

DETERMINAÇÃO DE POROSIDADE PARA CACAU EM AMÊNDOAS*

Bento Vilar de Almeida
José Borges Pinheiro Filho
Tetuo Hara
Maria Fortes**

RESUMO

O presente trabalho foi executado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, em janeiro de 1978, com os objetivos de determinar a porosidade de cacau em amêndoas e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais, em função do teor de umidade e da massa específica aparente.

Foram utilizadas amêndoas de cacau em fase final de fermentação, cedidas pela Estação Experimental "Filogônio Peixoto", da CEPLAC, Linhares-ES. Os diferentes teores de umidade 0,8%; 2,8%; 7,6%; 14,7%; 20,8%; 23,0%; 25,0%; 34,4%; 43,3%; 74,3% e 105,4% (b.s.) utilizados no trabalho, foram obtidos por remoção de umidade do material em estufa ventilada, a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Os testes foram realizados no interior de uma câmara climática, com temperatura de 18°C e umidade relativa de 40%. A porosidade foi determinada num picnômetro de comparação a ar.

As conclusões do trabalho, para as condições em que foi realizado, demonstram que a porosidade para amêndoas de cacau de cresce linearmente, tanto com o aumento do teor de umidade, quanto com o aumento de massa específica aparente.

SUMMARY

The present study was conducted at the Laboratory of Storage and Processing of Agricultural Products, Agricultural Engineering Department, Federal University of Viçosa, Viçosa - MG during January 1978. The main objectives of the work were to determine the cocoa beans porosity and to fit mathematical models to experimental data as a function of their moisture content and bulk density.

Cocoa beans in their final stage of fermentation, obtained from the "Filogônio Peixoto" Experimental Station, CEPLAC, Linhares-ES, were used for the study. Moisture content of 0.8; 2.8; 7.6; 14.7; 20.8; 23.0; 25.0; 34.4; 43.3; 74.3 and 105.4% (d.b.) were tested in an environmental controlled chamber at temperature of 18°C and 40% relative humidity. Porosity was determined in an air comparison pycnometer.

For the conditions under which the experiment was conducted it was observed that the porosity of the cocoa beans decreased linearly with their moisture content and bulk density.

(*) Parte da Tese apresentada pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do Grau de "Magister Scientiae."

(**) Respectivamente Professor-Colaborador, nível III, UFPb, Professor - Adjunto, Professor Titular e Professor-Adjunto, UFV.

INTRODUÇÃO

A determinação das propriedades físicas de materiais biológicos é um dos fatores decisivos em pesquisas e projetos de equipamentos de manuseio, transporte, seleção e processamento de produtos agrícolas. A aplicação de tais propriedades, no entanto, apresenta inúmeras restrições, pois variam, segundo condições ambientes, variedade e tipo de grãos, localização e fertilidade de solos, práticas agrícolas empregadas e período de armazenamento.

Informações concernentes a tamanho e forma, massa específica e porosidade, são parâmetros considerados relevantes em estudos de hidrodinâmica, aerodinâmica e transferência de calor e massa em volumes de grãos.

Os principais objetivos do presente estudo são: a) determinar a porosidade para cacau em amêndoas, para diversos teores de umidade e à temperatura ambiente de 18°C; b) ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais, em função do teor de umidade e da massa específica aparente.

REVISÃO DE LITERATURA

DAY (1964) foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar um picnômetro para determinar a porosidade de grãos e outros materiais porosos. GUSTAFSON e HALL (1972) determinaram a porosidade de 50 amostras de milho da variedade De Kalb XL-66, da safra do outono de 1969, através da equação:

$$P = 1 - \frac{\rho}{\rho_r} \quad (1)$$

onde:

P = Porosidade (decimal)

ρ = Massa específica aparente (kg/m³)

ρ_r = Massa específica real (kg/m³)

Usaram um picnômetro de comparação a hélio-ar, conjugado com uma bomba de vácuo, para determinar o volume real das amostras, volume este destinado ao cálculo da massa específica real. Ajustaram - por análise de regressão - equações que indicam haver uma relação linear entre a porosidade e a massa específica aparente. A relação entre a porosidade e o teor de umidade, são curvas com ponto mínimo entre 17% e 30% de umidade (b.u.).

CHUNG e CONVERSE (1971) usaram um picnômetro de comparação a ar para estudar os efeitos do teor de umidade sobre propriedades físicas de grãos. Verificaram que a porosidade de milho e trigo decresce, linearmente, com o aumento do teor de umidade. O mesmo tipo de instrumento foi utilizado por THOMPSON e ISAACS (1967) em estudos de porosidade de vários tipos de grãos.

Os resultados obtidos são de 5% a 10%, inferiores aos apresentados por outros pesquisadores, usando deslocamento de líquidos. Observaram que a porosidade decresce, linearmente, com o aumento da massa específica aparente e do teor de umidade. Segundo THOMPSON e ISAACS (1967) Zink determinou a porosidade de grãos, utilizando mercúrio para preencher os espaços intergranulares; por outro lado, Lorenzen determinou a porosidade de milho, cevada, trigo e arroz, introduzindo um volume conhecido de grãos em 1000 cm³ de tolueno, e Ross, para determinar a porosidade de milho, aveia, soja e trigo, introduziu um volume conhecido de água num recipiente cheio de grãos.

WRATTEN et alii (1969) utilizando um picnômetro de comparação a ar, de

(*) Os resultados citados pela Literatura são apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Porosidade de Produtos Agrícolas (%)

PRODUTO	Faixa de Teor de Umidade % (b.s.)	Faixa de Temperatura °C	Valor ou Expressão	Referência
Alfafa	-	-	Gráfico*	2
Arroz ¹	14 - 22	-	69,05 - 88,5U	6
Arroz ²	14 - 22	-	65,55 - 47,5U	6
Aveia ⁺⁺	-	-	101,23 - 4,944 x 10 ⁻² ρ	5
Cacau	9,63 - 114,50	80	54,0655 (0,9981)Us	4
Milho	1 - 37	Ambiente	101 - 7,8 x 10 ⁻² ρ	1
Milho ⁺	9 - 52	-	94,92 - 4,64 x 10 ⁻² ρ	3
Trigo	1	Ambiente	90 - 5,8 x 10 ⁻² ρ	1

1 Grãos Médios

2 Grãos Longos

* Apresentou o gráfico (uma reta) da porosidade em função da massa específica aparente

+ O autor apresenta outros gráficos, relacionando a porosidade com o teor de umidade e a massa específica aparente, para diferentes condições de secamento

++ O autor incluiu outros resultados para trigo, sorgo, soja, centeio, cevada, alfafa e milho.

terminaram a porosidade de arroz de grãos médios e longos. Observaram que a porosidade decresce, linearmente, com o aumento do teor de umidade no intervalo de 12% a 18% (b.u.), e que a porosidade de grãos longos é maior que a de grãos médios.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado com amêndoas de cacau em fase final de fermentação, procedentes da Estação Experimental "Filogônio Peixoto", da CEPLAC, Linhares-ES.

A variação do teor de umidade das amêndoas foi obtida por remoção de água do material, em estufa ventilada a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, a partir da umidade inicial (105,4%, b.s.). Após resfriamento em dessecadores, as amostras de cada teor de umidade foram acondicionadas em sacos plásticos, hermeticamente fechados, dentro de uma câmara climática, à temperatura ambiente de 18°C e umidade relativa de 40%, durante 24 horas, a fim de entrar em equilíbrio térmico com o ambiente para as posteriores determinações de porosidade.

Os teores de umidade das amostras - média dos teores de umidade antes e depois de cada teste - foram determinados com amostras em torno de 25g, pelo processo da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas, com 4 repetições.

Na determinação da porosidade da massa granular de amêndoas, foi utilizado um picnômetro de comparação a ar (Figura 1) previamente calibrado, usando-se água destilada. Em cada operação, o cilindro nº 1 do picnômetro foi cheio com amêndoas colocadas lentamente em seu interior e levemente agitado, para favorecer a acomodação do material. O excesso de amêndoas foi eliminado com uma régua deslocada sobre a abertura do cilindro.

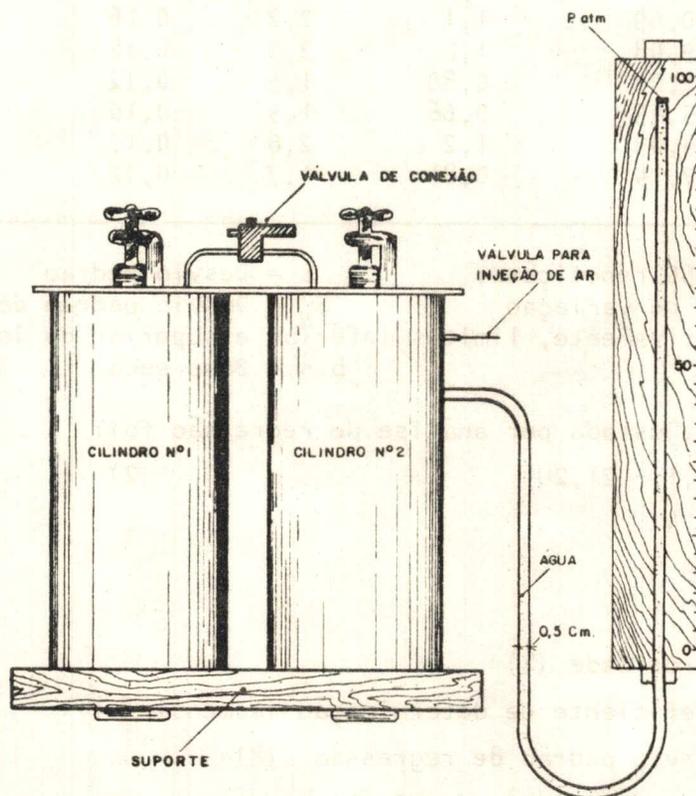


FIGURA 1 - Esquema do picnômetro.

Foram determinadas porosidades para 11 diferentes teores de umidade da massa granular de cacau (0,8%; 2,8%; 7,6%; 14,7%; 20,8; 23,0%; 25,0; 34,4%; 43,3%; 74,3% e 105,4, b.s.) com 50 determinações para cada nível de umidade. Adotou-se o critério de trocar as amêndoas 5 vezes para cada teor de umidade, e realizar 10 repetições para cada troca de amêndoas, visando minimizar possíveis efeitos do enchimento do picnômetro e alterações de temperatura e teor de umidade das amêndoas. Esta operação foi realizada no interior da câmara climática. Os valores obtidos para a porosidade foram corrigidos pela equação de calibração do picnômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais de porosidade são mostrados no Quadro 2, em função do teor de umidade. Observa-se que a porosidade média da massa granular de cacau, decresce com o aumento do teor de umidade.

QUADRO 2 - Porosidade da Massa Granular de Cacau

Teor de Umidade (% b.s.)	P (%)	s (%)	CV (%)	SN (%)	Limites de Confiança para a Média (%)	
					Li	Ls
0,8	56,67	1,0	1,8	0,15	56,35	56,95
2,8	53,40	1,4	2,7	0,21	52,96	53,80
7,6	54,42	1,3	2,4	0,19	54,02	54,78
14,7	51,82	1,2	2,2	0,17	51,46	52,14
20,8	53,31	1,2	2,2	0,17	52,95	53,63
23,0	50,69	1,1	2,2	0,16	50,34	50,98
25,0	49,08	1,2	2,5	0,18	48,69	49,41
34,4	52,01	0,80	1,5	0,12	51,57	52,41
43,3	45,45	0,66	1,5	0,10	45,21	45,61
74,3	44,03	1,2	2,6	0,17	43,65	44,33
105,4	47,14	0,81	1,7	0,12	46,69	47,53

* P - Média, com 50 repetições;

s = Desvio padrão

CV - Coeficiente de variação

S_N = Desvio padrão da média

Li e Ls = Respectivamente, limites inferior e superior do intervalo de confiança;

b.s. = Base seca

A equação ajustada por análise de regressão foi:

$$P = 55,1 - 21,2U \quad (2)$$

$$R^2 = 0,74$$

$$s = 1,9$$

onde:

$$P = \text{Porosidade (\%)}$$

$$R^2 = \text{Coeficiente de determinação (adimensional)}$$

$$s = \text{Desvio padrão de regressão (\%)}$$

$$U = \text{Teor de umidade (decimal, b.u.)}$$

Os parâmetros da equação 2 são significativos ao nível de 1% de probabilidade. Uma relação linear para arroz foi obtida por WRATTEN et alii (1969). É por outro lado, GUSTAFSON e HALL (1972) obtiveram uma relação quadrática para milho. PRADO (1978) no entanto, ajustou uma relação exponencial para cacau em amên

doas.

A Figura 2 ilustra, graficamente, a relação entre a porosidade para cacau em amêndoas e o teor de umidade.

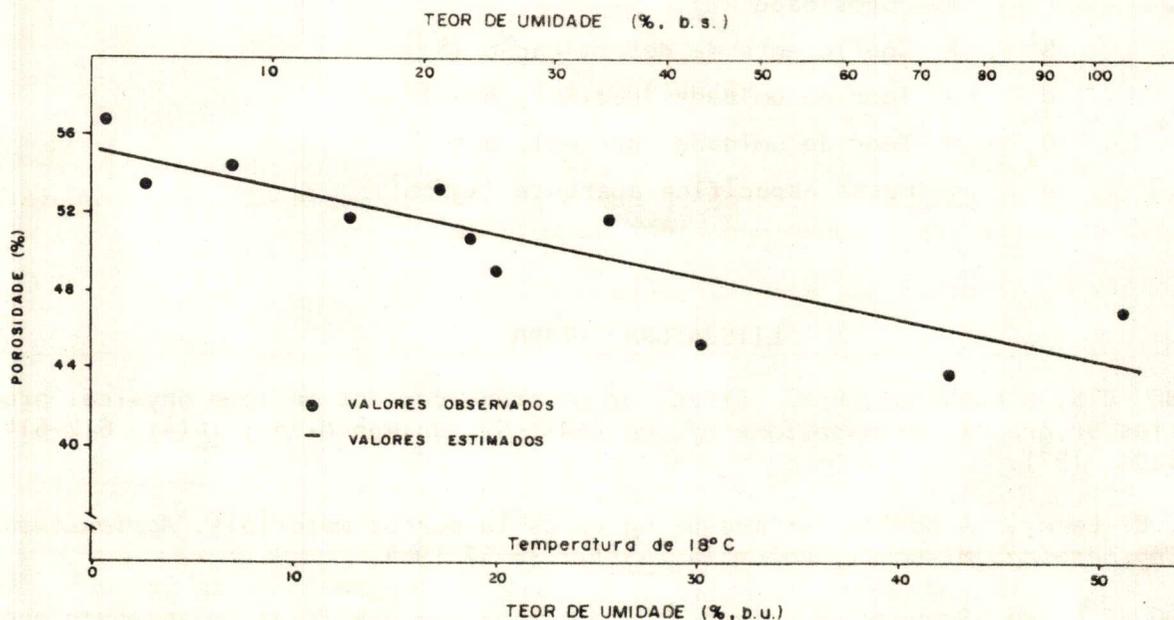


FIGURA 2 - Variação da porosidade da massa granular de amêndoas de cacau, com o teor de umidade.

Foi usada a análise de regressão para determinar a relação entre a porosidade e massa específica aparente. A equação ajustada foi:

$$P = 82,2 - 0,070 \rho \quad (3)$$

$$R^2 = 0,88$$

$$s = 1,3$$

onde:

P = Porosidade (%)

R^2 = Coeficiente de determinação (adimensional)

s = Desvio padrão de regressão (%)

ρ = Massa específica aparente (kg/cm^3)

Os parâmetros da equação 3 são significativos ao nível de 1% de probabilidade. Relações lineares entre porosidade e massa específica aparente, foram obtidas também para milho por GUSTAFSON e HALL (1972) e, para trigo e milho, por CHUNG e CONVERSE (1971).

CONCLUSÕES

As conclusões do trabalho, para as condições em que foi realizado, mostram que a porosidade para amêndoas de cacau decresce, linearmente, tanto com o

aumento do teor de umidade, quanto com o aumento da massa específica aparente.

LISTA DE SÍMBOLOS

b.s.	=	Base seca
b.u.	=	Base úmida
P	=	Porosidade (%)
R ²	=	Coefficiente de determinação (%)
U	=	Teor de umidade (decimal, b.u.)
U _s	=	Teor de umidade (decimal, b.s.)
ρ	=	Massa específica aparente (kg/cm ³)

LITERATURA CITADA

- CHUNG, D.S. & CONVERSE, H.H. Effect of moisture content on some physical properties of grains. *Transactions of the ASAE*. St. Joseph Mich., 14(4): 612-614 e 620. 1971.
- DAY, C. Leroy. A device for measuring voids in porous materials. *Agricultural - Engineering*. Missouri, Columbia, 45(1): 36-37 1964.
- PRADO, E.P. do *Secagem de sementes de cacau em camadas finas, a sessenta e oito graus Célcius e variação da porosidade durante o processamento*. U.F.V., Empresa Universitária, Viçosa. 1978. 31 p. (Tese de M.S.).
- THOMPSON, R.A. & ISAACS. G.W. Porosity determination of grains and seeds with an air comparison pycnometer. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, Mich., 10(5): 693-696. 1967.
- WRATTEN, F.T.; POOLE, W.D.; CHESNESS, J.L.; BAL, S. & RAMARAO, V. Physical and thermal properties of rough rice. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, Mich., 12 (6): 801-803.