

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

Nome da Pesquisa: *Estudo das Propriedades Físicas e
Mecânicas dos Materiais Biológicos*

Nome do Orientador: *Mario Eduardo R M C Mata*

Nome do Pesquisador: *José Geraldo Fernandes Filho*

Campina Grande, julho/82



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO ----- | 01 |
| 2. OBJETIVO ----- | 01 |
| 3. MATERIAL E MÉTODO ----- | 02 |
| 4. DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE ----- | 02 |
| 4.1 - Funcionamento do Picnometro ----- | 03 |
| 4.2 - Curva de Regressão para o Picnometro com Manometro de Registro ----- | 04 |
| 4.3 - Curva de Regressão para o Picnometro com Manometro de Ar Livre ----- | 04 |
| 5. OBTENÇÃO DAS UMIDADES ----- | 06 |
| 6. CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES ----- | 07 |
| 6.1 - Mamona ----- | 07 |
| 6.2 - Algaroba ----- | 08 |
| 7. POROSIDADE PARA DIVERSAS PERCENTAGENS DE UMI- DADE ----- | 09 |
| 7.1 - Mamona ----- | 10 |
| 7.1.1 - Manometro de Registro ----- | 10 |
| 7.1.2 - Curva de Regressão ----- | 10 |
| 7.1.3 - Manometro de Ar Livre ----- | 10 |
| 7.1.4 - Curva de Regressão ----- | 10 |
| 7.2 - Algaroba ----- | 11 |
| 7.2.1 - Manometro de Ar Livre ----- | 11 |
| 7.2.2 - Curva de Regressão ----- | 11 |
| 8. MASSA ESPECÍFICA PRA DIVERSAS PERCENTAGENS DE UMIDADE ----- | 12 |
| 8.1 - Mamona ----- | 12 |
| 8.1.1 - Manometro de Registro ----- | 12 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 8.1.2 - Curva de Regressão ----- | 13 |
| 8.1.3 - Manómetro de Ar Livre ----- | 13 |
| 8.1.4 - Curva de Regressão ----- | 13 |
| 8.2 - Algaroba ----- | 14 |
| 8.2.1 - Manómetro de Ar Livre ----- | 14 |
| 8.2.2 - Curva de Regressão ----- | 14 |
| 9. CONCLUSÃO ----- | 15 |

1. INTRODUÇÃO

Ninguém pode negar a essencialidade de um aparelhamento qualquer para proteger, preservar, conservar a produção perecível ou deteriorável, de modo a valorizar as colheitas, prolongar a vida comercial dos produtos e assegurar a alimentação do homem por períodos mais dilatados que os das safras. Em todos os tempos procurando-se sempre guardar parte dos gêneros alimentícios colhidos, prevendo a incerteza dos dias futuros.

Estes Armazenamentos, geralmente, são feitos em Silos e Armazéns, que por sua vez, devem ser providos de secadores e ventiladores. Os Silos têm uma maior eficiência, já que estes conseguem movimentar e conservar todo o produto a granel, em umidades ótimas, evitando invasões de pragas. Já os Armazéns, conservam os produtos em sacas que por sua vez, a sua constância de umidade varia, e está sujeita a rompimento dos sacos por praga ou por acidentes.

As máquinas dimensionadas para estas finalidades, como secadores, colheideiras, separadoras de grãos, etc, necessitam de conhecimento de suas propriedades físicas, dentre as quais, podemos citar uma das mais importantes:

- A porosidade que proporciona a resistência à passagem de ar na secagem e aeração de grão,
- e Massa específica dos grãos que nos daria a grandeza do dimensionamento do armazenamento.

2. OBJETIVO

Determinar as porosidades e Massa Específica de sementes de Algaroba e Mamona, para os teores de umidade de 6 a 13% e 3 a 11%, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba do Centro de Ciências e Tecnologia - Campus II.

Foram utilizadas sementes de Mamona e Algaroba, em fase final de fermentação, coletadas no fim de cada colheita e descascadas.

As determinações da porosidade na massa granular foram feitas por meio de um picnometro, especialmente construído para esse fim. Os dados relativos à porosidade, às temperaturas de 35°C a 40°C para a Mamona e 45°C a 50°C para Algaroba.

No final de cada determinação, as sementes voltam a um dessecador, mantido a temperaturas respectivas, podendo ser umedecido ou secado.

4. DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE

Para determinação da porosidade da massa granular, no decorrer da secagem, utilizamos o picnometro citado, baseado no modelo proposto por Day, citado por Mousenim, cuja descrição é a seguinte:

O picnometro é constituído por duas camisas cilíndricas de tubos p/canalizações de 352 ml (manometro de ar livre) e 1660 ml (manometro registrador).

A tampa é dotada de junta de borracha, permitindo fechar ou vedar a borda simultânea do cilindro. Na tampa é conectado um tubo de cobre (10 mm de diametro), com uma válvula de co

nexão que permite ou não a passagem de ar de um cilindro ao outro. No cilindro 1 foram adaptados um tubo de cobre (5 mm de diâmetro) que se conecta com o manômetro de ar livre ou manômetro registrador, e uma válvula que permite a injeção de ar.

A pressão de trabalho, para o manômetro Registrador, foi de 2 atm, e para o manômetro de Ar Livre é de 30 mm de Hg, sendo que neste utilizamos mercúrio como fluido.

4.1 - Funcionamento do Picnômetro

O cilindro 2 contém semente até seu limite máximo, fecha-se a válvula de conexão e se injeta ar no cilindro 1, com auxílio de uma bomba, até a pressão de trabalho desejada. A pressão do ar no cilindro 1 é definida pela equação dos gases perfeitos:

$$P_1 V_1 = m R_e T \quad (1)$$

onde:

P_1 = Pressão no cilindro 1 (mm de Hg ou atm)

V_1 = Volume do ar no cilindro 1 (cm^3)

m = Massa de ar no cilindro 1 (g)

R_e = Valor numérico ($0,288 \text{ Joules g}^{-1} \text{ ou } ^\circ\text{K}^{-1}$)

T = Temperatura Termodinâmica ($^\circ\text{K}$)

Abre-se a válvula de conexão entre o cilindro 1 e o cilindro 2. Com isto, a massa total de ar será desmembrada em massa m_1 no cilindro 1 e m_2 no cilindro 2, onde:

$$m_t = m_1 + m_2 \quad (2)$$

Faz a leitura no manômetro em trabalho com a válvula de conexão aberta, e se obtêm P_2 .

Como $R_{e1} T_1 = R_{e2} T_2 = RT = \text{constante}$, $m = \frac{P_1 V_1}{R_e T}$ e, de

acordo com (2), pode-se escrever:

$$\frac{P_1 V_1}{R_e T} = \frac{P_2 V_1}{R_e T} + \frac{P_2 V_2}{R_e T}$$

onde:

V_1 = Volume de ar no cilindro 1

V_2 = Volume de ar no espaço intergranular

P_1 e P_2 = Pressões lidas no manómetro, antes e depois de a
brir-se a válvula de conexão.

De onde se chega a fórmula da Porosidade

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \quad (\text{Veja Figura 1})$$

4.2 - Curva de Regressão p/o Picnómetro, com manómetro de Registro

Para este picnómetro, não foi preciso ser feita a curva de regressão, já que este aparelho está com 100% de exatidão.

Obs: Veja Gráfico 1.

4.3 - Curva de Regressão p/o Picnómetro, com manómetro a Ar Livre

Foram feitas medidas com o picnómetro totalmente cheio ($V = 352$ ml), ou melhor, com 0% (zero) de porosidade, a 264 ml ou a 25% de porosidade, a 176 ml ou a 50% de porosidade, a 88 ml ou a 75% de porosidade e a 0 ml ou a 100% de porosidade, e conseguimos os seguintes resultados:

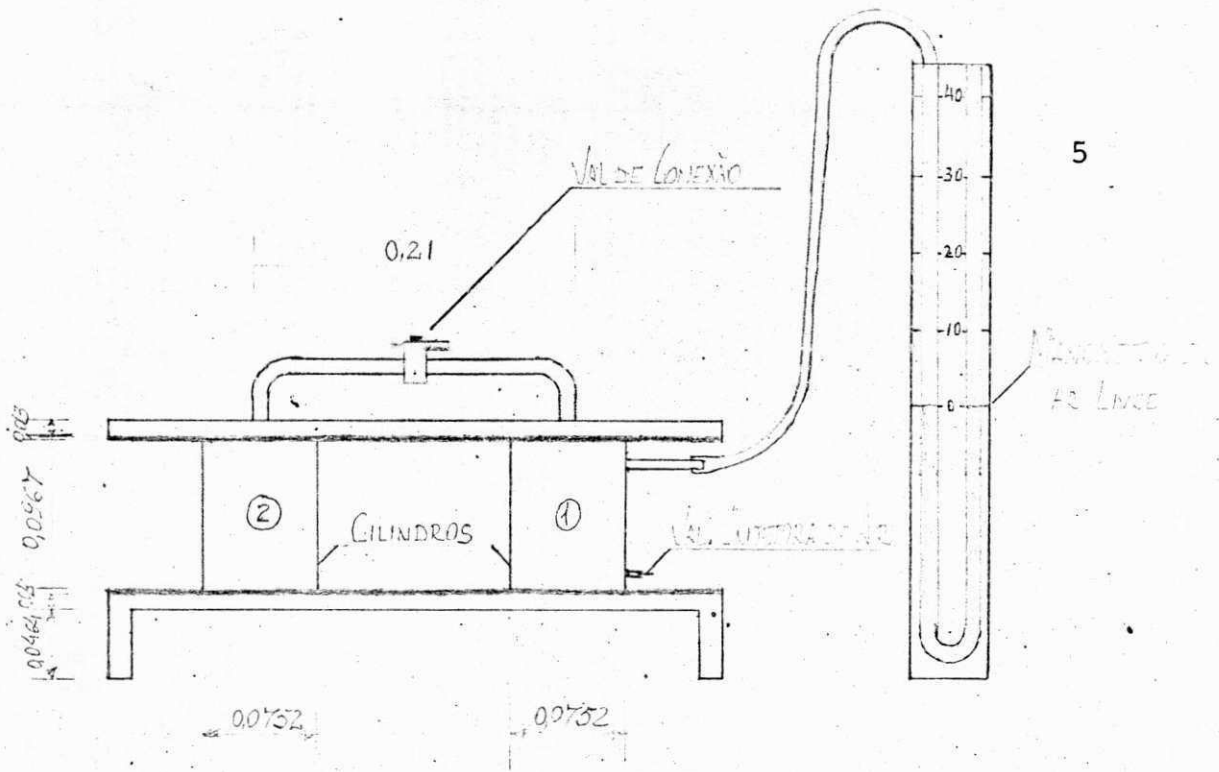


Fig. 1 - Manômetro de Ar Líquido

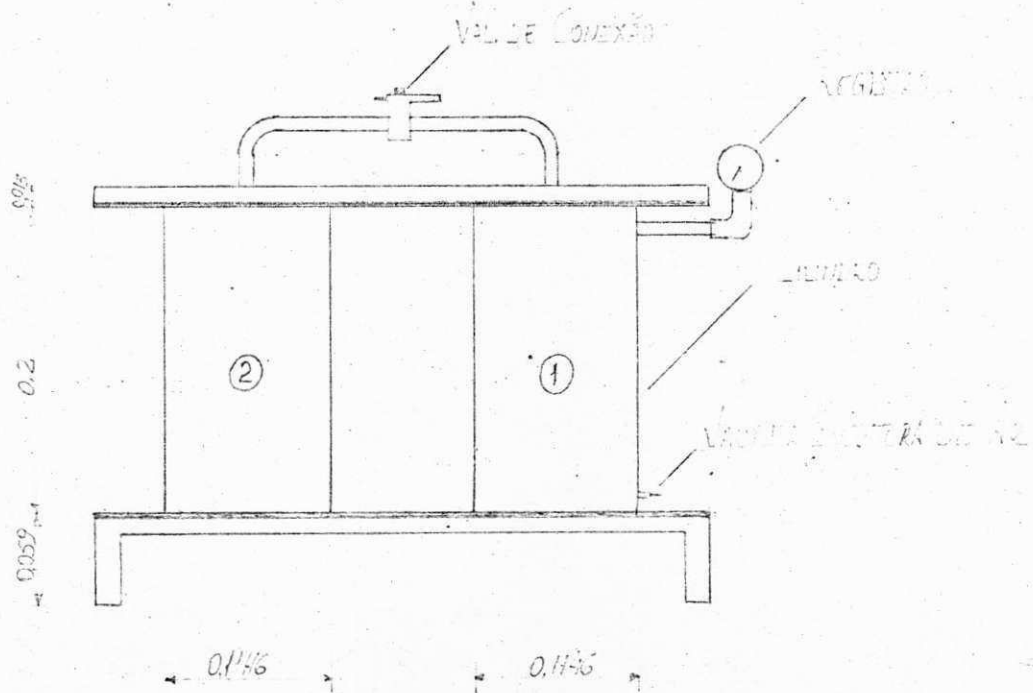


Fig. 2 - Manômetro de Ar Líquido

| V (ml) | y | (0%) | (25%) | (50%) | (75%) | (100%) |
|-------------------------|---|------|-------|-------|-------|--------|
| $\frac{P_1 - P_2}{P_2}$ | x | 0,33 | 21,95 | 42,85 | 61,29 | 84,05 |

$$\Sigma x = 210,47$$

$$\Sigma x^2 = 13138,9$$

$$(\Sigma x)^2 = 44297,6$$

$$\Sigma xy = 15693$$

$$\Sigma y = 250$$

$$N = 5$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 1,208$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = -0,849$$

$$y = a + bx \quad y = -0,849 + 1,208x$$

$$y = 1,208x - 0,849$$

$$\sigma_x = 29,25$$

$$\sigma_y = 35,35$$

$$R^2 = 0,99$$

(Obs: Veja Gráfico 2)

5. OBTENÇÃO DAS UMIDADES

Determinamos o peso da amostra de semente e o peso após completar a secagem em uma estufa a 105°C. Obtendo pela diferença a quantidade d'água em gramas.

Em seguida, diminuimos o peso da semente antes de seca, do peso da água, e obtemos o peso da matéria seca.

O teor de umidade é dado pelo peso da água sobre o peso da matéria seca.

Resumo: Tara da Lata

Peso da semente úmida = Tara da Lata - Peso da semente ú
mida

Peso da semente seca = Tara da Lata - Peso da semente se
ca

Peso D'água = Peso da semente úmida - Peso da semente se
ca

Peso da Massa Seca = Peso da semente úmida - Peso da água.

$$UBS = \frac{\text{Peso d'água}}{\text{Peso da Massa Seca}}$$

6. CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES

6.1 - Mamona (*Ricinus*)

História: Alguns velhíssimos textos sausoritos se referem ao óleo de mamona, sendo mesmo citado na Bíblia. Na Antiga Grécia, usavam-no como nome de aporano e tanto os egípcios como os catagineses dele fizeram uso.

O óleo é extraído das bagas de uma euforbiacea vulgarmente conhecida como mamoeira, embora no Nordeste brasileiro teve o nome de carrapateira. Há várias variedades, mas para nossas condições, as mais recomendadas são: mamoeira-comum (*ricinus communis*), mamoeira verde (*ricinus viridis*), mamoeira-vermelha (*ricinus sanguineus*) e mamoeira-anã (*ricinus communis minor*).

A mamoeira é uma planta ruderal, própria das zonas tropicais e subtropicais, preferindo climas quentes e úmidos na fase de desenvolvimento e quente e seco na colheita.

Utilização: - Na medicina, tem aplicações remotíssimas e a ricina que contém uma albumina tóxica, torna-o purgativo.

- Na moderna indústria de sabão, os bons sabonetes são muitas vezes fabricados com seu óleo.
- Na perfumaria tem larga utilização, principalmente na fabricação de unguentos e pomadas.
- No curtume, usam os óleos de segunda qualidade para amolecer couros e pelas.
- Na fabricação de tintas, pergaminho, máscaras contra gases, etc.
- É excelente lubrificante de motores de alta velocidade, e é superior aos lubrificantes minerais.
- A mamona, depois de um tratamento químico especial, torna-se uma forragem concentrada e de primeira ordem.

Composição Química: Os resíduos contêm em média:

ácido nítrico de 1,91%
óxido fosfórico de 0,28%
óxido de potássio de 3,02%
ácido fosfórico de 1,6%
óleo de 5,2%
hidrato de carbono e fibras de 49,4%
cinzas de 15%
água de 9,1%

6.2 - Algaroba

As Algarobeiras são de uma extraordinária rusticidade e resistência às secas, sendo mais encontradas nas regiões áridas ou semi-áridas da América, Ásia e África. Na América, crescem nas zonas desérticas mais secas do Peru, Chile, Bolívia e Argentina, constituindo a principal vegetação arbórea.

Os incas empregavam a algaroba na sua alimentação, sendo atualmente no desértico litoral peruano a única madeira-de-lei.

Utilização: As Algarobeiras produzem vagens comestíveis pelo homem e muito usadas na alimentação dos animais domésticos, que por sua vez, podem ser consorciadas com palma, ou cacto sem espinhos forrageiros. Também é usada p/fazer refrescos, como fortificante e em coquetéis. Atualmente no desértico litoral peruano, a algaroba é a única madeira-de-lei, que serve para fazer dormentes, esquadrias, tacos, linhas, móveis e produzir carvão. As florestas de algarobeiras melhoraram o clima nordestino, tornando mais fresco e úmido, possibilitando a criação de abelhas em grande escala.

Composição Química: O Instituto de Química Agrícola encontrou:

- umidade de 18,43%
- proteína de 13,56%
- extrato etéreo de 4,3%
- extrativos ã azotados de 29,25%
- fibra bruta de 28,25%
- resíduo mineral de 5,77%

7. POROSIDADE PARA DIVERSAS PERCENTAGENS DE UMIDADE

As Porosidades foram determinadas durante o período de umidecimento ou secagem, e seus dados estão em função do teor de umidade das sementes.

7.1 - Mamona

7.1.1 - Manometro de Registro

| | | | | | | | | |
|---------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| UBS (%) | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,3 | 7,54 | 8,8 | 10,5 |
| P (%) | 47,3 | 48,76 | 48,85 | 48,4 | 47,66 | 50,9 | 49,8 | 51,7 |

umidecimento

7.1.2 - Curva de Regressão

| | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| x | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,3 | 7,54 | 8,8 | 10,5 |
| y | 47,3 | 48,76 | 48,85 | 48,4 | 48,98 | 50,9 | 50,8 | 51,7 |

$$\Sigma x = 49,94$$

$$(\Sigma x)^2 = 2494$$

$$\Sigma x^2 = 358,89$$

$$\Sigma xy = 2486,83$$

$$\Sigma y = 394,69$$

$$N = 8$$

$$\sigma_x = 2,427$$

$$\sigma_y = 1,321$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 0,487$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 46,14$$

$$y = a + bx \quad y = 46,14 + 0,487 x$$

$$R^2 = \left(\frac{\sigma_x b}{\sigma_y} \right)^2 = 0,8$$

(Obs: Veja Gráfico 3)

7.1.3 - Manometro de Ar Livre

| | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|
| UBS (%) | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,3 |
| P (%) | 40,7 | 41,6 | 42,1 | 42,3 | 42,8 |

7.1.4 - Curva de Regressão

| | | | | | |
|---|------|------|------|-------|------|
| x | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,3 |
| y | 48,3 | 49,4 | 50,0 | 51,09 | 50,8 |

$$\Sigma x = 23,1$$

$$(\Sigma x)^2 = 533,61$$

$$\Sigma x^2 = 114,35$$

$$\Sigma xy = 1158,94$$

$$\Sigma y = 249,59$$

$$\sigma_x = 1,235$$

$$\sigma_y = 1,004$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 0,76$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 46,38$$

$$y = 46,38 + 0,76x$$

$$R^2 = \left(\frac{b \sigma_x}{\sigma_y} \right)^2 = 0,88$$

(Obs: Veja Gráfico 8)

7.2 - Algaroba

7.2.1 - Manometro de Ar Livre

| | | | | | | |
|---------|-----|------|------|-------|------|------|
| UBS (%) | 7,1 | 9,53 | 10,2 | 11,86 | 12 | 13 |
| P (%) | 34 | 35,9 | 36,9 | 36,6 | 37,4 | 38,5 |

7.2.2 - Curva de Regressão

| | | | | | | |
|---|-----|------|------|-------|------|------|
| x | 7,1 | 9,53 | 10,2 | 11,86 | 12 | 13 |
| y | 34 | 35,9 | 36,9 | 36,6 | 37,4 | 38,5 |

$$\Sigma x = 63,69$$

$$(\Sigma x)^2 = 4056,41$$

$$\Sigma x^2 = 698,93$$

$$\Sigma xy = 2343,28$$

$$\Sigma y = 219,3$$

$$N = 6$$

$$\sigma_x = 1,952$$

$$\sigma_y = 1,388$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 0,674$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 29,39$$

$$y = a + bx \quad y = 29,39 + 0,674x$$

$$R^2 = \left(\frac{b \sigma_x}{\sigma_y} \right)^2 = 0,89$$

(Obs: Veja Gráfico 4)

8. MASSA ESPECÍFICA PARA PERCENTAGENS DE UMIDADE

A Massa Específica é determinada pelo peso dos grãos existentes no cilindro 2, dividido pelo volume do referido cilindro.

8.1 - Mamona

8.1.1 - Manometro de Registro

| | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| UBS (%) | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,28 |
| ME (g/cm ³) | 0,522 | 0,5208 | 0,535 | 0,537 | 0,5356 |

8.1.2 - Curva de Regressão

| | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|
| x | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 6,28 |
| y | 0,522 | 0,5208 | 0,535 | 0,537 | 0,543 |

$$\Sigma x = 23,08$$

$$(\Sigma x)^2 = 532,68$$

$$\Sigma x^2 = 114,09$$

$$\Sigma xy = 12,32$$

$$\Sigma y = 2,6578$$

$$N = 5$$

$$\sigma_x = 1,23$$

$$\sigma_y = 0,0089$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 0,0068$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 0,5$$

$$y = a + bx \quad y = 0,5 + 0,0068x$$

$$R^2 = \left(\frac{b \sigma_x}{\sigma_y} \right)^2 = 0,88$$

(Obs: Veja Gráfico 5)

8.1.3 - Manometro de Ar Livre

| | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| UBS (%) | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,53 | 6,28 |
| ME (g/cm ³) | 0,522 | 0,524 | 0,532 | 0,539 | 0,544 |

8.1.4 - Curva de Regressão

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 2,9 | 3,6 | 4,8 | 5,53 | 6,28 |
| y | 0,522 | 0,524 | 0,532 | 0,539 | 0,544 |

$$\Sigma x = 23,2$$

$$(\Sigma x)^2 = 538,24$$

$$\Sigma x^2 = 115,56$$

$$\Sigma xy = 1240$$

$$\Sigma y = 2,661$$

$$N = 5$$

$$\sigma_x = 1,258$$

$$\sigma_y = 0,0084$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = 0,006$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 0,504$$

$$y = a + bx \quad y = 0,504 + 0,006x$$

$$R^2 = \left(\frac{b \sigma_x}{\sigma_y} \right)^2 = 0,81$$

(Obs: Veja Gráfico 6)

8.2 - Algaroba

8.2.1 - Manometro de Ar Livre

| | | | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| UBS (%) | 7,1 | 9,53 | 10,2 | 11,86 | 12 | 13 |
| ME (g/cm ³) | 0,7809 | 0,771 | 0,769 | 0,751 | 0,725 | 0,732 |

8.2.2 - Curva de Regressão

| | | | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 7,1 | 9,53 | 10,2 | 11,86 | 12 | 13 |
| y | 0,7809 | 0,771 | 0,769 | 0,751 | 0,725 | 0,732 |

$$\Sigma x = 63,69$$

$$(\Sigma x)^2 = 4056,41$$

$$\Sigma x^2 = 698,93$$

$$\Sigma xy = 47,85$$

$$\Sigma y = 4,5289$$

$$N = 6$$

$$\sigma_x = 1,95$$

$$\sigma_y = 0,02$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y / N)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} = -0,0098$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{N} = 0,858$$

$$y = a + bx \quad y = 0,858 - 0,0098x$$

(Obs: Veja Gráfico 7)

9. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, nos deu as seguintes conclusões:

Pelos Gráficos 4, 5 e 8, referentes às curvas de regressão das sementes de Mamona e Algaroba, a diversos teores de umidade, nos mostrou que, quanto maior for sua umidade, maior será a Porosidade.

Já para a Massa Específica dos Gráficos 5, 6 e 7, a Mamona apresenta crescente com o aumento do teor de umidade e a Algaroba decresce com o teor de umidade.

A Literatura apresenta várias situações semelhantes, onde algumas crescem sua Massa Específica com o aumento de teor de umidade e outras decrescem com o teor de umidade. As razões da ocorrência deste fato, ainda não são bem definidas pela literatura, mas algumas das razões atribuídas para este fenômeno pode ser decorrente da própria constituição da semente, sua higroscopia, sua maturidade e seu histórico.

GRAFICO 1

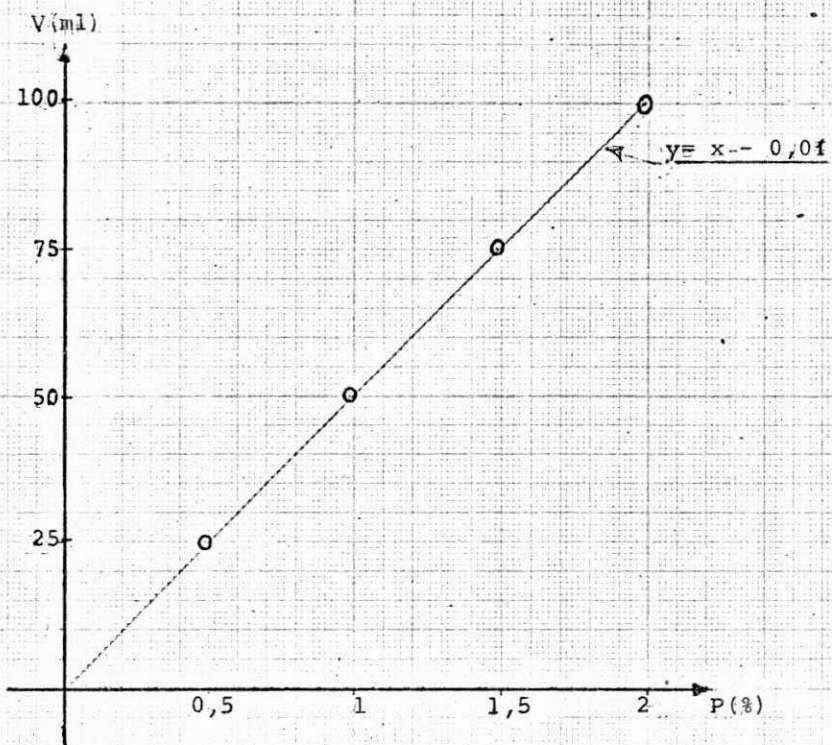


GRAFICO 2

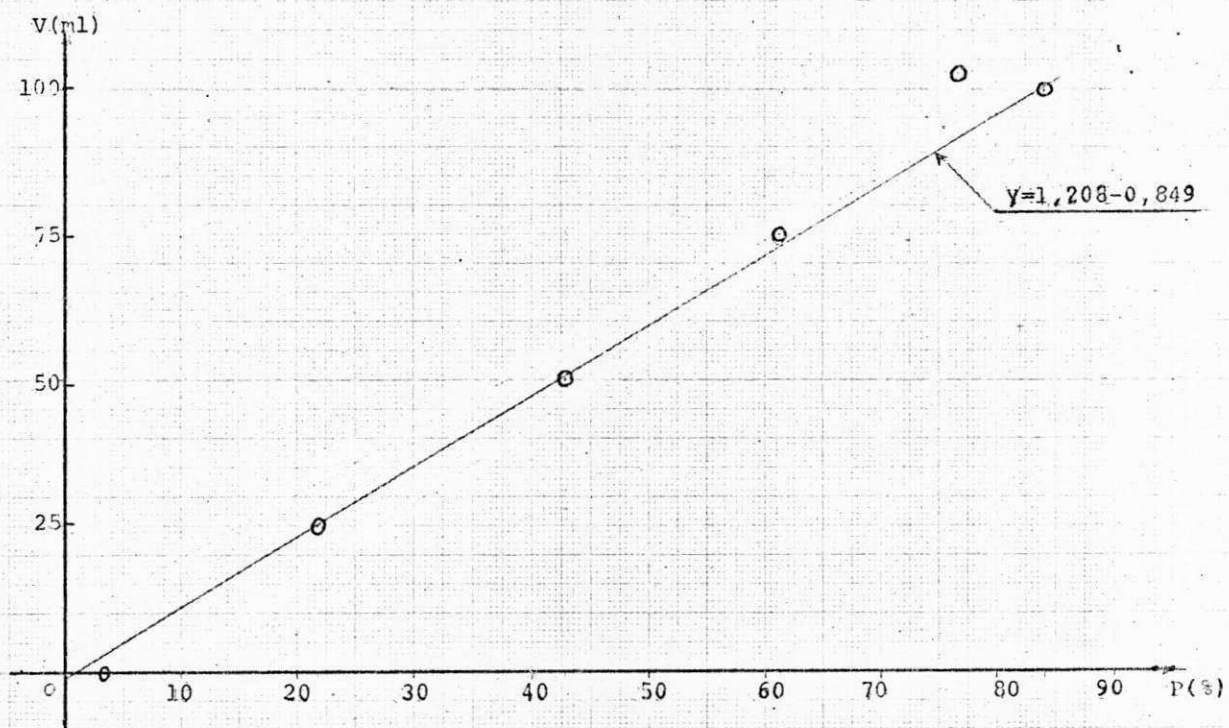


GRAFICO 3

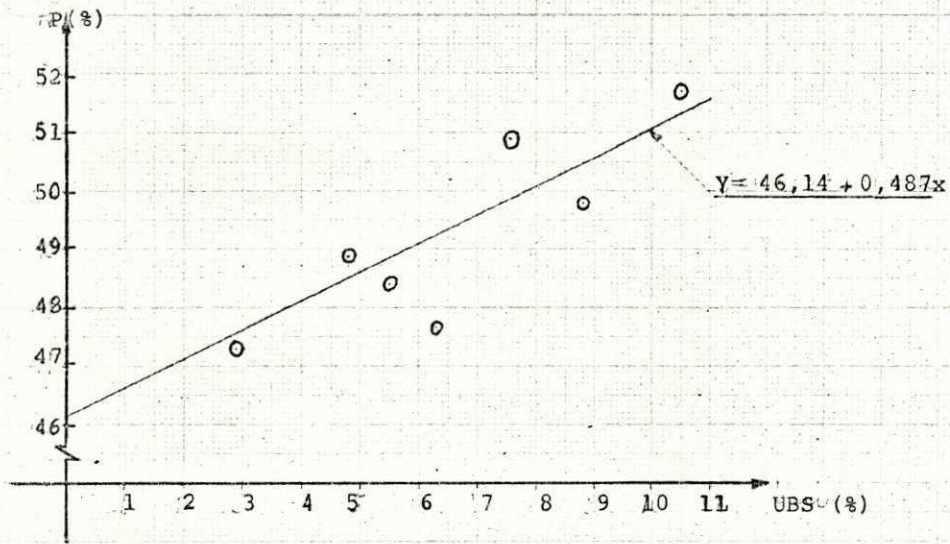


GRAFICO 4

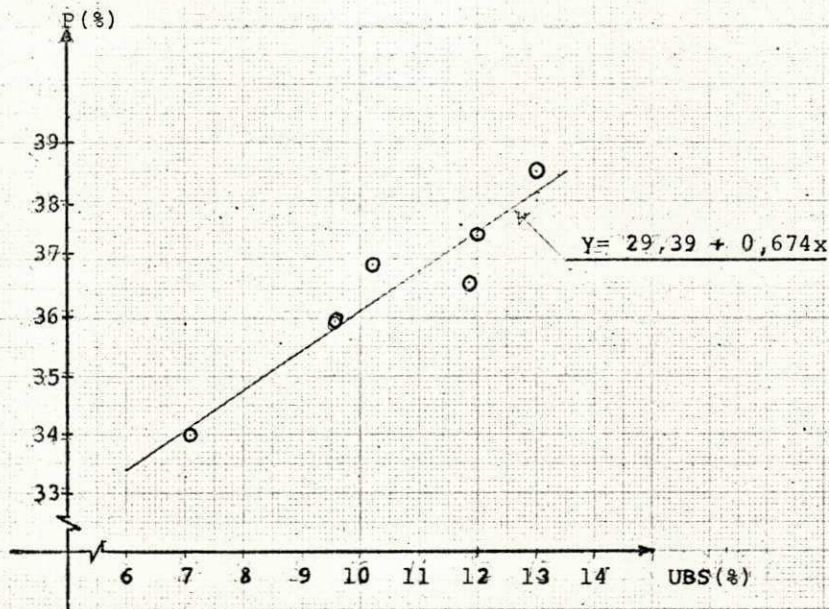


GRAFICO 5

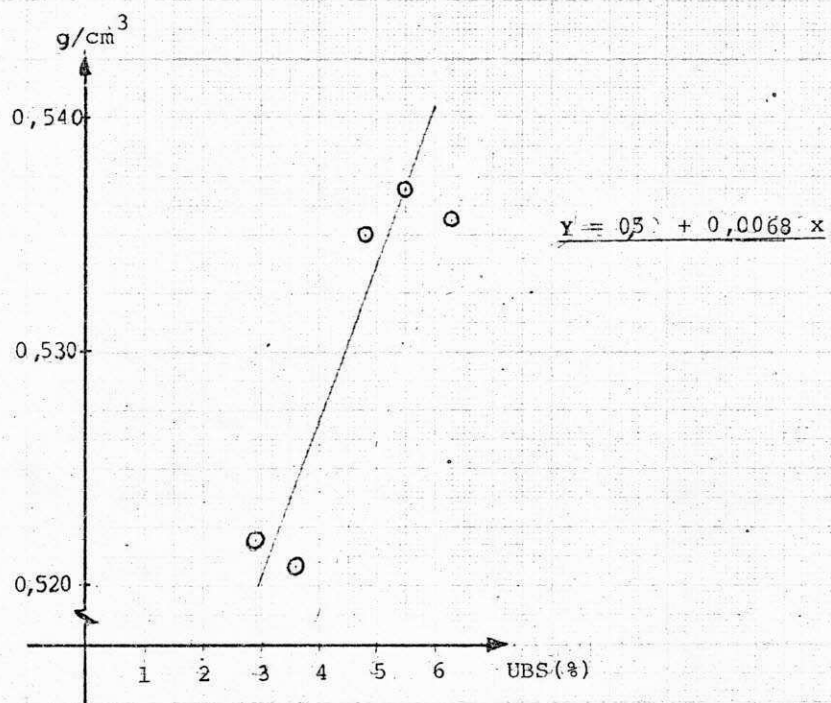


GRAFICO 6

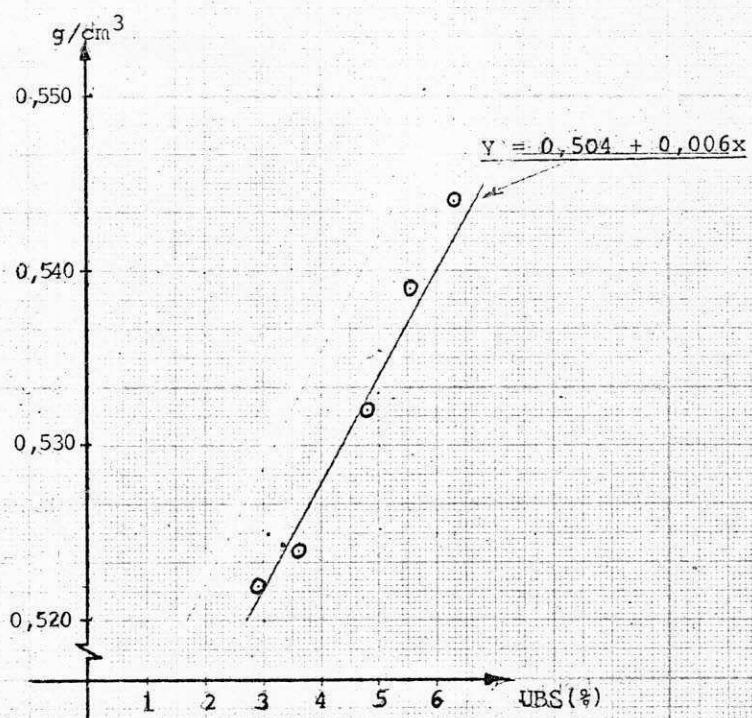


GRAFICO 7

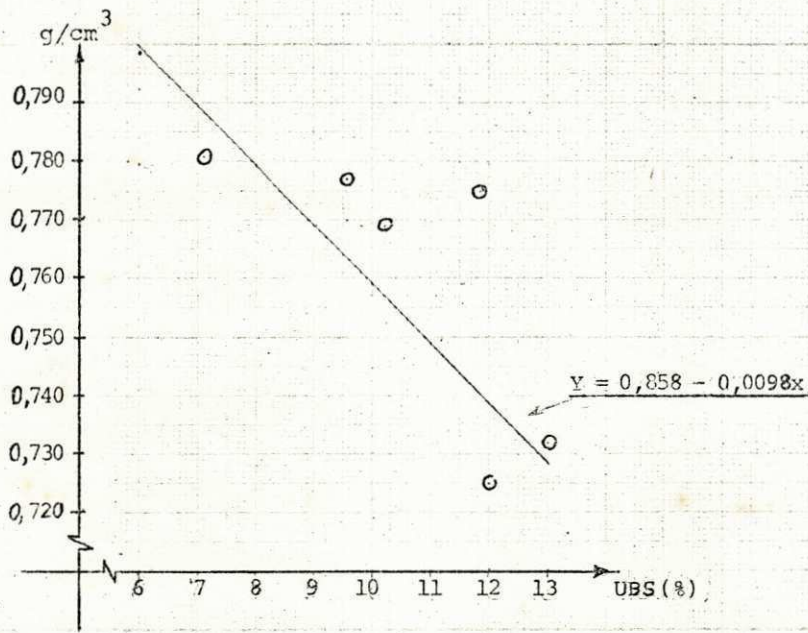
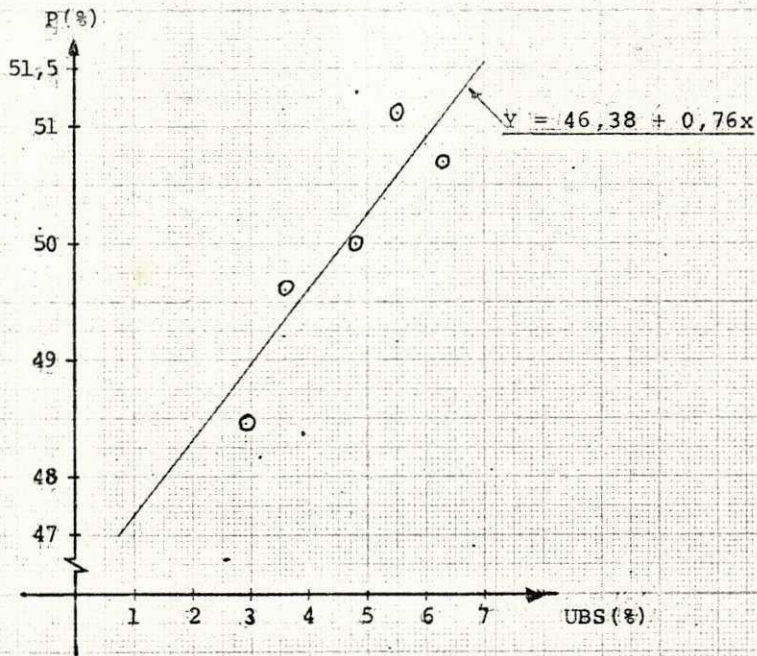


GRAFICO 8





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

OF. CEA/CCT/PRAI/UFPA Nº 77/82 Campina Grande, 15.09.82

Prezada Senhora

Estamos enviando a Vossa Senhoria o relatório de estágio de JOSÉ GERALDO FERNANDES FILHO, aluno do Curso de Engenharia Agrícola, para ser anexado no seu processo de estágio supervisionado.

Sendo são o que se apresenta para o momento, renovamos protestos de estima e apreço.

Atenciosamente,


Prof. Carlos Minor Cominoshi
Coordenador Curso Engenharia Agrícola

Ilma Sra.
ALBANISA EULÁLIO RAPOSO
Coordenadora do Controle Acadêmico Setorial
LOCAL