



BRIQUETES COMO FORMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE ARBORIZAÇÃO URBANA

Diego Aleixo da Silva¹, Fábio Minoru Yamaji², Franciane Andrade de Padua³, Ariane Aparecida Felix Pires⁴, Clóvis William Celso Wanderley⁵,

¹ Graduando em Engenharia Florestal – aleixodiego@ig.com.br, ² Professor Orientador – fmyamaji@ufscar.br, ³ Professora Co-orientadora – franciane@ufscar.br, ⁴ Mestranda em Ciências dos Materiais - arianepires9003@hotmail.com, ⁵ Graduando em Engenharia Florestal – cloviswew@hotmail.com

UFSCar, Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos (SP 264), Km 110, Bairro do Itinga, www.sorocaba.ufscar.br

RESUMO

A gestão dos resíduos da arborização urbana pode ser vista como uma alternativa energética temporária para o suprimento de pequenas demandas locais. O seu aproveitamento pode-se dar de forma compacta através da briquetagem, entretanto a granulometria do material pode influenciar na propriedade físicas do produto final. Assim o objetivo do estudo foi avaliar o comportamento da granulometria para dois rejeitos da arborização urbana. Para a compactação da biomassa, que é devidamente triturada e peneirada, a umidade é adequadamente ajustada, em seguida é submetida a uma prensa hidráulica, no qual ao fim do processo resulta em um briquete com forma cilíndrica, que nada mais é que a matéria-prima inicial densificada. Para cada uma das duas biomassas avaliadas antes da briquetagem, as mesmas foram divididas em uma granulometria maior e uma menor, a partir de equipamentos com a capacidade de transformar galhos em partículas grosseiras e finas. Assim foram criados dois tratamentos diferentes para os resíduos de Sibipiruna e para os de Ipê Roxo. A avaliação da granulometria foi realizada por ensaios de expansão e tensão máxima suportada pelos briquetes, sendo também realizadas descrições da estrutura físico química dos materiais. Os resultados mostram a importância da granulometria durante o processo de briquetagem.

Palavras Chave: Resíduos lignocelulósicos, arranjo, bioenergia.

ABSTRACT

BRIQUETTES AS A FORM OF WASTE MANAGEMENT OF URBAN AFFORESTATION

Waste management of urban trees can be seen as a temporary alternative energy to supply small local demands. Its use can be given compactly by briquetting, however the granulometry of the material can influence the physical properties of the final product. So the aim of the study was to evaluate the behavior of the particle size for two tailings of urban forestry. For compaction of biomass, which is suitably ground and sieved, the humidity is suitably adjusted, then is subjected to a hydraulic press in which the end of the process results in a cylindrically shaped briquette, which is nothing more than the raw initial press densified. For each of the two biomasses evaluated before briquetting, they were divided into one bigger and one smaller particle size, from devices with the ability to turn branches into fine and coarse particles. So were created two different treatments for waste Sibipiruna and Ipe Roxo. Evaluation of particle size was performed by testing for expansion and maximum tension by briquettes, is also carried out physical chemical descriptions of the structure of the materials. The results show the importance of the particle size during briquetting process.

Keywords: Lignocellulosic residues, arrangement, bioenergy.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a população mundial dedicou-se à exploração do carvão e petróleo como principais matrizes energéticas, contudo, a preocupação despertada nas últimas décadas com a preservação das reservas naturais dos combustíveis fósseis e, também, com a possível intensificação do efeito estufa, devido às grandes emissões de CO₂ na atmosfera, incentivou pesquisas científicas pela busca por alternativas sustentáveis e renováveis de materiais com potencial para uso na geração de energia. (GUEDES et al., 2010)

A biomassa queimada como combustível é menos poluente que os combustíveis de origem fóssil, uma vez que está inserida no ciclo do carbono, ou seja, há emissão de CO₂ na atmosfera, porém esse mesmo CO₂ liberado já havia sido absorvido durante o processo de fotossíntese que as plantas, constituintes vegetais da biomassa, realizam ao fim o balanço de emissões de CO₂ torna-se nulo. (PINCELLI, 2011)

O Brasil, como um grande produtor de biomassa vegetal, tanto a cultivada quanto a parcela residual de processos agroindustriais, florestais e madeireiros, tem investido no desenvolvimento de técnicas, conhecimento



e aplicação de vegetais extensamente cultivados no território nacional e que podem tornar-se uma opção viável para a produção de biocombustível sólido.

A arborização urbana requer tratamentos silviculturais como poda e a remoção destes resíduos para manter a sanidade das árvores, entretanto para muitas cidades a gestão destes resíduos é encarada como um problema (ALBUQUERQUE, 2011). Dentre as espécies de essências nativas cultivadas na arborização urbana no estado de São Paulo segundo Lorenzi (2008), é comum a utilização da espécie *Ceasalpinea pluviosa* DC (Sibipiruna) e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Matto (Ipê Roxo).

Visando além das fontes de biomassa citadas anteriormente, este trabalho teve como tema o ramo de resíduos gerados durante a poda de árvores plantadas para a arborização urbana e, assim, aproveitar um material passível de descarte. Para tanto, utilizou-se galhos da poda das árvores *C. pluviosa* e *H. impetiginosus* que passaram por trituração e moagem de modo a reduzir a dimensão das partículas e, assim, compactá-las em forma de briquetes. Tendo como objetivo principal avaliar a influência das diferentes granulometrias no processo de briquetagem e descrever as características físico-químicas das matérias-primas em sua forma natural.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Materiais Lignocelulósicos (AT/Lab 118) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – *Campus* Sorocaba.

Os materiais de resíduos de poda urbana de *C. pluviosa* e *H. impetiginosus* foram coletados em Sorocaba-SP. Os mesmos foram passados separadamente em um triturador de resíduos orgânicos TR 200 (dentre 10 a 15 vezes) e em seguida foram submetidos a uma peneira de 5 Mesh, em material retido não foi utilizado para a confecção dos briquetes. Desta etapa do procedimento uma parte dos resíduos de cada espécie foi passada no moinho tipo Willey, para obter um material com menor granulometria (T2 e T4) em relação à outra parte que foi apenas passado no triturador (T1 e T3). Em seguida, os diferentes materiais foram conduzidos à estufa a 100°C até adquirirem pesos constantes. Depois foram feitas as correções dos teores de umidades a fim de obter uma umidade de 12%. Os tratamentos T1 e T2 são de resíduos de Sibipiruna enquanto que T3 e T4 são de Ipê Roxo (Figura 01).



Figura 01. Briquetes e biomassas das duas espécies utilizadas e seus respectivos tratamentos.
Figure 01. Briquettes and biomasses of the two species used and their respective treatments.

Realizou-se a distribuição granulométrica dos resíduos das duas espécies para analisar a diferença entre os materiais passados apenas pelo triturador de resíduos e os que foram submetidos ao triturador de resíduos e moinho. Para isto os materiais foram submetidos ao classificador de partículas (peneiras de 20, 35, 60 e 150 mesh).

Determinou-se a densidade a granel das granulometrias para cada espécie, tal procedimento se realizou através do método da proveta, para isto utilizou-se uma proveta de 100 ml e uma balança de duas casas de precisão (0,01 g).

Determinou-se o teor de voláteis, cinzas e carbono fixo de cada espécie. Para a determinação do teor de voláteis calcinaram os cadinhos a 900 ° C, em seguida os mesmos com as amostras secas permaneceram na entrada da mufla a 900 ° C durante três minutos com a porta aberta, sendo depois a porta fechada e aguardado por mais sete minutos. A determinação do teor de cinzas se deu com uma temperatura de 800 ° C, as amostras foram colocadas na porta na mufla até que as mesmas pegassem fogo e parassem de sair fumaça, sendo em seguida a porta fechada e aguardado por mais três horas. Outros materiais necessários foram uma balança determinadora de umidade, para garantir que as amostras fossem secas, uma balança semi-analítica e um dessecador para que a umidade não influenciasse na análise.

Para a briquetagem utilizou-se uma prensa hidráulica de pressão máxima de 15 toneladas, um molde cilíndrico com diâmetro de 3,5 cm e altura de 16 cm para confecção de 12 briquetes de cada tratamento (T1, T2, T3 e T4) e uma balança analítica para mensurar 20g de resíduos lignocelulósicos na confecção de cada briquete. Cada corpo de prova foi submetido a uma pressão de 12 toneladas fixas durante 30 segundos.



Com o auxílio de um paquímetro digital, mediu-se o diâmetro e altura de cada briquete. Também foram efetuados ensaios mecânicos de tração por compressão diametral com uma máquina de ensaios universais Emic DL 30000 N.

Cada experimento seguiu o delineamento estatístico inteiramente ao acaso, realizando-se assim dois experimentos para cada espécie (a granulometria como tratamento), pois considera-se que materiais de espécies diferentes possuem comportamentos também diferentes, como já evidenciado em outros trabalhos. Para interpretação dos resultados dos resultados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, Análise de Variância (ANOVA) e utilizou-se do software R version 2.11.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se um comportamento granulométrico similar para as duas espécies quando submetidas ao moinho e ao triturador de resíduos orgânicos. Sendo que as maiores porcentagens obtidas do triturador ficaram retidas na peneira de 20 mesh, caracterizando assim um material de maior granulometria para os tratamentos T1 e T3. Já para os resíduos passados também no moinho, as maiores porcentagens ficaram retidas na peneira de 60 mesh caracterizando um material de menor granulometria para os tratamentos T2 e T4 (Figura 02).

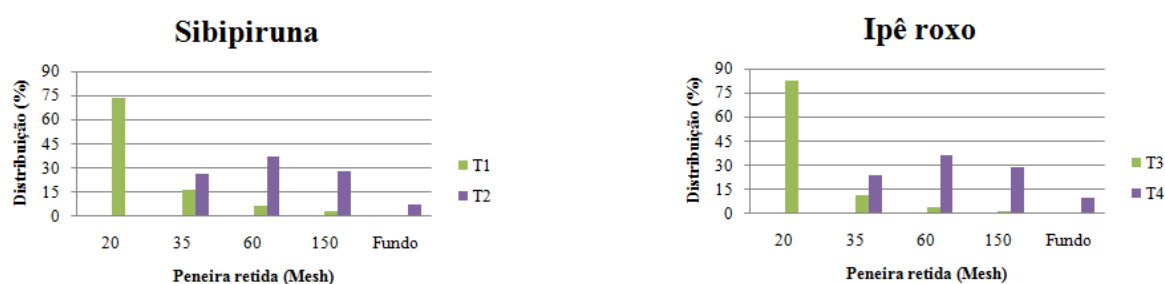


Figura 02. Distribuição granulométrica de restos de poda. Resíduos de *C. pluviosa* a esquerda e resíduos de *H. impetiginosus* a direita.

Figure 02. Particle size distribution of remains of pruning. Waste *C. pluviosa* left and residues *H. impetiginosus* right.

Em relação a densidade a granel para a espécie de *C. pluviosa*, mostrou que a biomassa de T1 possui menor densidade que T2, fato comprovado pela disposição das partículas menores de forma a diminuir os espaços vazios. Em relação a biomassa de *H. impetiginosus*, T3 obteve menor densidade que T4, ao qual segue os mesmos princípios anteriores.

A espécie *H. impetiginosus* apresentou um maior teor de voláteis em relação a espécie *C. pluviosa*, a mesma relação entre as espécies foi obtida para o teor de cinzas, sendo apenas o teor de carbono fixo maior para a biomassa de *C. pluviosa*. Neto et al. (2006) caracterizou várias biomas amazônicas inclusive algumas espécies arbóreas, sendo que algumas espécies apresentaram um teor de voláteis com 90 % (Copaíba), um teor de cinzas de 3% (Garapa), porém o teor de carbono fixo das espécies florestais apresentaram valores acima de 10% (tabela 01).

Tabela 01. Propriedades das espécies de biomassas analisadas.

Table 01. Properties of biomass species analyzed.

Tratamento	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Teor de carbono fixo (%)	Densidade a granel (g/cm ³)
T1				0,31
T2	93,3	2,4	4,3	0,45
T3				0,23
T4	94,3	2,9	2,8	0,37

A partir dos valores obtidos no ensaio e medições, procedeu-se com o Teste de Shapiro-Wilk. Observou-se que os dados para expansão seguiram distribuição normal para todos os tratamentos, como mostra a interpretação abaixo:



Tabela 02. Resultados para o Teste de Shapiro-Wilk para expansão.

Table 02. Results for the Shapiro-Wilk test for expansion.

Experimento	W	p-value
T1 – T2	0,9642	0,5291
T3 – T4	0,9563	0,3691

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

H_1 : Os erros não tem distribuição normal.

Como p-value é maior que o nível de significância de 5% (0,05), não se rejeita a hipótese nula, ou seja, os erros possuem distribuição normal.

Para avaliar a possível diferença de expansão dentro do experimento T1-T2 e T3-T4 realizou-se a ANOVA (tabela 04 e 05).

Tabela 03. ANOVA da expansão dos tratamentos entre T1 e T2 para $\alpha=0,05$.

Table 03. ANOVA expansion of treatment between T1 and T2 for $\alpha = 0.05$.

Causa de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M.	F calc	F
Tratamentos	1	47,844	47,884	41,411	4,30
Resíduo	22	25,438	1,156		
Total	23				

Tabela 04. ANOVA da expansão dos tratamentos entre T3 e T4 para $\alpha=0,05$.

Table 04. ANOVA expansion of treatment between T3 and T4 for $\alpha = 0.05$.

Causa de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M.	F calc	F
Tratamentos	1	21,603	21,6030	46,406	4,30
Resíduo	22	10,242	0,4655		
Total	23				

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 nos dois casos, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, existe diferença significativa na expansão. E assim, os tratamentos de porção mais fina apresentaram os melhores resultados de expansão, com T2 mostrando-se 40,05% em média menos expansivo que T1 e com T4 mostrando-se 27,68% menos expansivo que T3. Segue abaixo (figura 3) as expansões médias de cada tratamento.

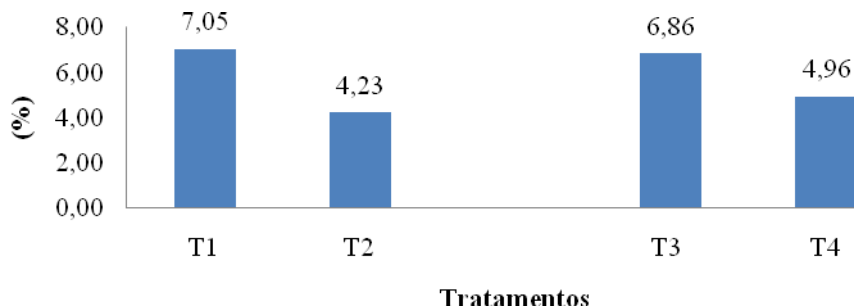


Figura 03. Média de expansão dos tratamentos.

Figure 03. Average expansion of the treatments.

De forma semelhante, a partir dos valores obtidos no ensaio na EMIC, procedeu-se com o Teste de Shapiro-Wilk. Observou-se que os dados para tensão na força máxima seguiram distribuição normal para todos os tratamentos, como mostra a interpretação abaixo:



Tabela 05. Resultados para o Teste de Shapiro-Wilk para tensão.

Table 05. Results for the Shapiro-Wilk test for tension.

Experimento	W	p-value
T1 – T2	0,9158	0,0821
T3 – T4	0,9565	0,4765

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

H_1 : Os erros não tem distribuição normal.

Como p-value é maior que o nível de significância de 5% (0,05), não se rejeita a hipótese nula, ou seja, os erros possuem distribuição normal.

Para avaliar a possível diferença de tensão dentro do experimento T1-T2 e T3-T4 realizou-se a ANOVA (tabela 06 e 07).

Tabela 06. ANOVA da tensão dos tratamentos entre T1 e T2 para $\alpha=0,05$.

Table 06. ANOVA tension of treatment between T1 and T2 for $\alpha = 0.05$.

Causa de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M.	F calc	F
Tratamentos	1	0,000	0,000	$1,368 e^{-07}$	4,41
Resíduo	18	0,049	0,003		
Total	19				

Tabela 07. ANOVA da tensão dos tratamentos entre T3 e T4 para $\alpha=0,05$.

Table 07. ANOVA tension of treatment between T3 and T4 for $\alpha = 0.05$.

Causa de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M.	F calc	F
Tratamentos	1	0,002	0,002	0,783	4,41
Resíduo	18	0,046	0,003		
Total	19				

H_0 : $T_1 = T_2$

H_1 : Há diferença em pelo menos um dos tratamentos.

α : 0,05

Como F calculado é menor que F nos dois casos, ao nível de significância de 5%, não se rejeita a hipótese nula, ou seja, não existe diferença significativa na tensão. Dessa forma, observou-se que a granulometria dos materiais testados não é um fator significativo, a ponto de oferecer grande diferença na resistência mecânica dos briquetes.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho conclui-se que a granulometria do material influencia significativamente a expansão dos briquetes, fato esse que é de extrema importância no momento de armazenamento destes, uma vez que o volume de material estocado deve ser o menor possível para que seja facilitado o seu transporte. Em relação a tensão, a granulometria não mostrou nenhuma influencia nas duas biomassas testadas.

Em relação a densidade a granel dos materiais testados em suas granulometrias, conclui-se que a menor granulometria apresenta maior densidade, característica muito importante para a compactação da biomassa, uma vez que o material de menor partícula apresenta menor espaço entre elas, sendo assim, mais denso.

Os teores de voláteis e cinzas se apresentaram na faixa de algumas espécies arbóreas, entretanto o teor de carbono fixo apresentou se muito abaixo, sugerindo se assim uma nova análise para esta variável química para espécies analisadas.



AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas concedidas e pelo apoio ao projeto. Edital 20/2009 - Linha de Pesquisa 1: Biomassa. Processo 551149/2010-8 e edital MCT/CNPq 10/2010. Processo 502944/2010-2.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, C. R. Gestão de Resíduos da Arborização Urbana: na maioria dos municípios brasileiro não existe um plano de gerenciamento atrelado a uma política ambiental. *A Lavoura*. Rio de Janeiro, v. 114, n. 682, p. 44-47, fev. 2011.
- Guedes, C. L. B.; Adão, D. C.; Quessada, T. P.; Borsato, D.; Galão, O. F.; Di Mauro, E.; Pérez, J. M. M.; Rocha, J. D. Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. *Química Nova*, Vol. 33, No. 4, 781-786, 2010.
- Lorenzi, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 384p.
- Netto, G. B. F.; Oliveira, A. G. P.; Coutinho, H. W. M.; Nogueira, M. F. M.; Rendeiro, G. Caracterização energética de biomassas amazônicas. In: 6º Encontro de Energia do Meio Rural - AGRENER 2006. Campinas-SP. 2006.
- Pincelli, A. L. P. S. M. Características dos resíduos da colheita de madeira de eucalipto e pinus, submetidos ao tratamento térmico, com foco na aplicação energética. Tese de doutorado - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, p. 40, 2011.