herbáceas perenes as tornam de grande potencial para a produção anual de grande quantidade de biomassa, como: alta eficiência no processo de conversão da energia solar pela fotossíntese, sistema radicular extenso e profundo, uso econômico da água no solo e necessidade limitada de nutrientes, graças à sua capacidade de retranslocação destes, nas raízes, no final do ciclo vegetativo anual. Essas herbáceas de alta produtividade são, geralmente, de ciclo fotossintético C4 que é aproximadamente 40% mais eficiente para a captação de carbono que o mecanismo C3 das gramíneas mais comuns de clima temperado (SAMSON et al., 2005). Uma das espécies utilizadas no Brasil é o *Pennisetum purpureum* Schumach, conhecido popularmente como capim-elefante, planta originária da África subtropical, descoberta em 1905 pelo Coronel Napier. A cultura chegou ao Brasil nos anos de 1920 e se encontra hoje adaptada às cinco regiões do país tendo capacidade de produzir de 15 até 45 toneladas de matéria seca por hectare por ano, com alto teor de fibras e lignina, indicando seu potencial para energia (LOPES, 2004; QUESADA et al., 2004).

Para melhor aproveitamento, transporte e armazenagem da biomassa do capim-elefante é feita sua densificação energética em forma de briquete, assim aumentando o volume por unidade, poder energético e diminuindo sua umidade em relação ao produto in natura. Mas para um briquete de boa qualidade características como a umidade e a granulometria da matéria primas devem ser controlados. Com base nisso, O objetivo do experimento foi verificar a influência do aumento da densidade da biomassa do capim elefante no processo de briquetagem em função das diferentes granulometrias do material.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos Industriais, da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar-campus Sorocaba/SP. Foi selecionada a gramínea forrageira *Pinnisetum purpureum* Schumach. (capim elefante), visando o preparo, a

caracterização e análise dos briquetes, para o estudo da influência granulométrica no aumento da densidade da biomassa viabilizada com o processo de briquetagem.

A matéria-prima tema dessa pesquisa foi coletada no próprio campus da UFSCar em Sorocaba. A moagem do capim elefante foi feita com o auxílio do moinho Willey. Para separação das granulometrias do capim moído utilizou-se o Agitador Orbital de Peneiras com Batidas Intermitentes; Marconi- MA 750. Na confecção dos briquetes uma prensa hidráulica; Marconi- MA 098/CP foi usada. Para a determinação do teor de umidade do material separou-se 1g de capim elefante moído e pesou-se em uma balança determinadora de umidade até peso constante.

Determinação da granulometria

Para determinar a granulometria do capim moído, passou-se 100g da biomassa no agitador orbital de peneiras com batidas intermitentes (separador de partículas) por seis minutos. A classificação granulométrica do material foi determinada utilizando-se as peneiras de 20, 35, 40, 60, 100, 200 mesh e o fundo. Dentre essas granulometrias, utilizou-se para a produção dos briquetes do primeiro tratamento a mistura das porções retidas nas peneiras de 35 e 60 mesh (denominado tratamento 1) e para os briquetes do segundo tratamento a mistura das porções retidas nas peneiras 100 e 200 mesh (denominado tratamento 2).

Determinação da umidade do material

O capim elefante passou por um processo de secagem em estufa para que armazenado não estragasse devido ao seu teor de umidade. Todo o material seco foi passado em moinho Willey, separado granulometricamente e analisado o teor de umidade, a biomassa foi posteriormente umidificada de forma a apresentar um teor de 11% de umidade, valor próximo do adequado para a briquetagem nos dois tratamentos.

Preparação dos briquetes

Após a padronização da umidade da matéria-prima, foram preparados dois tratamentos com granulometrias distintas, sendo o 1º tratamento composto por capim moído de 35 e 60 mesh e o 2º tratamento por capim de 100 e 200 mesh, ambos com teor de umidade próximo de 11%, umidade considerada ideal para a fabricação de briquetes. Em seguida foi misturado 29,5 % do material retido na peneira de 35 mesh com 39,1% do material retido na peneira de 60 mesh e 14,4% do material retido na peneira de 100 mesh com 10,5% do material retido na peneira de 200 mesh, as misturas foram agitadas manualmente e deixadas por 24 horas para a homogeneização.

Compactação dos briquetes

O processo de compactação do material em forma de briquete foi realizado através de uma prensa hidráulica de 15t e com o auxílio de moldes. Todos os briquetes seguiram a conformação de: massa de 20g, pressão de 12t, tempo de prensagem de 30s.

Foram produzidos onze briquetes para cada um dos dois tratamentos usando as mesmas condições descritas acima. No processo de prensagem não foi utilizado nenhum tipo de aglutinante nem temperatura. Posterior à prensagem, com o auxílio de um paquímetro manual, verificou-se o diâmetro e altura de cada briquete.

Ensaio de Compressão Diametral dos Briquetes

Passando-se 48 horas desde a prensagem dos briquetes, mediu-se novamente o diâmetro e altura de cada corpo de prova, os mesmos foram levados à máquina universal de ensaios EMIC DL30000N para os ensaios de tração por compressão diametral, a fim de verificar a resistência mecânica dos corpos de prova.

Para verificação dos dados foi utilizada a análise estatística para experimentos totalmente o acaso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da separação das partículas do material obteve maiores porcentagem nas peneiras de 35 e 60 mesh, o qual justifica a porção granulométrica usada para o primeiro tratamento, com uma porção mais grossa. Já para a porção mais fina dos tratamentos a porcentagem retida foi inferior a 50%, usando assim as peneiras de 100 e 200 mesh, pois mesmo em quantias pequenas foram as de maior distribuição para o requerimento do tratamento 02, como é observado na Figura 1:

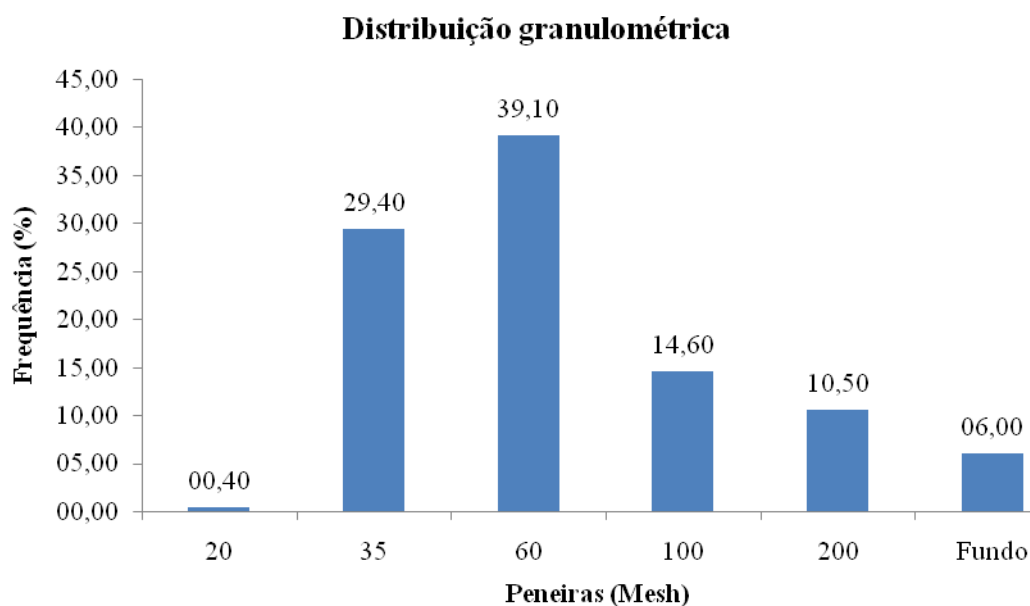


Figura 1 - Análise da distribuição das partículas da serragem de *P. purpureum* após passar por um moinho tipo Willey.

A análise da distribuição granulométrica reforça a questão da distribuição usada em cada tratamento, não só pelo tamanho das partículas, mas também pelo menor tempo em adquirir o material necessário para cada tratamento. Na Figura 2 é possível visualizar o resultado dessas porções separadas e o produto final das mesmas.



Figura 2 - As porções granulométricas usadas ao lado dos seus respectivos briquetes. À direita temos a porção mais fina (peneiras de 100 e 200 mesh) e à esquerda temos a porção mais grossa (peneiras de 35 e 60 mesh).

O processo dos briquetes se deu em um intervalo de tempo que variou de quatro dias, desde o fim do processo de briquetagem de cada corpo de prova de cada tratamento até o ensaio de compressão diametral na máquina universal de ensaios Emic DL 30000 N. Os valores mostram uma média de altura para os dois tratamentos diferentes, sendo o tratamento 2 o mais compacto como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Expansão dos corpos de provas do tratamento 01 (peneiras de 35 e 60 mesh) e do tratamento 02 (peneiras de 100 e 200 mesh).

| C.P. | Tratamento 01 | | | | Tratamento 02 | | | |
|------------|---------------|-------|----------|-------|---------------|-------|----------|-------|
| | Altura (mm) | | Expansão | | Altura (mm) | | Expansão | |
| | Inicial | Final | (mm) | (%) | Inicial | Final | (mm) | (%) |
| 1 | 20,1 | 25,20 | 5,10 | 25,37 | 19,2 | 22,80 | 3,60 | 18,75 |
| 2 | 19,8 | 23,90 | 4,10 | 20,71 | 19,2 | 22,90 | 3,70 | 19,27 |
| 3 | 20,1 | 24,10 | 4,00 | 19,90 | 19,1 | 22,80 | 3,70 | 19,37 |
| 4 | 19,9 | 23,90 | 4,00 | 20,10 | 19,3 | 23,20 | 3,90 | 20,21 |
| 5 | 19,9 | 24,00 | 4,10 | 20,60 | 19,5 | 23,20 | 3,70 | 18,97 |
| 6 | 19,9 | 24,00 | 4,10 | 20,60 | 18,9 | 23,00 | 4,10 | 21,69 |
| 7 | 19,3 | 23,90 | 4,60 | 23,83 | 19,3 | 23,50 | 4,20 | 21,76 |
| 8 | 19,3 | 23,50 | 4,20 | 21,76 | 19,5 | 23,50 | 4,00 | 20,51 |
| 9 | 19,8 | 23,00 | 3,20 | 16,16 | 19,6 | 23,40 | 3,80 | 19,39 |
| 10 | 20,1 | 23,90 | 3,80 | 18,91 | 19,6 | 23,40 | 3,80 | 19,39 |
| 11 | 20,1 | 24,60 | 4,50 | 22,39 | 19,6 | 23,30 | 3,70 | 18,88 |
| Med | 19,9 | 23,90 | 4,10 | 20,60 | 19,3 | 23,20 | 3,80 | 19,39 |

Ao realizar o análise de variância (ANOVA) da expansão porcentual dos tratamentos a um nível de 5% de significância evidencia-se que os mesmos não diferem entre eles com relação à expansão, como é possível evidenciar na tabela 02.

Tabela 02: ANOVA das expansões porcentuais dos tratamentos obtidas pelo programa Tinn-R.

| Causa de Variação | g.l. | S.Q. | Q.M. | F calc | F tab |
|--------------------|------|--------|--------|--------|-------|
| Tratamentos | 1 | 6.699 | 6.6991 | 1.879 | 4.35 |
| Resíduo | 20 | 71.304 | 3.5652 | | |
| Total | 21 | | | | |

Ho: $T_1 = T_2$

H₁: Há diferença em pelo menos um dos tratamentos.

α : 0,05

Como F calculado é menor que F tabelado, ao nível de significância de 5%, se aceita a hipótese nula, ou seja, não existe diferença significativa na expansão dos dois tratamentos.

O ensaio de compressão diametral na máquina universal de ensaios Emic DL 30000 N gerou a tabela 03. Na qual foi possível obter a força máxima suportada por cada corpo de prova e também a tensão neste ponto.

Tabela 03: Valores obtidos pelo ensaio mecânico da compressão diametral na máquina universal de ensaios Emic DL 30000 N, em dois tratamentos. C.P (corpo de prova), Med (media).

| C.P | Tratamento 01 | | | Tratamento 02 | | |
|------------|---------------|-----------|--------------|---------------|-----------|--------------|
| | Diâmetro (mm) | Força (N) | Tensão (MPa) | Diâmetro (mm) | Força (N) | Tensão (MPa) |
| 1 | 36,4 | 20,42 | 0,19 | 36,4 | 33,06 | 0,31 |
| 2 | 36,4 | 22,36 | 0,21 | 36,4 | 32,41 | 0,31 |
| 3 | 36,6 | 19,12 | 0,18 | 36,3 | 33,38 | 0,32 |
| 4 | 36,7 | 19,45 | 0,18 | 36,3 | 30,79 | 0,29 |
| 5 | 36,7 | 19,77 | 0,18 | 36,6 | 30,14 | 0,28 |
| 6 | 36,3 | 18,8 | 0,18 | 36,3 | 32,73 | 0,31 |
| 7 | 36,3 | 21,39 | 0,20 | 36,6 | 29,49 | 0,27 |
| 8 | 36,6 | 23,66 | 0,22 | 36,6 | 31,44 | 0,29 |
| 9 | 36,5 | 23,66 | 0,22 | 36,5 | 30,79 | 0,29 |
| 10 | 36,4 | 16,53 | 0,16 | 36,7 | 28,84 | 0,27 |
| 11 | 36,5 | 16,53 | 0,15 | 36,5 | 32,41 | 0,30 |
| Med | 36,50 | 19,77 | 0,18 | 36,50 | 31,44 | 0,29 |

A partir desses valores procedeu-se com o Teste de Shapiro-Wilk através do programa Tinn-R e observou-se que os dados seguiram distribuição normal, como mostra a interpretação abaixo:

H_0 : Os erros tem distribuição normal ($e_{ij} \sim N(0, \sigma_i^2)$)

H_1 : Os erros não tem distribuição normal.

W = 0.9644 p-value = 0.583

Como p-value é maior que o nível de significância de 5%, não se rejeita a hipótese nula, ou seja, os erros possuem distribuição normal.

Para avaliar a possível diferença de tensão mostrada na tabela 03 realizou-se a ANOVA na tensão de força máxima entre os dois tratamentos (tabela 04).

Tabela 04: ANOVA da tensão na força máxima dos tratamentos obtidas pelo programa Tinn-R.

| Causa de Variação | g.l. | S.Q. | Q.M. | F calc | F tab |
|--------------------|------|----------|----------|--------|-------|
| Tratamentos | 1 | 0.062223 | 0.062223 | 154.85 | 4.35 |
| Resíduo | 20 | 0.008036 | 0.000402 | | |
| Total | 21 | | | | |

$H_0: T_1 = T_2$

H_1 : Há diferença em pelo menos um dos tratamentos.

α : 0,05

Como F calculado é maior que F tabelado, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, existe diferença significativa na tensão suportada pelos dos dois tratamentos. E assim como mostra a tabela 3, o tratamento de porção mais fina apresentou o melhor resultado de tensão suportada pelos corpos de prova, chegando a ser 61,11% a mais resistente que o tratamento de porção mais grossa.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a granulometria da matéria-prima é uma variável que deve ser analisada no processo de produção de briquetes. A granulometria interfere na formação dos briquetes o que acaba definindo a qualidade do produto final. O resultado do ensaio de resistência mecânica mostrou que, para os briquetes de capim elefante, a granulometria mais fina é melhor para a produção de briquetes, uma vez que produz briquetes com maior resistência mecânica.

REFERÊNCIAS

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. **Vias de valorização energética da biomassa**. *Biomassa & Energia*, v. 1, n. 1, p.71-92, 2004

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e energia**. Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

LOPES, B. A. **O capim-elefante**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 56 p.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. **Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa**. Seropédica: Embrapa, 2004. 4 p.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HOLEM, C. **The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry**. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Chicago, v. 24, p. 461-495, 2005

VALE, A. T. de.; GENTIL, L. V.; COSTA, C. M. de. **Caracterização energética e rendimento da carbonização de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*)**, Duke. Cerne, Lavras v. 13, n. 4, p. 416-420, out./dez. 2007.