

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR PARA POSSÍVEL USO EM GASEIFICADORES DE LEITO FLUIDIZADO

Nestor Proenza Pérez¹, e-mail: nestor.perez@cefet-rj.br
Júlio Santana Antunes², e-mail: santana@feg.unesp.br
Celso Eduardo Tuna², e-mail: celso.tuna@feg.unesp.br
José Luz Silveira², e-mail: joseluz@feg.unesp.br
Ricardo Alan Verdú Ramos³, e-mail: ramos@dem.feis.unesp.br

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Campus Angra dos Reis/RJ.

² Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.(UNESP/FEG)

³ Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.(UNESP/FEIS)

Resumo: O bagaço de cana-de-açúcar é usado como fonte de energia na indústria de cana-de-açúcar. Uma caracterização apropriada de suas propriedades físicas e morfológicas é de vital importância para seu uso em processos de gaseificação. Este trabalho faz um estudo da distribuição de tamanho e forma do bagaço gerado em uma usina de cana-de-açúcar através de dois fatores importantes que influenciam suas propriedades físicas, como a razão de aspecto (AR) e a esfericidade. A distribuição dos tamanhos das partículas foi determinada para as amostras analisadas; as formas das partículas foram determinadas pelo método manual e através do método de análise de imagens, usando o software ImageJ. Observou-se que o bagaço de cana-de-açúcar tem um comprimento maior do que as outras biomassas analisadas com uma largura muito similar. A relação de aspecto esteve no intervalo de 2,14 a 5,5 para todas as faixas de tamanhos estudadas (9,5 - 0,15 mm). Para partículas com diâmetros inferiores a 0,3 mm, a relação de aspecto tem um comportamento similar ao das outras biomassas com um valor de 2,5. A esfericidade determinada varia entre 0,27 - 0,558, com um valor médio de 0,397.

Palavras-chave: esfericidade, bagaço de cana-de-açúcar, razão de aspecto, análise de imagem

1. INTRODUÇÃO

A preocupação da sociedade com relação ao uso de combustíveis e tecnologias que causam impacto negativo ao meio ambiente tem aumentado, a partir do estabelecimento dos padrões de emissões do Protocolo de Quioto o qual busca a redução dos gases de efeito estufa (GEE) com a introdução de novas tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia. Estudos experimentais reportados na literatura tem demonstrado que a utilização de gaseificadores de leito fluidizado borbulhante se apresentam como uma opção promissória para a gaseificação ou pirólise rápida deste tipo de biomassa (Gabra *et al.*, 2001a; Xue, Heindel, & Fox, 2011). Geralmente neste tipo de sistemas se faz necessário a adição de um material inerte como areia. Devido a isto a fluidodinâmica de um leito fluidizado composto por misturas binárias de biomassa e inerte vai depender fortemente das propriedades físicas das partículas que compõem o leito, sobre tudo da densidade, distribuições de tamanho e forma de ambos tipos de partículas (Zhang, Jin, & Zhong, 2009). Assim a influência da forma e tamanho das partículas de biomassa não deve ser ignorada em fenômenos de transporte, mistura e fluidização. Além disso a grande variedade de formas e tamanhos resulta em partículas com áreas superficiais e volumétricas distintas, características estas que afetam diretamente os processos de transferência de calor e massa assim como as taxas de oxidação e devolatilização (Lu *et al.*, 2010).

Alguns estudos tem sido realizados para a determinação das características geométricas do bagaço de cana. H. W. Bernhardt (1993) tem desenvolvido uma metodologia para a determinação do fator de forma baseada em medições feitas de forma manual o através de microscópio, do comprimento, largura e espessura de aproximadamente 200 partículas de bagaço, este autor sugere que outros estudos similares sejam feitos para estabelecer si os resultados obtidos são de aplicação universal o cambiam significativamente de acordo com o método usado de preparação e processamento da cana assim como da variedade de cana utilizada si influem na distribuição dos fatores de forma das partículas. Outros estudos realizados por Ponce and Friedman (1983) e Gómez *et al.*, (2012) determinam a densidade aparente e as propriedades geométricas de diferentes fracciones de bagaço, capim-elefante e palha de cana, nesse caso seguem o mesmo procedimento reportado por Bernhardt, (1993) realizando a medição direta das três dimensiones características da

partícula e utilizando como modelo geométrico um prisma de base retangular. Driemeier *et al.*, (2011) caracteriza diferentes tipos de partículas de bagaço de cana obtidas em diferentes condições de trituração, utilizando técnicas comumente aplicadas a sistemas particulados, determinando a distribuição de tamanhos, densidade aparente, área superficial e espessura efetiva da parede celular. Um estudo envolvendo diferentes tipos de biomassa como bagaço de sorgo doce, resíduos de tabaco, cascas de soja e fibras de bagaço de sorgo, foi realizado por Cardoso *et al.*, (2013), o mesmo emprega técnicas de imagem digital para a determinação da forma e tamanho das partículas. A esfericidade reportada para esses tipos de biomassa esteve na faixa de 0,45-0,7 e o fator de forma de 1,9-2,6. Guo, Chen, & Liu, (2012) reportam um estudo realizado com quatro tipos diferentes de biomassa: pinheiro, talos de feijão, cascas de arroz e cana-de-açúcar. Foi reportado nesse trabalho uma alta relação de aspecto para as biomassas estudadas que vá diminuindo conforme diminui o tamanho da partícula. No entanto a distribuição granulométrica mostrou um comportamento similar para as quatro biomassas estudadas. Outros estudos relacionados com a determinação e distribuição de tamanhos utilizando técnicas de processamento digital de imagens para uma ampla variedade de materiais são reportados por Crawford & Mortensen, (2009), (partículas de oro), C. Igathinathane *et al.*, (2008) and , C. Igathinathane *et al.*, (2009) (Grãos e partículas de biomassa).

Nesse contexto o objetivo principal é determinar as principais características geométricas tais como distribuição de tamanho, radio de aspecto e esfericidade do bagaço de cana-de-açúcar produzido por uma usina tradicional da região centro sul do estado de São Paulo, que utiliza variedades de cana típicas de esta região e do Nordeste Brasileiro. Essas características geométricas são extremadamente importantes para os estudos de simulação e modelado assim como para a fluidodinâmica e dimensionamento de equipamentos como reatores de leito fluidizado borbulhante que trabalham com misturas de partículas de biomassa e material inerte, o que permitiria uma melhor seleção desses equipamentos.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL (OU PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL)

Foi coletada uma amostra de aproximadamente 150 kg de bagaço de cana de açúcar das usinas de açúcar e álcool da região central de São Paulo e do nordeste brasileiro. O bagaço coletado e composto por misturas de diferentes variedades de cana como: RB867515, SP81-3250, RB855453, SP79-1049, SP 91-1049, que são as variedades mais utilizadas no Brasil e fundamentalmente em nessas regiões (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2011), esse bagaço procede de diferentes lugares geográficos, tipos de solos, tempo de colheita, condiciones climáticas e forma de corte (manual ou mecanizado).

Para a determinação da distribuição de tamanhos de partículas uma mostra representativa de 100 g de bagaço es fraccionada através de técnicas de peneiramento. O equipamento utilizado foi uma máquina vibratória Produtest, Modelo T, Brasil, com um tempo de peneiramento de 20 min. Foi utilizada a norma ASTM E828 (*Standard Test Method for Designating the Size of RDF-3 From its Sieve Analysis*) padronizada com um total de 11 peneiras mais o fundo com aberturas de 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,59; 0,425; 0,3; 0,25; 0,212; 0,18; e 0,15 mm respectivamente. La massa retida em cada uma das peneiras foi pesada com uma balança eletrônica digital Marca DIGIPESO DP-3000, precisão 0,01g. O mesmo experimento foi repetido 5 vezes e o valor médio foi adoptado como resultado final. A determinação do diâmetro médio de Sauter segundo Kunii e Levenspiel (1991) e Geldart (1986) é calculado como:

$$d_p^- = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{d_{pi}} \right)} \right] \quad (1)$$

Onde:

x_i é a fração mássica das partículas com diâmetro médio igual a d_{pi}

d_{pi} é o diâmetro médio das partículas retidas entre uma peneira e a sua subsequente, mm.

$$d_{pi} = \left[\frac{(x_i^2 + x_{i+1}^2) \cdot (x_i + x_{i+1})}{4} \right]^{0.33} \quad (2)$$

A determinação do comprimento e largura das partículas de bagaço de cana foi feita de forma manual para as partículas maiores de 590 µm de acordo com a descrição feita por Heywood (1970) e Bernhardt (1993) para partículas tipo fibra. Foi utilizado um paquímetro eletrônico digital com resolução de 0,01 mm, sendo realizadas 50 medições com 3 repetições em cada intervalo de diâmetro, determinando-se o valor médio como medida final. Para partículas pequenas tipo medula a determinação das características geométricas, esfericidade e fator de forma, foi feita através de técnicas de análise digital de imagem, neste caso foi utilizado um microscópio da marca ZEISS modelo Stemi 2000 e o software ImageJ.

Em esse método a largura (a) se toma como a dimensão de base e é definida como a distância mínima entre duas linhas paralelas tangenciais ao contorno da área projetada da partícula e deve ser medida numa direção em angulo reto com respeito à espessura que se tomou como a dimensão más curta em angulo reto respeito à longitude. Sendo o comprimento (l) a distância entre duas linhas tangentes à área projetada da partícula perpendiculares ao plano tangencial que define a largura.

A formas das partículas de biomassa são descritas quantitativamente através de um parâmetro denominado razão de aspecto (*RA*) definido como:

$$RA = \frac{l}{a} \quad (3)$$

Onde:

l- comprimento da partícula, [m]

a- largura da partícula, [m]

A esfericidade de forma adimensional é definida segundo equação 3 como sendo a relação entre a área projetada da esfera e a área projetada da partícula ambas com o mesmo volume.

$$\phi = 4 \cdot \frac{A_{pe}}{\pi \cdot (d_p)^2} \quad (4)$$

Onde:

A_{pe} - área projetada da esfera, [m²]

d_p - diâmetro da partícula, [m]

2.1. Software ImageJ

O software ImageJ tem um modulo integrado para o análises de partículas que permite ajustar a uma elipse a imagem binaria projetada baseada no momento central de segunda ordem (B. Rodieck, 2008), o que permite a determinação real da área projetada e do perímetro das partículas quando ambos parâmetros são equivalentes. A determinação do comprimento e calculada de acordo com o diâmetro Feret, que é a distância média entre duas linhas paralelas tangentes ao contorno projetado da partícula, enquanto que a largura foi calculado em correspondência com o diâmetro Martin que é definido como a longitude média da corda que divide em partes iguais (passando pelo centroide) a área projetada, (Vide fig. 1). No caso de partículas com geometrias conhecidas, como é o caso de retângulos e quadrados, o diâmetro *Feret* representa a dimensão na diagonal em lugar do comprimento, pelo que segundo Igathinathane *et al.*, (2008), isto gera uma super estimativa na medição do comprimento ou largura da ordem de 13%, para partículas com este tipo de geometrias foi utilizado um fator de correção de 0,886227 definido por (Igathinathane *et al.*, 2008).



Figura 1: Determinação das dimensões pelo ajuste de uma elipse

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 é apresentada uma amostra de cada uma das faixas granulométricas obtidas do análise de peneiramento. Por ser uma biomassa polidispersa as dimensões características apresentaram uma distribuição bastante ampla, inclusive a massa de partículas no extremo inferior da serie de peneiras, ou seja partículas muito pequenas, chegaram a representar 6% da massa total analisada. A distribuição é apresentada na Tab. 1. O diâmetro caraterístico, ou dimensão característica (*d_{pi}*) referido a duas peneiras consecutivas, é obtido através da equação (2), sendo o diâmetro médio determinado segundo Kunii e Levenspiel (1991) (equação 1), igual a 0,788 mm. Esse diâmetro é referido ao diâmetro médio do bagaço de cana em sua forma natural, neste caso é considerado o bagaço “*in natura*” como aquele que sai dos moinhos das usinas sem que se aplique nenhum método de separação.



Figura 2: Distribuição granulométrica do bagaço de cana-de-açúcar

Tabela 1: Resultados da análise granulométrica.

ASTM Serie	Abertura peneiras (mm)	d_{pi} (mm)	Massa retida (g)	Fracção em massa X_i
3/8"	9.5-4.75	7.125	11.4	0.037
4	4.75-2.36	3.555	7.70	0.036
8	2.36-1.18	1.770	11.3	0.018
16	1.18-0.59	0.885	9.50	0.109
30	0.59-0.425	0.507	20.4	0.101
40	0.424-0.30	0.362	10.3	0.044
50	0.30-0.25	0.275	14.7	0.118
60	0.25-0.212	0.231	2.90	0.017
70	0.212-0.18	0.196	4.60	0.021
80	0.18-0.15	0.165	2.50	0.007
100	0.15-<0.15	0.075	1.80	0.011
Fundo	0	0	2.90	0.037
Total			100	

O comportamento do analisis granulometrico pode-se observar na Tab. 1 onde o maior porcentagem de particulas retidas correspondio as peneiras com diâmetro de 0,3 e 0,59 mm respectivamente. Esta distribuição segue um comportamento normal esperado para este tipo de analisis em concordancia com os valores reportados por Gabra *et al.*, (2001) e De Filippis *et al.*, (2004) onde a maior concentração de particulas esteve retida nas peneiras com diâmetros entre 1,0 – 0,25 mm e 1,0 – 0,5 mm respectivamente.

A Figura 3 mostra o comportamento da largura e o comprimento com intervalo de confiança de 95%. As dimensões médias de largura e comprimento determinadas foram $1.101\text{mm} \pm 1.235$ e $4.705\text{mm} \pm 3.511$ respectivamente. A razão de aspecto e a esfericidade foi determinada para cada uma das fracções das partículas de bagaço obtidas da análise de peneiramento e podem ser vistas na Tabela 2.

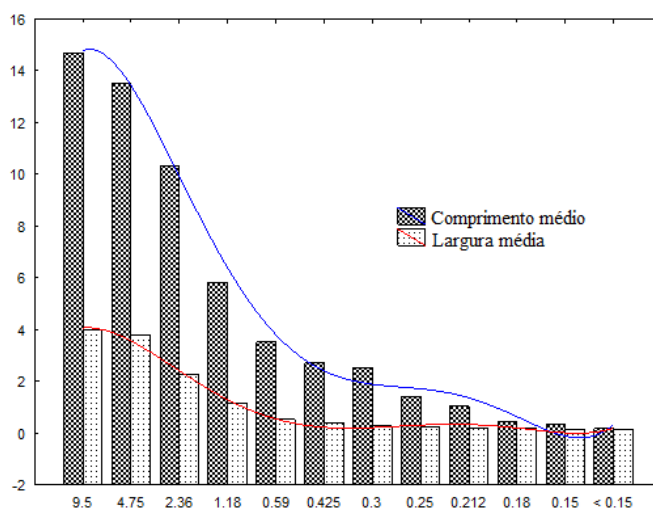


Figura 3: Dimensões médias dos diferentes diâmetros de partículas

As equações (5) e (6) descrevem dois modelos matemáticos empíricos obtidos através do ajuste de dados experimentais por regressão não linear, com um ajuste polinômico de grau cinco, para o bagaço de cana, que permitem a determinação das principais dimensões (comprimento/largura) em função do diâmetro característico, com um fator de correlação $R^2 = 0,98$ para o comprimento e $R^2 = 0,99$ para a largura, respectivamente.

$$B_{Larg} = 10.587 + 8.499 \cdot d_p - 5.216 \cdot d_p^2 + 0.985 \cdot d_p^3 - 0.078 \cdot d_p^4 + 0.0023 \cdot d_p^5 \quad (5)$$

$$B_{comp} = 2.77 + 2.693 \cdot d_p - 1.712 \cdot d_p^2 + 0.33 \cdot d_p^3 - 0.026 \cdot d_p^4 + 0.0008 \cdot d_p^5 \quad (6)$$

Tabela 2: Razão de Aspecto e esfericidade

Diâmetro (mm)	Razão de Aspecto	Esfericidade
9,500	5,508±3,654	0,272±0,179
4,750	5,375±3,880	0,281±0,185
2,360	4,660±3,430	0,321±0,186
1,180	5,429±3,995	0,288±0,190
0,590	5,282±3,930	0,305±0,207
0,425	4,261±2,695	0,340±0,206
0,300	4,547±3,390	0,340±0,208
0,250	2,890±1,878	0,465±0,220
0,212	2,592±2,120	0,510±0,207
0,180	2,153±1,166	0,541±0,193
0,150	2,227±1,397	0,549±0,201
< 0,15	2,140±1,292	0,558±0,190

Segundo os resultados obtidos na Tab. 2 na medida que diminui o diâmetro das partículas, diminui a razão de aspecto, e por conseguinte, a esfericidade aumenta. Para o bagaço de cana “*in natura*” a razão de aspecto calculada foi de $3,922 \pm 2,74$, fazendo uma comparação com os valores reportados por Guo *et al.*, (2012) para diferentes biomassas como o caule de feijão, palha de arroz e junco, o valor obtido é muito próximo devido a que fazem parte da mesma família de herbáceos pelo que a estrutura interna e as forças de ruptura durante a moagem são muito parecidas, mas quando comparado com o pino a razão de aspecto é maior, devido a ser uma planta lenhosa pelo que sua resistência ao corte em duas direções é menor que para o bagaço pela sua própria estrutura de divisão celular (Guo *et al.*, 2012).

A Figura 4 mostra uma comparação feita entre as partículas de bagaço e outras biomassas em faixas de diâmetros específicos, podendo-se constatar que na faixa das partículas menores (0,15 – 0,18 mm) a RA do bagaço e o caule de feijão são praticamente iguais sendo maior que o de pinheiro e menor que o de palha de arroz e junco. Já nas faixas de

diâmetros maiores (0,18-0,3 e 0,3-0,425 mm) a RA do bagaço e do Junco ficam muito próximos, mas sendo sempre a RA do bagaço maior que o resto das biomassas.

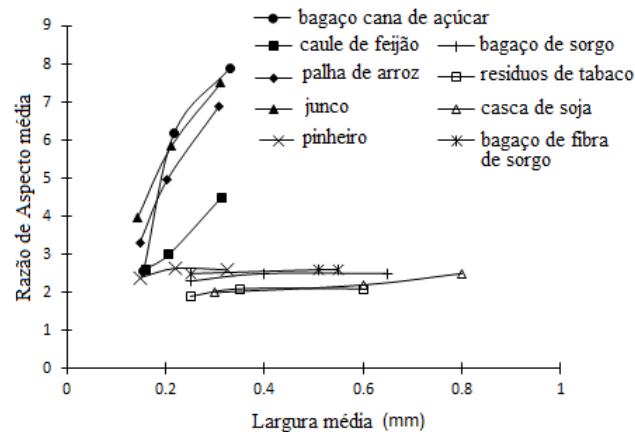


Figura 4: Razão de Aspecto de diferentes biomassas

A equação 7 mostra o modelo desenvolvido através de uma expressão aproximada, obtida por regressão no linear para a determinação empírica da RA de partículas de bagaço de cana de açúcar compreendidas nos diâmetros entre 0.15 – 9.5mm com uma $R^2 = 0.94$.

$$RA = 6.07 - 0.88 \cdot d_p + 0.33 \cdot d_p^2 - 0.05 \cdot d_p^3 + 0.0023 \cdot d_p^4 \quad (7)$$

O valor de esfericidade encontrado para o bagaço em sua forma natural foi de 0,3975, na Figura 4 pode-se observar uma comparação feita com outros tipos de biomassa reportadas no estudo de Cardoso *et al.*, (2013).

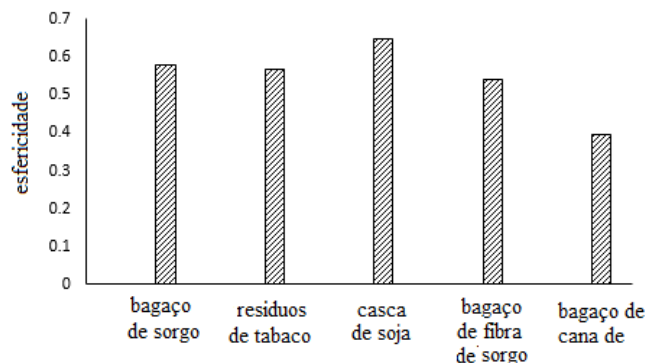


Figura 5: Esfericidade de diferentes biomassas

Foram analisadas um total de 7,256 partículas das quais quase a metade (3,597) tiveram uma esfericidade compreendida entre 0,1 – 0,35, com uma esfericidade média de 0,363, esse valor de esfericidade é o dobro do valor reportado por Gomez *et al.*, [11] para a palha de cana e o capim elefante com valores médios de 0,1658 e 0,1746 respectivamente, isto pode-se explicar pelo fato de que o rango de partículas analisadas no estudo anterior foi entre 1,19 – 6,35 mm, pelo que ao incluir neste estudo partículas com granulometrias mais pequenas cabe-se esperar um aumento na esfericidade. Nas partículas compreendidas nos diâmetros entre 0,25- <0,15mm, mais da metade delas (5,033) tiveram valores de esfericidade entre 0,4-0,74 com um valor médio de 0,527 pelo que pode afirmar-se que na medida que diminui o diâmetro da partícula a esfericidade aumenta.

A equação 8 mostra o modelo obtido para a determinação da esfericidade com uma $R^2 = 0.97$, parâmetro muito importante para o desenho de reatores de leito fluidizado e para processos de simulação.

$$\phi = 0.212 + 0.087 \cdot d_p - 0.032 \cdot d_p^2 + 0.0047 \cdot d_p^3 - 0.0002 \cdot d_p^4 \quad (8)$$

4. CONCLUSÕES

Foram caracterizadas quantitativamente a forma das partículas e a distribuição de tamanhos através de parâmetros como razão de aspecto e esfericidade os quais são dos fatores que influenciam diretamente nas propriedades físicas do material. Para o bagaço de cana “in natura” o tamanho médio de comprimento e largura foi de $4,71 \text{ mm} \pm 3,51$ e $1,10 \text{ mm} \pm 1,24$, respectivamente. A razão de aspecto varia em função do tamanho da partícula entre 5,5 – 2,14 com um valor médio de $3,92 \pm 2,74$. Para tamanhos de partículas grandes a razão de aspecto mostra valores muito diferentes para distintos tipos de biomassa, mas quando o diâmetro diminui tem uma tendência de alcançar valores quase iguais no entorno de 2-2,5 sem importar o tipo de biomassa, isso devido em grande parte a diminuição das diferenças nos tamanhos das partículas. O valor médio da esfericidade considerando os rangos granulométricos analisados variou na faixa entre 0,27 - 0,56, obtendo-se um valor médio para o bagaço in natura de 0,397. Finalmente foram desenvolvidos modelos matemáticos aproximados, obtidos por regressão não linear para a determinação do comprimento e largura características, razão de aspecto e esfericidade, das partículas de bagaço.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Luis Rogerio de Oliveira Hein, chefe do LAIMat (Laboratório de Imagem de Materiais) da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), campus de Guaratinguetá, por sua ajuda e orientação na realização dos testes com imagens. Também agradecer ao Conselho Nacional de Ciência e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) (processo 150223/2017-0) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- B. Rodieck. (2008). “EllipseFitter class of ImageJ”. <<http://rsb.info.nih.gov/ij/developer/source/ij/process/EllipseFitter.java.html>> Accessed August, 2017.
- Bernhardt, B. H. W. (1993). “Shape factors of bagasse particles”. *Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association*, (June).
- Cardoso, C. R., Oliveira, T. J. P., Santana Junior, J. a., & Ataíde, C. H. (2013). “Physical characterization of sweet sorghum bagasse, tobacco residue, soy hull and fiber sorghum bagasse particles: Density, particle size and shape distributions”. *Powder Technology*, Vol. 245, pp. 105–114.
- CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. (2011). “Censo Varietal de Productividade”.
- Crawford, E. C. & Mortensen, J. K. (2009). “An ImageJ plugin for the rapid morphological characterization of separated particles and an initial application to placer gold analysis”. *Computers and Geosciences*, Vol. 35, No.2, pp. 347–359.
- De Filippis, P., Borgianni, C., Paolucci, M., & Pochetti, F. (2004). “Gasification process of Cuban bagasse in a two-stage reactor”. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 27, No. 3, pp. 247–252.
- Driemeier, C., Oliveira, M. M., Mendes, F. M., & Gómez, E. O. (2011). “Characterization of sugarcane bagasse powders”. *Powder Technology*, Vol. 214, No. 1, pp. 111–116.
- Gabra, M., Pettersson, E., Backman, R., & Kjellström, B. (2001a). “Evaluation of cyclone gasifier performance for gasification of sugar cane residue—Part 1: gasification of bagasse”. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 21, pp. 351–369.
- Gabra, M., Pettersson, E., Backman, R., & Kjellström, B. (2001b). “Evaluation of cyclone gasifier performance for gasification of sugar cane residue—Part 2: gasification of cane trash”. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 21, No. 5, pp. 371–380.
- Geldart, D. (1986). *Gas Fluidization Technology*. John Wiley and Sons. New York. 435 p.
- Gómez, E. O., Cortez, L. A. B., Alarcon, G. R., Rocha, G. J. D. M., Da Silva, V. F. N., & De Almeida, E. (2012). “Some simplified geometrical properties of elephant grass and sugarcane trash particles”. *Fuel Processing Technology*, Vol. 104, pp. 234–244.
- Guo, Q., Chen, X., & Liu, H. (2012). “Experimental research on shape and size distribution of biomass particle”. *Fuel*, Vol. 94, pp. 551–555.
- Heywood, H. . (1970). “Size, shape and size distribution of particulate materials”. Course on particle technology. Nordwijk, Netherlands 18 p.
- Igathinathane, C., Pordesimo, L. O., Columbus, E. P., Batchelor, W. D., & Methuku, S. R. (2008). “Shape identification and particles size distribution from basic shape parameters using ImageJ”. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 63, No. 2, pp. 168–182.
- Igathinathane, C., Pordesimo, L. O., Columbus, E. P., Batchelor, W. D., & Sokhansanj, S. (2009). “Sieveless particle size distribution analysis of particulate materials through computer vision”. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 66, No. 2, pp. 147–158.

- Kunii, D. Levenspiel, O. (1991). *Fluidization Engineering Second edition*. Butterworth, Heinemann. 387 p.
- Lu, H., Ip, E., Scott, J., Foster, P., Vickers, M., & Baxter, L. L. (2010). "Effects of particle shape and size on devolatilization of biomass particle". *Fuel*, Vol. 89, no. 5, pp. 1156–1168.
- N. Ponce, P. Friedman, D. L. (1983). "Geometric properties and density of bagasse particles". *International Sugar Journal*, Vol. 85, No. 1018, pp. 291–295.
- Xue, Q., Heindel, T. J., & Fox, R. O. (2011). "A CFD model for biomass fast pyrolysis in fluidized-bed reactors". *Chemical Engineering Science*, Vol. 66, No. 11, pp. 2440–2452.
- Zhang, Y., Jin, B., & Zhong, W. (2009). "Experimental investigation on mixing and segregation behavior of biomass particle in fluidized bed". *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 48, No. 3, pp. 745–754.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

"Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho".

MAIN CHARACTERISTICS OF SUGARCANE BAGASSE FOR POSSIBLE USE IN FLUIDIZED BED GASIFIERS

Nestor Proenza Pérez¹, e-mail: nestor.perez@cefet-rj.br
Julio Santana Antunes², e-mail: santana@feg.unesp.br
Celso Eduardo Tuna², e-mail: celso.tuna@feg.unesp.br
José Luz Silveira², e-mail: jose luz@feg.unesp.br
Ricardo Alan Verdú Ramos³, e-mail: ramos@dem.feis.unesp.br

¹ Federal Center for Technological Education Celso Suckow da Fonseca (CEFET / RJ), Angra dos Reis Campus / RJ

² State University of Sao Paulo, Faculty of Engineering of Guaratinguetá (UNESP / FEG)

³ State University of Sao Paulo, Faculty of Engineering of Ilha Solteira.(UNESP/FEIS)

Abstract. Sugarcane bagasse is used as a source of energy in the sugarcane industry. An appropriate characterization of its physical and morphological properties is of vital importance for its use in gasification processes. This work presents a study of the size and shape distribution of bagasse generated in a sugar cane plant through two important factors that influence its physical properties, such as aspect ratio (RA) and sphericity. The particle size distribution was determined for the analyzed samples; the particle shapes were determined by the manual method and by the image analysis method, using ImageJ software. It was observed that the sugarcane bagasse has a longer length than the other biomasses analyzed with a very similar width. The aspect ratio was in the range of 2,14 to 5,5 for all ranges of studied sizes (9,5-0,15 mm). For particles with diameters less than 0,3 mm, the aspect ratio behaves similarly to other biomasses with a value of 2,5. The determined sphericity ranges from 0,27 – 0,558, with an average value of 0,377.

Keywords: sphericity, sugarcane bagasse, aspect ratio, image analysis