

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA EM ARMAZENAGEM  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

RELATÓRIO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO

."Determinação do Calor Específico do Feijão Mulatinho"

Sanderson Alberto Medeiros Leitão

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
DEZEMBRO - 1986



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2023.

Sumé - PB

## A P R E S E N T A Ç Ã O

O presente trabalho trata-se do Relatório do Estágio Supervisionado do estudante do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, SANDERSON ALBERTO MEDEIROS LEITÃO, - DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DO FEIJÃO MUIZINHO (Phaseolus vulgaris L.), desenvolvido no Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA), Campina Grande, Pb, durante o período de 86.1.

## A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Mário Eduardo R.M.C. Mata e a todos os fun  
cionários do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA) pelas va  
liosas atenção e orientação que me foram concedidas, sem as quais  
não teria sido possível o bom desenvolvimento e cumprimento des  
te Estágio Supervisionado.

## ÍNDICE

1. Introdução .....	01
2. Objetivo .....	04
3. Revisão de Literatura .....	04
4. Material e Métodos .....	05
5. Resultado e Discussão .....	09
6. Conclusões.....	12
7. Apêndice .....	13

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Generalidades:

O feijão (Phaseolus vulgaris L.) é uma planta trepadeira da família das Leguminosas. O fruto é uma vagem reta ou curva, com sementes reniformes de cores que variam do branco ao preto. O nome deriva de uma embarcação grega de forma semelhante. É uma planta originária da Ásia Tropical e da América. O fácil cultivo e o grande valor alimentício fizeram com que ela se espalhasse pelo mundo inteiro.

Existem cerca de duzentas espécies com numerosa variedades. Uma análise da variedade de feijão-preto mostrou que em sua composição há: 16,6% proteína, 44,99% de amido, 6,69% de açúcar e dextrina e 0,8% de ácido fosfórico.

O plantio do feijão enriquece os solos deficientes em nitrogênio mediante a sua fixação no solo.

## 1.2. Importância do Feijão

O Brasil é um dos maiores produtores e um dos maiores consumidores de feijão no mundo (cerca de 2,6 milhões de toneladas por ano - 1984).

A produção nacional de feijão aumentou de 65% em 1984 com relação ao ano anterior, de acordo com análise do Centro de Estudos Agrícolas da Fundação Getúlio Vargas (CEA/FGU).

O estado do Paraná é o maior produtor nacional de feijão com uma produção de 479.108t, vindo em seguida o estado de Santa Catarina com uma produção de 310.361t, estado este que também alcançou o maior rendimento médio, produzindo cerca de 788 kg/ha. (Ver. Quadro I).

Na Região Nordeste, o estado do Ceará destaca-se como maior produtor, 171.213t seguido dos estados de Pernambuco com 147.002t e Paraíba com 133.619t. A maior produtividade por hectare foi alcançada pelo estado de Alagoas, cerca de 463. kg/ha de feijão. (Ver. Quadro I).

Os grãos de feijão têm diversas aplicações nas refeições humana e animal. Na alimentação animal pode ser usado na forma de farinha grossa e como ração balanceada.

Através da análise de sua composição química, podemos constatar que o feijão é uma leguminosa de grande valor alimentício, com fontes importantes de proteínas, calorias, etc na dieta básica de qualquer indivíduo. (Ver. Quadro II)

## QUADRO I

Feijão (grão)-Área, produção e rendimento - 1984

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	ÁREA COLHIDA (ha)	PRODUÇÃO OBTIDA (t)	RENDIMENTO MÉDIO OBTIDO (kg/ha)
Rondônia	86.356	51.658	598
Acre	7.648	3.118	408
Amazonas	787	549	698
Roraima	797	391	491
Pará	27.423	16.091	587
Amapá	236	90	381
Maranhão	87.805	35.015	399
Piauí	201.564	66.445	330
Ceará	471.553	171.213	363
Rio Grande do Norte	234.379	104.875	448
Paraíba	307.244	133.619	436
Pernambuco	330.344	147.002	446
Alagoas	121.514	56.201	463
Sergipe	69.775	30.422	436
Bahia	453.379	107.676	238
Minas Gerais	641.550	275.488	430
Espírito Santo	111.206	51.514	464
Rio de Janeiro	23.021	12.004	522
São Paulo	477.473	296.852	622
Paraná	741.001	479.108	647
Santa Catarina	393.798	310.361	788
Rio Grande do Sul	196.682	133.097	677
Mato Grosso do Sul	43.385	20.773	479
Mato Grosso	76.711	30.596	399
Goiás	202.520	78.710	389
Distrito Federal	1.279	769	602
Brasil	6.309.490	2.613.637	492

Fonte: Anuário Estatístico do Brasil, 1984

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FEIJÃO

QUADRO II

	CALO- RIAS	PROTEÍ- NAS (g)	GORDU- RAS (g)	CARBOI- DRATOS (g)	CÁLCIO (mg)	FÓSFO- RO (mg)	FERRO (mcg)	VITAMINAS			
								A (mcg)	B <sub>1</sub> (mg)	B <sub>2</sub> (mg)	C (mg)
Feijão-bran- co	359,80	20,20	1,40	66,60	476	439	11,90	5	0,60	0,19	3
Feijão-Comum	345,60	22,00	1,60	60,80	86	247	7,60	5	0,54	0,18	1
Feijão-preto	344,10	20,70	1,30	62,40	145	471	4,20	19	0,24	0,05	4

Fonte: Faculdade de Saúde Pública - USP

### 1.3. Propriedades Físicas

Sabemos da grande importância de se determinar as propriedades físicas de materiais biológicos para fins de Pesquisas e Projetos de equipamentos de manuseio, transporte, seleção e processamento de produtos agrícolas. Após o ponto de maturação fisiológica do feijão, ele necessita ser colhido já que foram atingidos os níveis máximos de valores nutritivos e germinativos, devendo o mesmo ser beneficiado por meio da secagem e posterior armazenagem. Tanto no processo de secagem como no de suma importância.

Na secagem é uma das informações necessárias para estabelecer o tempo que o produto deve ficar no secador, bem como é utilizado na simulação matemática de um secador, ou ainda no seu dimensionamento.

Na armazenagem o calor específico é utilizado para indicar e estimular o deslocamento de calor dentro de um silo ou armazém, segundo as condições climáticas que este está circundado.

Diante da importância do calor específico acima descrita, o objetivo deste trabalho foi:



## 2. OBJETIVO

Determinação do calor específico do feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris L.) em função do seu teor de umidade.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Calor Específico - Definição -

Define-se calor específico de um corpo como sendo a razão entre a capacidade térmica e a massa do corpo.

### 3.2. Capacidade Térmica - Definição -

Denomina-se capacidade térmica de um corpo, a razão entre o calor,  $Q$ , fornecido ao corpo, e a correspondente variação de temperatura,  $T$ .

### 3.3. Os principais métodos usados na determinação do calor específico são:

- 1) a relação entre a condutividade térmica, a massa específica e a difusividade térmica;
- 2) o processo das misturas;
- 3) calorímetro de varredura diferencial;
- 4) calorímetro de gelo;
- 5) bomba calorimétrica.

O primeiro método consiste em se determinar de início, a condutividade térmica, a massa específica e a difusividade térmica do corpo e em seguida calcula-se o calor específico utilizando a fórmula:

$$C = \frac{k}{\rho\alpha}$$

onde:  $C$  = calor específico

$K$  = condutividade térmica

$\rho\alpha$  = massa específica

$\alpha$  = difusividade térmica

Os métodos 2 até 5 são baseados no equilíbrio térmico que se estabelece entre o corpo cujo calor específico se pretende determinar e um segundo corpo que possui um calor específico já conhecido.

CHAKRABART e JOHNSON (1972), DISNEY (1954) e WRATTEN et alii (1969) descrevem estes métodos.

Uma versão modificada da chapa quente para se determinar o calor específico de folhas de fumo, contendo um teor de umidade que varia de 25% (b.s.) a 90% (b.s.) foi utilizada por DUNCAN et alii (1968). A relação obtida foi:

$$C = 1403 + 2395 U$$

onde,

C = calor específico, J/kg°C

U = teor de umidade, decimal (b.u.)

O calor específico do amendoim em casca foi determinado por WRIGMT e PORTERFIELD (1970), ao inserirem termopares diretamente nas amêndoas colocadas numa pequena câmara aquecida através de corrente elétrica. Comparando os resultados com aqueles obtidos concomitantemente através do método 2, chegaram à conclusão de que não havia diferença significativa, tomando-se um nível de 10% de probabilidade. A seguinte equação foi portanto determinada para os dados obtidos pelo método das misturas.

$$C = 1687 + 1779 U_S^{0,881}$$

onde,

$U_S$  = teor de umidade decimal (b.s.)

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA) da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande, Pb.

Foram utilizadas 200g de grãos de feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris L.). Colocamos estes grãos em frascos sob condições de 95% de umidade relativa e à temperatura de 20°C controlada pela Estufa FANEN 347, a fim de que obtivéssemos diferentes teores de umidade desejados.

#### 4.1. Calorímetro

A fim de que fosse determinado o calor específico do feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris L.) foi construído um calorímetro. Ele é constituído de uma garrafa térmica a acoplada dentro de um tubo de Polietileno, sendo cercado por lã de vidro de uma espessura em torno de 2cm, procurando-se evitar desta forma, troca de calor com o meio ambiente. (Ver Figura 1.)

#### 4.2. Determinação da Capacidade Calorífica do Calorímetro (C)

Colocamos 300 ml de água destilada à temperatura ambiente no calorímetro e logo após fechamos o mesmo com uma rolha de borracha, no qual o termoparr foi inserido. Desta forma, determinamos a temperatura  $T_1$ . Em seguida acrescentamos 300 ml d'água gelada no calorímetro, com uma temperatura média em torno de  $4,5^{\circ}\text{C}$  ( $T_2$ ) agitamo-lo por um determinado período, afim de que a água entrasse em equilíbrio  $T_3$ .

De posse dos valores das temperaturas e das massas de água, determinamos a capacidade calorífica do calorímetro através da fórmula.

$$C_{p,q} \cdot m (T_1 - T_3) + C (T_1 - T_3) = C_{p'} \cdot m' (T_3 - T_2)$$

onde,

$C_{p,q} = C_{p'} = 1$  (calor específico da água)

$m$  = massa de água à temperatura ambiente

$m'$  = massa de água gelada

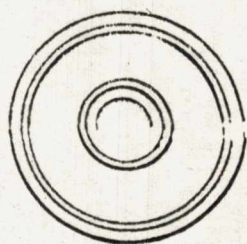
$T_1$  = temperatura da água (estado natural)

$T_2$  = temperatura da água (estado gelado)

$T_3$  = temperatura do equilíbrio térmico (água gelada + água natural)

#### 4.3. Determinação do Calor Específico do Produtos

Após determinarmos a capacidade calorífica do calorí



VISTA DE CIMA

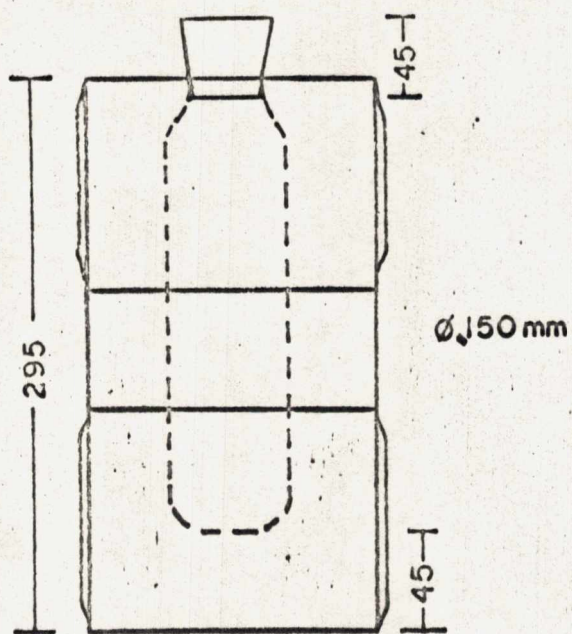


Figura 1 - Calorímetro

rímetro, fomos à determinação do calor específico do feijão mulatinho.

Medimos a temperatura da massa de grãos, a qual de nominamos  $T_4$ , e introduzimos os grãos no calorímetro, que continha a água em equilíbrio térmico (temperatura  $T_3$ ). Agitamos o calorímetro durante um certo período afim de que obtivéssemos um equilíbrio térmico entre a massa d'água e a de grãos, o que nos forneceu a temperatura  $T_5$ . Dispondo desses valores de temperaturas e massas de água e de grãos de terminamos o calor específico do feijão mulatinho através da fórmula:

$$m_p \cdot C_p(T_4 - T_5) = CH_2O m (T_5 - T_3) + C(T_5 - T_3)$$

onde,

$m_p$  = massa do produto

$C_p$  = calor específico do produto

$T_4$  = temperatura da massa de grãos

$T_5$  = temperatura de equilíbrio térmico (massa de grãos + água)

$T_3$  = temperatura de equilíbrio térmico (água gelada + água à temperatura ambiente)

#### 4.4. Determinação do teor de Umidade

Utilizamos o método da estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

#### 4.5. Análise Estatística

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizada a Análise de Regressão Logarítima pelo Método dos Mínimos Quadrados, estabelecendo uma curva que correlaciona o calor específico do feijão mulatinho com seu teor de umidade.

As fórmulas utilizadas foram:

$$\hat{b} = \frac{\sum \ln xy - \frac{(\sum \ln x)(\sum y)}{n}}{\sum (\ln x)^2 - \frac{(\sum \ln x)^2}{n}}$$

onde,

$\hat{b}$  = inclinação da reta

$\ln x$  = logarítmo neperiano do teor de umidade

$y$  = calor específico do produto

$n$  = número de dados

$$\hat{a} = \frac{\sum y}{n} - \frac{\hat{b} \sum \ln x}{n}$$

onde,  $\hat{a}$  = interceptação no eixo  $y$

A equação de regressão logarítima é dada pela fórmula:

$$y = \hat{a} + \hat{b} \ln x$$

e o coeficiente de correlação ( $R$ ) por

$$R = \frac{\hat{b} \sigma_{\ln x}}{\sigma_y}$$

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

No Quadro II são apresentadas as variações do calor específico do feijão mulatinho em função do seu teor de umidade. Neste quadro verifica-se que à medida que o teor de umidade do feijão é aumentado, o seu calor específico também cresce.

Este fato pode ser explicado através da verificação de que à medida que os grãos de feijão vão sendo umedecidos, eles vão adquirindo maior quantidade d'água e desta forma, a aproximando-se do valor do calor específico da água pura que é de 1 cal/g<sup>0</sup>C.

Na figura 2 é mostrado a curva logarítmica do calor específico do feijão mulatinho em função do teor de umidade, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 93,15% o que significa que a curva representa satisfatoriamente os dados observados.

Os cálculos da determinação desta equação de regressão, bem como do seu coeficiente de determinação são apresentados no APÊNDICE 1.

QUADRO II - CALOR ESPECÍFICO DO FEIJÃO MULATINHO EM FUNÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

$T_1^{\circ}\text{C}$	$T_2^{\circ}\text{C}$	$T_3^{\circ}\text{C}$	$T_4^{\circ}\text{C}$	$T_5^{\circ}\text{C}$	$C(\text{cal}/^{\circ}\text{C})$	$C_p(\text{cal}/\text{g}^{\circ}\text{C})$	U%	Massa do grão (g)
18,4	5,8	12,5	19,2	14,0	40,67	0,924	55,92	200,00
19,8	5,2	12,9	18,1	13,9	34,78	0,687	41,96	219,90
21,0	7,0	14,5	25,7	16,0	46,15	0,540	18,02	185,30
19,9	6,0	13,5	29,0	15,5	51,56	0,522	16,00	184,70
20,0	6,0	13,5	20,9	14,5	23,07	0,485	15,45	200,00
20,0	6,1	13,6	21,0	14,5	28,13	0,440	14,50	200,00
21,5	6,0	14,0	29,0	15,0	20,00	0,300	10,38	147,30

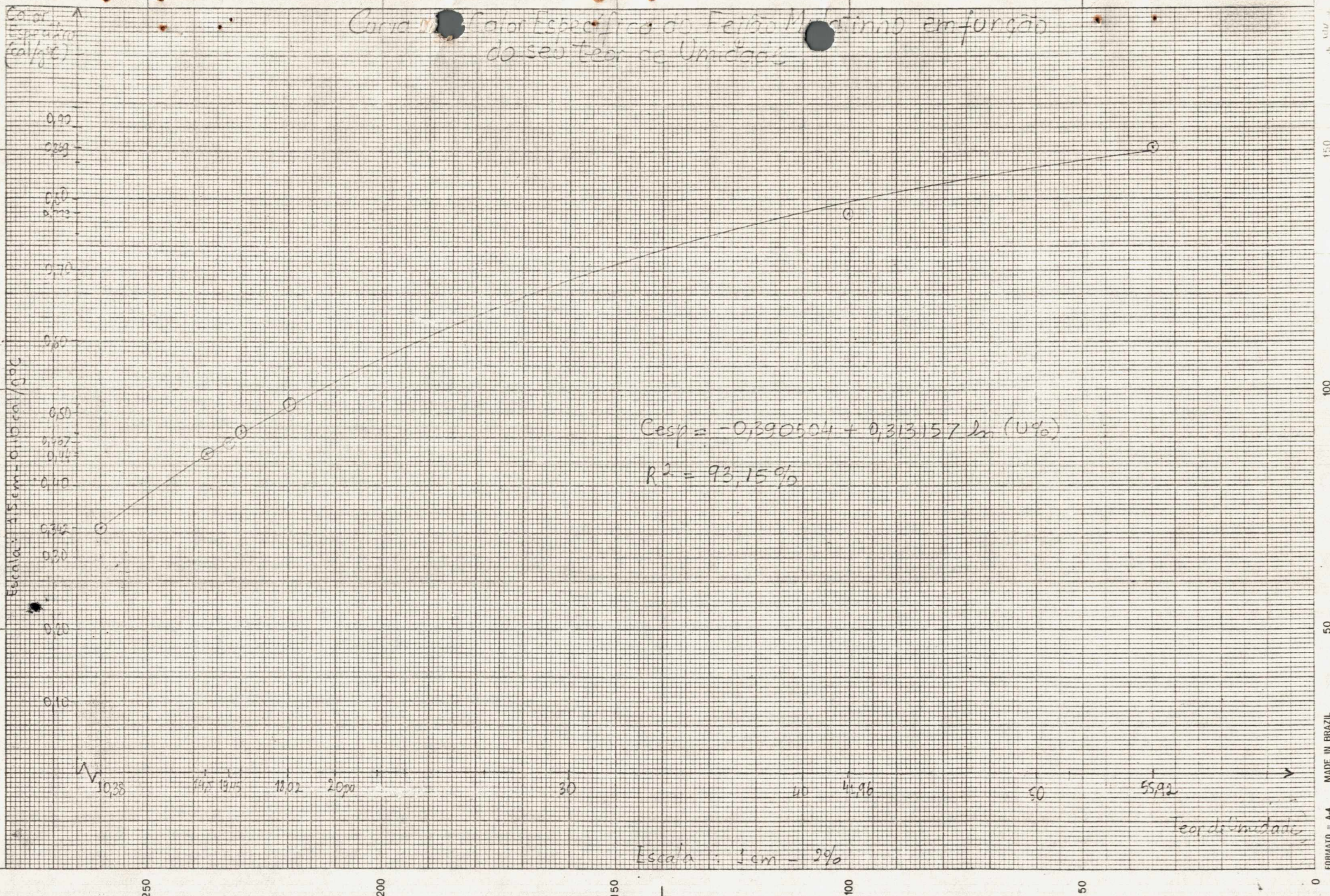


Figura 2 - Curva do Calor Específico do Feijão Mulatinho em função do seu Teor de Umidade

*Handwritten signature or initials in blue ink.*



## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados observados, podemos concluir que:

- O calor específico do feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris L.) cresce de forma logarítmica em função do aumento do seu teor de umidade.

- A equação de regressão logarítmica

$C_{esp} = -0,390504 + 0,313,57 \ln(U\%)$  é satisfatória para expressar a variação do calor específico do feijão mulatinho (Phaseolus vulgaris L.) em função do teor de umidade.

## 7. LITERATURA CITADA

\_\_\_\_\_. Almanaque Abril 1986, São Paulo, Editora Abril. 1986. Volume 786p.

CHAKRA BART, S.M. & JOHNSON, W.H. Specific heat of flue cured tobacco by differential scanning calorimetry. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan, 15(5): 928-931, 1972.

DISNEY, R.W. The specific heat of some cereal grains. Cereal Chemistry, Slough, Bucks, England, 31(3): 229-239, 1954.

DUNCAN, G.A.; BUNN, J.M. & HENSON, Jr., W.H. Specific heat of burley tobacco during the cure. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan, 11(4): 480-483, 1968.

\_\_\_\_\_. Enciclopédia Tudo, São Paulo, Editora Abril. 1977. Volume único. 1.452p.

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, Michigan, 12(6): 801-803, 1969.

WRIGHT, M.E. & PORTERFIELD, J.G. Specific heat of spanish peanut. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan, 13(4): 508-510, 1970.

## APÊNDICE 1 - CÁLCULO DA REGRESSÃO LOGARÍTIMA

$$\hat{b} = \frac{\sum \ln x \cdot y - \frac{(\sum \ln x)(\sum y)}{N}}{\frac{\sum (\ln x)^2 - \frac{(\sum \ln x)^2}{N}}{N}}$$

b)  $y$ :

n = 7

$\sum y = 3,898$

$\sum y^2 = 2,408654$

$(\bar{y})^2 = 15,194404$

$\bar{y} = 0,568571$

s = 0,1991753

σ = 0,1844005

p)  $\ln x$ :

n = 7

$\sum (\ln x) = 21,176346$

$\sum (\ln x)^2 = 66,32352$

$(\overline{\ln x}) = 3,0251923$

s = 0,61388677

σ = 0,5683311

$(\sum \ln x)^2 = 449,43763$

TEOR DE UMIDADE (%) (X)	$\ln x$	CALOR ESPECÍFICO OBSERVADO (cal/g°C) (y)	CALOR ESPECÍFICO CALCULADO (Cal/g°C)	$\ln x \cdot y$
55,92	4,023922	0,924	0,869	3,7181047
41,96	3,736716	0,687	0,779	2,567124
18,02	2,891482	0,540	0,515	1,561400
16,00	2,772588	0,522	0,477	1,447291
15,45	2,737609	0,485	0,467	1,327740
14,5	2,674148	0,44	0,447	1,176625
10,38	2,339881	0,30	0,342	0,701964

$\sum (\ln x \cdot y) = 12,500249$

$\hat{b} = 0,313157$

$$\hat{a} = \frac{\sum y}{n} - \hat{b} \frac{\sum \ln x}{n} \quad \hat{a} = -0,390504$$

$y = \hat{a} + \hat{b} \ln x$

fl 23

$$C_{esp} = \hat{a} + \hat{b} \ln(U\%)$$

$$C_{esp} = 0,390504 + 0,313157 \ln(U\%)$$

$$R = \frac{\hat{b} \sigma_{\ln x}}{\sigma_y}$$

$$R = 0,965166$$

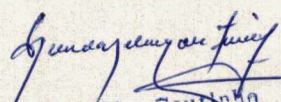
$$R^2 = 93,15\%$$

Do CONTROLE ACADÊMICO SETORIAL. C.A.S.

PARA AS PROVIDÊNCIAS.

INFORMAMOS QUE O ALUNO OBTVE CONCEITO "A" E CUMPRIO O EQUIVALENTE A 04 (quatro) CREDITOS, CONFORME DESPACHO DO ORIENTADOR DA FOLHA 05 DESTA PROCESSO.

C. Belo, 22/DEZ/86

  
Gevalda Félix Courtois  
Coordenadora do Curso de Eng. Agrícola