

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE ALIMENTOS EM PÓ À BASE DE CACAU

GISELE T. MAKITA¹; LÍVIA C. JORGE²; FERNANDA Z. VISSOTTO³;
GINA M.B.Q. CARDOZO⁴; FLORÊNCIA C. MENEGALLI⁵; MARIA I. RODRIGUES⁵

Nº0801010

Resumo

Nesta pesquisa, foram estudadas as características morfológicas dos grânulos de achocolatados, formulados com sacarose tipo cristal ou moída, nas condições mínima, média e máxima das variáveis do aglomerador com vapor (pressão de vapor, temperatura do secador rotativo, rotação do secador e vazão dos sólidos da alimentação). Através das análises microscópicas, observou-se que a sacarose moída é adequada para ser usada na formulação dos achocolatados aglomerados, visto que sua menor granulometria permite sua participação na formação do grânulo, sem segregação. Visando avaliar os parâmetros de forma e tamanho dos grânulos, foram analisadas pelo menos 150 partículas. Os resultados obtidos mostraram que não existem diferenças significativas entre os descritores de forma das partículas - curvatura, circularidade, rugosidade e taxa de aspecto, nas condições de processo avaliadas, mostrando que os grânulos de achocolatados aglomerados com vapor apresentam formato alongado. Quanto aos descritores de tamanho – área, perímetro, perímetro do polígono convexo e diâmetros de *Feret*, verificou-se diferença entre as condições de processo, para partículas maiores que 600 µm.

Abstract

In this research, it was studied the cocoa beverage powders granules morphological characteristics, formulated with crystal or milled sucrose, in the minimum, average and maximum conditions of the steam agglomerator variables (steam pressure, dryer temperature, solids entrance yield and dryer rotation). Through microscopic analysis, it was observed that the milled sucrose is adequate to be used in the formulation of agglomerated cocoa beverage powders, because their smaller size allows its participation in the granule formation, without segregation. With the objective to evaluate the granules shape and size parameters, it were analyzed at least 150 particles. The results showed that there were no significant differences between the shape descriptors of the particles – roundness, circularity, rugosity and aspect ratio, in the process conditions evaluated, showing that the cocoa beverage granules have an elongated shape. About the size descriptors - area, perimeter, perimeter of the convex polygon and *Feret* diameter, there was difference between the process conditions for particles larger than 600 µm.

1. BOLSISTA CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas-SP, ✉ tokie@fea.unicamp.br

2. BOLSISTA CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas-SP, ✉ livia@fea.unicamp.br

3. ORIENTADOR: Pesquisador, CEREAL CHOCOTEC/ITAL, Campinas-SP

4. COLABORADOR: Pesquisador, LAFISE/ITAL, Campinas-SP

5. COLABORADORES: Professores, FEA/UNICAMP, Campinas-SP

1. Introdução

Os descritores de forma possibilitam a caracterização morfológica da partícula, sendo necessários vários descritores para caracterizar o formato dos grânulos. Os descritores de forma simples são obtidos das medidas do tamanho do “contorno” da partícula. Por exemplo, a área S do “contorno”, que corresponde à área projetada da partícula, é usada para calcular o diâmetro equivalente – D_{eq} correspondente ao diâmetro do disco de mesma superfície que o contorno da partícula (TURCHIULI *et al.*, 2005).

$$D_{eq} = 2(S/\pi)^{1/2}$$

Outro fator freqüentemente apresentado é a circularidade da partícula definida por:

$$C = P^2/4\pi S$$

C compara a superfície S do objeto com um disco de mesmo perímetro P . A circularidade é igual a 1 para o disco e aumenta quando a partícula se afasta desta forma de referência, caracterizando alongação da partícula ou irregularidade da superfície (PONS *et al.*, 2002). Se C é menor do que 1,25, a partícula é denominada circular; se C está entre 1,25 e 2, a partícula é angular; se C é maior que 2, a partícula é alongada (TURCHIULI *et al.*, 2005).

Os diâmetros de *Feret* máximo e mínimo, apresentados na Figura 1, estão geralmente associados com o comprimento e a largura da partícula e são usados para calcular o ψ (taxa de aspecto), caracterizando sua alongação. Quanto mais o valor de ψ se afasta de 1, mais alongada é a partícula (TURCHIULI *et al.*, 2005).

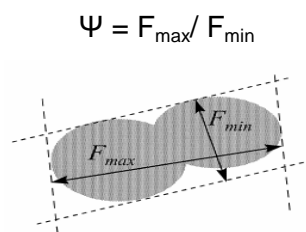


FIGURA 1. Diâmetros de *Feret* máximo e mínimo (PONS *et al.*, 1999).

A curvatura (R) é obtida através da relação entre D_{eq} e F_{max} , caracterizando a alongação da partícula, sendo que quanto mais a partícula é alongada, menor é o valor de R .

$$R = D_{eq}/F_{max}$$

Com a relação entre o perímetro real do objeto (P) e o perímetro do seu polígono convexo externo (P_c), conforme mostrado na Figura 2, pode-se caracterizar a rugosidade ou “convexidade” da partícula. Segundo Pons *et al.* (1999):

$$\text{Convexidade} = P/P_c$$

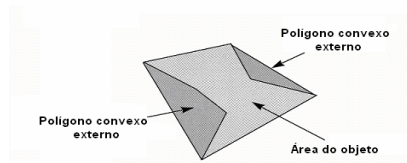


FIGURA 2. Polígono convexo externo (PONS *et al.*, 1999).

2. Material e Métodos

2.1 Materiais

Para a obtenção dos achocolatados foram utilizados: 80% de sacarose de cana, 12% de maltodextrina de milho (17-19,9 DE), 8% de cacau em pó (alcalino, 11-12% de gordura) e 0,3% lecitina de soja natural de baixa viscosidade ($T = 25^{\circ}\text{C}$, 2.900 cP), de acordo com VISSOTTO *et al.* (2006).

2.2 Pré-tratamentos

Para formular os achocolatados com a sacarose moída, parte da sacarose foi moída em moinho de martelos (marca Treu, peneira 3,2 mm) e passada em peneira de 1,19 mm. Os componentes foram então misturados em equipamento *ribbon blender* (20 L de pó) a 25°C e 120 rpm por 20 min. Depois, no mesmo equipamento e com as mesmas condições, realizou-se a lecitinação. O mesmo procedimento foi utilizado para a obtenção do achocolatado com a sacarose tipo cristal, exceto pela etapa da moagem.

2.3 Aglomeração

A aglomeração dos achocolatados foi feita em equipamento piloto com vapor (ICF Industrie CIBEC s.p.a., Itália), Figura 3.

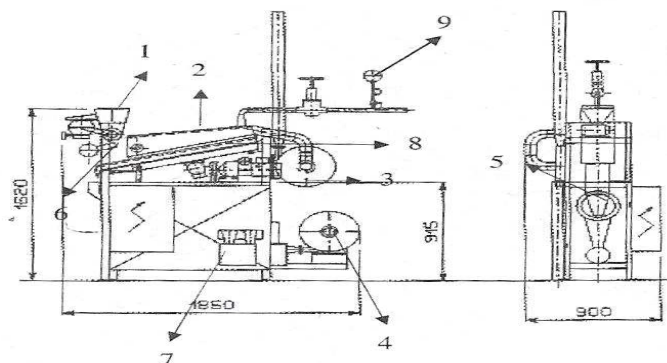


FIGURA 3. Desenho esquemático do aglomerador piloto ICF Industrie CIBEC, sendo (1) tremonha de alimentação, (2) sistema aquecido de aspiração de vapor e finos, (3) exaustor, (4) ventilador de ar para o secador rotativo, (5) secador rotativo, (6) difusor de vapor, (7) classificador dos aglomerados, (8) tela inclinada 45° , (9) manômetro de vapor.

As variáveis estudadas na aglomeração com vapor são apresentadas na Tabela 1, sendo obtidos nestas condições de processo grânulos dos achocolatados que foram caracterizados quanto aos descritores de tamanho e forma: área, diâmetros de *Feret*, taxa de aspecto, rugosidade, perímetro da partícula e perímetro do polígono externo, curvatura e circularidade.

TABELA 1. Variáveis de processo da aglomeração com vapor.

Variáveis	Condições de processo		
	A_{max}	A_{med}	A_{min}
Pressão de Vapor (bar)	1,8	1,4	1,0
Temperatura do secador rotativo (°C)	100	95	90
Rotação do secador (rpm)	52	32	12
Vazão dos sólidos na alimentação (g/min)	700	550	400

2.4 Análises microscópicas e de imagem

Foram capturadas imagens de cada uma das frações das amostras separadas em peneiras de 1190, 850, 600, 425, 300, 212, 150 μm e fundo, utilizando-se microscópio estereoscópio SZX9 acoplado a uma Câmera Sony CCD-IRIS. As imagens foram analisadas com o software Image-Pro® Plus – version 4.2 for Windows™ from Media Cybernetics. Para assegurar valores confiáveis foram analisadas 150 partículas de cada uma das peneiras.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização morfológica dos achocolatados após a aglomeração

Foi observado através das imagens obtidas que o achocolatado formulado com a sacarose tipo cristal não aglomerou homogeneamente. Houve a formação de grânulos de maltodextrina e cacau em pó, mas a sacarose ficou segregada.

Já no achocolatado formulado com a sacarose moída, verifica-se a formação de grânulos mais porosos e uniformes devido à sacarose possuir, neste caso, uma menor granulometria, participando na formação do grânulo juntamente com a maltodextrina e o cacau em pó, sem segregação (Figuras 4 e 5). Nas Figuras 4 e 5, D_p é igual ao diâmetro médio de partícula.

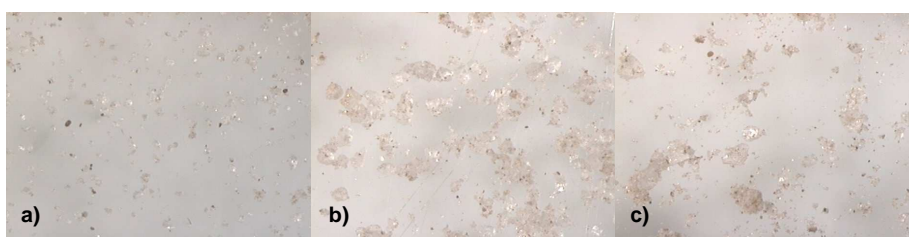


FIGURA 4. Achocolatado formulado com sacarose moída antes da aglomeração: (a) $D_p < 150 \mu\text{m}$, (b) $150 \leq D_p < 212 \mu\text{m}$, (c) $212 \leq D_p < 300 \mu\text{m}$. Não foi retido material nas outras peneiras.

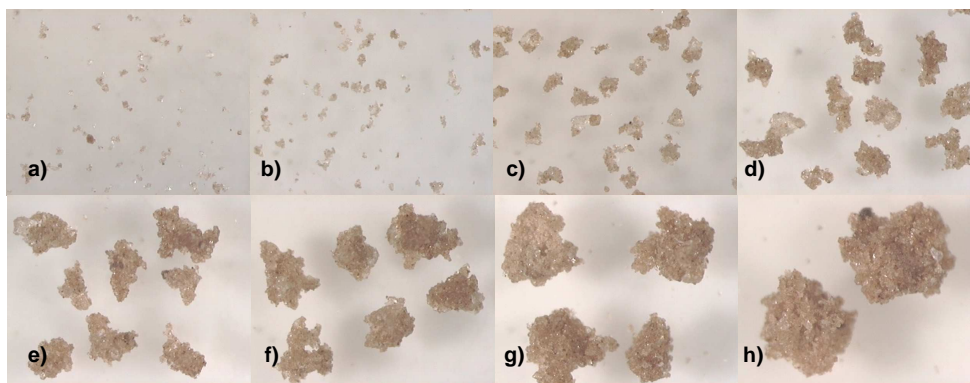


FIGURA 5. Achocolatado formulado com sacarose moída depois da aglomeração: (a) $D_p < 150 \mu\text{m}$, (b) $150 \leq D_p < 212 \mu\text{m}$, (c) $212 \leq D_p < 300 \mu\text{m}$, (d) $300 \leq D_p < 425 \mu\text{m}$, (e) $425 \leq D_p < 600 \mu\text{m}$, (f) $600 \leq D_p < 850 \mu\text{m}$, (g) $850 \leq D_p < 1190 \mu\text{m}$, (h) $D_p \geq 1190 \mu\text{m}$.

A partir das imagens obtidas dos grânulos dos achocolatados produzidos a diferentes condições de processo, observou-se que os grânulos retidos na peneira de abertura de $1190 \mu\text{m}$ apresentam diferença de tamanho entre as condições A_{max} , A_{min} e A_{med} . Constata-se que os grânulos de maior tamanho foram formados na condição A_{min} , principalmente devido à variável de processo vazão de sólidos da alimentação ($V_{\text{sol alim}} = 700 \text{g/min}$).

3.2 Número mínimo de partículas para avaliação dos parâmetros de forma e tamanho

Os descritores de forma e tamanho foram determinados para pelo menos 150 partículas garantindo assim a estabilização do desvio padrão e do valor médio dos descritores, como mostrado na Figura 6.

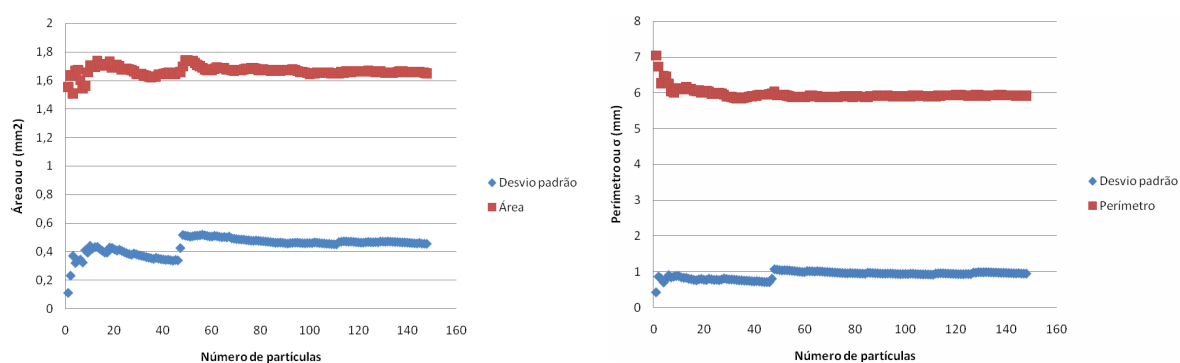


FIGURA 6. Exemplo do efeito do número de partículas na média e nos desvios padrão (σ) dos descritores de área e perímetro na condição de processo A_{max} .

3.3 Parâmetros de forma e tamanho dos grânulos de achocolatado

Analisando os resultados obtidos para os parâmetros de forma taxa de aspecto, curvatura e circularidade (Figura 7), percebe-se que a partícula tende a ser mais alongada, sendo que somente os grânulos de maior diâmetro, distribuídos nas peneiras de abertura entre 850 e $1190 \mu\text{m}$, apresentam-se como partículas angulares ($1,25 < C < 2$), como comprova a

classificação de TURCHIULI *et al.* (2005) para o parâmetro circularidade. Percebe-se também que as partículas distribuídas na peneira de abertura 0 – fundo, apresentam baixa rugosidade em relação aos outros grânulos, visto serem um pó mais fino. Conforme o tamanho da partícula de pó aumenta, verifica-se um incremento da rugosidade. Nas distintas condições de processo avaliadas, verifica-se uma mesma tendência no comportamento da circularidade, rugosidade e curvatura das partículas. Porém, observa-se que para a abertura de 600 μm da peneira, os valores para a taxa de aspecto das condições avaliadas se diferem, apesar de em todas as condições a partícula tender a ser mais esférica conforme sua granulometria aumenta.

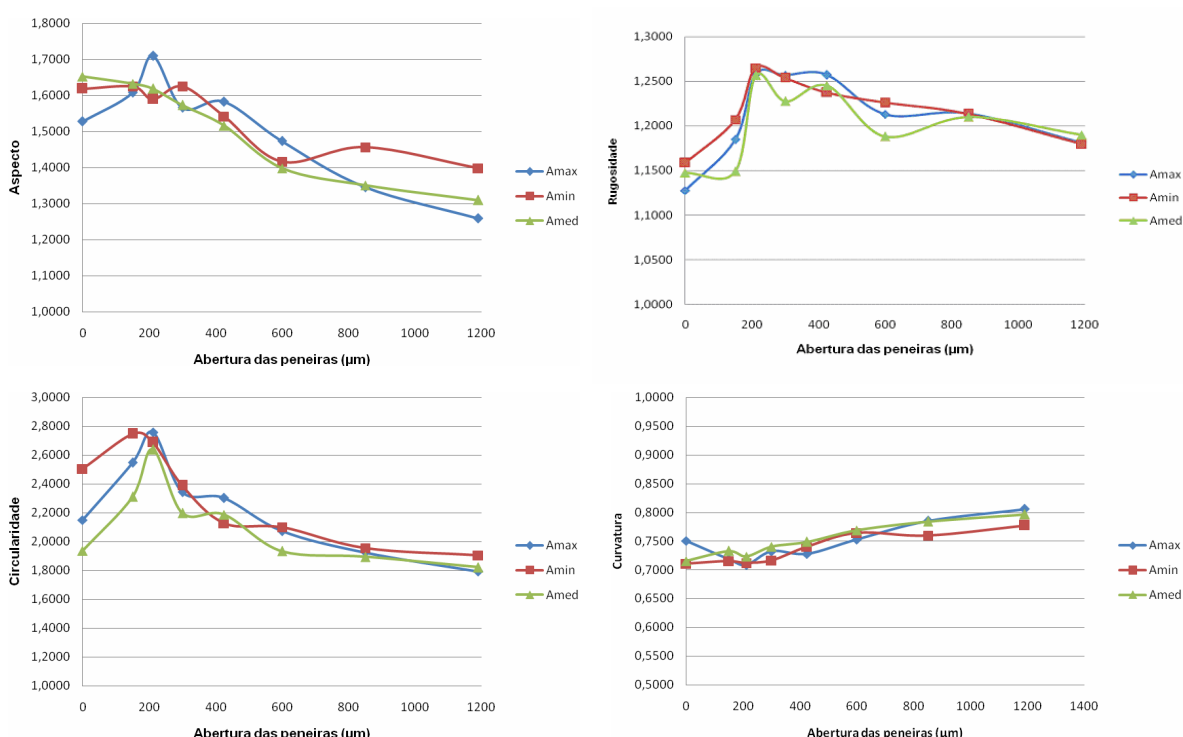


FIGURA 7. Média dos valores dos parâmetros de forma taxa de aspecto, rugosidade, circularidade e curvatura das partículas de achocolatado.

Observa-se através da Figura 8 que os aglomerados de achocolatado, nas três condições de processo estudadas se diferem nos descritores de tamanho (área, perímetro, diâmetros de *Feret*) a partir da peneira de abertura de 600 μm , ou seja, a diferença é mais acentuada nas partículas de pó de maior tamanho. É possível notar também que nas condições de processo mínimas – A_{min} , são obtidas as partículas com maior área, perímetro e diâmetros mínimo e máximo de *Feret*. Possivelmente isso ocorreu devido ao parâmetro de processo vazão de sólidos da alimentação, pois quanto menor o fluxo de pó na alimentação do aglomerador, para um fluxo de vapor constante, maiores são os grânulos formados. Maiores

vazões na alimentação do aglomerador levam a formação de partículas de menor tamanho (VISSOTTO *et al.*, 2008).

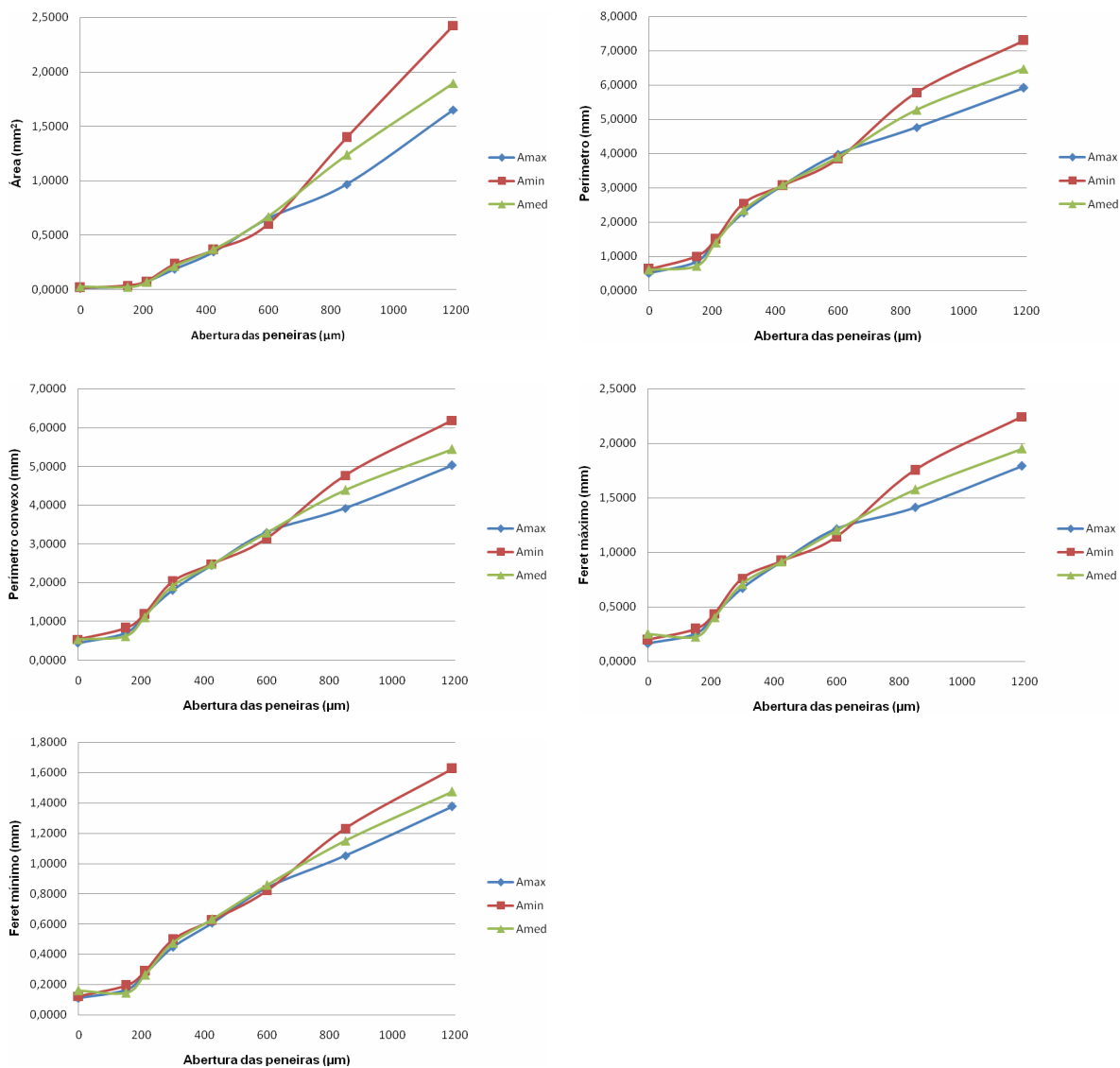


FIGURA 8. Média dos valores dos parâmetros de tamanho área, perímetro, perímetro convexo e diâmetros de *Feret* máximo e mínimo das partículas de achocolatado.

4. Conclusões

A utilização da sacarose moída na formulação dos achocolatados a serem aglomerados com vapor possibilita a obtenção de grânulos mais uniformes e porosos. Quando se utiliza o açúcar cristal, observa-se a sua segregação dos demais componentes.

A metodologia utilizada neste estudo permitiu caracterizar os grânulos de achocolatados obtidos através do processo de aglomeração com vapor usando descritores de tamanho e

forma. O número mínimo de partículas avaliadas – 150 possibilita a obtenção com segurança dos descritores de forma e tamanho dos grânulos formados na aglomeração com vapor. As condições do processo de aglomeração com vapor avaliadas (mínima, média e máxima) praticamente não apresentaram diferenças entre si quando comparadas utilizando-se os descritores de forma das partículas (curvatura, circularidade, rugosidade e taxa de aspecto). Quanto aos descritores de tamanho (área, perímetro, perímetro do polígono convexo e diâmetros de *Feret*) verifica-se diferença entre as condições de processo para partículas com tamanho acima de 600 μm . Em condições mínimas de processo, principalmente de vazão de sólidos da alimentação, observa-se aumento nos valores dos descritores de tamanho.

Referências Bibliográficas

PONS, M.N.; VIVIER, H.; BELAROU, K.; BERNARD-MICHEL, B.; CORDIER, F.; OULHANA, D.; DODDS, J.A. *Particle morphology: from visualisation to measurement*. Powder Technology, v.103, p.44 – 57, 1999.

PONS, M.N.; VIVIER, H.; DELCOUR, V.; AUTHELIN, J.R.; HUBERT, L.P. *Morphological analysis of pharmaceutical powders*. Powder Technology, v.128, p.276 – 286, 2002.

TURCHIOLI, C.; ELOUALIA, Z.; EL MANSOURI, N.; DUMOLIN, E. *Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties*. Powder Technology, v.157, n.1-3, p.168 – 175, 2005.

VISSOTTO, F.Z.; MONTENEGRO, F.; SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, S.J.R. *Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de bebida em pó a base de cacau*. Ciência e Tecnologia de Alimentos. v.26, n.3, p.666-671, 2006.

VISSOTTO, F.Z.; JORGE, L.C.; RODRIGUES, M.I.; MENEGALLI, F.C. *Study of the processes parameters and the influence of sugar granulometry in cocoa beverage powder agglomeration with steam*. ICEF 10, 20-24 abril 2008.