SBEA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANAIS DO 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

UFPb – CNPq – FINEP – BNB – DNOCS – MINAGRI – SAA/PB – CANDE – BRADESCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pró-Reitoria para Assuntos do Interior
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
58.100 – CAMPINA GRANDE – PB

ANAIS DO 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

SBEA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANAIS DO 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

24 a 27 de JULHO de 1979

UFPb – CNPq – FINEP – BNB – DNOCS – MINAGRI – SAA/PB – CANDE – BRADESCO

2

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CAMPINA GRANDE - 1980

Reitor

Prof. LYNALDO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Vice-Reitor

Prof. SERAFIM RODRIGUES MARTINEZ

Pró-Reitor

Prof. SEBASTIÃO GUIMARÃES VIEIRA

Diretor

Prof. GERALDO NUNES SOBRINHO

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

COMISSÃO ORGANIZADORA

Engº Agrº	HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO (Presidente)
Engº Civ.	ANA MARIA VILAR CAMPOS CATÃO
Estudante	ANTONIO CARLOS GUIMARÃES DE LIMA
Bel.Física	BENTO VILAR DE ALMEIDA
Engº Civ.	FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES SAMPAIO
Engº Agrº	HANS RAJ GHEYI
Engº Agrº	HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA
Engº Agrº	IVAN TRINDADE
Engº Agrº	MÁRIO EDUARDO RANGEL MOREIRA CAVALCANTI MATA
Engº Agrº	NORMA CESAR DE AZEVEDO
Engº Agrº	PEDRO DANTAS FERNANDES
Comunic.	RAIMUNDO CAVALCANTE RODRIGUES
Bel.Adm.	RUTH DE MORAIS MELO

Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 9, Campina Grande - PB., 1979.
Anais. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1980.
2v. ilust.

1. Engenharia Agrícola - Congressos

CDU 631.4:061.3

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

FUNDADA EM: 13 de setembro de 1965

NÚMERO DE SÓCIOS ATÉ JUNHO DE 1979:

TITULAR	476
JÚNIOR	275
COLETIVOS	13

ENDEREÇO: Caixa Postal, 9 - 13.400 - PIRACICABA - SP

PRESIDENTE: PROF. HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, UFPb
CAMPINA GRANDE-Pb.

SECRETÁRIO GERAL: PROF. DUVÍLIO ALDO OMETTO
ESCOLA SUP. AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
USP - PIRACICABA - SP

TESOUREIRO: PROF. LUIZ ANTONIO BALASTREIRE
ESCOLA SUP. AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
USP - PIRACICABA - SP

RELAÇÕES PÚBLICAS: PROF. NESTOR CARLOS DOS SANTOS
ESCOLA SUP. AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
USP - PIRACICABA - SP

CONGRESSOS REALIZADOS

I.	PIRACICABA (SP)	- 1967
II.	PIRACICABA (SP)	- 1969
III.	JABOTICABAL (SP)	- 1971
IV.	VIÇOSA (MG)	- 1974
V.	LAVRAS (MG)	- 1975
VI.	SOROCABA (SP)	- 1976
VII.	PELOTAS (RS)	- 1977
VIII.	BOTUCATU (SP)	- 1978
IX.	**CAMPINA GRANDE(PB)**	**- 1979**

PRESIDENTES DAS SEÇÕES TÉCNICAS

1ª - Engenharia de Água e Solo
Presidente: Prof. Francisco das Chagas Nogueira
ESAM - Mossoró - RN

2ª - Construções Rurais
(Não houve apresentação de trabalho)

3ª - Mecanização Agrícola
Presidente: Prof. Luiz Carlos Beduschi
FCAU/UNESP - Jaboticabal - SP

4ª - Energia na Agricultura
Presidente: Prof. Jorge Emigdio Quintero Pinto
UNICAMP - Campinas - SP

5ª - Aviação Agrícola
Presidente: Prof. Sérgio Hugo Benez
FCA - Botucatu - SP

6ª - Topografia, Fotointerpretação e Aerofotogrametria
Presidente: Prof. Gomercindo Gaspar Martins Marques
UFSM - Santa Maria - RS

7ª - Currículo de Engenharia Agrícola
Presidente: Prof. Altir Alves Martins Corrêa
UFRJ - RJ

8ª - Ensino e Política Profissional
Presidente: Prof. Orlando Rego Magalhães Filho
UFPe - Pelotas - RS

9ª - Processamento de Produtos Agrícolas
Presidente: Prof. Gonzalo Roa
UFV - Viçosa - MG

10ª - Organização Científica de Trabalho na Agricultura
Presidente: Prof. César de Melo Mesquita
EMBRAPA - Brasília - DF

- Coordenador das Seções Técnicas
Prof. Hans Raj Gheyi
UFPb - Campina Grande - PB

COMISSÃO ORGANIZADORA DOS ANAIS

- Prof. HANS RAJ GHEYI (PRESIDENTE)
- Prof. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA
- Prof. MÁRIO EDUARDO RANGEL CAVALCANTI MATA

APRESENTAÇÃO

É com satisfação que temos acompanhado a evolução da Engenharia Agrícola no Brasil. Laços estreitos nos ligam a essa área do conhecimento, pois, como Diretor Adjunto do DAU, participamos da Comissão que a implantou no País e que foi responsável pela elaboração de currículos (1972).

Na atual conjuntura do Brasil, a Engenharia Agrícola veio colaborar ainda mais para o seu desenvolvimento. Num país de grande extensão territorial e, logicamente, extensos problemas, com vocação para a agropecuária, tem que ser dada prioridade ao setor primário, como bem o fez Sua Excelência, o atual Presidente da República.

Realmente, o homem do campo não poderá mais ficar à mercê de condições desfavoráveis em que são conservados seus produtos. Há necessidade de tornar as propriedades mais resistentes às secas; torna-se premente explorar melhor a terra, com máquinas e implementos adaptados à realidade agrária de cada região; nas regiões onde existem inundações, há que se construir barragens; para se diminuir a ação nefasta de atravessadores da comercialização, é necessário que se introduza o sistema de armazenagem a nível de fazenda, combinando-se ao mecanismo da bolsa de mercadoria, de forma a possibilitar negociações diretas entre o produtor e os centros de compra; nas propriedades agrícolas, onde são desfavoráveis as condições de explorações e enormes perdas de alimentos são verificadas, há que se pensar em energização rural.

Todos estes casos patenteiam a importância da Engenharia Agrícola para o nosso País. Ela é a ligação entre dois importantes campos, em países que estão em desenvolvimento: engenharia e agricultura. O Engenheiro Agrícola fornece os conhecimentos de engenharia necessários para o desenvolvimento da agricultura. É a área de profissionalização mais adequada para adaptar fontes de energia à produção agrícola; projetar equipamentos; utilizar solo e água de maneira racional; beneficiar, armazenar e conservar produtos; construir na zona rural e manusear recursos naturais. Enfim, auxiliar a produzir mais, com qualidade superior e a custos menores.

Indispensável se mostra a consolidação cada vez maior do ensino da Engenharia Agrícola no Brasil e, principalmente, que se desenvolvam os núcleos de pesquisa. Temos necessidades urgentes de máquinas e implementos de fabricação nacional, projetados para atender a nossa realidade regional.

Dentre outras, estas foram as razões que levam a **UFPb** a criar o Curso de Engenharia Agrícola, e a estimular, prioritariamente, as áreas de Irrigação, Armazenamento e Mecanização Rural, considerando as condições da região em que está inserida.

Com relação ao IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, muito honrou a nossa Universidade, a sua realização no "Campus" de Campina Grande - Pb.

Aproveitamos para agradecer ao SBEA, CNPq, FINEP, BNB, DNOCS, MINAGRI, SAA/PB, CANDE, BRADESCO, e a todos os congressistas que, juntamente com a UFPb, tornaram possível que o pleno sucesso fosse obtido.

Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque

REITOR

ÍNDICES

INDICE

VOLUME II

Página

Apresentação I

SEÇÃO TÉCNICA: ENERGIA NA AGRICULTURA

01. Estudos Elétrico e Mecânico de Emendas de Cabos de Alumínio para Linhas de Eletrificação Rural 353
C. PIEDADE JR., S.H. BENEZ e W.J. FREIRE

02. Emendas de Cabos de Cobre 361
C. PIEDADE JR., G.C.R. PIEDADE e S.H. BENEZ

03. Cargas de Arrancamento em Linhas de Eletrificação Rural 366
C. PIEDADE JR., G.C.R. PIEDADE e S.H. BENEZ

04. Estudo do Comportamento de Diversos Gabaritos em Projetos de Eletrificação Rural 374
C. PIEDADE JR., S.H. BENEZ e W.J. FREIRE

05. Consumo de Energia Elétrica no Meio Rural da Região de Lavras-MG 383
O.J. VIEIRA e D.S. ANDRADE

06. Utilização de Eletrodomésticos e de Motores no Meio Rural da Região de Lavras-MG 393
O.J. VIEIRA e D.S. ANDRADE

07. Ação para Racionalizar o Uso de Combustíveis na Agricultura ... 408
E.O. FINCH e A. BRANDINI

08. Consumo Energético de Mão-de-Obra Rural Brasileira 414
E.O. FINCH

09. Uso da Energia Elétrica na Zona Rural 420
G.J. da COSTA e J.R. GRAZIANO

SEÇÃO TÉCNICA: AVIAÇÃO AGRÍCOLA

01. A Aviação Agrícola na Adubação da Cana-de-Açúcar - Aspectos da Tecnologia Utilizada 433
M.V. de M. MONTEIRO e J.C. CHRISTOFOLETTI

02. Coletador para Produtos Sólidos Aplicados por Avião 442
J.C. CHRISTOFOLETTI e M.V. de M. MONTEIRO

Página

SEÇÃO TÉCNICA: TOPOGRAFIA, FOTOINTERPRETAÇÃO E AEROFOTOGRAMETRIA

01. Levantamento Aerofotográfico de Pequenas Áreas a Baixo Custo 447
J.A. SANT'ANNA

SEÇÃO TÉCNICA: ENSINO E POLITICA PROFISSIONAL

01. Legislação e Ética Profissional para Engenheiros Agrícolas 453
I.S. GERVINI e E.G.C. NEVES

02. Considerações sobre o Ensino da Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Pelotas 458
O.R. MAGALHÃES FILHO, I. HALPERN, I.S. GERVINI, U.F. GALLI, P.R.C. ROCHEDO e E.G.C. NEVES

SEÇÃO TÉCNICA: PROCESSAMENTOS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

01. Curvas de Equilíbrio Higroscópico do Cacau 465
J.N. da SILVA, J.B. PINHEIRO FILHO, G.C. SEDIYAMA e A.R. CONDÉ

02. Porosidade de Sementes de Cacau durante o Processo de Secagem em Camadas Finas, a 60° e 80°C 475
E.P. do PRADO, T. HARA, J.B. PINHEIRO FILHO e J.T.L. THIÉBAUT

03. Secagem de Sementes de Cacau, em Camadas Finas, a 60° e 80°C 482
E.P. do PRADO, T. HARA, J.B. PINHEIRO FILHO e J.T.L. THIÉBAUT

04. Secagem de Amêndoas de Cacau Relacionada às Teorias de Secagem em Camadas Delgadas 488
J. CUNHA

05. Estudo Experimental de Seca-Aeração de Amêndoas de Cacau em Camadas Finas 504
M.E.R.M. CAVALCANTI MATA e J.B. PINHEIRO FILHO

06. Secagem de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em Camadas Finas a Baixas Temperaturas e seus Efeitos na Germinação das Sementes 519
M.G. BEZERRA SATHLER e J.B. PINHEIRO FILHO

07. Secagem de Raspas de Mandioca com Ar Forçado e Auxilio de Coletores Solares 527
L.G. VILLA, O. BRAUNBECK e G. ROA

08. Programa na Calculadora HP-97/67, para Determinação dos Valores de Concentração em Diferentes Posições do Interior de um Sólido Esférico 537
M.T. MA, L.C. ALVARENGA e P.J. MARTYN

Página

09. Estudo sobre a Convergência da Solução da Equação de Difusão em um Sólido Esférico 544
M.T. MA, L.C. ALVARENGA, J.N. da SILVA e J.R.C. SAGLIETTI

10. Investigation of Air Flow Characteristics of a Simple Platform Drier for Cocoa 551
C.R. Mc DONALD & E.S. FREIRE

11. Características Construtivas e Funcionais de Armazéns Convencionais para Cacau no Sul da Bahia 566
R. SERÔDIO e E.P. do PRADO

12. Estudo da Respiração Pós-Colheita de Algumas Hortaliças do Estado de São Paulo 580
M.A. SILVA e J.L.C. ROCHA

13. Avaliação de Coletor Inflamável de Energia Solar para Aquecimento do Ar 591
R. SINÍCIO e G. ROA

14. Determinação da Difusividade Térmica Aparente de Amêndoas de Cacau 600
B.V. de ALMEIDA, J.B. PINHEIRO FILHO, T. HARA e M. FORTES

15. Determinação de Porosidade para Cacau em Amêndoas 606
B.V. de ALMEIDA, J.B. PINHEIRO FILHO, T. HARA e M. FORTES

Índice Geral dos Autores 613

Participantes do IX CONBEA i

INDICE

VOLUME I

Página

Apresentação I

Cobertura da Imprensa e Palestra do Secretário da Agricultura III

SEÇÃO TÉCNICA: ENGENHARIA DE ÁGUA E SOLO

01. Estudo Frequencial das Necessidades de Irrigação em Quatro Localidades do Estado do Rio Grande do Sul 01
A.T. da SILVA

02. Estudo Comparativo entre Sistemas de Irrigação por Sulcos e Gotejamento na Cultura do Pimentão 15
T.J. CAIXETA, S. BERNARDO, W.D.C. CASALI e L.M. de OLIVEIRA

03. Irrigação por Gotejamento e Fertirrigação com Nitrogênio e Potássio em Tomateiro (Lycopersicum esculentum)..... 27
C.A. da S. OLIVEIRA, O.A. CARRIJO, A.F.L. OLITTA, N.V.B. dos REIS e R.R. FONTES

04. Efeito da Aplicação de Quatro Lâminas de Água em Irrigação por Gotejamento na Cultura do Melão (Cucumis melo L.) 33
T.J. CAIXETA, R. MARINATO, P.C.R. FONTES e R.L. GOMIDE

05. Irrigação por Gotejo em Bananeira Cultivar Prata I - Características Vegetativas e Floração 42
S.L. de OLIVEIRA, E.J. ALVES e R.C. CALDAS

06. Efeito de Diferentes Tenções de Umidade de Solo Sobre a Cultura da Cenoura (Daucus Carota L.) em Fase de Desenvolvimento Ativo do Sistema Radicular 43
W.L.C. SILVA, J.V. VIEIRA e O.A. CARRIJO

07. Efeito de Diferentes Níveis de Umidade do Solo no Ciclo e Produtividade do Algodão Herbáceo (Gossypium hirsutum L.) 48
F.A. de OLIVEIRA

08. Análise das Estimativas de Chuva, para Santana do Ipanema e Palmeira dos Índios (AL), através da Distribuição Gama e da Média 52
E.R. PORTO, J.K. HANCOCK e L.C.G. BARROS

09. Determinação do Escoamento Superficial em Três Solos do Brejo Paraibano 58
J.F. dos SANTOS e B. FERNANDEZ

10. Balanço Hídrico do Projeto de Irrigação de São Desidério 80
J.J.S. e SILVA e F.A. de OLIVEIRA

Página

11. Fracionamento Isotópico Aplicado ao Estudo de Evapotranspiração 85
P.R. LEOPOLDO, E.MATSUI, E.SALATI e A.P. SOUSA

12. Efeito da Adubação Nitrogenada no Índice de Área Foliar e na Produtividade do Arroz Irrigado (Oryza sativa L.)..... 100
F.A. de OLIVEIRA

13. Prognóstico de Chuva para o Município de Alagoa Nova-Pb 107
E.A. BORGES, B. FERNANDEZ e J. FELINTO

14. Efeito de Diferentes Métodos de Recuperação num Solo com Problemas de Sódio Sobre a Produção e Componentes da Produção de Arroz..... 117
M.J. da SILVA, A.A. MILLAR, S. BERNARDO, J.M. BRAGA e A.R. CONDÉ

15. Determinação da Condutividade Hidráulica em Fluxos não Saturado..... 124
L.F. CAVALCANTE, B. FERNANDEZ e E.A. BORGES

16. Análise de Laterais para Determinação do Número Máximo de Aspersores 134
J.E. QUINTERO e R. VALLDERUTEN

17. Evapotranspiração, Índice de Área Foliar e Desenvolvimento Radicular do Arroz (Oryza sativa L.) sob Irrigação 145
F.A. de OLIVEIRA

18. Determinação da Demanda de Água de Irrigação para a Cultura do Arroz e Potencia Requerida para Bombeamento em solo da Depressão Central 151
P.R.C. ROCHEDO

SEÇÃO TÉCNICA: MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

01. Estudo de Pulverização a Baixo Volume em Citros com Atomizador de Bocais Oscilantes 159
S.SARTORI e A.I. HONDA

02. Desenvolvimento de Atomizador Tratorizado a Baixo Volume para Citros 169
S. SARTORI, J.F.M. FAVA e A.I. HONDA

03. Desenvolvimento de Atomizador Universal a Baixo Volume 179
S. SARTORI e A.I. HONDA

04. Desempenho do Protótipo do Atomizador Universal a Baixo Volume. 184
S. SARTORI, J.L. PEREIRA e A.I. HONDA

05. Colhedeira Mecânica de Café - Estudo do Desempenho 191
S. SARTORI, J.F.M. FAVA e M.V. BASTOS

06. Redução da Evaporação de Gotículas para Pulverizações Agrícolas 198
H.G. CORRÊA e J.V.G. MAZIERO

07. Programação para Emprego dos Arados 206
A.A.M. CORRÊA

Página

08. Medição da Resistência ao Corte do Colmo de Cana-de-Açúcar com Pêndulo Duplo 214
C.S. CHANG, J.A. BERNARDI e J.V.G. MAZIERO

09. Ciclo Operacional de Equipamento de Tração Animal para Transporte de Cana-de-Açúcar em Regiões de Topografia Declivosa..... 224
E.F.S. da COSTA, L.G. MIALHE, W.B. GUEDES e D.E.S. NETO

10. Tratores de Tração em Quatro Rodas - Estudo Preliminar Comparativo de Tração em Duas e Quatro Rodas 238
L.G. MIALHE, T.C. RIPOLI e I.S. MELLO

11. Medidas de Resistência Dinâmica de Grãos 255
C.S. CHANG, E. FENZ e J.A. SOUSA COSTA

12. Influência dos Mecanismos das Colhedeiras e do Manejo da Lavoura de Soja (Glycine max L. Merrill) sobre as Perdas na Colheita e a Qualidade das Sementes 261
C.M. MESQUITA, N.P. COSTA e E.F. QUEIROZ

13. Avaliação da Qualidade do Produto Obtido através da Utilização dos Processos Semi-Mecanizado e Manual de Colheita de Amendoim (Arachis hypogaea L.)..... 274
L.C. BEDUSCHI e N.C. SANTOS

14. Avaliação da Qualidade do Produto Obtido através da Utilização de Dois Processos Mecânicos de Colheita de Amendoim (Arachis hypogaea L.)..... 283
L.C. BEDUSCHI e N.C. SANTOS

15. Exigências de Mão-de-Obra e de Atividade Mecânica em Dois Processos de Colheita do Amendoim (Arachis hypogaea L.) 293
L.C. BEDUSCHI e N.C. SANTOS

16. Análise Econômica de Dois Processos Mecânicos de Colheita do Amendoim (Arachis hypogaea L.)..... 301
L.C. BEDUSCHI e N.C. SANTOS

17. Guincho de Tração Animal para Transporte de Cana-de-Açúcar em Regiões Declivosas - Estudo do Ciclo Operacional e Avaliação de Desempenho 317
P.N.A. BERTO, W.B. GUEDES e L.G. MIALHE

18. Influência do Preparo do Solo na Produção da Soja (Glycine max L. Merrill) 328
C.A. GAMERO, S.H. BENEZ e P.C. MATTOS

19. Influência do Preparo do Solo no Desenvolvimento do Sistema Radicular da Soja (Glycine max L. Merril) 334
S.H. BENEZ, C.A. GAMERO e C. PIEDADE JR.

20. Estudo da Aplicação de Sêga Circular em Sulcadores com Dupla Aiveca 342
S.H. BENEZ, C. PIEDADE JR. e C.A. GAMERO

21. Inovação no Bocal da Pulverização de um Pulverizador Pneumático para Melhor Fragmentação da Calda 348
H.G. CORRÊA

Índice Geral dos Autores i

SEÇÃO TÉCNICA

ENERGIA NA AGRICULTURA

ESTUDO ELÉTRICO E MECÂNICO DE EMENDAS DE CABOS DE ALUMÍNIO PARA LINHAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL

Cezar Piedade Jr.*
Sérgio H. Benez**
Wesley J. Freire**

RESUMO

O presente trabalho, parte de tese de Livre Docência do primeiro autor, resume uma série de ensaios mecânicos e elétricos conduzidos com condutores de alumínio tipo CAA, unidos com 3 (três) tipos de emendas: preformadas, torção e compressão.

Procurou-se definir o comportamento de cada emenda típica, no que tange às cargas de ruptura, escorregamento, efeitos técnicos e de materiais.

Os ensaios mecânicos demonstraram que as emendas preformadas e de compressão não apresentam carga de escorregamento e as suas cargas de ruptura são compatíveis com as exigências da norma brasileira. As funções ajustadas para a carga de ruptura contra a seção do condutor demonstram para as emendas preformadas que elas seguem uma hipérbole.

As emendas tipo torção completas são bastante deformáveis, apresentam cargas de escorregamento definidas e as suas rupturas ocorrem com cargas inferiores às estabelecidas em normas. As funções que relacionam as seções dos condutores com as duas cargas consideradas, indicam curvas hiperbólicas. Essas funções obtidas para o confronto com o número de torções, em emendas incompletas, mostraram que as mesmas seguem regressões exponenciais.

As elevações de temperatura obtidas nas emendas em testes padronizados estão de acordo com as exigências de normas.

SUMMARY

The research was carried out using several kinds of usuals conductor connections in overhead line construction for country areas in São Paulo - Brazil. This paper only examines aluminium conductors steel-reinforced, for power transmission. It was an attempt to study the behavior of the functions $P = f(x)$ or $P_r = f(Y)$, where P is the initial strain load in the connections, P_r the rupture stress, and x and Y set characteristics.

Another kind of research was designed to establish the behavior the connections in temperature measurement.

The comparison between the two functions led to conclusions: to connections with preformation the functions are hiperboles and to torsion connections are parabolas. The temperature measurement determined by the test led to the numbers in accordance with the standards.

(*) Prof. Livre Docente do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - SP - UNESP.

(**) Professores Assistentes Doutores do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - SP - UNESP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na Europa, após a Segunda Guerra Mundial, em diversos países se iniciou a construção de linhas com condutores de alumínio, conforme ressalta PETIT & HERMANS (1971). O objetivo era dotar as regiões rurais de energia elétrica com serviços seguros e que reduzissem o valor do investimento por quilômetro.

No Brasil, as grandes jazidas de minério exigiram o uso de alumínio nas redes de transmissão e distribuição de energia elétrica. A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1972a) estabeleceu, para os cabos de alumínio, a designação CA e, para os cabos de alumínio com alma de aço, a designação CAA.

A necessidade de emendar condutores de redes aéreas decorre das limitações impostas pelos comprimentos máximos de fabricação e dos serviços de manutenção, em casos de rompimento. Trata-se de operação que deve ser efetuada com técnica, obedecendo as normas de execução e com ferramentas adequadas.

No mercado nacional há um grande número de emendas disponíveis que se diferenciam pelo tipo, procedência, preço e especificações para montagem. Essas emendas geralmente exigem para sua montagem, uma ferramenta onde se instala um par de matrizes, de acordo com o número do condutor.

Todos os ensaios mecânicos e elétricos das emendas dos condutores foram executados de forma a permitir o estabelecimento de seu comportamento em condições normais e onde ocorresse influência da mão-de-obra, pois esta última tem sido um grande problema na execução de linhas rurais no Brasil.

Todos os corpos de prova foram executados na Companhia Paulista de Força e Luz, em Botucatu. A aquisição dos materiais, tais como cabos, emendas e pasta anti-oxidante, foi providenciada pela Faculdade de Ciências Agronômicas, mediante concorrência normal de compra de materiais de consumo.

Todos os ensaios relativos às emendas de condutores elétricos foram executados no Laboratório de Controle de Qualidade da Burndy do Brasil Conetores SÃ em Santo Amaro, cujos equipamentos são periodicamente aferidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e onde é realizada a maioria dos ensaios de conetores para as principais empresas de eletricidade do Brasil.

A máquina empregada nos ensaios mecânicos é do tipo tração horizontal, com um curso de 7 metros e capacidade de cerca de 30 toneladas. A ancoragem dos cabos foi efetuada com grampos de dimensões suficientes para evitar a concentração de tensões. Esses grampos tinham os seus parafusos apertados com um torquímetro marca Belzer, de capacidade 20 kgf.m e obedecendo aos torques especificados pela ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS (1962).

Procurou-se manter uma velocidade de carregamento uniforme que facultasse a leitura dos acréscimos de carga. Esse procedimento permitiu que cada ensaio fosse realizado num período de 3 a 5 minutos. Além do registro do painel de controle da máquina, foi instalado um dinamômetro, marca Dillon, de procedência americana com 5000 libras de capacidade de carga e divisões de 50 em 50 libras. Na extremidade das emendas e nos pontos de ancoragem foram instaladas marcas de referência, com fita isolante branca, que permitiram estabelecer a carga que ocasionava o escorregamento entre as extremidades do cabo, a emenda e a ancoragem do cabo.

Foram ensaiadas emendas tipo preformadas e tipo torção para os condutores nºs. 4,2 e 1/0, sendo os corpos de prova executados com quatro repetições.

Para as emendas tipo torção foi confeccionado, também, um conjunto de corpos de prova para o condutor nº 4 AWG, com 1; 2 e 2,5 torções, com quatro repetições para cada corpo de prova.

Para as emendas tipo compressão foram ensaiados quatro corpos de prova completos, executados em condutor nº 4 AWG.

Os ensaios elétricos relativos à determinação da resistência elétrica foram conduzidos em emendas semelhantes às empregadas nos ensaios mecânicos. Foram

realizados testes de resistência elétrica e de aquecimento numa máquina especial com capacidade de 2000 ampères e seguiu-se a metodologia estabelecida pelo UNDERWRITER'S LABORATORIES (1954).

Amostras das emendas foram ensaiadas num aparelho marca Sigmatest de procedência alemã, para verificação da condutividade elétrica do alumínio empregado

Para os dados obtidos nos ensaios de emendas de cabos condutores foram elaborados gráficos preliminares para se prever a tendência da ajustagem. Foram pesquisados quatro tipos de regressão:

Exponencial: $Y = A \cdot B^{x}$ (1)

Linear: $Y = A + Bx$ (2)

Hiperbólica: $Y = A/x^{B}$ (3)

Quadrática: $Y = A + Bx + Cx^{2}$ (4)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nos ensaios de laboratório estão apresentados nos Quadros de 1 a 6, onde são adotadas as seguintes abreviações:

P_e = Carga de escorregamento em kgf

P_r = Carga de ruptura em kgf

$t\alpha$ e $t\beta$ = Temperatura do cabo, tomada fora da emenda

$t\gamma$ = Temperatura sobre a emenda

QUADRO 1 - Bitolas e Esforços para os Ensaios de Tração de Cabos de Alumínio Tipo CAA com Emendas de Torção com um Número Variável de Torções.

CONDUTOR Nº	Preformadas		Torção	
	P_e (kgf)	P_r (kgf)	P_e (kgf)	P_r (kgf)
4	680,40	680,40	385,56	521,64
	680,40	680,40	385,56	389,68
	567,00	567,00	385,56	521,64
	635,04	635,04	385,56	567,00
2	1383,48	1383,48	589,68	816,48
	1134,00	1134,00	725,76	884,52
	1292,76	1292,76	612,36	793,80
	1134,00	1134,00	657,72	839,16
1/0	1292,76	1292,76	589,68	997,92
	1474,20	1474,20	793,80	1134,00
	1156,68	1156,68	725,76	1111,32
	1451,52	1451,52	748,44	1134,00

QUADRO 2 - Bitolas e Esforços para os Ensaios de Tração de Cabws de Alumínio Tipo CAA com Emendas de Torção com um Número Variável de Torções

Condutor Nº	Torções Nº	P_e (kgf)	P_r (kgf)	Repetições nº
4	1	45,60 113,40 113,40 45,60	181,44 340,20 340,20 181,44	4
4	2	136,08 136,08 136,08 136,08	340,20 362,88 362,88 340,20	4
4	2,5	385,56 385,56 385,56 385,56	521,64 589,68 521,64 567,00	4

QUADRO 3 - Bitolas e Esforços para os Ensaios de Tração de Cabos tipo CAA, unidos com diversos tipos de Emendas

Condutor Nº	Emenda (Tipo)	P_e (kgf)	P_r (kgf)	Repetições Nº
4	Preformada	635,04 680,40 680,40 567,00	635,04 680,40 680,40 567,00	4
4	Torção	385,56 385,56 385,56 385,56	521,64 589,68 521,64 567,00	4
4	Compressão	702,95 544,22 566,89 839,00	702,95 544,22 566,89 839,00	4

QUADRO 4 - Ensaios de Aquecimento para Emendas de Cabos Condutores tipo CAA

Tipo de Emenda	Condutor	Temperatura (°C) tα	tγ	tβ	Corrente	Temperatura Ambiente (°C)
Torção	CAA nº 2	35,5	31,7	35,5	85	25,0
Compressão	CAA nº 2	36,2	34,2	36,2	60	26,5
Compressão	Cobre nº 6	37,0	37,0	37,0	60	27,0
Compressão	CAA nº 2	37,2	36,9	37,2	85	26,0
Compressão	CA nº 2	39,1	38,2	39,1	85	25,0
Preformada	CAA nº 2	42,0	42,1	42,0	60	25,0

QUADRO 5 - Ensaios de Determinação da Queda de Voltagem em Condutores tipo CAA simples e com Emendas

Condutor e Emenda (Tipo)	Corrente A	Δv (mV)	Resistência ($\Omega\ mm^2/m$)	ℓ (cm)	Temperatura (°C)
CA nº 4	60	49	0,0013620	60	27
Compressão		45	0,0012500		
CAA nº 4	60	48	0,0013333	60	23
Compressão		35	0,0009722		
CAA nº 2	85	45	0,00088235	60	25
Torção		35	0,00068627		
CAA nº 1/0	110	59	0,00053640	100	25
Preformada		58	0,00052730		
Cobre nº 6	60	49	0,0013611	60	26
Compressão		45	0,0012500		

QUADRO 6 - Ensaio de Condutividade Elétrica para as Emendas de Alumínio

Tipo de Emenda	Condutor (AWG)	Condutividade IACS (%)
Torção	CAA nº 4	48
Torção	CAA nº 2	58
Torção	CAA nº 1/0	38
Preformada	CAA nº 1/0	48
Compressão	CAA nº 4	57

Como as amostras de cabos de alumínio com alma de aço de números 4,2 e 1/0 apresentaram, respectivamente, as cargas de ruptura média de 780, 1150 e de

1650 kgf, considerou-se as recomendações mínimas de segurança impostas pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971a) que recomenda, para todos os condutores, emendas tipo compressão, sendo permitidos outros tipos, desde que resistam a pelo menos 90% da tensão de ruptura do condutor correspondente.

Na Figura 1 estão apresentadas as curvas obtidas para os diversos ensaios conduzidos, mostrando que apenas a emenda preformada suporta cargas compatíveis com 90% da carga de ruptura do condutor correspondente. Esse tipo de emenda não apresentou carga de escorregamento.

As emendas tipo torção apresentaram cargas de escorregamento bem pronunciadas. A diferença de carga de escorregamento sobre a carga de ruptura, nas luvas de torção, é diretamente proporcional à área do condutor, fato que talvez possa ser justificado pelo dimensionamento desproporcional da luva para os cabos maiores, onde a relação entre as seções de aço e alumínio ocasionam separações entre os fios trançados, gerando distribuições de tensões diferenciadas. Essas luvas não suportaram a carga de 90% da carga de ruptura nominal do cabo sem emenda.

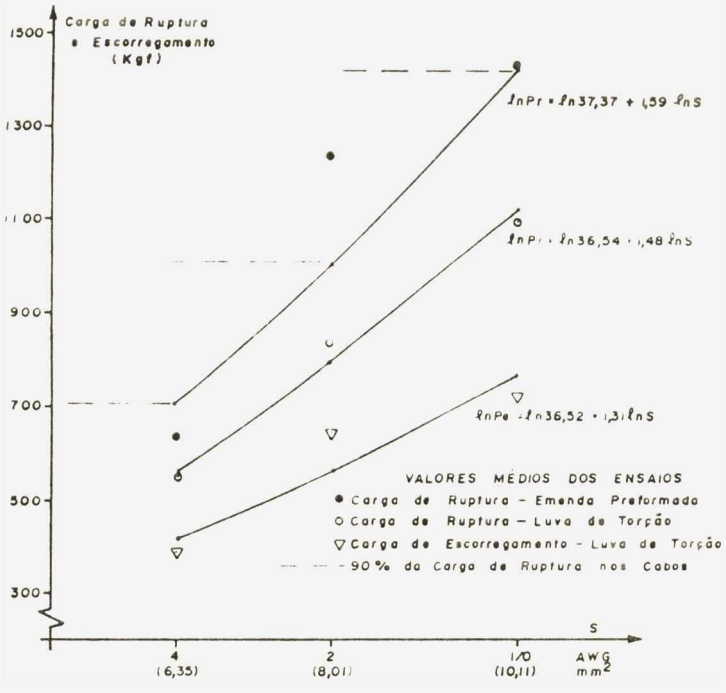


FIGURA 1 - Variação da função carga de ensaios contra seção do condutor para cabos CAA unidos com luvas de torção ou emendas preformadas.

Os ensaios mecânicos das luvas de torção para cabos CAA nº 4 AWG, com um número variável de torções resultaram também em equações ajustadas cujos valores de teste **t**, de r^2 e de **CV** indicam que a carga de ruptura isolada contra o número de torções $|P_r = f(t)|$ e em conjunto com a carga de escorregamento contra o número de torções $|P = f(t)|$, seguem duas funções exponenciais. Essa relação permite observar que o número de torções aplicadas nas luvas influencia as duas funções estudadas, mantendo entre ambas uma diferença praticamente constante.

Os ensaios complementares das emendas de cabos condutores mostraram que as elevações de temperatura foram compatíveis com as exigências dos ensaios pois as temperaturas de estabilização foram sempre mais elevadas nas extremidades do cabo do que na superfície da emenda. Os resultados observados se justificam, em

parte, pela tendência de superdimensionamento de alguns tipos de emendas, como é o caso das preformadas ou pela existência de dois condutores, em paralelo, da seção do condutor dentro da luva.

As ligações completas de cabo CAA com luvas de torções são bastante deformáveis. As funções $P_e = |f(S)|$ e $P_r = |f(S)|$ seguem funções hiperbólicas. Apresentaram carga de escorregamento bastante definidas e suas cargas de ruptura são inferiores a 90% da carga de ruptura do condutor correspondente.

As ligações efetuadas com um número incompleto de torções demonstraram que o número de torções aplicadas influencia as funções exponenciais $|P_r = f(t)|$ e $|P = f(t)|$, mantendo entre elas uma diferença praticamente constante.

As emendas tipo compressão efetuadas em condutores nº 4 AWG, demonstraram capacidade de suportar 90% da carga de ruptura do condutor correspondente e a ausência de carga de escorregamento.

CONCLUSÕES

Os ensaios conduzidos com os diversos tipos de emendas de condutores tipo CAA mostraram que:

- As emendas preformadas apresentaram carga de ruptura brusca, não apresentando carga de escorregamento. A carga de ruptura é compatível com 90% da carga de ruptura nominal do condutor correspondente. A função $|P_r = f(S)|$ segue curva hiperbólica.

- As ligações completas de cabos CAA com luvas de torções são bastante deformáveis, apresentam carga de escorregamento bastante definidas e suas cargas de ruptura são inferiores a 90% da carga de ruptura do condutor correspondente. As funções $P_e = |f(S)|$ e $P_r = |f(S)|$ seguem funções hiperbólicas.

- As ligações efetuadas com um número incompleto de torções demonstraram que o número de torções aplicadas influencia as funções exponenciais $|P_r = f(t)|$ e $|P = f(t)|$, mantendo entre elas uma diferença praticamente constante.

- As emendas tipo compressão efetuadas em condutores nº 4 AWG, demonstraram capacidade de suportar 90% da carga de ruptura do condutor correspondente e a ausência da carga de escorregamento.

As elevações de temperatura foram compatíveis com as exigências dos ensaios, pois as temperaturas de estabilização foram sempre mais elevadas nas extremidades do cabo do que na superfície da emenda. Os resultados observados se justificam, em parte, pela tendência de superdimensionamento de alguns tipos de emendas, como é o caso das preformadas, pela existência de dois condutores, em paralelo, nas emendas tipo torção e pela melhor condutividade do alumínio empregado nas luvas tipo compressão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com auxílio financeiro fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Processo FAPESP 75/887.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. *EB-293:* cabos de alumínio (CA) e cabos de alumínio com alma de aço (CAA) para fins elétricos. Rio de Janeiro. 1972. 17 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS: New York. *Norma Nema SG* k4. 10 - 1962: conetores para redes aéreas com condutores de alumínio. New York, 1962. 11 p. (Publicação E.E.I - T.D.J., 162)

CONDUTORES DE ALUMÍNIO PARA INSTALAÇÕES PREDIAIS E CONECTORES. *Boletim de Pesquisas. Underwriter's Laboratories Inc.* (48): 1-30, 1954.

PETIT, K.L. & HERMANS, R. Caracteristique actuelles de l' eletrification rurale. *Elect. belge,* (146): 17-36, 1971.

EMENDAS DE CABOS DE COBRE

Cezar Piedade Jr.*
Gertrudes C.R. Piedade**
Sérgio H. Benez**

RESUMO

As emendas de cabos condutores de energia elétrica devem oferecer resistência mecânica suficiente para suportar as cargas de montagem e as sobrecargas atuantes durante as operações normais da linha.

No Brasil, o uso de condutores de cobre nº 6 AWG para linhas curtas da classe 15 kV foi muito difundido, havendo linhas em operação com bitolas menores.

A emenda usual para esses condutores tem sido a do tipo compressão. No comércio existe uma falta de uniformidade no que tange às normas, aos critérios para uso de ferramentas e avaliação do efeito da mão-de-obra.

No presente trabalho foram executadas emendas de cabos, onde o número de compressões e as ferramentas variaram com o objetivo de se pesquisar o comportamento dessas uniões.

*Pesquisou-se a função $P_r = f(N)$, onde P_r é a carga de ruptura e **N** o número de compressões na emenda, observando-se para os alicates e matrizes consideradas que a função quadrática representou melhor os ensaios.*

SUMMARY

Accessories for transmission line, such as wire and his compression sleeve were tested with tension under usual condition ir order to know the behavior.

*The research analyse the function $P_r = f(N)$ to compression sleeve to copper wire. In this function P_r is the rupture stress and **N** the number of compression. The function $A + BN + CN^2$ was the best representative of the tests.*

The sleeve with two compression supported 90% of rupture of the wire and presented the best results.

INTRODUÇÃO

A necessidade de emendar cabos de redes aéreas decorre das limitações impostas pelos comprimentos máximos de fabricação e dos serviços de manutenção, em casos de rompimento. Trata-se de operação que deve ser efetuada com técnica obedecendo as normas de execução e com ferramentas adequadas.

No mercado nacional há um grande número de emendas disponíveis que se diferenciam pelo tipo, procedência, preço e especificações para montagem. Algumas

---

(*) Professor Livre Docente do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - UNESP

(**) Professores Assistentes Doutores do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - UNESP.

indústrias produzem ferramentas e emendas, outras só a emenda, utilizando, nesses casos, ferramentas de outras indústrias. As emendas tipo compressão são efetuadas com um alicate especial, produzido no Brasil por apenas duas firmas. Esses alicates utilizam um par de peças intercambiáveis denominadas matrizes, selecionadas por códigos, em função do cabo a ser emendado. Apesar das matrizes serem fabricadas por um alicate específico, elas podem ser usadas no alicate de outro fabricante, havendo, inclusive, coincidência nos números das mesmas.

A execução de linhas rurais no Brasil é efetuada por firmas empreiteiras de médio e pequeno porte, que geralmente fazem associação de ferramentas, levando em consideração, também, aspectos econômicos referentes a materiais de mão-de obra.

Diante desse quadro, a presente pesquisa buscou, mediante ensaios mecânicos de laboratório, onde emendas tipo compressão foram submetidas a ensaios de tração, avaliar o seu comportamento mecânico, o efeito de mão-de-obra e de ferramenta.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os cabos condutores são produzidos em comprimentos padronizados, o que obriga a utilização de peças especiais para emendá-los em linhas extensas, ou em casos de reparações. STAN (1970), em estudo realizado para as Nações Unidas, na Europa, apresenta as principais formas de uniões empregadas naquele continente, com o objetivo de padronização desses materiais para eletrificação rural. Estudo semelhante está sendo realizado no Brasil pelo MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (em 1977) através do Comitê de Distribuição da Eletrobrás.

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1972) não permite emendas em vãos de travessias sobre rodovias, ferrovias, águas navegáveis, linhas elétricas ou de telecomunicações, funiculares ou teleféricas e edificações. Com relação às condições mínimas de segurança mecânica, para todos os condutores, a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971) recomenda emendas tipo compressão, sendo permitidos outros tipos, desde que resistam a pelo menos 90% da tensão de ruptura do condutor correspondente.

Nos Estados Unidos, a ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS (em 1962) estabeleceu, para os conetores de redes aéreas, a seguinte classificação:

Classe 1 - tração total: 95% da resistência nominal do condutor
Classe 2 - tração parcial: 40% da resistência nominal do condutor
Classe 3 - tração mínima: 5% da resistência nominal do condutor

Para os ensaios de tração, as emendas de cobre foram montadas com um par de matrizes nº 161, para unir condutores nº 6 AWG. Foram efetuadas emendas com 1, 2 e 3 compressões, e cada ensaio foi executado com 3 repetições. As emendas de cabos sem emendas ensaiadas apresentaram a carga da ruptura média de 550 kgf.

Todos os corpos de prova foram executados na Companhia Paulista de Força e Luz, em Botucatu. A aquisição dos materiais, tais como cabos, emendas e pasta anti-oxidante foram providenciadas pela Faculdade de Ciências Agronômicas, mediante concorrência normal de compra de materiais de consumo.

As ferramentas e matrizes utilizadas foram fornecidas pelo Departamento de Engenharia Rural e pela Companhia Paulista de Força e Luz.

Os ensaios de tração das emendas foram executados no Laboratório de Controle de Qualidade da Burndy do Brasil Conetores S.A., em Santo Amaro, cujos equipamentos são periodicamente aferidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e onde é realizada a maioria dos ensaios de conetores para as principais empresas de eletricidade do Brasil.

A máquina empregada nos ensaios é do tipo tração horizontal, com um curso de 7 metros e capacidade de carga de 30 toneladas. A ancoragem dos cabos foi efetuada com grampos de dimensões suficientes para evitar a concentração de tensões. Esses grampos tinham os seus parafusos apertados com um torquímetro marca

Belzer, de capacidade 20 kgf.m e obedecendo aos torques especificados no Quadro 1 da ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS (1962).

Além do registro do painel de controle da máquina foi instalado um dinamômetro, marca Dillon, de procedência americana, com 5.000 libras de capacidade de cargas e divisões de 50 libras. Nas extremidades das emendas e nos pontos de ancoragem foram instaladas marcas de referência, com fita isolante branca, que permitiram estabelecer a carga que ocasionava o escorregamento entre as extremidades do cabo, a emenda e a ancoragem. As emendas foram ensaiadas até a ruptura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com as cargas de ruptura (P_r) com os dois tipos de alicates foram anotados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Bitolas e Esforços para os Ensaios de Tração de Fios de Cobre com Emendas tipo Compressão, Efetuadas com dois Tipos de Alicates e um Número Variável de Compressão.

Condutor - Nº	Compressão - Nº	Alicate **A** (kgf) P_r	Alicate **B** (kgf) P_r
6	1	190,51 199,58 199,58	254,02 272,16 272,16
6	2	408,24 408,24 408,24	567,00 567,00 567,00
6	3	453,60 476,28 453,28	453,60 453,60 453,60

Esses valores foram pesquisados para se estabelecer a função $P_r = f(N)$, onde **N** é o número de compressões, mediante quatro tipos de regressões conforme abaixo relacionadas:

Exponencial: $Y = A \cdot B^X$ (1)

Linear: $Y = A + Bx$ (2)

Hiperbólica: $Y = A/x^B$ (3)

Quadrática: $Y = A + Bx + Cx^2$ (4)

As equações obtidas constam no Quadro 2, onde foram consideradas as seguintes abreviações:

CV = coeficiente de variação
r^2 = coeficiente de determinação
t_D = teste t para os parâmetros das regressões lineares, hiperbólicas e exponenciais
t_B e t_C = teste t para os parâmetros das regressões quadráticas.

Observando-se os valores do teste "t", de "r^2" e de "CV", pode-se admitir que para os dois conjuntos ensaiados, as funções quadráticas estão melhor representando o efeito da carga de ruptura contra o número de compressões $P_r = f(N)$.

Na Figura 1 estão representadas as funções ajustadas, podendo-se observar que o alicate **B** resultou nas duas primeiras compressões numa nítida superio

ridade em relação ao alicate A. Essa superioridade talvez decorra da maior força de compressão que o alicate B deve ter aplicado na emenda devido aos detalhes de ajuste e acabamento próprios de sua fabricação.

QUADRO 2 - Equações de Regressão para o Confronto dos Ensaios de Emendas de Cabo de Cobre nº 6 AWG com Luvas tipo Compressão e várias compressões.

Tipo de Ensaio	Equações de Regressão	C.V.	r^2	t_D	t_B	t_C
(36a)	$\ell n\ P_r = \ell n\ 142,01 + N\ \ell n\ 1,53$	0,05	0,85	6,36*		
	$P_r = 90,72 + 132,30\ N$	12,13	0,89	7,52**		
	$\ell_n\ P_r = 205,85 + 0,81\ \ell n\ N$	0,29	0,94	10,53**		
	$P_r = 173,89+449,83N-79,38\ N^2$	2,29	0,99		19,33**	13,79**
(36b)	$\ell n\ P_r = \ell n\ 239,81 + N\ \ell n\ 1,31$	0,06	0,47	2,49*		
	$P_r = 241,42 + 93,74\ N$	25,85	0,38	2,07*		
	$\ell n\ P_r = \ell n 294,26 + 0,55\ \ell n\ N$	0,05	0,62	3,36*		
	$P_r = -449,06+922,32N-207,14\ N^2$	1,41	0,99		5,34**	4,84**

(36a) = Alicate A
(36b) = Alicate B

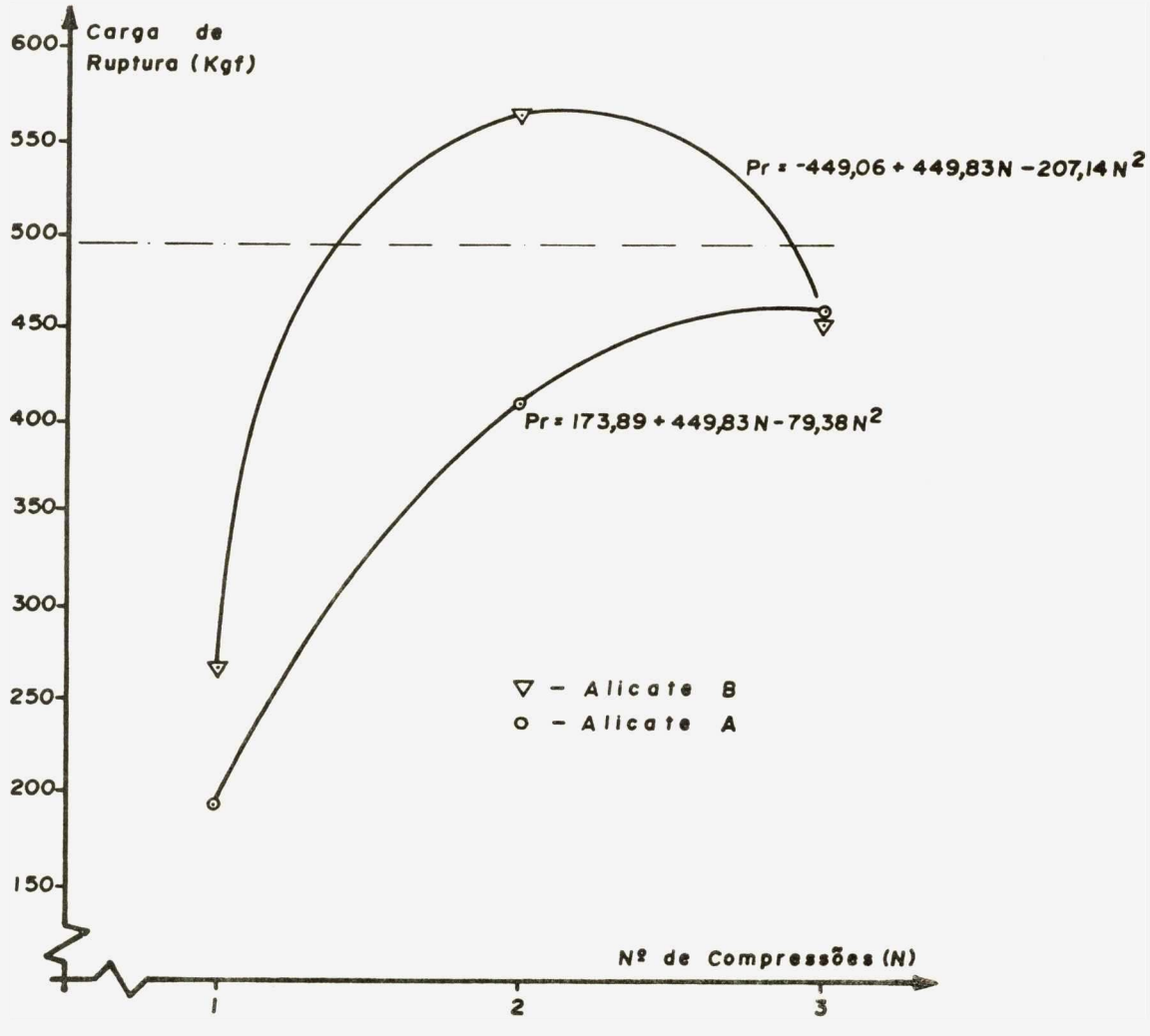


FIGURA 1 - Funções ajustadas para $P_r = f(N)$

Para a emenda montada com três compressões, pode-se constatar uma convergência das curvas evidenciando um comportamento, onde, provavelmente, passam a prevalecer os efeitos de localização da compressão e da espessura da luva. Na região onde foi aplicada a terceira compressão, a parede da luva exibiu um adelgamento responsável pelas rupturas do fio nesse local.

Observou-se, também, que as luvas ensaiadas possuem espaços reservados para cada compressão que melhor se ajustam a matrizes do tipo conjugadas que são próprias de alicates importados.

As emendas não apresentaram carga de escorregamento e suportaram quando comprimidas duas vezes carga superior a 90% do valor nominal do condutor correspondente.

CONCLUSÕES

Os ensaios das emendas de cobre tipo compressão mostraram que a função $P_r = f(N)$ onde P_r é a carga de ruptura e N o número de compressões, segue uma equação quadrática do tipo $P_r = A + BN + CN^2$.

Para os dois alicates ensaiados, o melhor resultado foi conseguido com duas compressões, que suportaram carga superior a 90% da ruptura nominal do condutor correspondente.

A terceira compressão conduziu a uma carga de ruptura intermediária, denotando que as matrizes empregadas não se adaptaram ao espaço reservado para as compressões sobre a luva. Esse espaço coincide com as dimensões de matrizes importadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com auxílio financeiro fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Processo FAPESP 75/887.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, *NB-182:* Projeto de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica. Rio de Janeiro 1972 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *PB-46:* redes aéreas de distribuição de energia elétrica; tensão primária da classe 15 kV. Rio de Janeiro, 1971. 27 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS, New York. *Norma NEMA SG 14 - 10-1962:* conetores elétricos para subestações. New York, 1962. 11 p. (Publicação E.E.-T.D.J., 1962).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Brasília. *Normas do Comitê de Distribuição da Eletrobrás.* Rio de Janeiro, 1977. 120 p.

STAN, M.P. Normalisation des elements entrant daus la construction des reseaux electriques pour l'ectrification rurale, en taut que moyen de reduire les couts d'investissement et les delais de construction. In: NATIONS UNIERS. Commission Economique pour l'Europa, New York. *Electrification Rurale*. New York, 1970. v. 12, 49 p. tab.

CARGAS DE ARRANCAMENTO EM LINHAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL

Cezar Piedade Jr*
Gertrudes C.R. Piedade**
Sérgio H. Benez**

RESUMO

Num país de dimensões continentais, como o nosso, onde a normalização dos projetos de linhas aéreas de eletrificação rural não pode cobrir todo o território nacional por insuficiência de dados, há necessidade de se aprofundarem os conhecimentos relativos ao comportamento dos padrões utilizados e dos critérios de elaboração de projetos.

As linhas rurais são constituídas de um conjunto de acessórios tais como pinos, cruzetas, isoladores, emendas de cabos e amarrações, que participam de todo o seu traçado. Para utilização desses elementos, as nossas normas ressentem-se de dados de pesquisas e oferecem um número limitado de informações, baseadas na maioria das vezes, no comportamento de padrões de outros países.

No presente trabalho, objetivou-se, mediante ensaios de campo, estabelecer o efeito do esforço de tração vertical que ocorre em casos específicos de arrancamento e tomando-se por referência os critérios de cálculo mecânico de linhas rurais, impostos pelas normas brasileiras.

SUMMARY

The research was carried out in the case when the cold curve (50°C) falls above the point of support of the conductor indicating uplift on pin.

A outdoor research with several ruling span (V_r) was designed with ACSR conductor to examine where the cold curve falls above the point of the conductor indicating removal of the pin. The function $V_r = f(R)$, where R is the effort by meter of vertical height difference is an hyperbole of type:
$\ell n\ R = \ell n\ 0{,}01 + 1{,}37\ \ell n V_r$

INTRODUÇÃO

A execução de projetos de linhas de transmissão e distribuição no meio rural está intimamente ligada a dois aspectos bastante distintos: o seu comportamento elétrico e o seu comportamento mecânico.

Para o aspecto elétrico tem prevalecido, nos diversos países, a existência de um sistema misto de eletrificação rural que, partindo de uma linha tronco trifásica, permite derivações monofásicas dos tipos: fase-fase, neutro-fase e retorno por terra. Este último ocorre em regiões de baixíssima densidade demográfica, como na Austrália, onde o solo é utilizado como condutor neutro.

(*) Professor Livre Docente do Departº de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - SP - UNESP
(**) Professores Assistentes Doutores do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - SP - UNESP.

O exame do aspecto mecânico mostra que as linhas rurais são constituídas de um conjunto de acessórios tais como pinos, cruzetas, isoladores, emendas de cabos e amarrações, que participam de todo o seu traçado. Para utilização desses elementos as nossas normas construtivas ressentem-se de dados de pesquisas e oferecem um número limitado de informações baseadas na maioria das vezes, no comportamento de padrões de outros países.

Na execução de um projeto mecânico de linha rural deve-se verificar a possibilidade de arrancamento que pode ocorrer na estrutura central de dois vãos consecutivos.

No presente trabalho objetivou-se estudar o comportamento de vãos consecutivos onde a força de arrancamento do cabo condutor do isolador foi medida em condições ambientes que simulavam as exigências de normas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na Europa, após a Segundo Guerra Mundial, em diversos países, iniciaram-se a construção de linhas com condutores de alumínio, conforme ressalta PETIT & HERMANS (1971). O objetivo era dotar as regiões rurais de energia elétrica com serviços seguros e que reduzissem o valor do investimento por km.

No Brasil, as grandes jazidas de minério exigiram o uso de alumínio nas redes de transmissão e distribuição de energia elétrica. A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1972a) estabeleceu para os cabos de alumínio a designação CA e para os cabos de alumínio com alma de aço a designação CAA.

Sendo a linha de eletrificação rural constituída de condutores distribuídos sobre uma posteação, cujos vãos são variáveis, deve-se estabelecer qual o vão característico do traçado que assegura a tensão mais adequada no trecho. Esse vão é designado pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971) por Vão Regulador (V_{reg}).

$$V_{reg} = V_{med} + \frac{2}{3}(V_{max} - V_{med}) \qquad (1)$$

onde:

V_{med} = vão médio, média aritmética do vão existente no trecho considerado

V_{max} = vão máximo, maior dos vãos existentes no trecho considerado.

Os condutores, além da tração de montagem, aplicada conforme o vão regulador do trecho, ficam sujeitos a esforços decorrentes do seu peso próprio, da ação do vento e das variações de temperatura. A associação desses fatores, de acordo com as características climatológicas próprias de cada país delimitam as condições de operação da linha.

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1972) divide o nosso país para efeito de cálculo mecânico, em regiões onde a velocidade máxima dos ventos varia de 105 a 130 km/h.

A tendência atual, em todos os países, é considerar 3 regiões limites, para linhas leves, médias e pesadas. FINK & CARROL (1969) apresentam para os Estados Unidos a divisão dos distritos de carga estabelecidos pela NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE.

Na execução de um projeto de linha rural onde existam isoladores com possibilidade de arrancamento, utiliza-se um reforço da estrutura, mediante o emprego de cruzeta dupla, por exemplo. Esse procedimento é meramente qualitativo, deixando a desejar em termos racionais.

Nos ensaios de arrancamento procurou-se sugerir um método para quantificar o esforço em relação ao desnível teórico obtido entre a parte superior da estrutura e a curva de 0^0C. O efeito de arrancamento foi considerado isoladamente mediante ensaios de campo, que objetivaram estabelecer uma fórmula para cálculo, em condições específicas, mas que fossem a favor da segurança. Esse estudo foi

desenvolvido na Fazenda Experimental de São Manuel, do Campus de Botucatu-UNESP. A disposição escolhida para os ensaios estão mostrados na Figura 1.

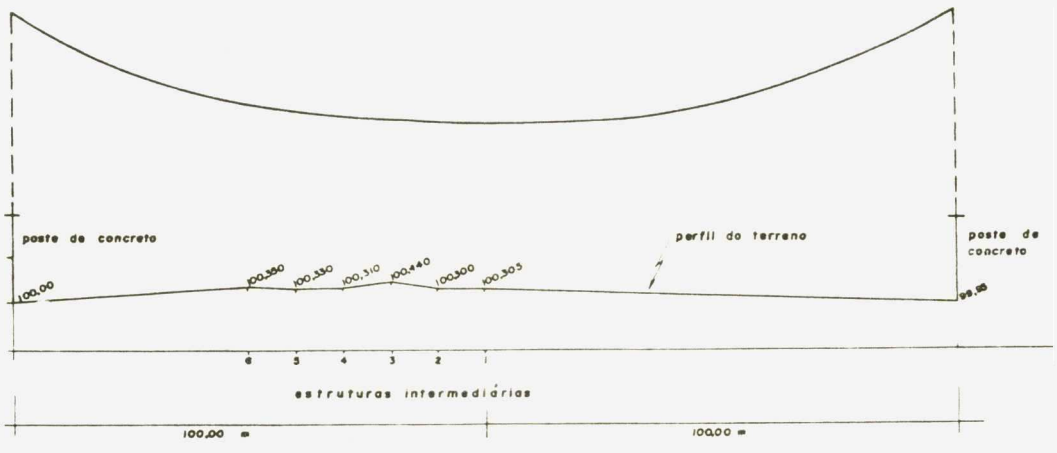


FIGURA 1 - Disposição das estruturas para ensaio de arrancamento

Foram instalados dois postes iguais de concreto cujas alturas de montagem foram niveladas mediante levantamento planialtimétrico. A distância entre esses postes foi de 200 metros. Internamente a essas estruturas, intercalaram-se pontos de ancoragem, onde estruturas menores de altura regulável e niveladas de acordo com o terreno mantinham com os postes extremos uma diferença de nível constante.

O uso de seis estruturas internas permitiu variar o vão regulador, obtendo-se os seguintes valores: 100,00; 106,66; 113,33; 120,00; 126,66 e 133,33 metros. O espaçamento entre as estruturas internas foi medido sempre a partir da central, instalada no meio do vão, e seu valor foi de 10 metros.

O tensionamento dos cabos foi feito com anotações locais de temperatura. A fim de evitar excessivas vibrações causadas pelos métodos tradicionais, o tensionamento do cabo foi realizado com puxadores tipo rosca, que permitiram pequenas variações nas forças atuantes, atendendo às tabelas de tensionamento. Foram empregados dois dinamômetros: no apoio central, onde se mediu o esforço de arrancamento, empregou-se um dinamômetro marca Kartro, de procedência nacional e capacidade 500 kgf; no poste de tensionamento foi instalado um dinamômetro da marca PIAB, de procedência sueca com capacidade de 1000 kgf. Nos pontos onde se efetuaram medições e ancoragem, os cabos foram devidamente protegidos com fitas de alumínio.

A norma brasileira para montagem de linhas leves estabelece que o projeto deverá examinar o comportamento dos cabos para as temperaturas de 0 e 50°C. O primeiro valor afeta o arrancamento e o segundo as distâncias de segurança. A ocorrência de temperatura tão baixa (0°C) embora previsível, não deixa de ser fortuita, pois a realização dos ensaios necessita de um tempo determinado com temperatura constante.

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971) sugere o gráfico de tração de montagem da Figura 26, onde estão confrontados os vãos reguladores contra a temperatura de montagem. A construção desse gráfico é feita com os valores indicados nas diversas tabelas da própria norma. Com os dados referentes à tração de montagem para cabo nº CAA nº 4 AWG, para linhas leves, confeccionou-se gráficos tração de montagem contra temperatura cujo aspecto está mostrado na Figura 2.

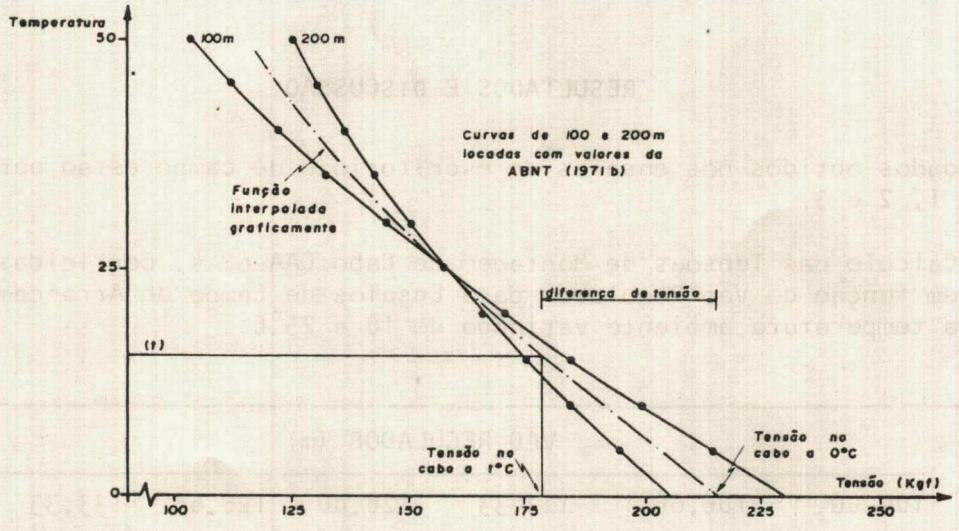


FIGURA 2 - Curvas de tração de montagem para linhas leves em cabo CAA nº 4

No gráfico estão indicadas as curvas para os vãos reguladores de 100 e 200 metros. Para os demais vãos reguladores usados na presente pesquisa foram construídas curvas internas às duas anteriores, por meio de interpolação gráfica As escalas adotadas foram: Vertical 1 cm = 1°C e Horizontal 1 cm = 1 kgf.

A elaboração do gráfico com as curvas de 100,00; 106,66; 113,33; 120,00; 126,66; 133,33 metros permitiu estabelecer qual a correção a ser aplicada à carga de montagem do cabo, para simular a condição de 0°C.

Quando a temperatura cai o cabo fica sujeito a um acréscimo de tensão (Δt). Elevando-se a temperatura, essa tensão residual vai sendo eliminada, até atingir a temperatura de montagem, quando se anula.

Nos casos examinados, as correções foram sempre aditivas, pois as temperaturas ambientais ficaram entre 25 e 35°C. Para efetuar os ensaios foram calculadas as correções para as cargas de montagens às temperaturas de 20 e 40°C.

Com os esforços de montagem definidos pelo vão regulador e pela temperatura ambiente, o cabo foi instalado. Mediu-se o esforço vertical F no poste intermediário e, em seguido, o cabo foi solto deste, para permitir o registro do desnível (h) entre o cabo e o topo do poste.

Cada ensaio foi repetido três vezes em cada vão regulador examinado. Objetivou-se, com os ensaios, definir a função $R = f(V_r)$, onde **R** é a relação F/h, expressa em kgf/m.

Para os dados obtidos foi organizada uma série de gráficos preliminares para se avaliar a tendência da função pesquisada. Em decorrência desses gráfi

cos foram pesquisados quatro tipos de regressão:

Exponencial: $Y = AB^X$ (2)

Linear: $Y = A + Bx$ (3)

Hiperbólica: $Y = A/x^B$ (4)

Quadrática: $Y = A + Bx + Cx^2$ (5)

Para o cálculo dessas funções utilizou-se uma programação FORTRAN IV que além das equações propostas, forneceu os testes **t** para os parâmetros angulares da função ajustada, coeficiente de determinação da regressão e teste **F** para a regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nos ensaios de escritório e de campo estão apresentados nos Quadros 1, 2 e 3.

QUADRO 1 - Cálculo das Tensões de Montagem de Cabo CAA nº 4, corrigidas para 0°C em função do Vão Regulador para Ensaios de Campo de Arrancamento, com a temperatura ambiente variando de 10 a 25°C.

Temperatura Ambiente °C	VÃO REGULADOR (m)						
	100,00	106,66	113,33	120,00	126,66	133,33	200,00
10	259,00	257,10	255,10	253,30	251,40	255,10	266,00
11	262,00	260,10	258,00	256,20	254,20	252,40	228,00
12	265,00	263,00	261,00	259,20	257,00	255,10	230,30
13	268,00	265,90	263,90	261,90	259,70	257,70	232,30
14	271,00	268,70	266,60	264,50	262,30	266,60	231,20
15	274,00	271,70	269,30	267,20	264,90	262,70	236,00
16	276,80	274,40	272,00	269,90	267,40	265,20	237,70
17	279,60	277,10	274,60	272,40	270,00	267,70	239,50
18	282,40	279,80	277,30	274,90	272,40	270,20	241,40
19	285,20	282,50	279,90	277,40	274,80	272,40	243,30
20	288,80	285,30	282,50	280,00	277,20	274,70	245,00
21	290,60	288,00	285,20	282,60	279,80	277,20	246,60
22	293,20	290,80	287,90	285,00	282,30	279,70	248,30
23	295,80	293,20	290,20	287,60	285,70	281,50	249,90
24	298,40	295,70	292,70	290,00	287,00	284,20	251,50
25	301,00	298,00	295,00	292,20	289,20	286,40	253,00

QUADRO 2 - Cálculo das Tensões de Montagem de Cabo CAA nº 4, corrigidas para 0°C em função do Vão Regulador para Ensaios de Campo de Arrancamento, com a Temperatura Ambiente variando de 26 a 50°C

Temperatura Ambiente 0°C							
	100,00	106,66	113,33	120,00	126,66	133,33	200,00
26	303,60	300,40	297,40	294,50	291,50	288,60	251,40
27	306,10	302,60	299,60	296,70	293,60	290,70	255,70
28	292,90	305,00	301,80	298,90	295,80	295,80	257,20
29	310,60	307,40	304,00	301,10	297,90	295,00	258,50

QUADRO 2 - Cálculo das Tensões de Montagem de Cabo CAA nº 4, corrigidas para 0°C em função do Vão Regulador para Ensaios de Campo de Arrancamento, com a Temperatura Ambiente variando de 26 a 50°C.

Continuação.

Temperatura Ambiente 0°C	VÃO REGULADOR (m)						
	100,00	106,66	113,33	120,00	126,66	133,33	200,00
30	313,00	309,60	306,50	303,20	300,10	297,10	260,00
31	315,80	312,20	308,40	305,60	302,30	299,10	261,50
32	318,40	314,80	311,10	307,90	304,50	301,20	263,20
33	321,00	317,40	313,50	310,20	306,70	303,30	264,90
34	323,40	319,80	316,00	312,50	308,90	305,40	266,50
35	326,00	322,20	318,50	314,80	311,00	307,40	268,00
36	328,00	324,20	320,60	316,70	313,00	309,20	269,20
37	330,20	326,10	322,60	318,50	314,80	310,90	270,40
38	332,20	328,00	324,40	320,40	316,60	312,60	271,60
39	334,10	330,00	326,20	322,20	318,20	314,40	272,80
40	336,10	331,00	327,90	324,00	320,00	316,20	274,00
50	355,00	351,30	345,60	341,00	336,30	331,80	276,00

QUADRO 3 - Ensaio de Arrancamento em Função da Curva Fria (°C) e do Vão Regulador

Vão Regulador (m)	Velocidade Vento (km/h)	Carga Vertical de Arrandamento (kgf/m)		
100,00	3,2	6,195	6,062	6,281
106,66	2,9	7,327	7,145	7,434
113,33	5,9	7,324	7,225	7,504
120,00	5,1	8,428	8,014	7,940
126,66	11,3	9,118	8,605	8,199
133,33	4,3	9,889	9,398	9,210

Nos trabalhos de tensionamento de cabos ocorre uma série de erros que são inerentes ao processo, dentre os quais deve-se destacar a inércia dos aparelhos de tensionamento e registro, temperaturas diferenciais, velocidade de carregamento dos cabos e velocidade dos ventos. Em acréscimo a esses fatores, deve-se lembrar, para o caso presente, as limitações impostas pelo processo gráfico para estabelecimento das tensões de montagem.

Os ensaios foram conduzidos admitindo-se a condição de ar calmo e os registros das velocidades do vento acusaram valores médios entre 2,9 e 11,3 km/h . Esses registros ocasionam, conforme a ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS (1972), um acréscimo de carga de 0,35 a 5,39% por metro linear de condutor, nº 4 AWG, tipo CAA.

As equações de regressão para os ensaios de arrancamento, estão apresentadas no Quadro 4.

QUADRO 4 - Equações de Regressão para o Confronto do Arrancamento em Função do Vão Regulador e da relação Esforço-Altura.

Tipo de Condutor	Equações de Regressão	CV	r^2	t_D	t_B	t_C
4 AWG	$\ell n\ R = \ell n\ 1,97 + V_r\ \ell n\ 1,01$	0,52	0,93	14,00**		
	$R = -2,85 + 0,09\ V_r$	4,02	0,93	14,05**		
	$\ell n\ R = \ell n\ 0,01 + 1,37\ \ell n\ V_r$	0,51	0,93	14,26**		
	$R = -5,89 + 0,04\ V_r + 0,0002\ V_r^2$	4,13	0,92	0,26ns		0,31ns

Observa-se que a curva hiperbólica $\ell n\ R = \ell n\ 0,01 + 1,37\ \ell n\ V_r$, como demostram os seus valores para o teste "t", "r^2" e "CV" deve ser a escolhida para representar o comportamento dos dados obtidos. Na Figura 3 está representada a curva de regressão hiperbólica correspondente à função $R = f\ (V_r)$.

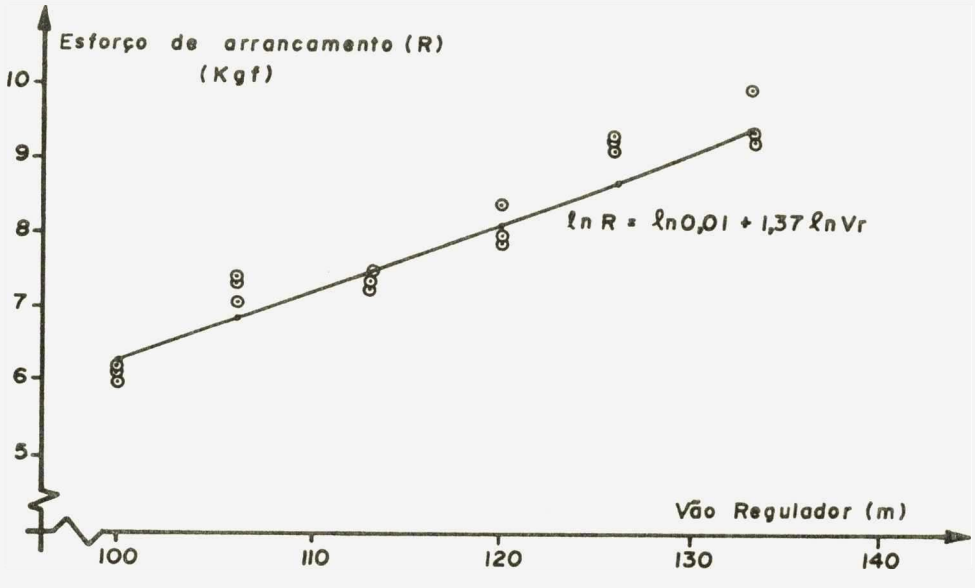


FIGURA 3 - Representação da função $R = f\ (V)$

O aumento do vão regulador corresponde a um aumento do esforço de arrancamento, conferindo à curva um formato ascendente.

O registro do desnível entre o topo do poste intermediário e o cabo solto, conforme descrito anteriormente, impõem, aos ensaios realizados, uma condição mais real que aquela resultante da verificação do arrancamento pela passagem da curva fria (0^0C), pelos postes extremos. Esse critério de verificação pressupõe que, após escapar do poste, o cabo continua a manter a tensão de montagem a 0^0C.

Os ensaios, por apresentarem desníveis menores que aqueles obtidos pelos

critérios de verificação, resultaram valores da relação F/h maiores, conferindo aos ensaios uma margem a favor da segurança.

Os ensaios mostraram também que, para os vãos reguladores e desníveis estudados, os esforços desenvolvidos no cabo CAA nº 4 AWG, com a queda de temperatura, tendem a arrancá-lo por afrouxamento motivado por deformações dinâmicas. Esses deformações são mais pronunciadas sobre as amarrações do que sobre a estrutura pino-isolador.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro prestado ao desenvolvimento da presente pesquisa (Processo 75/887).

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *EB-293:* cabos de alumínio (CA) e cabos de alumínio com alma de aço (CAA) para fins elétricos. Rio de Janeiro, 1972. 17p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *PB-45:* linhas aéreas de distribuição de energia elétrica, tensão primária da classe 15 kV. Rio de Janeiro. 1971. 58 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NB-182:* projeto de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica. Rio de Janeiro, 1972. 17 p.

FINK, D.G. & CARROL, J.M. *Standard hondbook for eletrical en gineers*. 10ª ed. New York, McGraw-Hill. 1969. 1702 p.

PETIT, K.L. & HERMANS, R. Caracteristique actuelles de l etrification rurale. - *Elect. belge*, (146): 17-36, 1971.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE DIVERSOS GABARITOS EM PROJETOS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL

Cezar Piedade Jr*
Sérgio H. Benez**
Wesley J. Freire**

RESUMO

A realização de maiores vãos reguladores para os projetos de linhas de eletrificação rural é uma forma de se reduzir estruturas e a consequente obtenção de economia, pois estas se constituem na parcela mais onerosa.

Para a execução dos projetos são utilizados gabaritos elaborados segundo critérios de cálculo das concessionárias ou da Associação Brasileira de Normas Técnicas. (ABNT).

No presente trabalho foram elaborados projetos em terrenos de declividades uniformes com gabaritos da Companhia Paulista de Força e Luz e para linhas leves e médias da ABNT.

Pesquisou-se a função $V_r = f(H)$ onde V_r é o vão regulador obtido em cada projeto e H a altura do poste selecionado. Essa análise foi conduzida através de ajustagens de regressões que mostram que a função hiperbólica foi a que representou melhor os ensaios.

Pode-se estabelecer, para as condições examinadas, um confronto entre os diversos projetos, fato que mostrou serem os critérios de cálculo mecânico sugeridos pela CPFL, o que conduz aos projetos mais onerosos.

SUMMARY

The research was carried out using several kinds of usuals sag template in mechanical design of overhead line construction for country areas in São Paulo - Brazil.

It was an attemplt to study behavior of several kinds of sag template.

The comparison between the three functions $V_r = f(H)$, where V_r is the ruling span and H the lenght of pole, led to conclusion that line construction made with the sag template of Companhia Paulista de Força e Luz, imposes more severe conditions to the mechanical design.

INTRODUÇÃO

A realização de maiores vãos reguladores para os projetos de linha de eletrificação rural é uma forma de se reduzir estruturas e a consequente obtenção de economia, pois as estruturas se constituem na parte mais onerosa.

Para a execução dos projetos são utilizados gabaritos elaborados segundo critérios de cálculos onde são considerados os parâmetros de temperatura, veloci

---

(*) Professor Livre Docente do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - UNESP - SP
(**) Professores Doutores do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - UNESP - SP.

dade do vento e dimensões e material condutor.

No presente trabalho foram pesquisados em terrenos de declividade uniforme o comportamento da função $V_r = f(H)$ onde V_r é o vão regulador, **H** a altura dos postes. Os gabaritos utilizados foram os da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS para linhas leves e média e o da COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ.

MATERIAIS E MÉTODOS

A tendência atual para o cálculo mecânico de linhas aéreas de eletrificação é dividir os países em regiões dentro das quais a uniformidade das condições meteorológicas permitem estabelecer uma hipótese de cálculo segura para as linhas FINK & CARROL (1969) apresenta para os Estados Unidos a divisão dos distritos de carga estabelecidos pela NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE, onde aquele país é subdividido em três regiões: leve, média e pesada.

No Brasil, a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1972) considera as regiões de carga existentes no País. É usual utilizar-se as hipóteses de cálculo de linhas leves e médias e em algumas situações normas especfíficas de concessionárias, como é o caso da COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (1960).

A linha aérea, sendo constituída de condutores distribuídos sobre uma posteação, cujos vãos são variáveis, deve-se estabelecer qual o vão característico do traçado que assegura a tensão mais adequada no trecho. Esse vão é designado pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971) por Vão Regulador (V_{reg})

$$V_{reg} = V_{med} + \frac{2}{3} (V_{max} - V_{med}) \qquad (1)$$

onde:

V_{med} = vão médio, média aritmética do vão existente no trecho considerado.

V_{max} = vão máximo, maior dos vãos existentes no trecho considerado.

Um maior conhecimento do comportamento mecânico das estruturas e métodos de projetos é de fundamental importância para que se consiga linhas mais econômicas. A eliminação de estruturas com a consequente adoção de maiores vãos, conforme estudos de EBIN (1961) é uma forma de se reduzir os investimentos.

Esses fatos demonstram que o aumento do vão regulador constitui-se num dos principais objetivos para tornar mais econômico um projeto de linha rural. Tendo presentes essas considerações, foram elaborados projetos onde a altura dos postes e a inclinação do terreno variavam.

Os projetos foram elaborados com gabaritos da COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (1960) e com o da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1971), para linhas leves e médias. Considerou-se a extensão de 1 km em tangente, sendo que a declividade máxima foi selecionada pelo traçado da curva de 50^0C do gabarito.

Atendendo às disposições de normas de concessionárias, os vãos iniciais dos projetos foram de 70 metros. As demais estruturas foram locadas tomando-se o cuidado de se evitar as condições de arrancamento. Considerando-se a tendência natural existente no País, todos os projetos executados para cabos CAA e as escalas empregadas foram: Horizontal 1:5000 e Vertical 1:500. Cada projeto foi executado com três repetições.

Pesquisou-se a função $V_r = f(H)$ onde **H** é a altura dos postes, assumidas como sendo 9,10 e 11 metros. Cada projetó considerou altura iguais de postes.

Com os dados dos projetos foram elaborados gráficos preliminares objetivando definir a tendência da função. A seguir, foram desenvolvidos mediante uma série de estudos de regressões, ajustagens específicas, mediante programações FORTRAN IV, realizados no Centro de Computação de Dados do Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola, do "Campus" de Botucatu - UNESP.

RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos são apresentados nos Quadros 1, 2 e 3. Esses resultados permitiram estabelecer as equações de regressões constantes dos Quadros 4, 5 e 6.

No tabelamento desses resultados, adotou-se a seguinte notação:

C.V. = Coeficiente de variação
r^2 = Coeficiente de determinação
t_D = Teste t para os parâmetros das regressões lineares, hiperbólicas e exponenciais
t_B e t_C = teste t para os parâmetros das regressões quadráticas
** = Significativo ao nível de 1%
* = Significativo ao nível de 5%
G = Equação de regressão ajustada para a totalidade dos dados.

As equações de regressão são apresentadas nos Quadros, obedecendo a seguinte ordem:

Hiperbólica: $Y = A/x^B$ (1)

Linear: $Y = A + Bx$ (2)

Exponencial: $Y = A \cdot B^x$ (3)

Quadrática: $Y = A + Bx + Cx^2$ (4)

QUADRO 1 - Vão Regulador contra a Altura do Poste em Projetos elaborados com Gabaritos da CPFL

Altura do Poste (m)	Inclinação (%)		Vão Regulador (m)	
		0^0	67,50	73,80	67,50
		5^0	74,47	78,30	72,47
9		10^0	78,97	71,80	73,80
		15^0	78,97	78,97	77,14
		20^0	66,27	66,27	67,50
		0^0	103,33	108,66	98,96
		5^0	108,66	108,00	105,33
10		10^0	108,66	109,33	110,00
		15^0	106,00	108,00	106,60
		20^0	80,97	80,97	80,97
		0^0	131,66	133,00	120,37
		5^0	131,66	131,66	133,66
11		10^0	131,66	131,66	133,66
		15^0	122,37	123,70	122,37
		20^0	87,11	87,11	87,11

QUADRO 2 - Variação do Vão Regulador contra a Altura do Poste para Projetos com Gabaritos da ABNT linhas leves.

Altura do Poste (m)	Inclinação (%)	Vão Regulador (m)		
	0	106,66	106,66	115,03
	5	121,03	121,02	120,37
9	10	106,66	106,66	106,66
	15	106,66	106,66	106,66
	0	138,33	138,33	138,33
	5	141,66	141,66	141,66
10	10	138,33	138,33	138,33
	15	120,37	120,37	123,70
	0	164,29	164,29	164,29
	5	164,28	164,28	167,61
11	10	155,00	155,00	155,00
	15	138,33	138,33	138,33

QUADRO 3 - Variação do Vão Regulador contra a Altura do Poste para Projetos com Gabaritos da ABNT, linhas médias.

Altura do Poste (m)	Inclinação (%)	Vão Regulador (m)		
	0	87,76	87,76	92,15
9	5	93,63	87,76	95,23
	10	103,33	96,96	103,33
	0	117,03	117,03	116,90
10	5	120,37	117,03	117,03
	10	123,70	120,37	123,37
	0	138,33	140,00	138,33
11	5	138,33	140,33	140,33
	10	150,95	141,66	150,95

QUADRO 4 - Equações de Regressões para o Confronto entre o Vão Regulador e a Altura do Poste em Projetos Elaborados com Gabaritos da CPFL.

Inclinação do Terreno (%)	Equações de Regressão	C.V.	r^2	t_D	t_B	t_C
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 4,74 + H\ \ell n\ 1,35$	0,07	0,94	10,79**		
0	$V_r = -188,52 + 28,87\ H$	5,36	0,96	13,18**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,09 + 3,21\ \ell n\ H$	0,06	0,95	11,85**		
	$V_r = -702,90 + 132,44H - 5,18\ H^2$	4,96	0,97		1,89ns	1,47ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 5,99 + H\ \ell n\ 1,33$	0,04	0,97	15,12**		
5	$V_r = -181,13 + 28,62\ H$	2,62	0,99	25,54**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,15 + 2,84\ \ell n\ H$	0,04	0,98	17,62**		
	$V_r = -541,57 + 101,16H - 3,63\ H^2$	2,00	0,99		3,40*	2,44ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 5,92 + H\ \ell n\ 1,33$	0,05	0,96	12,23**		
10	$V_r = -181,85 + 28,74\ H$	3,52	0,98	18,93**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,14 + 2,86\ \ell n\ H$	0,05	0,97	13,91**		
	$V_r = -751,85 + 143,50H - 5,74\ H^2$	2,15	0,99		4,47**	3,57*
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 9,46 + H\ \ell n\ 1,27$	0,05	0,94	10,45**		
15	$V_r = -128,78 + 23,09\ H$	4,04	0,96	13,71**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,44 + 2,37\ \ell n\ H$	0,05	0,95	11,78**		
	$V_r = -838,19 + 165,92H - 7,14\ H^2$	1,65	0,99		6,96**	6,00**
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 20,43 + H\ \ell n\ 1,14$	0,04	0,93	9,96**		
20	$V_r = 23,90 + 10,22\ H$	2,83	0,95	11,32**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 3,56 + 1,34\ \ell n\ H$	0,04	0,95	11,24**		
	$V_r = 428,69 + 91,72\ H - 4,08\ H^2$	0,52	0,99		15,82**	14,07**
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 7,99 + H\ \ell n\ 1,28$	0,13	0,72	10,62**		
G	$V_r = -140,87 + 23,90\ H$	12,70	0,72	10,50**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,32 + 2,48\ \ell n\ H$	0,13	0,73	10,84**		
	$V_r = -652,64 + 126,94H - 5,15\ H^2$	12,59	0,73		1,62ns	1,31ns

QUADRO 5 - Equações de Regressões para o Confronto do Vão Regulador Contra a Altura de Poste em Projetos Elaborados com Gabaritos da ABNT - Linhas Leves.

Inclinação do Terreno (%)	Equações de Regressão	C.V.	r^2	t_D	t_B	t_C
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 177,20 + H\ \ell n\ 1,23$	0,02	0,98	17,34**		
	$V_r = -\ 136,84 + 27,42\ H$	1,97	0,99	24,89**		
0	$\ell n\ V_r = \ell n\ 1,27 + 2,03\ \ell n\ H$	0,02	0,98	19,26**		
	$V_r = -281,87+56,62\ H-1,46\ H^2$	2,03	0,99		1,43ns	0,74ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 29,42 + H\ \ell n\ 1,17$	0,05	0,99	58,92**		
5	$V_r = -\ 80,28 + 22,29\ H$	0,91	0,99	41,99**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 3,88 + 1,56\ \ell n\ H$	0,05	0,99	54,14**		
	$V_r = 62,74 - 6,5\ H + 1,44\ H^2$	0,79	0,99		6,51**	1,44ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 20,33 + H\ \ell n\ 1,2$	0,03	0,95	11,72**		
10	$V_r = -\ 108,37 + 24,17\ H$	3,01	0,97	14,77**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 1,78 + 1,87\ \ell n\ H$	0,03	0,96	13,52**		
	$V_r = -\ 853,38 + 174,17H - 7,50\ H^2$	0,34	0,99		275,70**	237,54**
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 33,11 + H\ \ell n\ 1,14$	0,01	0,99	37,78**		
15	$V_r = -\ 36,19 + 15,84\ H$	3,01	0,99	33,37**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 6,19 + 1,30\ \ell n\ H$	0,01	0,99	34,93**		
	$V_r = 64,63 - 4,47\ H + 1,02\ H^2$				0,28ns	1,29ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 24,34 + H\ \ell n\ 1,18$	0,05	0,82	12,60**		
G	$V_r = -\ 9,42 + 22,43\ H$	6,59	0,82	12,44**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 2,71 + 1,69\ \ell n\ H$	0,05	0,83	12,76**		
	$V_r = -\ 251,95 + 54,95\ H-1,63\ H^2$	6,66	0,82		0,87ns	0,51ns

QUADRO 6 - Equações de Regressão para o Confronto Entre o Vão Regulador e a Altura do Poste em Projetos Elaborados com Gabaritos da ABNT - Linhas Médias

Inclinação do terreno (%)	Equações de regressão	C.V.	r^2	t_D	t_B	t_C
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 12,37 + H\ \ell n\ 1,25$	0,03	0,98	17,59**		
0°	$V_r = - 133,28 + 24,83\ H$	1,86	0,99	2,85*		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,69 - 2,21\ \ell n\ H$	0,02	0,98	21,04**		
	$V_r = - 424,50+83,47\ H-2,93\ H^2$	1,36	0,99		3,76**	2,64*
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 14,38 + H\ \ell n\ 1,23$	0,03	0,97	15,39**		
5°	$V_r = - 120,61 + 23,73\ H$	2,30	0,96	2,15ns		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 0,97 - 2,08\ \ell n\ H$	0,02	0,97	17,17**		
	$V_r = - 339,98 + 67,89\ H - 2,20\ H^2$	2,24	0,98		1,83ns	1,20ns
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 18,38 + H\ \ell n\ 1,20$	0,02	0,97	16,06**		
10°	$V_r = - 109,38 + 23,32\ H$	3,05	0,97	15,13**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 1,59 - 1,88\ \ell n\ H$	0,02	0,97	15,89**		
	$V_r = 94,24 - 17,67H + 2,05\ H^2$	3,15	0,97		0,32ns	0,74ns
	$\ell n\ V_r = 14,84 + H\ \ell n\ 1,23$	0,04	0,93	18,88**		
G	$V_r = - 121,09 + 23,96\ H$	4,08	0,95	21,01**		
	$\ell n\ V_r = \ell n\ 1,02 - 2,05\ \ell n\ H$	0,04	0,94	19,50**		
	$V_r = - 223,40 + 44,56H - 1,03\ H^2$	4,14	0,95		1,11ns	0,51ns

Os dados obtidos com os projetos, para a função $V_r = f(H)$, permitem pelo confronto dos valores do teste **t**, r^2 e **CV** selecionar para as alturas individuais dos postes, assim como para as funções ajustadas para a totalidade dos dados, regressões hiperbólicas como as mais representativas.

Essas curvas obtidas para a totalidade dos dados estão mostradas na Figura 1, onde se pode observar que o acréscimo de altura dos postes confere, ao projeto, um vão regulador maior e que esse vão se torna maior para as linhas leves da ABNT e menor para os projetos elaborados com o gabarito da CPFL.

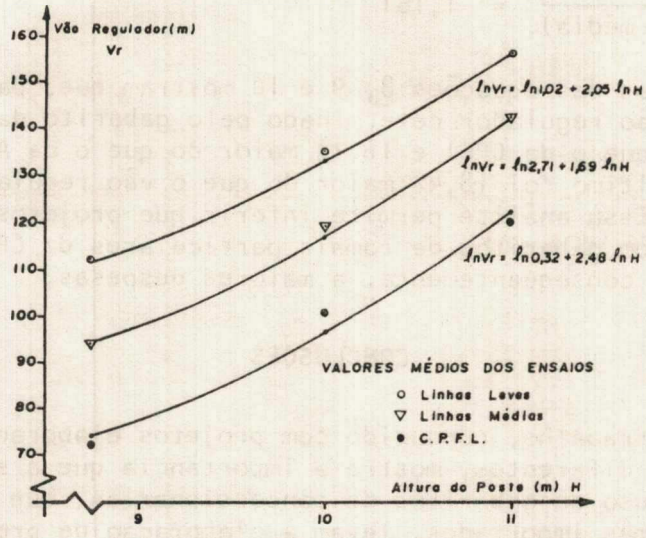


FIGURA 1 — Curvas de regressão para as funções $V_r = f(H)$

A possibilidade de equacionar, de forma uniforme, os três conjuntos de projetos através da função V 1 f (H), cuja expressão geral é V_r 1 A_i/H^{ki}, onde A_i e K_i são constantes fornecidas pelas funções gerais ajustadas, permite uma forma simples de quantificar os efeitos dos gabaritos na execução de projetos. Para tanto, será considerado o confronto de dois projetos genéricos identificados com os índices 1 e 2 e tendo o mesmo comprimento. Para os vãos reguladores tem-se:

$$V_{r1} = \frac{A_1}{H^{k1}} \qquad (5)$$

$$V_{r2} = \frac{A_2}{H^{k2}} \qquad (6)$$

Dividindo-se membro a membro as expressões 5 e 6, obtém-se:

$$\frac{V_{r1}}{V_{r2}} = K\, H^{(k2 - k1)} \qquad (7)$$

onde: $K = \dfrac{A_1}{A_2}$

Substituindo-se os valores de A_i e k_i pelos parâmetros das equações hiperbólicas gerais, pode-se definir a relação entre os vãos reguladores. Tomando-se como referência o poste de 10 metros de altura, obtém-se:

$$\frac{V_r \text{ (ABNT - leve)}}{V_r \text{ (CPFL)}} = 1{,}375 \quad (8)$$

$$\frac{V_r \text{ (ABNT - leve)}}{V_r \text{ (CPFL)}} = 1{,}184 \quad (9)$$

$$\frac{V_r \text{ (ABNT - leve)}}{V_r \text{ (ABNT - média)}} = 1{,}161 \quad (10)$$

Os resultados das equações 8, 9 e 10 mostram que, para o poste de 10 metros de altura, o vão regulador determinado pelo gabarito da ABNT - linhas leves foi 37,5% maior do que o da CPFl e 16,1% maior do que o da ABNT - linhas médias, enquanto que este último foi 18,4% maior do que o vão regulador calculado pelo gabarito da CPFL. Essa análise permite inferir que projetos mecânicos de linhas rurais conduzidos com gabaritos de ramais particulares da CPFL levam a menores vãos reguladores e, consequentemente, a maiores despesas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho, conduzido com projetos elaborados com 3 (três) conjuntos de gabaritos diferentes, mostra a importância que a seleção dos mesmos deve merecer, pois o uso de gabaritos de concessionárias, que muitas vezes obedecem a padrões e normas importados, levam à elaboração de projetos mais onerosos.

Dos gabaritos examinados: ABNT linhas leves, ABNT linhas médias e CPFL, este último conduziu a vãos reguladores menores, quando os resultados foram analisados, mediante curvas de regressão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo FAPESP 75/887).

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TENCNICAS, Rio de Janeiro. *EB-293:* cabos de alumínio (CA) e cabos de alumínio com amínio com alma de aço (CAA) para fins eletricos. Rio de Janeiro, 1972. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *PB-45:* linhas aéreas de distribuição de energia elétrica, tensão primária da classe 15 kV. Rio de Janeiro, 1971. 58 p.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. *Caderno de linhas rurais particulares,* 1960. 79 p.

EBIN, L.E. Experience in the of various standards for design of rural eletric power networks with the object of selecting the design promising the greatest economic and technical efficiency. In: UNITED NATIONS, *Economic Comission for Europe, Geneve*. Rural electrifications. Geneve, v. 5, p 1-52. 1961.

FINK, D.G. & CARROL, J.M. *Standart handbook for electrical engineers.* 10ª ed.New York, McGraw-Hill. 1969. 1702 p.

CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA NO MEIO RURAL DA REGIÃO DE LAVRAS - MG*

O.J. Vieira**
D.S. Andrade***

RESUMO

Com o objetivo de estudar o consumo de energia elétrica no meio rural da região atendida pela Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande, sediada em Lavras, foram preenchidos 60 questionários, correspondendo a 15% das propriedades estratificadas em 4 classes, de acordo com a potência instalada (5, 10, 15 e maior que 15 KVA).

As linhas representativas de consumo médio mensal de janeiro a dezembro e do consumo médio anual de 1969 a 1976, partindo da classe I até a classe IV, se sobrepuseram, mostrando que, quanto maior a potência instalada, maior o consumo, com picos de consumo nos meses de setembro/outubro. O gráfico de consumo médio mensal permitiu concluir que nas classes de maior consumo, este é influenciado pelas atividades fora de casa. Para todas as classes, após um ano de maior consumo, seguiu-se um ano de menor consumo e não houve tendência a aumentar o consumo de 1969 a 1976. Verificou-se uma correlação significativa entre potência instalada e área média das propriedades de cada classe e entre potência instalada e consumo médio anual, para todos os anos de 1969 a 1976. Para cada KVA instalado houve um aumento de 247,4 KWh no consumo. Considerando-se área média e consumo médio das propriedades de cada classe, houve correlação significativa entre área e consumo e para cada hectare de aumento na propriedade há um aumento de 4,8 KWh (dados de 1969 a 1974) ou 5,2 KWh (dados de 1974) no consumo. Considerando-se área da propriedade e consumo por proprietário, sem se preocupar com classe, há correlação significativa entre consumo e área ($\hat{Y}_i = 2421,7 + 4,7 X_i$) e fazendo-se este estudo para cada classe, apenas na classe I houve correlação significativa entre consumo e área ($\hat{Y}_i = 1360,8 + 3,8 X_i$), resultado contrário à afirmativa anterior de que o consumo é mais influenciado pelas atividades fora de casa nas classes de maior consumo. Considerando-se as classes estratificadas por área e não por potência instalada, houve correlação significativa entre consumo médio e área média de cada classe ($\hat{Y}_i = 2087,2 + 5,8 X_i$), mas dentro de cada classe não foi encontrada correlação significativa para nenhuma classe.

SUMMARY

The main objective of this research was to study the electricity consumption in the region comprised by the "Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande - CERVARIG" - with its headquarter in Lavras. The sample were 60 farmers (15% of the universe) interviewed directly through the survey method and

---

(*) Trabalho financiado pelo Grupo Executivo de Eletrificação Rural de Cooperativas - GERR

(**) Prof. Assistente do Departamento de Ciências Exatas - DCE - da Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG - ESAL

(***) Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas - DCE - da Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG - ESAL.

these farmers were divided into four classes (I to IV) according to the installed power as such: 5, 10, 15 and above 15 KVA.

The monthly average consumption from January to December and the annual average consumption from 1969 to 1976 for all classes showed that the greater the installed power the greater the consumption with higher consumption during September and October. It was concluded that in classes with higher consumption considering the monthly average consumption, this consumption was more due to activities outside home. For all classes it was observed that a year of high consumption was followed by one of small consumption and, there was no tendency to increase the consumption during the period from 1969 to 1976. It was verified a positive correlation between installed power and annual average consumption for all years from 1969 to 1976. For every installed KVA there was an increase of 247,4 KWhr in consumption. There was a positive correlation between farm average area and average consumption by farm; for every increase of one hectare in the size of the farm there was a correspondent increase of 4.8 KWhr in consumption (period from 1969 to 1976) or 5.2 KWhr (period of 1974 only). Taking into account farm size and farmer consumption, there is a positive correlation which can be explained by the equation Y = 2421.7 + 4.7 X, considering all classes jointly. Considering each class independently this correlation was only true for class I (Y = 1360.8 + 3.8 X), which contradicts the preceding statement that consumption is more affected by activities outside home in classes with higher consumption. If we take into consideration classes according to area, instead of classes by installed power, there is a positive correlation between average consumption and average farm size for each class (Y = 2087.2 + 5.8 X), however this is not true inside classes.

1. INTRODUÇÃO

Há 12 anos, a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil era de 7 milhões e 500 mil KW, em 1976 era de 20 milhões de KW e em 1980, acredita-se numa capacidade superior a 30 milhões de KW. O potencial hidráulico do Brasil é avaliado entre 150 e 200 milhões de KW.

Reconhecendo o excelente potencial hidráulico do País, o governo brasileiro tem procurado incrementar cada vez mais a utilização de nossos rios, com a construção de diversas usinas hidroelétricas, bem como desenvolver uma tecnologia referente às usinas nucleares. Uma maior capacidade de geração deve estar associada a uma maior e melhor utilização da energia elétrica, nos diversos campos de atividade. Para assimilar e melhor aproveitar tal capacidade, devemos dispôr de pessoal devidamente capacitado nos diferentes níveis de conhecimento e aplicações da energia elétrica no País, entre as quais, as aplicações da energia elétrica para o desenvolvimento das atividades no meio rural.

Analisando o desenvolvimento da energia elétrica em diversos países, observa-se que vários fatores levam a uma sub-utilização da capacidade instalada. Assim é que, em 1968, a América Latina apresentava um índice de 3725 KWh/KW . ano os Estados Unidos da América do Norte 4630 KWh/KW.ano e o Japão 4900 KWh/KW . ano Até então, pode-se dizer que somente os grandes núcleos populacionais se têm beneficiado das inúmeras aplicações da energia elétrica, pois a percentagem de propriedades rurais eletrificadas não atinge a 8%. O meio rural representa, assim, uma opção importante para as aplicações da energia elétrica.

Entretanto, a Eletrificação Rural não consiste somente em levar a energia elétrica a um grande número de propriedades rurais, mas inclui, também, uma adequada orientação ao proprietário rural, ensinando-o a utilizar corretamente a energia elétrica. Isto só se consegue através de estudos como o que se propõe o presente trabalho, cujo objetivo é estudar o consumo da energia elétrica no meio

rural da região atendida pela Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande - CERVARIG - sediada em Lavras, Sul de Minas, compreendendo tais estudos os seguintes ítens:

- Consumo médio mensal
- Consumo médio anual
- Correlação entre área da propriedade e potência instalada
- Correlação entre potência instalada e consumo
- Correlação entre área da propriedade e consumo

2. MATERIAL E MÉTODO

Inicialmente, foi feito um levantamento cadastral das propriedades eletrificadas pela Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande - CERVARIG - estratificadas de acordo com a potência elétrica instalada (KVA), conforme o Quadro 1. Como potência elétrica instalada é uma variável discreta, o cálculo da amostragem foi feito considerando-se 15% do universo. Os questionários foram elaborados, testados convenientemente e preenchidos através de entrevista direta (método Survey) após sorteio dos proprietários. A seguir, os questionários foram tabulados e analisados de modo a atender os objetivos da pesquisa.

QUADRO 1 - Amostragem baseada no Levantamento feito na CERVARIG - ano 1974

CLASSES Denominação	KVA	Proprietários - Nº	Amostragem - 15%
I	5	113	17
II	10	173	26
III	15	67	10
IV	Maior que 15	47	07
TOTAL		400	60

A CERVARIG, sediada em Lavras, Sul de Minas (Figura 1), atende também os municípios vizinhos de Nepomuceno, Itumirim, Perdões, Ijaci, Bom Sucesso, Itutinga, Ingaí, Carrancas, Santo Antônio do Amparo, São Vicente de Minas e Bom Jardim num raio de aproximadamente 100 km. Pelas características dos municípios estudados, acredita-se ser a região atendida pela CERVARIG bastante representativa do Sul de Minas.

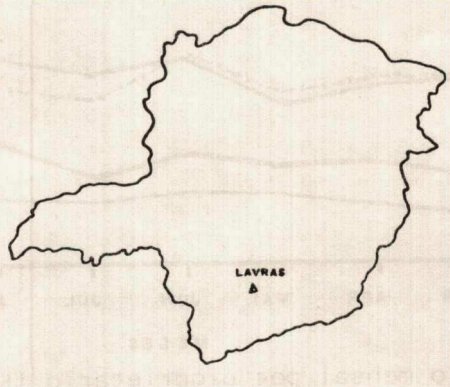


FIGURA 1 - Localização do municipio de Lavras no estado de Minas Gerais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Consumo Médio Mensal

Com o objetivo de estudar o consumo médio mensal por proprietário, de 1969 a 1976, foi elaborado o Quadro 2.

Com os dados do Quadro 2, foi construída a Figura 2. Analisando-se referida Figura, nota-se que as linhas representativas de cada classe se sobrepõem, partindo da classe I até a classe IV. Isto mostra que, quanto maior a potência instalada, maior o consumo, o que era de se esperar. A diferença entre a classe I e a classe II é pequena, pois as linhas estão bem próximas. Esta diferença é maior entre as classes II e III e bastante significativa entre as classes III e IV. As 4 linhas representativas das 4 classes sofrem praticamente as mesmas variações de janeiro a dezembro, apresentando pontos de maior consumo em setembro e outubro. Tais picos de consumo devem estar relacionados com um aumento das atividades agrícolas nesse período. As linhas representativas das classes I e II sofrem poucas variações de janeiro a dezembro. Essas variações são maiores na classe III e bem visíveis na classe IV, principalmente o pico de consumo. Isto mostra que nas propriedades com maior potência instalada o consumo é devido às atividades dentro de casa tende a ser constante durante o ano.

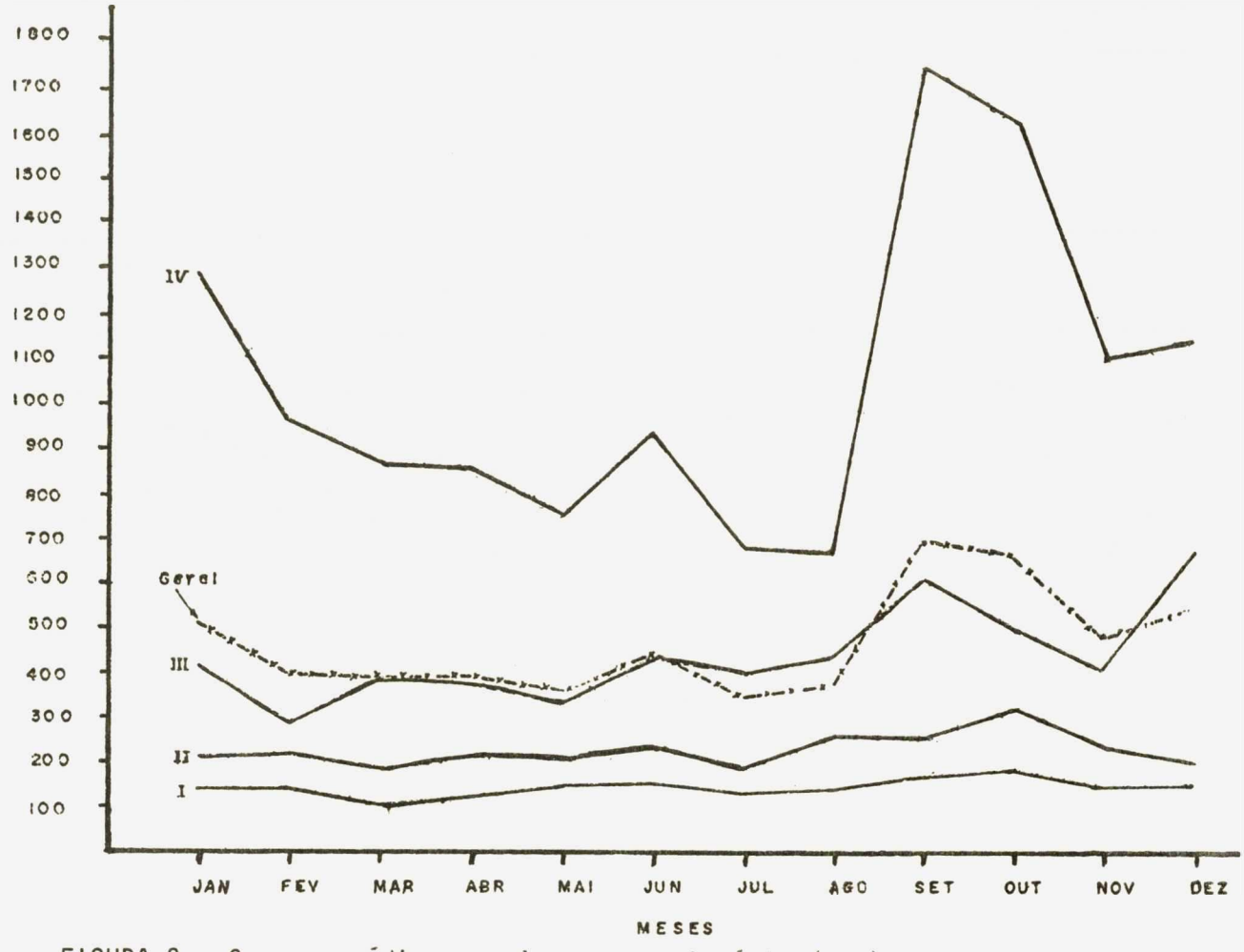


FIGURA 2 - Consumo médio mensal por proprietário (KWh) calculado com os dados de 1969 à 1976.

QUADRO 2 - Consumo Médio Mensal por Proprietário - KWh - Calculado com os Dados de 1969 a 1976

CLASSES	M E S E S											
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMERO
I	139	141	103	122	148	152	128	139	169	185	147	154
II	212	218	186	215	209	231	191	258	257	323	237	198
III	414	287	390	376	333	434	399	439	614	499	407	665
IV	1280	956	863	854	748	936	672	665	1746	1623	1105	1147
GERAL	511	400	386	392	360	438	348	375	697	658	474	54

3.2. Consumo Médio Anual

Com o objetivo de estudar o consumo médio anual por proprietário, de 1969 a 1976, foi elaborado o Quadro 3.

Com os dados do Quadro 3, foi construído a Figura 3 . Analisando-se o referido gráfico, observa-se que as linhas representativas de cada classe se sobrepõem, partindo da classe I até a classe IV, o que também foi observado para consumo médio mensal (Figura 1). A explicação lógica é que, quanto maior a potência instalada, maior o consumo. Outro fato observado é que, para todas as classes, após um ano de menor consumo, segue-se um ano de maior consumo, o que ficou nitidamente evidenciado na linha representativa das 4 classes (geral). Tal fenômeno, de difícil explicação, poderia ser estudado em outro trabalho, procurando mostrar, para o período estudado, quais as variáveis que teriam influído na variação do consumo como, por exemplo, características de cada ano agrícola, preço dos produtos agrícolas. Pode-se observar, ainda, que durante o período estudado não houve tendência a aumentar o consumo de 1969 a 1976 e que, pela média geral representativa das 4 classes, a amplitude de variação do consumo foi de apenas 1102 KWh (3720-2628). Isto mostra que os proprietários estão mantendo o consumo desde a instalação da energia elétrica na fazenda, até o ano de 1976.Tal fato é contrário ao que se espera de um programa de eletrificação rural, pois o consumo deve aumentar no decorrer dos anos, devido a um gradativo aumento das atividades agrícolas que utilizam a energia elétrica, incluindo as atividades dentro de casa e fora de casa.

Em 1976 o consumo médio anual por propiatário, encontrado no presente trabalho, foi de 3445 KWh e considerado os anos de 1969 a 1976, a média foi de 3231 KWh. A Eletrificação Rural de Minas Gerais S.A - ERMIG (Eletrificação Rural de Minas Gerais, 1973) em um estudo feito em diversas Cooperativas de Minas Gerais, encontrou um consumo médio anual por consumidor variando de 1152 KWh (Cooperativa de menor consumo) a 3420 KWh (Cooperativa de maior consumo) e para a CERVARIG foi encontrado um consumo de 2604 KWh. Nos Estados Unidos, em 1963 o consumo médio anual por propietário era de 4800 Kwh. (Eletrorural, 1978).

QUADRO 3 - Consumo Médio Anual por Proprietário - KWh - de 1969 a 1976

ANOS E CLASSES	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	GERAL
I	1263	1961	1612	1876	1556	1710	1495	1960	1660
II	2191	2304	2875	3567	2207	3184	2670	3777	2811
III	3434	4279	4103	4890	3165	4963	4059	4202	4118
IV	10146	12884	5153	7064	6116	8463	6823	5419	7817
GERAL	3148	3635	2933	3589	2628	3730	2861	3445	3231

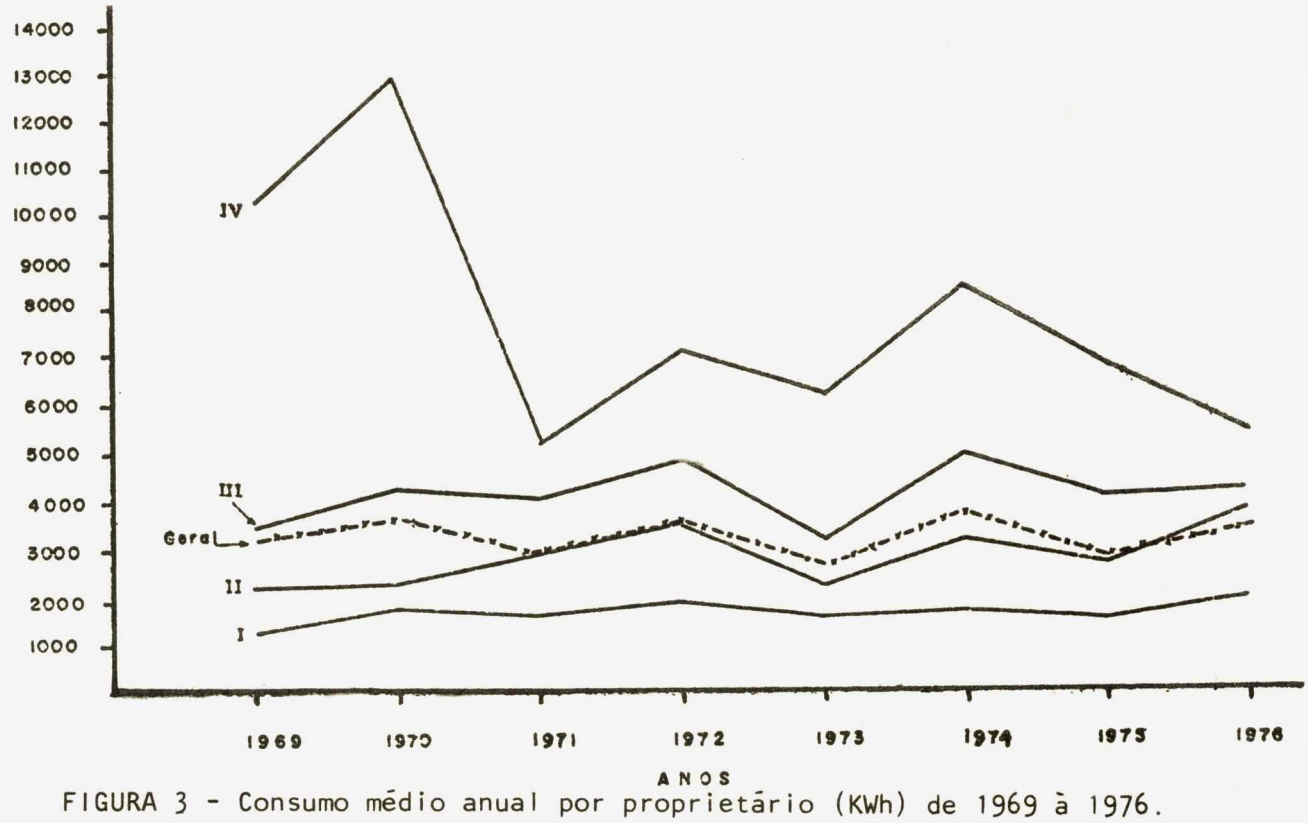


FIGURA 3 - Consumo médio anual por proprietário (KWh) de 1969 à 1976.

3.3. Correlação entre Área da Propriedade e Potência Instalada

De uma maneira geral, quanto maior a área da propriedade, maior deve ser a potência elétrica instalada. Buscando comprovar tal fato, foi feito um estudo de correlação, considerando-se as áreas médias das propriedades de cada classe, especificadas no Quadro 4.

QUADRO 4 - Área Média das Propriedades de cada Classe e Potência Instalada, baseado no Levantamento feito em 1974

Potência Instalada - KVA	Área Média - ha
5	84,4
10	205,9
15	435,0
30	1300,0

A equação de regressão encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = 5,1200 + 0,0195\ X_i \quad (r = 0,99^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ a potência instalada estimada e X_i a área das propriedades. Tal resultado comprova a hipótese de que, quanto maior a área da propriedade, maior a potência instalada.

3.4. Correlação entre Potência Instalada e Consumo

Com os dados do Quadro 3, foi feito um estudo de regressão, entre potência instalada (X_i) e consumo médio anual (Y_i), para os anos de 1969 a 1976, obtendo-se os resultados mostrados no Quadro 5.

Nota-se que, para todos os anos, houve correlação significativa entre potência instalada e consumo médio. Verifica-se, pelo Quadro 5, que o coeficiente de regressão (mede a variação do consumo para cada KVA instalado) variou sensivelmente nos diversos anos estudados, passando de determinado valor em 1969 para um maior valor em 1970, diminuindo novamente em 1971, e assim sucessivamente com ligeira discrepância em 1976. Isto mostra, logicamente, que para um ano de maior consumo, a variação na potência instalada afeta mais a variação do consumo. Esta variação dos coeficientes de regressão está concordando com a variação no consumo discutida no ítem 3.2. Para cada KVA instalado, observou-se, em média, considerando todos os anos estudados (resultado geral no Quadro 5), um aumento de 247,4 KWh no consumo médio anual por proprietário.

QUADRO 5 - Correlação entre Potência Instalada - KVA - e Consumo Médio Anual - KWh - de 1969 a 1976

ANO	Equação de Regressão	Coeficiente de Correlação (r)	Nível de Significância
1979	$\hat{Y}_i = -1253,1 + 367,4\ X_i$	0,986*	5%
1979	$\hat{Y}_i = -1727,1 + 468,9\ X_i$	0,980*	5%
1971	$\hat{Y}_i = 1430,4 + 133,7\ X_i$	0,943+	10%
1972	$\hat{Y}_i = 1376,5 + 198,2\ X_i$	0,977*	5%
1973	$\hat{Y}_i = 469,1 + 186,1\ X_i$	0,998*	1%
1974	$\hat{Y}_i = 554,6 + 268,4\ X_i$	0,996*	1%
1975	$\hat{Y}_i = 588,4 + 211,6\ X_i$	0,996*	1%
1976	$\hat{Y}_i = 2005,2 + 122,3\ X_i$	0,922+	10%
GERAL	$\hat{Y}_i = 390,1 + 247,4\ X_i$	0,999***	0,1%

3.5. Correlação entre Área da Propriedade e Consumo

Com a finalidade de verificar a influência da área da propriedade no consumo, foram feitos os estudos a seguir.

3.5.1. Correlação entre Área Média da Propriedade e Consumo Médio Anual por Proprietário, no Período 1969/1976

Determinou-se, para cada classe, a área média das propriedades e o consumo médio por proprietário, cujos resultados são apresentados no Quadro 6.

QUADRO 6 - Área Média das Propriedades e Consumo Médio Anual por Proprietário, Calculado com os Dados de 1969/1976.

Classes	Área Média - ha	Consumo Médio - KWh
5	84,36	1660
10	205,88	2811
15	435,00	4118
> 15	1300,00	7817

Foi encontrada a seguinte equação de regressão:

$$\hat{Y}_i = 1654,6 + 4,8\ X_i \quad (r = 0,99^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio anual estimado por proprietário e X_i a área da propriedade.

Observa-se que, para cada hectare de aumento na área da propriedade, espera-se um aumento médio de 4,8 KWh no consumo anual.

3.5.2. Correlação entre Área Média da Propriedade e Consumo Médio por Proprietário no Ano de 1974

Devido ao fato do presente estudo ter sido baseado no levantamento realizado em 1974, e em virtude disso não se ter informação de que a área da propriedade fosse a mesma antes ou depois de 1974, calculou-se a correlação, observando se dados apenas do ano de 1974, os quais são mostrados no Quadro 7.

QUADRO 7 - Área Média das Propriedades e Consumo Médio por Proprietário para o ano de 1974

Classes	Área Média - ha	Consumo Médio - KWh
5	84,36	1710
10	205,88	3184
15	435,00	4963
> 15	1300,00	8463

A equação de regressão encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = 1954,1 + 5,2\ X_i \quad (r = 0,98^{*})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado por proprietário e X_i a área da propriedade, a qual nos fornece praticamente a mesma informação da equação anterior.

3.5.3. Correlação entre Área da Propriedade e Consumo por Proprietário, para o Ano de 1974

Com a finalidade de verificar melhor a influência da área da propriedade no consumo, foi feito um estudo correlacionando a área da propriedade com o consumo, em 1974. Inicialmente, foi calculada a correlação sem se preocupar com a

classe a que o cooperado pertencia (correlação geral), obtendo-se a equação:

$$\hat{Y}_i = 2421,7 + 4,7\ X_i \quad (r = 0,43^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo estimado por proprietário e X_i a área da propriedade, a qual nos mostra que, para cada hectare de aumento na propriedade, espera-se um aumento médio de 4,7 KWh no consumo anual, resultado muito próximo dos obtidos anteriormente (3.5.1. e 3.5.2.).

A seguir, foi calculada a correlação entre a área da propriedade e o consumo em 1974, para cada classe, chegando-se à conclusão de que apenas a classe I teve seu consumo afetado pela área da propriedade, obtendo-se a equação:

$$\hat{Y}_i = 1360,8 + 3,8\ X_i \quad (r = 0,81^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo estimado por proprietário e X_i a área da propriedade, a qual nos mostra que, para cada hectare de aumento na propriedade, espera-se um aumento médio de 3,8 KWh no consumo, resultado este inferior aos obtidos anteriormente. A correlação significativa entre área e consumo para a classe I, nos pode levar a concluir que as atividades fora de casa estão afetando o consumo, conclusão contrária à obtida por VIEIRA & ANDRADE (1979) e no ítem 3.1. do presente estudo.

Buscando uma melhor explicação de tais resultados, os proprietários foram agrupados em classes por área e não por potência instalada, conforme o Quadro 8.

QUADRO 8 - Área Média das Propriedades e Consumo Médio por Proprietário, baseado na Estratificação por Área, Ano 1974

Classes - ha	Área Média - ha	Consumo Médio - KWh
10 - 60	37,8	1510
61 - 200	132,4	3381
201 - 400	250,2	3960
> 400	1010,0	7826

Com os dados do Quadro 8, foi calculada a seguinte equação de regressão:

$$\hat{Y}_i = 2087,2 + 5,8\ X_i \quad (r = 0,97^{*})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo estimado por proprietário e X_i a área da propriedade. Os coeficientes desta equação são próximos aos coeficientes das equações encontradas e considerando-se as classes em KVA instalado (3.5.1, 3.5.2. e 3.5.3). Buscando mostrar o que acontece dentro de cada classe, não foi encontrada correlação significativa entre área da propriedade e consumo, para nenhuma classe, com uma ligeira tendência de correlação na classe IV, porém não significativa. Acreditando ser a estratificação por área e não por potência instalada, a mais correta, para o referido estudo, os resultados obtidos são mais condizentes. Embora se acreditando que, quanto maior a área da propriedade, maior deve ser o consumo, devido a uma maior diversificação e aumento das atividades agrícolas (maiores áreas de plantio, maior número de animais etc.) isto não foi comprovado dentro de cada classe, mas sim, considerando-se as médias das classes. Sugerimos a condução de outros trabalhos, buscando uma melhor explicação para a relação entre área e consumo.

4. CONCLUSÕES

Quanto maior a potência instalada, maior o consumo e maior a área das

propriedades. Nas propriedades com maior potência instalada, o consumo é mais influenciado pelas atividades fora de casa.

Não houve tendência a aumentar o consumo de 1969 a 1976, fato contrário ao que se espera de um programa de eletrificação rural. Após um ano de maior consumo, seguiu-se um ano de menor consumo, fato que não pôde ser explicado nas condições do trabalho.

Para o ano de 1974, considerando-se o estudo de correlação entre área da propriedade e consumo por proprietário, para cada classe, apenas na classe I o consumo é afetado pelas atividades fora de casa, conclusão contrária a outra desse trabalho, que diz ser o consumo afetado pelas atividades fora de casa nas propriedades com maior potência instalada ou com maior área ou com maior consumo.

6. AGRADECIMENTOS

- Ao Grupo Executivo de Eletrificação Rural de Cooperativas - GEER
- À Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande - CERVARIG
- Aos Professores Gilnei de Souza Duarte e Ruben Delly Veiga, do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- Aos Monitores Augusto Ramalho de Moraes, Manoel Alves e Joel Augusto Muniz, do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

LITERATURA CITADA

COM, o poder de dois ministérios. *Eletricidade Moderna*, São Paulo, (35): 18:19, des. 1975.

ELETRIFICAÇÃO rural I. *Mundo Eletrico*, São Paulo, 19(219): 1-74. dez. 1977.

ELETRIFICAÇÃO RURAL DE MINAS GERAIS. *Estudo retrospectivo de eletrificação Rural em Minas Gerais*. Belo Horizonte, CEMIG, 1973, 34 p.

ELETRIFICAÇÃO rural, tarefa prioritária. In: *Energia Elétrica*. Rio de Janeiro, Assessoria de Comunicação de Eletrobrás, p. 2-3 1976.

MORALES, C.F., et alii. Relação das contribuições aos temas oficiais selecionados e apreciados pelas respectivas comissões técnicas. In: 4ª CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL, Belo Horizonte, 47 p. 1971.

NEM oito por cento das propriedades rurais brasileiras estão eletrificadas. *Elet rorural*, Brasília, 2(10): 6-9. mar/abr. 1978.

VIEIRA, O.J. & ANDRADE, D.S. Utilização de eletrodomésticos e de motores no meio rural da região de Lavras-MG. Trabalho apresentado no 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1979.

UTILIZAÇÃO DE ELETRODOMÉSTICOS E DE MOTORES NO MEIO RURAL DA REGIÃO DE LAVRAS - MG*

O.J. Vieira**
D.S. Andrade***

RESUMO

Com o objetivo de estudar a utilização de eletrodomésticos e de motores na região atendida pela Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande, sediada em Lavras, foram preenchidos 60 questionários, correspondendo a 15% das propriedades estratificadas em 4 classes de acordo com a potência instalada (5, 10, 15 e maior que 15 KVA).

Nas classes I, II e III predomina a energia elétrica monofásica e na classe IV, a energia elétrica trifásica. De um modo geral, os fazendeiros estão satisfeitos com o atendimento da Cooperativa e fazem boa utilização de eletrodomésticos, sendo os mais comuns a geladeira (67%), a televisão (62%), o ferro elétrico (57%), o rádio (55%) e o liquidificador (45%). Considerando-se as médias das classes há correlação entre número de eletrodomésticos e potência instalada e entre potência de eletrodomésticos e consumo (dependência linear na classe I). A maior aquisição de motores é acompanhada da maior aquisição de eletrodomésticos, de 1964 a 1973. Nas Classes I e II predomina 1 motor por propriedade, na classe III 3 motores e na classe IV 7 motores, com uma média geral de 2,71 motores por propriedade. À medida que aumenta a potência instalada, aumenta o número de motores e a potência de motores e, considerando-se as médidas das classes foi encontrada correlação significativa entre consumo e potência de motores. Na Classe I predominam os motores de 5 C.V., e na classe II, os motores de 7,5 C.V. e nas classes III e IV, os motores de 10 C.V., com uma média geral de 5,78 C.V. por motor. Considerando-se todas as classes, os motores de 7,5 C.V. são os mais comuns. O maior emprego de motores se destina à picadeira (80%), seguindo o emprego para bomba d'água e desintegrador. Por meio de estudo de regressão múltipla, mostrou-se que na classe I o consumo é mais afetado pelo uso de eletrodomésticos e na classe IV pelo uso de motores e, considerando-se todas as classes as atividades que mais contribuem para o consumo são aquelas devidas ao uso de motores.

SUMMARY

The main objective of this research was to study the utilization of domestic appliances and electric motors in the region comprised by the "Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande (CERVARIG)" with its head quarters in Lavras. The sample were 60 farmers (15% of the universe) intervied directly through the survey method and these farmers were divided into four classes (I to IV) according to the installed power as su-

---

(*) Trabalho financiado pelo Grupo Executivo de Eletrificação Rural de Cooperativas - GEER

(**) Prof. Assistente do Departº de Ciências Exatas (DCE) da Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG - ESAL

(***) Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas (DCE) da Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG - ESAL

ch: 5, 10, 15 and above 15 KVA.

In classes I, II and III there was a high percentage of single-phase lines while in class IV prevails three-phase lines. In general one can say that farmers are pleased with the way the cooperative is managed. The electricity is very well used and among the electric appliances, refrigerators are most used (67%) followed by TV (62%) electric iron (57%), radio (55%) and finally blender (45%).

Considering the average of each class there is a positive correlation between number of electric appliances and installed power, and between electric appliances power and consumption (linear dependence in class I). The larger the number of electric motors bought the larger the number of electric appliances considering the period 1964/1973.

In classes I and II it was found an average of one electric motor per farm while in classes III and IV, 3 (three) and 7 (seven) motors respectivelly. The average for all classes was 2.71 motors per farm. As the installed power increases so does the number of electric motors and their power. Taking into account the average of each class it was found a positive correlation between consumption and motor power. In classes I and II prevail motors with 5.0 and 7.5 HP respectivelly while in classes III and IV 10.0 HP, with an average of 5.78 HP per motor. Motors with 7.5 HP are the most common and these motors are most used in pick-axe (80%) followed by water pumps and grinding. The multiple regression study showed that in class I consumption is most due to the use of electric appliances while in class IV through the use of electric motors. If we take into account all classes the use of motors are the one which most influence the consumption.

1. INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista econômjco e social, não se pode, de maneira alguma, levar os grandes benefícios trazidos pela eletricidade, somente aos grandes núcleos populacionais, privando desse benefício aos homens que vivem no campo, nas lides agrícolas de produção. Nos países em desenvolvimento como o Brasil, significativa porcentagem da população reside no campo, constituindo-se um grande mercado consumidor em potencial, com grandes perspectivas de desenvolvimento. É necessário que tudo se faça para que o poder aquisitivo dessa grande massa populacional seja elevado e, para tal, um dos grandes elementos de progresso é, sem dúvida, a energia elétrica bem planejada.

Dois objetivos básicos devem ser considerados num programa de eletrificação rural:

1º) Promover bem-estar e conforto ao homem do campo
2º) Melhoria das condições econômicas das populações rurais.

Bem-estar e conforto estão diretamente relacionados com as atividades "dentro de casa", devidas ao uso dos diferentes tipos de eletrodomésticos. Melhoria das condições econômicas está diretamente relacionada com as atividades "fora de casa", devidas aos diferentes empregos de motores para mecanização das atividades rurais.

A atual política desenvolvimentista do País, no setor agropecuário, tem procurado, através de organismos especializados, incrementar o uso da energia elétrica no meio rural. Como se sabe, um programa de eletrificação rural, em um país com grande extensão territorial e elevada dispersão populacional, enfrenta grandes dificuldades técnicas e econômicas. Um programa com tais características não pode ser executado sem uma infra-estrutura adequada, capaz de atender to

das as fases de sua execução, notadamente no que diz respeito à assistência técnica ao produtor rural, ensinando-o a utilizar, racionalmente, a energia elétrica, de modo a alcançar os objetivos da eletrificação rural.

O programa de eletrificação rural no Brasil está-se desenvolvendo em ritmo acelerado, para que se cumpram as metas governamentais, que estabeleceram um aumento de 1000% nas linhas rurais e a eletrificação de mais de 200.000 propriedades no período 1974/79 (Assesoria de Comunicação da Eletrobrás, 1976). Atualmente, cerca de 7 a 8% das propriedades rurais são eletrificadas, correspondente a aproximadamente 320.000 propriedades. O primeiro "plano nacional de eletrificação rural" (período 1975/76) possibilitou a construção de 16.446 Km de redes de distribuição rural, a instalação de 139.753 KVA, beneficiando 28.856 proprieda des. As metas do segundo "plano nacional de eletrificação rural (período 1978/80) prevêem a construção de 32.158 Km de linhas rurais, a instalação de 327.915 KVA e a energização de 55.748 propriedades (Eletrorural, 1978).

Entretanto, analisando-se a eletrificação rural nos primeiros anos de existência, deparamos com as seguintes interrogações: os seus objetivos estariam sendo alcançados? o proprietário rural tem tirado o máximo proveito desse instrumento? estará a energia elétrica sendo utilizada racionalmente? A falta de bibliografia especializada, principalmente no que diz respeito à utilização da energia elétrica, justifica o presente trabalho, que tem, como objetivo, estudar a utilização de eletrodomésticos e de motores no meio rural da região de Lavras MG - buscando respostas às interrogações acima, com a finalidade de dar, ao produtor rural, uma correta orientação, quanto ao uso racional da energia elétrica.

2. MATERIAL E MÉTODO

Inicialmente, foi feito um levantamento cadastral das propriedades eletrificadas pela Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande (CERVARIG), estratificadas de acordo com a potência elétrica instalada (KVA), conforme Quadro 1. Como potência elétrica instalada é uma variável discreta, o cálculo da amostragem foi feito considerando-se 15% do universo. Os questionários foram elaborados, testados convenientemente e preenchidos através de entrevista direta (método Survey), após sorteio dos proprietários. A seguir, os questionários foram tabulados e analisados de modo a atender os objetivos da pesquisa.

QUADRO 1 - Amostragem baseada no Levantamento feito na CERVARIG - Ano 1974

C L A S S E S		Proprietários	Amostragem
Denominação	KVA	Nº	15%
I	5	113	17
II	10	173	26
III	15	67	10
IV	Maior que 15	47	07
TOTAL		400	60

A CERVARIG, sediada em Lavras, Sul de Minas, Figura 1, atende também os municípios vizinhos de Nepomuceno, Itumirim, Perdões, Ijaci, Bom Sucesso, Itutinga, Ingaí, Carrancas, Santo Antônio do Amparo, São Vicente de Minas e Bom Jardim num raio de aproximadamente 100 quilômetros. Pelas características dos municípios estudados, acredita-se ser a região atendida pela CERVARIG bastante representativa do sul de Minas.

FIGURA 1 - Localização do Município de Lavras no Estado de Minas Gerais

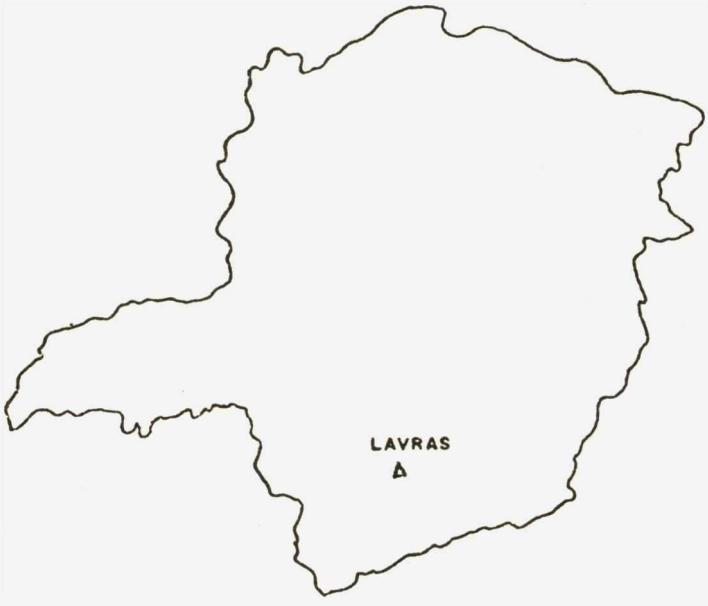


FIGURA 1 - Localização do município de Lavras no estado de Minas Gerais

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Informações Gerais

Com a finalidade de verificar como o agricultor está recebendo a Eletrificação Rural e quais as perspectivas para os próximos anos, foram feitas algumas perguntas, as quais passaremos a discutir.

1ª.) Está satisfeito com o atendimento da Cooperativa?

87% dos cooperados estão satisfeitos com o atendimento da Cooperativa. Observando-se as diversas classes, verifica-se que na classe II (10 KVA) 96 por cento estão satisfeitos (maior %) enquanto que na classe III (15 KVA) 80% estão satisfeitos (menor %).

2ª.) As máquinas existentes na fazenda atendem as necessidades?

97% dos cooperados julgam que as máquinas existentes atendem as suas necessidades. Observando-se as diversas classes, verifica-se que na classe com mais de 15 KVA existe uma maior porcentagem (14%) de cooperados insatisfeitos com as máquinas.

3ª.) Pretende instalar outras máquinas?

Apenas 33% dos fazendeiros pensam em instalar novas máquinas. Observando-se por classe, nota-se que na classe I (5 KVA) apenas 24% pensam em instalar novas máquinas, enquanto que nas classes acima de 15 KVA, 57% pretendem instalar outras máquinas. Observa-se que nas classes com maior potência instalada, os agricultores, pelas suas próprias informações, estão utilizando mais energia elétrica, o que poderá ser comprovado mediante estudo do consumo da energia elétrica. Tal informação está de acordo com a resposta da pergunta anterior (2ª.)

4ª.) Pretende eliminar máquinas?

Apenas 3% dos cooperados, pertencentes à Classe II (10 KVA), pretendem eliminar máquinas.

5ª.) Pretende substituir máquinas?

Apenas 8% pretendem substituir máquinas, sendo que a maior porcentagem recai nos fazendeiros pertencentes à classe maior que 15 KVA.

6ª.) Há problemas no funcionamento das máquinas?

17% dos fazendeiros estão tendo problemas com o funcionamento das máquinas, verificando-se maior descontentamento na classe com mais de 15 KVA. Entre as causas alegadas, encontram-se:

- "Pouca energia"
- "Não funcionam com dois motores ao mesmo tempo"
- "Falta de energia"
- "Força cai muito"

7ª.) Há problemas no funcionamento dos eletrodomésticos?

Apenas 2% acusaram problemas de funcionamento de eletrodomésticos.

8ª.) O maquinário atual apresenta vantagem sobre o maquinário antigo?

Todos os cooperados julgam que o maquinário atual é vantajoso em relação ao antigo, alegando os seguintes motivos:

- "Menor custo de operação"
- "Menor gasto em consertos"
- "Melhor rendimento"
- "Menor mão-de-obra"
- "Maior facilidade de funcionamento"

9ª.) Houve aumento na produção em decorrência do emprego da eletricidade?

82% dos fazendeiros observaram um aumento na produção. Apenas nas classes I (5 KVA) e II (10 KVA) é que se observaram cooperados em cujas propriedades a produção não foi aumentada (26%).

10ª.) Houve empenho em aumentar a produção agrícola em vista de maior facilidade observada no beneficiamento?

80% dos agricultores responderam afirmativamente. Nas classes de 5 KVA e 10 KVA, observa-se maior incidência de respostas negativas (26%).

11ª.) O aumento da produção agrícola deve-se a fator independente ao uso da energia elétrica?

Apenas 5% julgam que o aumento da produção se deve a fatores independentes ao uso da energia elétrica.

12ª.) Houve empenho em aumentar os produtos de origem animal, em vista de maiores facilidades oriundas do uso de energia elétrica?

64% dos cooperados responderam afirmativamente. O maior número de respostas negativas foi encontrado entre os fazendeiros das classes de 5 KVA (em 55%) e 15 KVA (43%).

13ª.) O aumento da produção de origem animal deve-se a fator independente ao uso da energia elétrica?

Apenas 5% julgam que o aumento da produção se deve a fatores independentes ao uso da energia elétrica.

14ª.) Houve ampliação do número de animais depois que se passou a utilizar energia elétrica?

80% dos cooperados responderam afirmativamente e a menor incidência de respostas positivas se verifica entre os proprietários pertencentes às classes de 5 KVA e maior que 15 KVA (57%).

15ª.) Houve aumento do plantio de forragens destinadas às criações após implantação da energia elétrica?

75% dos proprietários responderam afirmativamente e a menor incidên

cia de respostas afirmativas verificou-se na classe de 5 KVA (53%). Entre as forragens introduzidas as mais comuns foram: napier (73%), milho (33%) e cana (73%)

16ª) Houve empenho em criar, recriar ou engordas maior número de animais, após implantação da energia elétrica?

78% dos fazendeiros responderam afirmativamente e a menor incidência de respostas afirmativas se verifica entre os fazendeiros pertencentes à classe maior que 15 KVA (57%).

3.2. Tipos de Energia Utilizada

Além da energia elétrica, algumas fazendas utilizam também outros tipos de energia, conforme especificação no Quadro 2.

QUADRO 2 - Tipos de Energia Utilizada, baseado no Levantamento feito em 1974

CLASSES	ENERGIA ELÉTRICA				OUTROS TIPOS					
	Monofásica		Trifásica		Diesel		Gasolina		Hidráulico	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
I	17	100,0	-	-	-	-	02	11,8	02	11,8
II	26	100,0	-	-	02	7,7	-	-	02	7,7
III	08	80,0	02	20,0	02	20,0	-	-	01	10,0
IV	02	28,6	05	71,4	01	14,3	01	14,3	-	-
GERAL	53	88,3	07	11,7	05	8,3	03	5,0	05	8,3

Nota-se, como era de se esperar, que à medida que se aumenta a potência instalada, a energia elétrica trifásica passa a ser mais usada. Conforme informação dos proprietários, a fonte mais importante é a energia elétrica, mesmo havendo outras fontes na fazenda.

3.3. Utilização de Eletrodomésticos

3.3.1. Eletrodomésticos Utilizados

No Quadro 3 estão especificados os eletrodomésticos utilizados pelos agricultores. Como se sabe, um dos objetivos da Eletrificação Rural é promover bem-estar e conforto, objetivo esse diretamente relacionado com a utilização de eletrodomésticos. Dos eletrodomésticos, o mais usado pelos agricultores é a geladeira (67%), seguindo-se a televisão (62%), o ferro elétrico (57%), o rádio (55%) e o liquidificador (45%). De uma maneira geral, à medida que se aumenta a potência instalada, aumenta-se o número de eletrodomésticos, afirmativa comprovada no ítem 3.3.2. Observa-se baixa utilização do chuveiro elétrico (20%) e dos outros eletrodomésticos que, embora possam ser considerados como supérfluos, são indicadores de maior conforto.

QUADRO 3 - Eletrodomésticos Utilizados pelos Cooperados, em Percentagem, baseado no Levantamento feito em 1974

CLASSES	ELETRODOMÉSTICOS											
	Geladeira	Televisão	Ferro	Rádio	Liquidificador	Chuveiro	Ebulidor	Enceradeira	Máquina de Lavar	Batedeira de Bolo	Aspirador	Toca-Discos
I	53	53	65	59	53	18	12	0	12	6	0	0
II	65	62	50	58	38	12	12	8	0	0	4	4
III	80	60	60	40	50	40	30	0	0	10	0	0
IV	86	86	57	57	43	29	0	29	0	0	0	0
GERAL	67	62	57	55	45	20	13	7	3	3	2	2

Em um estudo feito pela Eletrificação Rural de Minas Gerais S.A. - ERMIG (3), considerando 19 Cooperativas, foi constatado que o ferro elétrico é o eletrodoméstico mais utilizado (64%), seguindo-se o rádio (54%), a geladeira (41%) a televisão (30%), o liquidificador (24%), o chuveiro elétrico e outros menos usados.

3.3.2. Correlação entre Número de Eletrodomésticos e Potência Instalada

Buscando mostrar a importância dos eletrodomésticos nas diversas classes foi feita uma análise de regressão entre número de eletrodomésticos e potência instalada, baseada no Quadro 4.

QUADRO 4 - Número Médio de Eletrodomésticos (Por Proprietário e por Classe), baseado no Levantamento feito em 1974

Classe - KVA	Número Médio de Eletrodomésticos
5	3,00
10	2,88
15	3,30
> 15	4,14
MÉDIA GERAL	3,35

Pelo Quadro 4, observa-se um aumento do número de eletrodomésticos quando se aumenta a potência instalada. A equação de regressão linear encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = 2,5725 + 0,0505\ X_i \quad (r = 0,96^*)$$

sendo $\hat{Y}_i$ o número médio estimado de eletrodoméstico e X_i a potência instalada.

No estudo feito pela ERMIG (3) foi encontrado um número médio de eletrodomésticos por consumidor igual a 2,69, inferior, portanto, a 3,35 encontrado no presente trabalho.

3.3.3. Correlação entre Consumo e Potência de Eletrodomésticos

O consumo de energia elétrica depende das atividades dentro e fora de casa, sendo que as atividades dentro de casa estão relacionadas com maior conforto gerado pelo uso de eletrodomésticos. Para análise de regressão foi construído o Quadro 5.

QUADRO 5 - Consumo Médio (Por Proprietário e por Ano) e Potência Média de Eletrodomésticos (Por Proprietário e por Classe), baseado no Levantamento feito em 1974.

Classes	Consumo Médio - Em KWh	Potência Média de Eletrodomésticos KW
I	1573,3	1,79
II	3081,1	1,81
III	5625,0	2,80
IV	10397,8	2,15

A equação que melhor representa a correlação entre as variáveis do Quadro 5, é a equação quadrática:

$$\hat{Y}_i = 157889,6 + 144092,3\ X_i - 30605,7\ X_i^2 \quad (r = 0,99^*)$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado e X_i a potência de eletrodomésticos. Pela equação, verifica-se que o consumo máximo ocorre para uma potência média de eletrodomésticos de 2,35 KW. Observa-se ainda que, para um menor consumo, este é mais influenciado pela potência de eletrodomésticos. Buscando mostrar tal fato, foi feita uma análise de regressão com os proprietários da classe I (5 KVA), encontrando-se a equação linear.

$$\hat{Y}_i = 658,5 + 510,4\ X_i \quad (r = 0,64^*)$$

Para as demais classes não foi encontrada correlação significativa. Isto quer dizer que, na classe I, o consumo está sendo influenciado diretamente pelo uso de eletrodomésticos, ou seja, pelas atividades dentro de casa, afirmativa comprovada no ítem 3.4.4.

3.3.4. Evolução na Aquisição de Eletrodomésticos e de Motores

A partir do momento em que o proprietário tem a energia elétrica instalada na fazenda, ele começa a descobrir as inúmeras utilidades e facilidades que esta lhe oferece, partindo, gradativamente, para uma expansão do número de eletrodomésticos e do número de motores, conforme mostra o Quadro 6.

QUADRO 6 - Evolução na Aquisição de Eletrodomésticos e de Motores, de 1964 a 1973

Ano	Aquisição de Motores - Nº	Aquisição de Eletrodomésticos - Nº
1964	2	2
1965	7	5
1966	26	6
1967	5	7
1968	21	18
1969	6	13
1970	29	24
1971	26	24
1972	19	31
1973	18	13

Foi encontrada uma correlação significativa ao nível de 5%, entre aquisição de motores (nº) e aquisição de eletrodomésticos (nº), no período de 1964 a 1973 (r = 0,64). A tendência que se verifica é de que, quanto maior a aquisição de motores, maior também é a aquisição de eletrodomésticos.

Procurando relacionar aquisição de eletrodomésticos com os diversos anos estudados, foi ajustada a seguinte equação:

$$\hat{Y}_i = 2,53 + 0,40 X_i \quad (r = 0,79^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o número de eletrodomésticos estimado e X_i o ano de aquisição (1964 = ano 1, 1965 = ano 2, ...).

3.4. Utilização de Motores

3.4.1. Número e Potência de Motores

Como se sabe, os motores são os responsáveis pelo consumo de energia elétrica, devido à mecanização das atividades rurais, com objetivo de melhorar as condições econômicas dos proprietários agrícolas. No Quadro 7 estão especificadas as quantidades de motores nas 4 classes estudadas. Analisando o referido Quadro, nota-se que, à medida que aumenta a potência instalada, aumenta-se o número de motores, o que era de se esperar, predominando nas classes I e II um motor por propriedade, na classe III três motores por propriedade, na classe IV sete motores por propriedade e no quadro geral predomina 1 motor por propriedade.

QUADRO 7 - Quantidade de Motores (em %) nas 4 Classes, baseado no Levantamento feito em 1974.

	QUANTIDADE										
Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL (%)
I	76	18	06	-	-	-	-	-	-	-	100
II	38	23	19	08	-	04	04	04	-	-	100
III	10	10	50	20	-	10	-	-	-	-	100
IV	-	-	14	-	14	-	44	-	14	14	100
GERAL	40	17	20	07	02	03	07	02	01	01	100

No Quadro 8 estão especificados o número médio de motores e a potência média de motores. Analisando-se o referido Quadro, observa-se também que à medida que se aumenta a potência instalada, aumenta-se o número de motores por proprietário e a potência de motores.

No levantamento feito pela ERMIG(1973)em 19 Cooperativas de Minas Gerais, foi encontrado um número médio de motores por proprietário igual a 1,29, inferior, portanto, a 2,71 encontrado no presente trabalho. Com relação à potência média de motores, o referido levantamento mostra um índice igual a 6,53, superior, então, a 5,78 encontrado no presente trabalho. Os dados do Quadro 8 mostram que as propriedades com maior potência isntalada estão utilizando melhor (quantitativamente) a energia elétrica, afirmativa comprovada estatisticamente no ítem 3.4.3

QUADRO 8 - Número Médio de Motores (Por Proprietário) e Potência Média de Motores, baseado no Levantamento feito em 1974.

Classe	Nº Médio de Motores	Potência Média de Motores - CV
I	1,41	3,53
II	2,44	4,80
III	3,00	6,04
IV	6,43	8,15
GERAL	2,71	5,78

No Quadro 9 estão especificadas as principais potências dos motores. Observa-se que na classe I há um predomínio de motores de 5 CV, na classe II de 7,5 CV e nas classes III e IV de 10 CV. Contudo, na classe III os motores de 5 e 7,5 CV são bastante usados, o mesmo acontecendo com motores de 7,5 CV na classe IV. Considerando-se todas as classes, o motor de 7,5 CV é o mais usado, seguido dos motores de 5 e 10 CV. No levantamento feito pela ERMIG(1973)também foi mostrada a predominância dos motores de 7,5 CV, seguida dos motores de 5 e 10 CV respectivamente. No presente trabalho foi verificada também a predominância dos motores monofásicos (81,25%) sobre os trifásicos.

QUADRO 9 - Potências dos Motores (em %) baseado no Levantamento feito em 1974

CLASSES	POTÊNCIAS (CV)										TOTAL
	0,25	0,5	1	2	3	5	7,5	10	15	Outros	%
I	12,5	8,3	-	-	12,5	50,0	-	-	-	16,7	100,0
II	-	-	9,8	13,1	6,6	6,6	42,6	6,6	-	14,7	100,0
III	-	-	-	-	10,0	23,3	20,0	30,0	-	16,7	100,0
IV	-	-	-	6,7	-	6,7	26,7	28,9	8,9	22,1	100,0
GERAL	-	-	6,3	8,8	6,3	16,3	28,1	16,3	-	17,9	100,0

3.4.2. Principais Empregos de Motores

No Quadro 10 estão especificados os principais empregos de motores. Pelo quadro, observa-se que o maior emprego de motores se destina à picadeira, com uma porcentagem (80%) que se mantém mais ou menos constante nas classes I, II e III, apresentando ligeiro declínio no classe IV. O emprego de motores para bomba d'água é de apenas 25%, mantendo-se praticamente constante nas 4 classes. Apenas 20% dos cooperados empregam motor para desintegrador, com baixa porcentagem nas classes I, II e III e alta porcentagem na classe IV. Os demais empregos de motores são mais comuns na classe IV, justificando a maior potência instalada. Outros empregos não especificados no Quadro 10 foram anotados, sem, contudo, apresentarem porcentagem significativa, entre os quais motor para máquina de beneficiar arroz (3%), misturador de uréia (5%), desnatadeira (3%), ordenhadeira (3%), plaina (3%), furadeira (3%) etc. Todos esses empregos são predominantes na classe IV.

QUADRO 10 - Principais Empregos de Motores, em Percentagem, baseado no levantamento feito em 1974

CLASSES	MOTOR PARA								
	Picadeira	Bomba de Água	Desintegrador	Beneficiamento de Café	Debulhador	Despolpador	Esmeril	Serraria	Resfriador
I	88	18	18	00	00	00	06	00	00
II	77	27	08	04	08	04	04	00	08
III	90	30	10	20	10	10	00	10	00
IV	57	29	86	57	43	43	43	43	14
GERAL	80	25	20	12	10	08	08	07	05

No levantamento feito pela ERMIG(1973) os principais empregos de motores são para desintegrador, bomba d'água, picadeira, esmeril e serra circular.

3.4.3. Correlação entre Consumo e Potência de Motores

Para estudo da correlação entre consumo e potência de motores, foi construído o Quadro 11.

QUADRO 11 - Consumo Médio (Por Proprietário e por Ano) e Potência Média de Motores (Por Proprietário), baseado nos dados de 1974.

Classes	Consumo Médio - KWh	Potência Média de Motores - CV
I	1573,3	5,19
II	3081,1	13,43
III	5625,0	18,67
IV	10397,8	52,80

A equação que melhor representa a relação entre as variáveis do Quadro 11 é:

$$\hat{Y}_i = 1274,9 + 165,4\ X_i \quad (r = 0,97^*)$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado e X_i a potência de motores. Buscando mostrar a relação potência versus consumo dentro de cada classe, não foi obtida correlação significativa para as classes I, III e IV e para a classe II foi encontrada a equação:

$$\hat{Y}_i = - 2969,1 + 879,6\ X_i - 19,5\ X_i^2 \quad (r = 0,58^*)$$

3.4.4. Correlação entre Consumo, Potência de Motores e Potência de Eletrodomésticos

Com objetivo de mostrar o que está influenciando mais no consumo (KWh), se atividades fora de casa (motores - CV) ou atividades dentro de casa (eletrodomésticos - KW), foi feito um estudo de regressão múltipla, para cada classe e geral, cujos resultados são mostrados nos Quadros 12, 13, 14, 15 e 16.

QUADRO 12 - Análise de Variância para a Classe I, baseada nos Dados de 1974

Causas de Variação	GL	S.Q.	Q.M.	F
X_1 = Pot. motores (CV)	1	284984,8	284984,8	0,24 (n.s.)
X_2 = Pot. eletrodomésticos - KW	1	8834661,5	8834661,5	7,40*
Resíduo	10	11930692,4	1193069,2	-
TOTAL	12	21050338,7		

A equação encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = - 94,43 + 141,22\ X_{1i} + 521,38\ X_{2i} \quad (r = 0,66^*)$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado, X_{1i} a potência de motores e X_{2i} a potência de eletrodomésticos.

QUADRO 13 - Análise de Variância para a Classe II, baseada nos Dados de 1974

Causas de Variação	GL	S.Q.	Q.M.	F
X_1 = Pot. motores (CV)	1	9344014,2	9344014,2	0,95 (n.s.)
X_2 = Pot. Eletrod. (KW)	1	410377,7	410377,7	0,04 (n.s.)
Resíduos	14	138279837,9	9877131,3	
TOTAL	16	1480344229,8		

QUADRO 14 - Análise de Variância para a Classe III, baseada nos Dados de 1974

Causas de Variação	GL	S.Q.	Q.M.	F
X_1 = Pot. motores (CV)	1	3515231,1	3515231,1	0,07 (n.s.)
X_2 = Pot. eletrodomésticos (KW)	1	17931920,1	17931920,1	0,38 (n.s.)
Resíduo	3	142351798,8	47450599,6	
TOTAL	5	163798950,0		

QUADRO 15 - Análise de Variância para a Classe IV, baseada nos Dados de 1974

Causas de Variação	GL	S.Q.	Q.M.	F
X_1 = Pot. motores (CV)	1	168178350,6	168178350,6	27,85*
X_2 = Pot. eletrod. (KW)	1	31208635,1	31208635,1	5,17 (n.s.)
Resíduo	1	6039297,3	6039297,3	
TOTAL	3	205426283,0		

A equação encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = -4063,66 + 385,11\ X_{1i} + 3173,13\ X_{2i} \quad (r = 0,98^*)$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado, X_{1i} a potência de motores e X_{2i} a potência de eletrodomésticos.

QUADRO 16 - Análise de Variância, considerando as Classes I, II, III e IV, baseada nos Dados de 1974

Causas de Variação	GL	S.Q.	Q.M.	F
X_1 = Pot. motores (CV)	1	327986559,9	327986559,9	27,47**
X_2 = Pot. eletrod. (KW)	1	1210499,6	1210499,6	0,10 (n.s.)
Resíduo	37	441722760,1	11938453,0	
TOTAL	39	770919819,6		

A equação encontrada foi:

$$\hat{Y}_i = 982,74 + 185,21\ X_{1i} - 107,13\ X_{2i} \quad (r = 0,65^{**})$$

sendo $\hat{Y}_i$ o consumo médio estimado, X_{1i} a potência de motores e X_{2i} a potência de eletrodomésticos.

Analisando-se os quadros de análise de variância, observa-se que na classe I o consumo é afetado pelo uso de eletrodomésticos, e na classe IV o consumo é afetado pelo uso de motores. Nas classes II e III não houve correlação significativa entre consumo, potência de eletrodomésticos e potência de motores. Estes resultados mostram que na classe I os proprietários estão utilizando a energia elétrica mais para bem-estar e na classe IV mais para mecanização das atividades agrícolas. Tais resultados estão de acordo com as conclusões do ítem 3.3.3. De um modo geral, pode-se afirmar que as atividades que mais contribuem para o consumo (Quadro 16) são aquelas devidas ao uso de motores. Estas atividades devem estar relacionadas com a melhoria das condições econômicas do proprietário rural. VIEIRA & ANDRADE (no prelo), estudando o consumo da energia elétrica no meio rural da região de Lavras, concluíram também que na classe I (5 KVA) o consumo é mais influenciado pelas atividades fora de casa, devidas ao uso de motores na mecanização das atividades rurais.

CONCLUSÕES

Os proprietários rurais estão satisfeitos com o atendimento da Cooperativa e com o maquinária existente na fazenda, e acreditam que houve aumento da produção agrícola e animal com a instalação da energia elétrica.

Nas classes I, II e III predomina a energia elétrica monofásica e na classe IV a energia elétrica trifásica.

De uma maneira geral, os proprietários utilizam bem (quanto à quantidade) os eeletrodomésticos mais comuns e à medida que aumenta a potência instalada aumenta o número de eletrodomésticos e o número de motores.

O consumo da energia elétrica é afetado pela potência de eletrodomésticos e pela potência de motores. Quanto maior a potência de motores e a potência de eletrodomésticos, maior o consumo da energia elétrica.

Na classe de 5 KVA os proprietários estão utilizando a energia elétrica mais para bem-estar e conforto, e na classe maior que 15 KVA mais para mecanização das atividades agrícolas. Nas classes de 10 e 15 KVA não há predominância de uma ou outra atividade afetando o consumo. De um modo geral, as atividades que mais contribuem para o consumo são aquelas devidas ao uso de motores.

A maior aquisição de motores está relacionada com a maior aquisição de eletrodomésticos e a aquisição de eletrodomésticos aumentou de 1964 a 1973.

Quanto maior a potência instalada, maior a potência média de motores predominando os motores de 7,5 CV, seguido dos motores de 5 e 10 CV. De um modo geral, os fazendeiros não empregam bem os motores na mecanização das atividades agrícolas, principalmente nas classes de menor consumo.

6. AGRADECIMENTOS

- Ao Grupo Executivo de Eletrificação Rural de Cooperativas - GEER
- À Cooperativa de Eletrificação Rural do Vale do Rio Grande - CERVARIG
- Aos Professores Gilnei de Souza Duarte e Ruben Delly Veiga, do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- Aos Monitores Augusto Ramalho de Moraes, Manoel Alves e Joel Augusto Muniz, do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

LITERATURA CITADA

COM, o poder de dois ministérios. *Eletricidade Moderna*, São Paulo, (35): 18:19, des. 1975.

ELETRIFICAÇÃO rural I. *Mundo Eletrico*, São Paulo, 19(219): 1-74. dez. 1977.

ELETRIFICAÇÃO RURAL MINAS GERAIS. *Estudo retrospectivo de eletrificação Rural em Minas Gerais*. Belo Horizonte, CEMIG, 1973, 34 p.

ELETRIFICAÇÃO rural, tarefa prioritária. In: *Energia Elétrica*. Rio de Janeiro, Assessoria de Comunicação de Eletrobrás, p. 2-3 1976.

MORALES, C.F., et alii. Relação das contribuições aos temas oficiais selecionados e apreciados pelas respectivas comissões técnicas. In: 4ª CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL, Belo Horizonte, 47 p. 1971.

NEM oito por cento das propriedades rurais brasileiras estão eletrificadas. *Eletrorural*, Brasília, 2(10): 6-9. mar/abr. 1978.

VIEIRA, O.J. & ANDRADE, D.S. Consumo de energia elétrica no meio rural da região de Lavras. Trabalho apresentado no 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1979.

AÇÃO PARA RACIONALIZAR O USO DE COMBUSTÍVEIS NA AGRICULTURA

Edwin O. Finch*
Adhemar Brandini**

1. INTRODUÇÃO

A mecanização da agricultura brasileira é relativamente recente. Em 1960 iniciou-se a fabricação de tratores no País. Anteriormente àquela data, estima-se a existência de cerca de 75.000 tratores, sendo hoje, raros os tratores importados ainda em uso.

Considerando o uso normal e a vida média de um trator agrícola, na ausência de um Censo Agrícola mais preciso, pode se estimar que cerca de 510.000 tratores (BRANDINI et alii, 1979) estão em funcionamento a serviço da agricultura brasileira. Soma-se a estes, cerca de 44.000 colhedeiras combinadas automotrizes, quase totalidade produzidas pela indústria nacional.

As melhores estimativas, quanto ao consumo de combustíveis, para tal parque de máquinas agrícolas, elevam-se a 1.700.000 toneladas de óleo diesel, o que representa cerca de 12% do total nacional de consumo de tal derivado do petróleo

Observa-se, por outro lado, que tem sido muito pequena a contribuição da pesquisa e desenvolvimento nesta área da Engenharia Agrícola no País para o conhecimento de parâmetros básicos de dinâmica dos solos para a otimização da seleção de implementos agrícolas e seleção do conjunto trator-implemento adequado a cada tipo de solo. Sabe-se que o uso impróprio de um implemento ou da seleção trator-implemento pode acarretar um drástico aumento no consumo de combustível, até a ordem de 50% a mais daquele quando há uma seleção adequada do conjunto.

Dada à crescente preocupação dos órgãos do governo para enfrentar, racionalmente, a crise energética oriunda da crise do petróleo, urge a adoção de medidas que busquem reduzir o consumo dos combustíveis derivados do petróleo, quer por redução dos consumos específicos, quer por substituição dos mesmos por combustíveis de outras fontes alternativas.

No caso específico da mecanização agrícola, recomenda-se as medidas que se seguem, para racionalizar o uso de combustíveis na agricultura.

2. RECOMENDAÇÕES PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NA AGRICULTURA

A. Medidas propícias a gerar resultados imediatos ou a curto prazo, sem mudança nos motores e máquinas:

1. Revisão dos sistemas de produção com objetivo de recomendar poupança de combustível através de reduções em operações no campo, do uso racional dos outros insumos, e da divulgação dos mesmos.

2. Divulgação pelos boletins da EMBRAPA e EMBRATER dos métodos para melhor uso do conjunto trator-implemento, tendo em vista, como uma das metas, a poupança de combustível:

a. cuidados do trator
b. seleção do conjunto trator-implemento
c. cuidados dos implementos

(*) Engenheiro Agrícola, MS, Consultor ao Convênio IICA/EMBRAPA, CNPMS, Sete Lagoas - MG
(**) Engenheiro Mecânico, MS, PhD (Engenharia Agrícola), Assessor do DTC/ EMBRAPA, Brasília, DF.
Trabalho elaborado em maio de 1979 - EMBRAPA, Brasília - DF.

d. tipo de engate - (engate correto)
e. uso do "draft control" ou controle de ondulação para poupar combustível etc.

É razoável esperar uma redução no consumo de combustível na ordem de 5 a 10%.

B. Medidas propícias a gerar resultados imediatos ou a curto prazo, sem mudanças drásticas nos motores e máquinas:

1. Pequenas mudanças nos tratores (com breve consulta ao seu fabricante) no sentido de:

a. aumentar a temperatura da operação do motor (troca do termostato, e adotar o refrigerante, "cooling fluid", já usado nos EUA e na Europa), em vez de água. Isto aumentará a eficiência térmica dos motores

b. substituir o óleo do carter (GOLDMANN, 1976) por oleo sintetico possível. Isto aumenta a resistência da pelicula de óleo entre as peças móveis permitindo o uso de viscosidades menores. A própria característica desses óleos associados a uma viscosidade menor, reduz o atrito, e economiza combustível, comprovadamente, na ordem de 5%.

É razoável esperar uma redução no consumo de combustível na ordem de 5 a 10%.

C. Medidas propícias a gerar resultados a curto ou médio prazo, envolvendo mudanças radicais nos motores:

1. A Ford tem um modelo a gasolina (tipo Otto), na mesma faixa do 4600 e 6600 vendido no Brasil. Esses tratores poderiam ser introduzidos no Brasil num tempo mínimo em versão a álcool, devido ao máximo intercâmbio de peças, que a Ford mantém entre os modelos Diesel e Otto. Nota-se que isto é 100% álcool. Os outros fabricantes de tratores e motores para tratores e colhedeiras poderiam ser estimulados nesse mesmo sentido.

2. Adaptações de tratores existentes no País para uso de outros combustíveis, além de óleo Diesel. Trata de reajustes e modificações de motores:

a. Misturas de 80% etanol com 20% óleo vegetal e/ou outra combinação de óleos vegetais com óleo Diesel leva as seguintes considerações:

1. recalibração do sistema injetor
2. verificação dos efeitos das misturas sobre compatibilidade e durabilidade do motor
3. disponibilidade do óleo vegetal em quantidades e a preços razoáveis. No momento, o preço de óleo vegetal é de CR$15 a 25 por litro
4. uma possível redução no desempenho do trator, conforme resultados obtidos pelo CTA e IPT.

b. O uso de gasogênio merece uma nova avaliação. Em um sentido, significa reviver a década de 40, mas a tecnologia desenvolvida, principalmente na Suécia, França e EUA já mostram sistemas de manejo propícios aos tratores agrícolas, embora não tenham sido aproveitados em larga escala nesses países (onde os preços de óleo Diesel são bem mais baixos que o nosso). No Brasil, baseado no preço do carvão vegetal a CR$1.200,00 por tonelada, o gasogênio já é competitivo com o óleo Diesel por unidade de energia. O aproveitamento dos resíduos agrícolas pode oferecer vantagens ainda maiores. Por exemplo 1/3 do total de sabugo de milho deixado no campo poderia mover uma colhedeira automotriz de 100 CV.

Recomenda-se pesquisas, ações e desenvolvimento, no sentido de:

- Intercâmbio técnico entre os técnicos brasileiros da EMBRAPA com os da Suécia, França e EUA.

- Desenvolvimento de geradores de gás (gasogênio) com meta de comercialização imediata.

- Pesquisas sobre efeitos no motor, em termos de durabilidade e confiabilidade.

- Pesquisas na EMBRAPA dirigidas ao aproveitamento dos resíduos agrícolas em geradores de gás (gasogênio).

- Pesquisas no sistema de gasogênio em motores para obter maiores eficiências.

c. Pesquisa sobre a utilização de tratores depois da conversão, já com potência reduzida de 20-25%.

3. Utilização do etanol aditivado para uso em motores Diesel (Mercedes Benz do Brasil S.A., 1978.) com pequena modificação no motor.

D. Medidas propícias a longo prazo (2 a 10 anos).

1. Recomendação para que novos modelos de tratores (principalmente na faixa de microtratores) sejam movidos a álcool (motor Otto).

2. Possível conversão da indústria para produzir motores a etanol para todos os tratores (motor Otto). Esta medida parece muito drástica, e não deve ser feita sem um estudo maior das aplicações.

3. Introdução, pela indústria, em modelos Diesel ou na próxima geração de motores de ítens promissores para reduzir o seu consumo. Exemplos:

a. turbo-alimentação com refrigeração do ar na entrada do motor
b. motores de volume de combustão variável
c. controles eletrônicos para manter operação do motor no ponto ótimo em quaisquer condições de carga do motor.
d. manter o regime do motor, e a taxa de redução da transmissão no ponto ótimo.
e. redução de atritos de acessórios do motor (alternador, ventilador, bomba d'água, bomba de óleo etc) até o ponto permissível. Por exemplo, pode ser mais eficiente redimensionar o radiador e reduzir o tamanho do ventilador. Também eixstem possibilidades de reduzir os gastos de energia pelo ventilador (às vezes em volta de 5 a 7 HP) pela utilização de projetos mais eficientes. O sistema hidráulico, que consome energia só na hora de demanda, é outro ítem que pode produzir atritos desnecessários. Deve ser considerado também o próprio projeto da transmissão, diferencial, redução final e rodas para limitar as perdas de energia desnecessárias. Esta última, a roda, ou o pneu precisa uma investigação mais ampla e profunda.

4. Pesquisas sobre tração é uma meta urgente para a mecanização no Brasil, sob vários pontos de vista. Este assunto afeta:

a. seleção do implemento mais adequado
b. consumo de combustível, de qualquer tipo que seja
c. compactação e outras características do solo
d. produtividade agrícola

As prioridades para essas pesquisas são:

a. dados básicos sobre resistência (shear strength) dos vários solos brasileiros em condições normais de preparo, e em regimes de umidade do solo entre 5 a 30 por cento.

b. outros dados sobre tais solos em relação aos fatores que afetam a força de resistência num implemento (draft force), tal como: a velocidade do trator, umidade do solo, tendência do solo a aderir ao implemento etc.

c. juntamente com os ítens **a** e **b**, chegar-se-á a resultados práticos em termos de: tipo e tamanho dos implementos e velocidades de operações do arado (e demais implementos, no solo), para os vários tipos de solos. Pela experiência nos EUA (Gill, 1971), a resistência dos três tipos de implementos:

1) arado de disco; 2) arado de aiveca e 3) arado "pé de pato" (ou subsolador), os efeitos da velocidade nas forças de tração são apresentados na Figura 1.

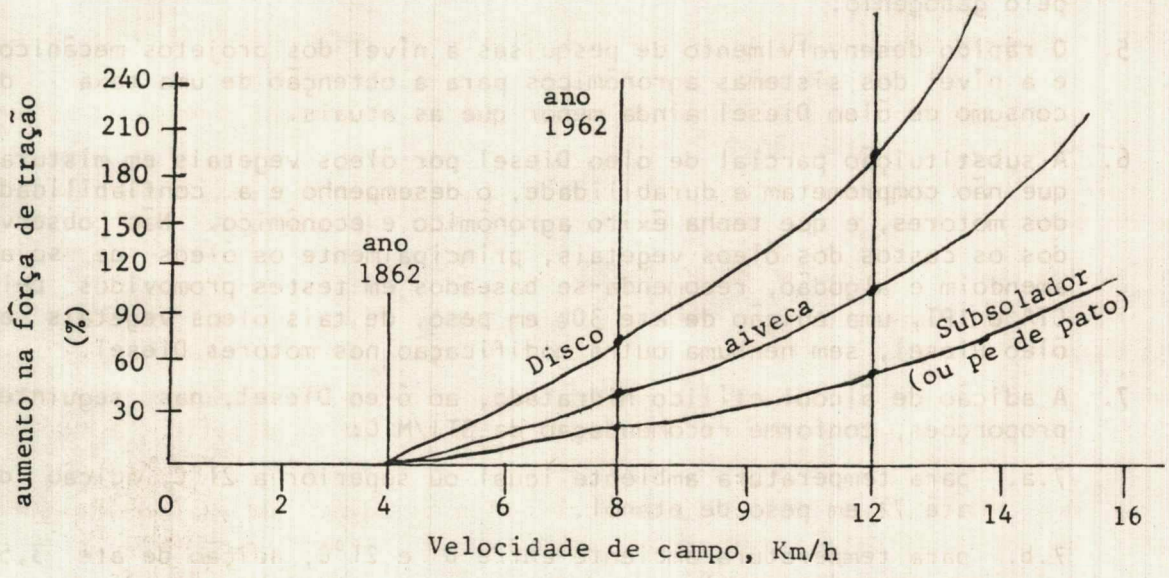


FIGURA 1 - Aumento na resistência a tração sobre a resistência estática, em função das velocidades de operação no campo (1).

Se o solo brasileiro tem comportamento semelhante ao do solo americano a vantagem de aumentar a velocidade e diminuir o tamanho do implemento sendo esta característica mais vantajosa ainda no caso de aiveca ou subsolador em comparação com o arado de disco. Recomenda-se, pois:

d. A EMBRAPA, junto à indústria brasileira de máquinas e implementos agrícolas, preparar um programa de pesquisa e desenvolvimento para os arados de aiveca adequado às situações brasileiras

e. A EMBRAPA, junto à indústria brasileira de máquinas e implementos agrícolas, coordenar um programa de modernização de outros implementos, tais como: plantadeiras, cultivadores, grades, adubadeiras etc principalmente no sentido de aproveitar no máximo a capacidade dos tratores modernos.

5. Pesquisas no aproveitamento dos resíduos agrícolas devem objetivar:

a. biodigestores para a produção de biogas (metano) para aplicação em vários fins: queima direta em fogões, iluminação, aquecimento e acionamento de motores estacionários (ciclo Otto)

b. utilização em geradores de gás (gasogênio) para tratores e colhedeiras automotrizes.

c. conversão em álcool por hidrólise ácida

d. a colheita, o transporte, e o processamento dos resíduos agrícolas.

Finalmente, o modelo mais viável para conter as despesas com combustíveis em tratores e colhedeiras automotrizes, seria:

1. O uso racional do conjunto trator-implemento
2. Pequenas providências para obter maiores eficiências em tratores e colhedeiras automotrizes

3. O lançamento de novos tratores e micro-tratores com motores a álcool (Otto, não Diesel); pode-se atender de 15 a 20% da produção de tratores dentro de 5 anos.

4. A conversão de uma parcela da frota de tratores já nas fazendas para o uso de gasogênio em sistema dual - 10% Diesel e 90% gás produzido pelo gasogênio.

5. O rápido desenvolvimento de pesquisas a nível dos projetos mecânicos e a nível dos sistemas agronômicos para a obtenção de uma taxa de consumo de óleo Diesel ainda menor que as atuais.

6. A substituição parcial de óleo Diesel por óleos vegetais em misturas que não comprometam a durabilidade, o desempenho e a confiabilidade dos motores, e que tenha êxito agronômico e econômico. Não obstante os custos dos óleos vegetais, principalmente os óleos de soja, amendoim e algodão, recomenda-se baseados em testes promovidos pelo CTA e IPT, uma adição de até 30% em peso, de tais óleos vegetais em óleo Diesel, sem nenhuma outra modificação nos motores Diesel.

7. A adição de álcool etílico hidratado, ao óleo Diesel, nas seguintes proporções, conforme recomendação da STI/MIC:

   7.a. para temperatura ambiente igual ou superior a 21°C, adição de até 7% em peso de etanol.

   7.b. para temperatura ambiente entre 0° e 21°C, adição de até 3,5% em peso de etanol.

8. Para motor de 2 tempos "Detroit Diesel", com taxa de compressão 23:1 substituição do óleo Diesel, por uma mistura de 80% de etano hidratado e 20% de óleo de mamona.

9. Para motor de 4 tempos, com taxa de compressão no entorno de 16:1:

   a. substituição do óleo Diesel por uma mistura de 80% de etanol hidratado, contendo cerca de 10% de aditivo acelerador de combustão, e 20% de óleo de mamona, acompanhado de evanço da injeção para 16° APMS.

      Notas: 1 - Recomendações de testes realizados pelo IPT (IPT, 1978) baseado em ensaios de um motor Diesel YANMAR AE-1 (18 CV) com taxa de compreenssão 17:1,em potência plena.

      2 - Para outros motores Diesel, com taxa de compressão mais baixas, de ordem de 14.5:1, ainda não possuímos informações de desempenho.

   b. 90% de etanol hidratado contendo cerca de 10% de aditivo de combustão e bomba injetora com lubrificação forçada.

LITERATURA CITADA

GILL, W.R. Economic Assessment of Soil Compaction. Pp. 431-458. Em Conpaction of Agricultural Soils, *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, Michigan. 1971.

IPT. *Uso de Óleos Vegetais em Motores Diesel Relatório* IPT Nº 11276. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo SP. 1978.

BRANDINI, A., FINCH, E.O., e NETTO, P.S. Termo de Referência para um programa Nacional de Pesquisa de Desenvolvimento em Engenharia Agrícola. EMBRAPA / DTC, Brasília, DF. 1979.

MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. *O Diesel e o Álcool*. Mercedes-Benz do Brasil S.A. , São Paulo, SP. 1978.

GOLDMANN, C.E., A Synthesized Engine Oil Providing Fuel Economy Benefits, *Papel Number 760854, Society of Automotive Engineers*, Warrendale, Pennsylvania. 1976.

BRIXIUS, W.W. e WEBER, J.A. Soil Failure Characteristics For Oscillating Tillage Tool and Bulldozer Blade Models, Transaction of the ASAE p. 633-637, *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, Michigan. 1975.

BROWN, JOSEPH M. "Soil" Excavation Improvement From Balldozer Blade Oscillation, *Papel Number 780776 Society of Automotive Engineers*. Warrendale,Pennsylvania.

CONSUMO ENERGÉTICO DE MÃO-DE-OBRA RURAL BRASILEIRA

E.O. Finch*

INTRODUÇÃO

Balanços energéticos na agricultura computados podem sofrer mudanças drásticas, dependendo do grau de mecanização, produtividade de mão-de-obra, ou mesmo da metodologia usada no cálculo de consumo por mão-de-obra. O motivo desta apresentação é elaborar um dos métodos já usados, criticá-los e propôr estabelecer umas "regras de jogo" para a realidade brasileira.

O SISTEMA

Como FINCH (1963) apresentou, a energia nos insumos na agricultura pode ser classificado em ordens. Na primeira ordem são aqueles insumos aplicados diretamente, tais como:

- Combustível
- Fertilizante
- Outros químicos (pesticidas etc.)
- Alimento para mão-de-obra
- Rações para animais de tração etc.

Seus valores energéticos são bem definidos, até indiscutíveis com exceção da mão-de-obra, e animais de tração que variam bastante, dependendo se o cálculo é feito com: 1) capacidade instalada dos produtivos; 2) capacidade instalada dividida por produtiva e não produtivas; 3) demanda; 4) desempenho médio; 5) desempenho variável durante o trabalho etc.

A segundo ordem de insumos consta daqueles feitos para produzir a primeira ordem ou para investimentos em móveis e imóveis. Em geral, eles são combustíveis usados na fabricação de máquinas e sua distribuição, fabricação de fertilizantes e sua distribuição, fabricação de alimentícios/rações e suas distribuições, transportes de mão-de-obra, e a própria fabricação e distribuição de combustíveis usados na primeira ordem.

No nível de segunda ordem, também se observa mão-de-obra com os mesmos dilemas ao respeito à sua contabilidade energética.

E, com uma simples investigação, pode-se verificar, além da primeira ordem, e segunda ordem, que existe a terceira ordem e até a ordem n, onde **n** representa o número de níveis a considerar.

Em teoria, **n** pode chegar à infinidade, mas em prática a ordem de magnitude de erros, em estimativas de energia em insumos agrícolas, é muito pequena depois de n = 3, e não compensa levar os cálculos às demais ordens.

FIGURA 1

Objetivo	Ordem de Insumos	2 Ordens de Insumos	Nº de Ordem de Insumos
Produção Agrícola	- Combustíveis	C,F,P,A,R,O,E	C,F,P,A,R,O,E
	- Fertilizantes	C,F,P,A,R,O,E	
	- Pesticidas	C,F,P,A,R,O,E	
	- Alimentos de Mão-de Obra	C,F,P,A,R,O,E	
	- Rações animais de Tração	C,F,P,A,R,),E	
	- Outros químicos	C,F,P,A,R,O,E	

(*) Engº Agrícola, MS, Consultor ao Convênio IICA/EMBRAPA, CNPMS, Sete Lagoas Minas Gerais

	- etc.	C,F,P,A,R,O,E	
ou	(7 itens)	(7 x 7) itens	$(7)^n$ itens

A CONTABILIDADE

PIMENTAL (1793) usou um cálculo particularmente conservador nos seus balanços energéticos. Ele calculou o consumo para mão-de-obra baseado no consumo por trabalhador durante o período de trabalho, mesmo assim com dieta pobre. O resultado foi um valor em volta de 544 Kcal/homem-hora, ou 4.352 Kcal/dia de 8 horas.

Vêm vários argumentos a favor e contra o uso deste número gerado por Pimental. A favor, ele é um número simples, sem necessidade de fazer maiores cálculos para cada ocasião. Neste sentido, concordamos. Pimental é o autor mais citado por outros pesquisadores no assunto. Os contras são agrupados em duas categorias: social e confiabilidade técnica. Ao lado social, pode-se advogar o ponto de vista que o homem não é máquina só com direito de "combustível" nas horas de trabalho, nem escravo para ser subjugado à degregação duma vida de sobrevivência apenas. É claro que o homem do campo merece todos os confortos que a tecnologia moderna e as condições econômicas proporcionam. Então, vamos admitir que ele tenha direito às coisas básicas da vida:

1. Mulher
2. Família
3. Abrigo
4. Roupa
5. Recreação
6. Pertences materiais

Mas cada um desses ítens tem o seu custo energético, como verificaremos na apresentação seguinte.

Por outro lado, nós podemos declarar que o homem do campo pertence à comunidade nacional, e que o consumo per capita nacional é o valor energético para ser incluído nos cálculos de balanços energéticos de sistema agrícolas. Esta foi a mensagem da apresentação de FLUCK (1976) nos EUA. Ele mostra, com estes números, que o balanço energético (ou eficiências no uso da energia na produção agrícola nos Estados Unidos) tem sido melhorado gradativamente durante os últimos 50 anos colacionado ao grau de mecanização em vez de piorar como os números de Pimental inferiam.

CONSUMO BRASILEIRO

Seria interessante fazer o cálculo de consumo per capita de cada brasileiro. Energia total consumida no Brasil é equivalente a aproximadamente 100.000 000 toneladas de petróleo (IBGE 1976-77). São aproximadamente 120.000.000 brasileiros (IBGE 1976-77). Então o consumo per capita é aproximadamente 0,833 toneladas de petróleo, ou aproximadamente 8.330.000,00 Kcal/pessoa ano ou 22820 Kcal pessoa dia.

A fórmula usada por Fluck para aplicar o consumo per capita da Nação, ao setor agrícola, é:

e = energia consumida no sistema agrícola sendo investigado
e = q h/py onde
q = Kcal/pessoa ano consumo per capita
h = pessoa hora/ano de trabalho no sistema agrícola sendo investigado.
p = proporção de pessoas produtivas a todas as pessoas na população (ou empregados (empregados + desempregados + crianças + enfermos).

No caso do Brasil, o IBGE informou em 1975 que 29.6% dos brasileiros rurais são econômicamente ativos. Outras estimativas colocam aproximadamente um terço dos brasileiros na categoria de produtivos. Então vamos fazer o nosso cálculo baseados numa proporção de 0.30.

y = horas por ano médio por trabalhador. No Brasil, considerei:

52 semanas por ano
-4 semanas de férias
-2 semanas de feriado

46 semanas de trabalho

46 x 40 horas/semana = 1.840 horas por ano
- 20 horas (motivos pessoais)

1.820 horas por ano

Colocando na fórmula:

e = (8.330.000,00 x h)/0.30 x 1820
e = 15.256,41 Kcal/pessoa-hora

Nota-se que isto é 28 vezes maior do que o caso de Pimental.

Parece-me que este número também não é próprio para a realidade brasileira. Ele implica que o consumo em armamentos, viagens, sistemas de infra-estrutura, navios espaciais etc., têm a mesma importância para o trabador agrícola do que no caso da população em geral. Sabemos que o trabalhador não considera assim.

Importância de usar um Número Válido para o Consumo de Energia da Mão-de-Obra

Já falamos em casos onde o cálculo de energia de mão-de-obra criava importantes diferenças que levan até chegar às conclusões opostas. Trata-se agora de mostrar que o fator mão-de-obra no caso brasileiro, é bem mais sensível (ou, quero dizer, aceita mais a resposta de balanço energético) do que no caso dos países mais dependentes da mecanização. Vejamos:

Mesmo usando o número de Pimental, a mão-de-obra chega a representar mais de 10% de energia consumida para fins mecênicos na agricultura no Brasil. BRANDINI e FINCH(1979).Se fosse usado o método "per capita nacional médio" no cálculo, mão-de-obra representaria mais de 40%*. Isto compara com 5.4×10^{-6} e 0.045% no caso dos EUA. Porém, no caso brasileiro, não se foge à conclusão: Para não introduzir erros no balanço total, é muito importante aplicar cálculos precisos e representativos da realidade para mão-de-obra.

Um Novo Número Proposto para Consumo Energético de Mão-de-Obra Agrícola Brasileira

Já foi claro que a realidade em consumo energético não deve ser mais baixo do que a estimativa (por método de Pimental) ou mais alto do que a estimativa (por método de Fluck), 544 Kcal/h e 15256 Kcal/h trabalhada por mão-de-obra agrícola brasileira.

O que falta é relacionar a energia associada a cada atividade do trabalhador. A listagem das atividades consideradas é:

1. Alimentação de si próprio
2. Alimentação da família
3. Recreação mínima familiar
4. Gastos essenciais (roupa, preparação de comida, abrigo familiar etc.)
5. Transporte (mínimo) - para chegar ao local de trabalho
6. Prevenção social familiar
7. Educação mínima familiar

(*) Aplicando a fórmula do Fluck, 70% da energia na agricultura brasileira é a mão-de-obra.

Outras regras do cálculo são:

a. a mesma oportunidade de emprego existe em setores agrícolas e não agrícolas. Ou, em outras palavras, existe um equilíbrio de emprego entre os dois setores para a pessoa de uma definida capacitação.

b. a demanda para mão-de-obra é elástica perante as épocas do ano. Quer dizer, se o trabalhador não acha um emprego no setor agrícola, provavelmente achará no setor não agrícola e vice-versa.

c. energia consumida em cada emprego é da mesma ordem do que no outro.

d. a proporção de férias durante o emprego agrícola é da mesma ordem do que para o outro emprego.

e. sábados e domingos são contados nos dias de consumo, mas não nos dias de trabalho normal.

Reconhecemos limitações das regras e admitimos com humildade que elas não são 100% válidas. Acreditamos, porém que o seu uso facilitará umas conclusões bem mais seguras, do que aquelas até hoje apresentadas em balanços energéticos brasileiros. Solicitamos qualquer crítica ou informação que possa contribuir no aperfeiçoamento do cálculo.

O Cálculo do Novo Número

1. Alimentação por trabalhador foi fixada a nível de 3500 Kcal por dia, média que corresponde a um valor além da mínima dieta, mas não tanto como os mais altos dados pela literatura para homens forte de trabalho.

2. Alimentação para a família foi estabelecida na base de uma pessoa a mínimo de 2000 Kcal/dia e mais uma criança a 1500 Kcal por dia, ou -3500 Kcal total.

3. Gastos com recreação (energia elétrica para TV, energia gasta para transporte e cinema, igreja, praça de esportes etc., e mais a distribuição de custo energético para tais infra-estruturas). Estimativa feita na base deste - fator chegar a ser 1%* do consumo direto = 70 Kcal/dia.

4. Gastos essenciais são as necessidades da vida, tais como: preparação de comida, roupa, casa etc. Uma estimativa desses gastos é feita da seguinte maneira:

2.5 pessoas (2 adultos, 1 criança) x 0.06 kg gás/pessoa dia* x 11.660 Kcal/kg = 1749 Kcal/dia**

Casa, valor de CR$100.000,00/25 anos e roupa familiar para trabalho e horas de recreação, valor de CR$3.000,00/ano =

4000 x 2 Kcal/CR$* ÷ 365 = 22 Kcal/dia
3000 x 5 Kcal/CR$* ÷ 365 = 41 Kcal/dia

TOTAL = 63 Kcal/dia

5. Transporte representa um gasto significativo no mão-de-obra brasileira. Às vezes, foi um ítem à parte, como no caso da análise do SILVA et alii (1976) Proponho, no caso, englobar um valor de transporte no número geral de gastos de energia por mão-de-obra. Isto por motivo de que as áreas mais exploradas na produção agrícola são afastadas das vilas ou centros de moradia do trabalhador.

Então, vamos julgar que esta distância seja de 5 km (ou 10 km ida e volta). Se houve casos de maiores distâncias, devem ser consideradas e calculadas

---

(*) Estimativas de Finch baseadas em observações de colegas e fontes de dados não publicados. Junho/1979

(**) Um outro cálculo baseado no consumo domiciliar rural de lenha e carvão, daria um valor 10 vezes mais! Veja Anexo **A**

separadamente.

Gastos em transporte também dependem do meio, do número de trabalhadores por veículo e se o motorista é trabalhador do campo ou não.

Considerando-se 10 pessoas por veículo, mais motorista não trabalhador , 10 km, 4 km/litro, 10.000, Kcal/litro e 10.000 Kcal/motorista, achamos:

$$10.000 \text{ Kcal} + \frac{10\text{km} \times 10.000 \text{ Kcal/litro}}{4 \text{ km/litro}} \div 10 \text{ pessoas}$$

$$= 3500 \text{ Kcal/pessoa-dia}$$

6. Prevenção social familiar representa 8% do salário do brasileiro. Aceitando a idéia de que os gastos em energia,conforme as mesmas proporções, devemos aumentar nosso cálculo para 8%, sobre o consumo básico.

$$7500 \times 0,08 = 600 \text{ Kcal/pessoa-dia}$$

Mas vamos usar 17% deste valor ou 100 Kcal/pessoa-dia.

7. Educação mínima familiar leva em consideração que cada trabalhador tem direito de criar seus filhos com um mínimo de ensino até primeiro grau. Admitimos que o valor a ser usado é (em família de três - pai, mãe e um filho) de 80 Kcal/pessoa-dia (Nota-se que isto não é o custo total para educação - Usando alimentação de 3500 Kcal/professor ÷ 30 alunos, já chega a 117 Kcal/aluno).

Com certeza, há críticas de forma que estes tipos de consumo são custos sociais e não devem ser descontados na agricultura. Mas devemos lembrar:

a) A população rural é flexível: não havendo necessidade de mão-de-obra no setor, a taxa de população rural/urbana ia diminuir, conforme uma redução relativa (taxa de crescimento menor do que a população geral).

b) A infra-estrutura necessária para estes trabalhadores representa investimentos especiais, devido aos locais remotos das moradias ou vilas. Realmente, é um investimento "a fundo perdido" de construir uma escola na zona rural dimensionada para a população de hoje, sabendo-se que dentro de poucos anos não virá população suficiente para sua operação.

c) A população total, embora já seja uma coisa definida para um elemento de tempo de curto prazo, pode sofrer mudanças adiante dos tempos em proporção das pressões e metas sociais. Então, é perfeitamente viável imaginar que uma sociedade no longo prazo preferia controlar seu número a nível que daria um padrão de vida mais aceitável, aproveitando da sua ingenuidade e sua maquinaria para os trabalhos mais pesados, assim eliminando a necessidade de manter seres humanos em condições a baixa da dignidade do homem para tais serviços.

A SOMA

Então, a soma é:

- Escola	80
- Social	100
- Transporte	3.500
- Roupa, casa etc.	63
- Cozinha	1.749
- Recreação	70
- Família-alimentação	3.500
- A si próprio-alimentação	3.500
	12.562 Kcal/dia

Com 40 horas efetivas por semana, o valor é 2.198 Kcal/h-trabalhador.

Compare isto com 544 do Pimental ou 15,256 Kcal/h do Fluck.

Nosso número é 4 vezes mais do que o mínimo para "combustível do trabalhador, mas 7 vezes menor do que o caso de proporcionar todos os custos da sociedade moderna sobre este trabalhador. Acreditamos que ele é mais representativo da realidade brasileira e mais justo ao trabalhador.

LITERATURA CITADA

BRANDINI, ADHEMAR, EDWUN O. FINCH, e PAULO DA SILVA NETO, *Termo de Referência para um Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Agrícola*, EMBRAPA, 1979.

FINCH, EDWIN O.; Man Made Inputs to Agriculture, *Apresentation to Agricultural - Engineering 399*, the University of Arizona, Tucson, Arizona, 1963.

FLUCK, RICARD C., *To Evaluate Labor Energy in Food Production*, Agricultural Engineering, January, ASAE, ST Joseph, Michiganm 1976.

PIMENTEL, D. et al, *Food Production and the Energy Cúsia*, Science 182:443 - 449 1973.

SILVA, JOSE GOMES DA, GIL EDUARDO SERRA, JOSÉ ROBERTO MOREIRA, e JOSÉ CARLOS GONÇALVES, *Balanço Energético Cultural da Produção de Alcool Etilico de Cana-de-Açúcar, Mandioca e Sorgo Sacarino* - Fase Agrícola e Industrial, Brasil Açucareiro, Dezembro, 1976.

ANEXO "A" - ENERGIA DOMICILIAR RURAL

Tipo de Combustível	Região do País					
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centroeste	Brasil
Querozene (1975*) litro/pessoa-ano*	6,63	5,05	3,18	4,45	9,73	4,48
Kcal/pessoa-dia à 8729 Kcal/litro	159	121	76	106	232	107
Gas(GLP) (1975*) (1970) Kha/região ano*	$1,2 \times 10^6$	$4,0 \times 10^6$	$13,8 \times 10^6$	$5,9 \times 10^6$	$0,3 \times 10^6$	$23,2 \times 10^6$
(1970) população/região	$2,0 \times 10^6$	$16,8 \times 10^6$	$10,9 \times 10^6$	$9,4 \times 10^6$	$2,7 \times 10^6$	$41,8 \times 10^6$
Kcal/pessoa-dia à 12000 Kcal/kg	10	8	42	21	4	18
Lenha (1975*) m^3/pessoa ano*	1,97	1,16	1,50	2,50	1,97	1,53
ou aprox. kg/pessoa-ano	591	348	450	750	591	459
Kcal/pessoa-dia à 3500 Kcal/kg	5667	3337	4315	7192	5667	4401
Carvão Vegetal (1975*) kg/pessoa-ano*	12,8	40,7	5,6	10,0	0,13	19,0
Kcal/pessoa-dia à 7600 Kcal/kg	267	847	117	208	3	396
Totais Kcal/pessoa-dia	6113	4313	4550	7527	5906	4922
ou aprox. Kcal/trabalhador dia	21079	14872	15690	25955	20366	16972

* Estimativas feitas pelo "Mattiz Energetico" do Ministério de Minas e Energia em 1973. Calculos de conversão em termos de Kcal/pessoa-dia, são do autor.

USO DA ENERGIA ELÉTRICA NA ZONA RURAL

Guido José da Costa*
José Roberto Graziano*

RESUMO

A partir de 1974 iniciou-se, no Brasil, uma Campanha objetivando incrementar a eletrificação nas áreas suburbanas e rurais.

Justificavam (e justificam) os idealizadores, que a energia elétrica, estando à disposição do agricultor, este a utilizaria em benefício do aumento da produção e da produtividade; com isto, a energia elétrica viria, a médio e longo prazos, substituir algumas utilizações da energia derivada do petróleo, pesando item na balança de pagamentos. Além disso, a utilização da energia elétrica aumentaria o consumo de uma ampla gama de equipamentos elétricos, eletromecânicos e eletrônicos, impulsionando a taxa de crescimento destas indústrias, pela ampliação do mercado consumidor.

Dada às discordâncias de enfoque, a importância do tema e a falta de literatura a respeito é que surgiu a idéia dessa pesquisa nas propriedades rurais possuidoras de eletricidade em regiões diferentes, com o intuito de saber se essas afirmações estão ocorrendo na realidade. Através desse trabalho constatamos que essas afirmações não estão ocorrendo. Preocupamo-nos em saber detalhadamente a forma como está sendo utilizada a eletricidade nas 387 propriedades pesquisadas.

Para facilitar o entendimento do assunto, classificamos a utilização de eletricidade em dois grupos:

A) Energia utilizada no processo produtivo
B) Energia utilizada nas atividades domésticas.

De forma que, possuindo uma bomba d'água de poço tipo cisterna, se a água bombeada servisse exclusivamente a(s) casa (s) seria classificada no grupo B; se servisse à criação de pequenos animais, mesmo em criação não comercial, seria classificado no grupo A. Assim fazendo, a energia utilizada nos domicílios rurais seria de utilização exclusiva do domicílio, nada contribuindo para a produção da produtividade.

O método usado foi somar os Watts utilizados nos dois grupos e fazer uma porcentagem. A conclusão é que 36,34% da eletricidade instalada servem no grupo A, ou seja, têm alguma relação com a produção, e 63,99% da eletricidade têm uso apenas domiciliar, ou seja, no grupo B.

Por si só esse dado já nos esclarece parte da questão; no entanto, outro fato que nos chamou a atenção é o superdimensionamento das redes, ou seja, na grande maioria das propriedades

---

(*) Engenheiros Agrônomos da Seção de Cooperativismo e Desenvolvimento Rurais - Departamento de Águas e Energia Elétrica - Secretaria de Obras e do Meio Ambiente.

a rede elétrica tem um potencial bem maior que a energia que é utilizada. Deve-se ressaltar que o custo das redes elétricas tem relação com a sua capacidade, de forma que o agricultor está pagando caro uma rede que não vai utilizar.

Este ponto é importante porque a totalidade das redes é financiada com recursos de Bancos Públicos e com juros subsidiados.

Tanto perde dinheiro o Governo, que poderia, com a mesma verba, fazer mais como o agricultor, porque a manutenção também é maior numa rede de maior capacidade.

Também foi constatado, se bem que nos parecesse natural, que a utilização da eletricidade nas propriedades demanda tempo, tempo suficiente para adaptação a uma nova tecnologia e tempo suficiente para o "envelhecimento" das máquinas (motores) ou equipamentos já em utilização. Fato este que não alterou os dados, pois grande número de propriedades pesquisadas possui a eletricidade há vários anos.

Com isso tudo observamos que, realmente, a eletricidade nas propriedades rurais tem sido utilizada nas residências e pouca é sua participação no processo produtivo.

Quem leva a maior vantagem nisso são as fábricas de eletrodomésticos cujo mercado consumidor tem sido consideravelmente ampliado.

Há necessidade de mudar-se os rumos da política agrícola ou ela atende às reais necesidades de nossa realidade rural ou se torna um elefante branco que não sairá do papel das mesas dos tecnocratas que a confeccionam.

Sem a participação dos maiores interessados na definição e execução da política agrícola, continuaremos a observar os grandes grupos econômicos sendo os maiores beneficiados com os instrumentos dessa política.

1. INTRODUÇÃO

A partir de 1974 iniciou-se, no Brasil, uma Campanha, objetivando incrementar a eletrificação das áreas suburbanas e rurais.

Justificavam (e justificam) os idealizadores dessa tese, que, estando a energia elétrica à disposição do agricultor, este a utilizaria em benefício do aumento da produção e da produtividade, isto é, no processo produtivo de sua propriedade.

É natural que, com isto, a energia elétrica viria a médio e longo prazos substituir algumas utilizações da energia derivada do petróleo, pesando ítem na balança de pagamentos. Além disso, a utilização da energia elétrica aumentaria o consumo de uma ampla gama de equipamentos elétricos, eletromecânicos e eletrônicos, impulsionando a taxa de crescimento destas indústrias e amplicação do mercado consumidor.

Não só esses fatos contribuíram para a eletrificação rural tornar-se parte da política oficial, outros como crédito e financiamentos internacionais, política energética etc., tem sua parcela de peso na política de eletrificação.

Assumindo o caráter oficial, a eletrificação rural muito incrementada passou a receber recursos e atenções especiais sempre com as teses de modernização da agricultura e utilização da energia no processo produtivo.

A Eletrificação Rural é seguidamente citada como um pré-requisito estrutural à modernização agrícola. Segundo o Grupo de Informação Agrícola da Fundação Getúlio Vargas, "... a importância da eletricidade dispensa explicação: tra

ta-se do mais notório indicador de desenvolvimento. Portanto, não se pode exigir que a agricultura prospere sem que, ao mesmo tempo, caminhem em sua direção as linhas de distribuição de energia elétrica ..." Zuleika Mussi Lenzi, em sua tese de Mestrado, "Eletrificação é o Processo de Modernização Rural" (UFRGS - CEIEPE) salienta que "... no setor econômico, a energia elétrica como força motriz de baixo custo e de ampla aplicação determina o aumento da produtividade e elevação da renda "per capita". Para a tecnologia agrícola, concorre de inúmeras maneiras: abre caminhos à inovação através da sua inteligente utilização, favorece o aparecimento de pequenas indústrias ..."

Assim, a eletrificação rural passou a ser importante dentro da atual política agrícola que vê, na agricultura, a principal saída para se pagar a dívida externa, via exportação, e também a causa da inflação. Estes problemas da agricultura, nesta visão, só serão resolvidos através de política de modernização das suas práticas, via uso intensivo da máquina, fertilizantes e defensivos. A energia elétrica entra como força para a maquinaria e também como difusora de toda a ideologia modernizadora e da sociedade de consumo, através da maior penetração dos meios de comunicação no campo, notadamente a televisão.

IMPORTÂNCIA E OBJETIVO

Sendo a eletrificação rural um programa muito oneroso aos cofres públicos, e sendo muito incrementada, nada melhor do que se fazer uma avaliação, mesmo pequena, para sabermos se ela tem cumprido, realmente, os objetivos propalados.

Assim, o objetivo central deste trabalho é o de conhecer mais sistematicamente, como se dá a utilização da energia elétrica nas propriedades rurais. E através desse pesquisa, pretende-se conseguir este intento, não de forma estanque e predeterminada, mas fazendo da pesquisa uma constante busca da realidade, através de inúmeros estudos e contatos.

Procurou-se fugir dos esquemas tradicionais e funcionalistas que visam principalmente a busca dos fatos que influenciam o agricultor a ter esta ou aquela atitude, a partir de alguns dados subjetivos.

Apesar do estudo ter sido restrito a três regiões do Estado de São Paulo é pensamento nosso que os resultados possam ser extrapolados para o resto do Estado, sendo que as maiores diferenças aparecerão nas regiões onde existam minifúndios que são, em verdade, chácaras de recreio e também nas zonas rurais mais próximas dos grandes centros e que praticam uma agricultura mais intensiva, seja de produtos hortículas, seja floríçulas ou em regiões onde existem muitas granjas. Nas regiões estudadas, predominam as culturas de café e gado de leite em Franca, café e citrus. Em Novo Horizonte, café, gado e leite e culturas anuais, em Urânia jales, sendo esta de ordem de desenvolvimento decrescente, das regiões

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa teve sua motivação determinada pela leitura de estudos que tratam de energia elétrica; sua importância, seu uso, sua implementação etc. De início, parecia-nos um pouco confusa a grande importância que esses trabalhos atribuíam à energia elétrica no meio rural, visto que, dos aspectos levantados, privilegiava-se mais ora a irrigação, ora as motivações e aspirações do rurícola

Isso nos parecia relevante e foi a partir dessa diferença de enfoques, que se resolveu efetivar essa pesquisa como forma de se aprofundar o conhecimento dessa realidade.

Efetuou-se, primeiramente, um levantamento de dados secundários de diversas fontes, tais como: INCRA - Estatísticas Cadastrais I e II, Escritórios Regionais de Planejamento - ERPLAN - Prefeituras Municipais e outras. Efetuou-se também diversos contatos com Cooperativas, Casas de Agricultura, Sindicados de Trabalhadores e Patronais e com agricultores das diversas faixas de posse de terra.

Com esses dados gerais e preliminares, foi possível elaborar um questionário sucinto mas preciso, para se efetivar os levantamentos dos dados primários

A razão da pesquisa ter sido realizada em áreas de ação de Cooperativas de Eletrificação Rural, prende-se não só ao fato de ser essa a nossa área de atuação profissional, mas principalmente porque já existia um grande relacionamento entre os agricultores dessas áreas e os elementos que participaram da pesquisa .

Essa conduta facilitou, sobremaneira, a coleta de dados, visto que, com um questionário objetivo e com os conhecimentos anteriores da área, o entrevistado sentiu-se muito mais à vontade para nos fornecer as informações.

A escolha dos municípios a serem pesquisados levou em consideração a diversidade das culturas existentes e se procurou exatamente isso, para que os resultados fossem os mais abrangentes possíveis.

As Cooperativas de Eletrificação Rural e os municípios de sua área de ação que foram escolhidos são os seguintes:

a) Cooperativa de Eletrificação Rural da Região de Franca Ltda.

Municípios:

1. Franca
2. São José da Bela Vista

b) Cooperativa de Eletrificação Rural da Região de Urânia Jales Ltda.

Municípios:

3. Urânica
4. Jales

c) Cooperativa de Eletrificação Rural da Região de Novo Horizonte Ltda

Município:

5. Novo Horizonte

d) Cooperativa de Eletrificação e Telefonia Rurais da Região de Ibiúna Ltda.

Município:

6. Ibiúna

A inclusão de Ibiúna como uma das regiões a serem pesquisadas, tinha em mente a importância dessa como parte do cinturão verde da Grande São Paulo. Por isso mesmo ela deveria apresentar dados diferentes das outras regiões mais distantes.

De fato, pelo conhecimento da áres, isto é certo, mas meia verdade pois, apesar de se encontrarem propriedades com atividades hortifrutículas, o maior número das propriedades são chácaras de passeio e, sendo assim, não apresentam atividade produtiva alguma.

Nas propriedades pesquisadas em Ibiúna a influência dessas chácaras foi tão grande que, durante a análise dos resultados da entrevista, foi preciso eliminar essa região. Isto fez com que os resultados finais não apresentassem uma grande representatividade em relação ao cinturão verde mas, de qualquer modo, isso já seria difícil devido ao peso das regiões no resultado final.

Os outros municípios foram englobados, levando-se em consideração a região. Assim, ficamos com as regiões de Franca, Novo Horizonte e Jales.

2.1. Amostragem

Para efetuarmos a amostragem das propriedades que seriam entrevistasdas, usamos critérios diferentes, de acordo com a realidade da região.

Assim, em Franca foram entrevistadas as propriedades energizadas pela Coo

perativa, porque o número delas não era tão grande. Em Novo Horizonte e Jales, o número era muito maior e já constituía um obstáculo material à entrevista com a totalidade; por isso, entrevistou-se metade das propriedades.

Se sorteássemos a metade das propriedades, aleatoriamente, o trabalho de encontrar o proprietário poderia ser muito maior, e assim resolvemos entrevistar uma propriedade sim, outra não, tendo como ponto de referência as linhas de distribuição do sistema elétrico da Cooperativa.

Esse procedimento não só facilitou em grande parte o trabalho, como também contribuiu para uma maior representatividade da amostra, o que veio ser comprovado pelos resultados finais apresentados.

Para se ter uma idéia quantitativa do peso da amostra, apresentamos o Quadro abaixo, que relaciona o número de propriedades dos municípios pesquisados propriedades eletrificadas e propriedades eletrificadas pesquisadas.

Região da Pesquisa	Nº Total de Prop. (a)	Nº de Propriedade Eletrificada (a)	Nº de Prop. na amostra (b)
Franca	863	352	107
Novo Horizonte ...	2.223	(1)	89
Jales	2.318	572	191
TOTAL	5.404	1.013	387

a) Fonte: A Eletrificação Rural no Quinquênio 1972/1977, no Estadc de São Paulo - Olavo Silveira - CATI - S.A.

Observação:

a) Dados referentes a 1977
b) Dados da pesquisa, referentes a dezembro de 1977 e janeiro de 1978.
(1) Dado inconsistente, na fonte constam 45, mas como está incorrente para efeito do total, consideramos 89, que é igual ao número das propriedades pesquisadas.

Apesar da inconsistência apresentada na única fonte disponível, temos uma amostra, em termos totais, de 38,2% do total de propriedades, o que, sem dúvida, alguma é representativa do total.

2.2. Explicação do Demonstrativo

No decorrer da pesquisa, um fato que redundou em dificuldades foi a separação de cargas instaladas com uso nas atividades domésticas e no processo produtivo.

Alguns aparelhos ou lâminas são usados nos dois processos; por exemplo, uma bomba d'água que serve tanto às residências como à criação de animais.

Apesar dessa combinação de uso, computou-se o uso no processo produtivo pois esse se apresentou tão baixo que não daria diferença significativa à substimação do uso em atividades domésticas.

3. RESULTADOS

Em primeiro lugar, vamos classificar a utilização da eletricidade em 2

grupos:

Grupo A - Energia utilizada no processo produtivo
Grupo B - Energia utilizada nas atividades domésticas.

Essa divisão em grupos A e B é essencial na medida em que se tem, ao nível do discurso oficial, afirmado que a Eletrificação Rural visa a produção. Assim, pelos dados que são apresentados no Quadro 1, pode-se apreender claramente que a utilização da Energia Elétrica é muito mais exclusiva do uso doméstico que do uso da produção.

A separação nítida do uso no grupo **A** ou **B** não foi possível devido à existência de aparelhos e lâmpadas que tem uso combinado na produção e doméstico mas se procurou individualizar pelo seu maior uso.

Isso só foi possível devido ao intenso contato com as regiões pesquisadas e a vivência do dia-a-dia dos agricultores, fato que tornou essa pesquisa demorada, todavia, bem precisa.

Para facilidade de raciocínio e de condução da pesquisa, estabelecemos que a utilização doméstica é exclusiva das casas, sendo que, se houver um pequeno motor de poço que bombeia água apenas para as casas, ele é doméstico, na medida em que essa água possa ser utilizada para alguns animais, porcos, cavalos etc esse motor passa a ser do grupo A, de utilização no processo produtivo.

QUADRO 1 - Utilização da Energia Elétrica nas Regiões de Franca, Novo Horizonte e Jales - Estado de São Paulo - Janeiro de 1978.

Regiões	% Uso no Processo doméstico	% Utilização Exclusiva domiciliar
Franca	36,45	63,55
Novo Horizonte	36,96	64,04
Jales	35,61	64,39
MÉDIA	36,34	63,99

Este Quadro 1 apresenta os totais de Watts, em porcentagem, utilizados nos processos produtivos e na utilização doméstica.

Como não havia condições de se estabelecer o montante de KWH que estava sendo consumido por grupo de utilização, tivemos que nos ater ao potencial de consumo. Assim, foi considerado o total de Watts instalados. Nos diversos aparelhos, lâmpadas e motores e a partir dos Watts instalados foram realizadas as considerações.

Isso nos pode levar a algumas imperfeições mas certamente essas serão menores do que se tentasse estimar o consumo em KWH e foi isto que nos levou a tomar esse caminho metodológico.

A partir dessas considerações, é importante termos em mente que sempre estaremos falando em potencial de consumo, através de Watts instalados, e não em consumo estimado ou efetivo.

Como podemos observar, apenas 36% da energia rural são utilizados de alguma forma como insumo em algumas máquinas ou equipamentos que estão contribuindo para a produção ou o aumento da produtividade.

A maior parte da energia elétrica utilizada nas propriedades rurais, 64% têm uso exclusivamente nas atividades domésticas.

Além de se separar utilização de energia utilizada na produção e no seu uso doméstico, há necessidade de saber-se sobre o dimensionamento das redes elétricas.

É sabido que, para se instalar as redes elétricas, a quantidade de cargas elétricas (KVA) influi no custo da obra, ou seja, uma rede de maior carga elétrica é mais cara na instalação e na manutenção que uma rede de menor carga elétrica.

Assim sendo, o dimensionamento adequado da rede acarretaria menor custo para o agricultor, como para o Estado, pois que a maioria das redes construídas recebem financiamentos com juros subsidiados.

Para avaliarmos essa questão do dimensionamento das cargas elétricas, estabelecemos um índice, o qual foi denominado de "r" (erre minúsculo).

Esse índice nos diz, em porcentagem, quanto da carga disponível ao agricultor está sendo utilizada na propriedade agrícola, ou seja, está instalada na propriedade, tendo uso doméstico ou no processo produtivo.

QUADRO 2 - Porcentagem de Carga Disponível que está Instalada - Janeiro de 1978

Regiões	$r \leq 1$	$r > 1$
Franca	18,69%	81,30%
Novo Horizonte	42,69%	57,30%
Jales	43,93%	57,06%
MÉDIA	34,77%	65,22%

$$r = \frac{\text{carga disponível}}{\text{carga instalada}} \times 100$$

$r \leq 1$ Boa relação, carga bem dimensionada

$r > 1$ Má relação, carga super dimensionada.

Como podemos observar, as redes elétricas estão mal dimensionadas, isto é, super dimensionadas, com os agricultores sendo onerados pelo aumento do custo da construção e da manutenção das redes elétricas.

Esse problema nas Cooperativas se apresenta em menor vulto que nas ligações realizadas por empresas particulares e pelas Concessionárias de Energia Elétrica, isto por que, ao solicitar a carga elétrica, o agricultor é orientado para esse fim e ele pode solicitar o quanto quiser, se bem que a diferença entre necessário e o solicitado muitas vezes é aumentada para poder cobrir a média exigida de 10 KVA/km de rede.

Nas outras opções que o agricultor tem para eletrificar sua propriedade a carga só é solicitada por ele quando essa ultrapassar a 15 KVA, porque tanto as concessionárias como as empreiteiras já têm, como norma de instalação, o mínimo de 15 KVA. Só ultimamente é que as concessionárias têm procurado atender os agricultores com cargas elétricas menores.

É certo que a carga elétrica não deve ser dimensionada exatamente de acordo com as exigências atuais do agricultor, porque se assim fosse, teríamos que fazer frequentes modificações na rede, o que resultaria em aumento ainda maior no custo de manutenção.

Assim, as cargas sempre se devem apresentar um pouco acima da exigência atual, visto que o agricultor não absorve, de imediato, toda diferença de tecnologia.

Um motor Diesel que esteja em bom estado de funcionamento, dificilmente será trocado por um elétrico, mesmo com todas as vantagens desse.

Nessa pesquisa, isso foi evidenciado uma vez que, quando se analisar o fator "r" no transcorrer do tempo, apresentou-se uma tendência à diminuição do superdimensionamento das cargas.

Através da análise dos Quadros 2 e 3, nota-se perfeitamente que nas regiões de Novo Horizonte e de Jales, onde a energia elétrica estava disponível a mais tempo, o dimensionamento se apresentou melhor mas ainda superdimensionado.

QUADRO 3 - Ano de Instalação da Energia

Regiões	Até Dezembro de 1978	Dez. de 76 até Janeiro de 78
Franca	0,00%	100%
Novo Horizonte	85,39%	14,60%
Jales	85,34%	14,65%

O fato não esperado é a relação do uso de energia elétrica, segundo a área não ter apresentado resultados significativos, ou seja, não existe relação entre a utilização na produção e a área das propriedades para que o agricultor utilize mais ou menos eletricidade nos processos produtivos.

Mais uma vez justifica que o agricultor adquire a eletricidade para utilização caseira e a utiliza nos processos produtivos, de acordo com o tipo de exploração, rentabilidade da propriedade, alternativa de utilização de máquinas etc. e não necessariamente ou principalmente, segundo a política agrícola atual.

Desta forma, o levantamento realizado nos mostra quais são os equipamentos elétricos encontrados nas regiões pesquisadas e notamos uma enorme semelhança de região para outra.

QUADRO 4 - Equipamentos Elétricos Utilizados - Franca - Novo Horizonte e Jales São Paulo - Janeiro de 1978

Número de Ordem	Tipo de Equipamento	% das Propriedades
01	Triturador	21,44
02	Esmeril	12,14
03	Picadeira	6,45
04	Misturador de Ração	5,16
05	Serra Circular	3,87
06	Beneficiador de Café	3,35
07	Furadeira	2,06
08	Moinho de Cana	1,55
09	Compressor	1,29
10	Frigorífico	1,03
11	Ordenhadeira	1,77
12	Soldador	0,51
13	Secador de Cereais e/ou Café	0,51
14	Lavador	0,51

QUADRO 4 - Equipamentos Elétricos Utilizados - Franca - Novo Horizonte e Jales São Paulo - Janeiro de 1978 (Continuação).

Número de Ordem	Tipo de Equipamento	% das Propriedades
15	Olaria	0,25
16	Classificador de Café	0,25
17	Debulhador de Milho	0,25

Nota-se que a atividade que mais se beneficia da eletricidade como insumo é a pecuária, tanto de corte como de leite (triturador, picador, frigorífico, ordenhadeira) seguidos da lavoura de café (beneficiador, lavador, secador, classificador) que são as duas atividades onde existe a utilização da eletricidade. Também é comum equipamentos de oficinas rurais (esmeril, furadeira, compressor, solda) que são de tecnologia mais evoluída; seus similares, portanto, quase a única opção de possuir esses equipamentos é tê-los movidos a energia elétrica.

Sabemos que a eletricidade é comumente utilizada em granjas de galinhas poedeiras ou frangos de corte, utilizadas em criação de suínos e de certa forma em granjas de criação de todos os pequenos animais. No entanto, pelas características das regiões pesquisadas, não encontramos propriedades que realizem essas atividades.

Essas atividades, que são mais comuns perto dos grandes centros consumidores, os chamados cinturões verdes juntamente com a olericultura, a fruticultura de clima temperado e a floricultura provavelmente demandam mais utilização de energia elétrica. Contudo, essas regiões estão entremeadas de chácaras de fins de semana e de recreio que apenas consomem eletricidade no uso domiciliar e acreditamos que dará forte contraste com as propriedades produtivas prevalecendo, no final, uma maior utilização no processo doméstico, pois ainda é muito grande a utilização de motores a explosão nas propriedades do cinturão verde.

Fica dessa forma, caracterizada a precariedade da utilização da eletricidade como insumo moderno não por deficiência tecnológica desses equipamentos mas sim por outras razões.

UTILIZAÇÃO DOMÉSTICA

Apesar de ter uma utilização bem mais ampla o uso da eletricidade nos domicílios rurais, ela ainda está longe do ideal, pois existe uma ampla variedade de eletrodomésticos que não são utilizados, como pode ser observado pelo Quadro 7.

Além desses aspectos, um outro que realça é a percentagem de casas que não possuem energia (33,33%). Esse fato se apresenta com maior gravidade nos estabelecimentos de maior área onde o proprietário não se digna a oferecer, aos trabalhadores permanentes, esse mínimo de conforto, deixando de estender as linhas de baixa tensão até as suas casas.

Fato não esperado foi que, afora a eletricidade, o único elemento utilizado na iluminação doméstica é o querosene. Esperamos encontrar o gás liquefeito de petróleo nos modernos lampiões a gás; contudo, não foi encontrado nas propriedades pesquisadas, apesar de existirem no meio rural.

QUADRO 5 - Número de Propriedades e Casas por Propriedades Agrícolas

Área	Propriedades	Casas	Média
Franca	107	292	2,72
Novo Horizonte	89	306	3,43
Jales	191	518	2,71
TOTAL	387	1.116	2,88

QUADRO 6 - Energização de Domicílios Rurais

Área	Total de Casas	Com Eletricidade		Sem Eletricidade (Querosene)	
		Nº	%	Nº	%
Franca	292	220	75,34	72	24,65
Novo Horizonte	306	199	65,03	107	34,96
Jales	518	325	62,74	193	37,25
TOTAL	1.116	744	86,66	372	33,33

Pelo Quadro seguinte, podemos ter uma idéia das prioridades para as pessoas pesquisadas da utilização dos mais diversos tipos de eletrodomésticos que temos. Incluímos entre os eletrodomésticos, o motor de poço ou de cisterna desde que a água por ele bombeada seja de uso exclusivamente doméstico; assim sendo essa água não seria sequer utilizada para criação de pequenos animais.

Isto acontecendo, o motor seria considerado como componente do processo produtivo da propriedade.

É fácil notar na relação que o ferro de passar roupas e a geladeira representam alternativas para similares ineficientes (ou brasa e a geladeira a querosene ou a gás) portanto, representam uma opção sem concorrentes como seria o caso do rádio elétrico e a pilha, que se substituem plenamente.

A televisão desponta em segundo lugar, o que representa a penetração dessa via de comunicação nas áreas rurais, maior que o rádio elétrico. No entanto, se somássemos os aparelhos de rádio elétricos e a pilha, esse número seria superior ao dos televisores.

Os demais equipamentos mostram o grau de prioridade que representam para os moradores das propriedades rurais pesquisadas.

QUADRO 7 - Eletrodomésticos Encontrados nas Casas Eletrificadas

Nº DE ORDEM	ESPECIFICAÇÃO	Nº ENCONTRADO	%
01	Ferro de passar	400	53,76
02	Televisão	396	49,59
03	Geladeira	338	45,43
04	Chuveiro	296	39,78
05	Motor para poço	287	38,57
06	Liquidificador	247	33,19
07	Rádio Elétrico	137	18,41
08	Enceradeira	98	13,17
09	Máquina de Costura	27	3,62
10	Máquina de Lavar	23	3,09
11	Batedeira	7	0,94
12	Ventilador	6	0,80
13	Torneira Elétrica	5	0,67

OBS: Ainda foram encontrados ar condicionado, freser, espremedor de frutas, gravador elétrico em número inexpressivo.

4. CONCLUSÕES

Muitas questões puderam ficar mais claras com a realização dessa pesquisa e com isso afirma de se intervir no campo para colaborar com uma melhoria do nível de vida da população, que fica melhor delineada.

Dos pontos levantados, vale ressaltar alguns:

1. A Energia Elétrica, além de estar disponível a pouquíssimos consumidores rurais, ainda apresenta um baixo uso e consumo

2. O uso da Energia Elétrica em sua maior parcela (64%) se dá em atividades domésticas - iluminação e aparelhos eletrodomésticos.

3. Além do uso em atividades produtivas ser pequeno, ele se concentra, principalmente, nas culturas de café e na criação de gado, apresentando grande sazonalidade, com uma concentração do consumo na época da entressafra.

4. As redes e os transformadores apresentam uma grande capacidade ociosa o que representa um desperdício de recursos e do sistema elétrico, encarecendo aos agricultores.

5. Como o uso da energia elétrica nas propriedades agrícolas é muito pequeno e o investimento é muito alto, mister se faz implementar novas formas de prover essas propriedades de outras fontes energéticas.

6. Tendo como base que a maior parte do consumo de Energia Elétrica se dá com a iluminação, com pequenas bombas d'água e com secador de cereais, seria muito mais eficiente a implementação do uso da energia solar, o aproveitamento da gravidade para instalação das bombas d'água e também a produção de gás metano a partir da digestão aeróbica de resíduos agrícolas.

Essas alternativas, bem simples, poderiam perfeitamente suprir todo o consumo de energia da maior parte das propriedades e com uma economia razoável de recursos.

7. A Eletrificação Rural tem favorecido a entrada dos modernos meios de comunicação no campo e, com isto, se tem verificado uma mudança nos hábitos de consumo de ampla camada da população.

Esses são os principais fatos levantados pelo trabalho, ficando, ainda, muitas questões sem respostas, dependendo de outras pesquisas para melhor conhecer a nossa realidade agrícola. Outras questões ficarão ainda pendentes, esperando uma oportunidade, quando os interessados puderem participar mais dos processos de tomada de decisão e delineamento das políticas agrícolas.

SEÇÃO TÉCNICA

AVIAÇÃO AGRÍCOLA

A AVIAÇÃO AGRÍCOLA NA ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR
ASPECTOS DA TECNOLOGIA UTILIZADA

Marcos Vilela de M. Monteiro
José Carlos Christofoletti

SUMMARY

Sugar cane is cultivated in a large área extends and experiments actually a continous expansion, tends to be an important market for the Brasilian agricultural aviation industry. Agaviation was first introduced in the season 1975/76 in an area of 10.000 ha and the aerial application of fertilizers at São José Sugar Mill, in Macatuba, State of São Paulo, was considered both agronomically efficient and economically viable. In the season 1978/79, only in the region of Lençóis Paulista (State of São Paulo), more than 140.000 ha were fertilized by ais, the total cost being approximately 22 millions of cruzeiros (roughly half millin dollars).

Application to corret Nitrogen were made with urea applied from 50 to 70 kilos per hectare. Corrections for Potash have been made with potash chloride at the dosages of 70 to 100 kilos per hectare. For multiple corrections, mixtures are formulated of both fertilizers in accordance with the demands. Due to the difficulties to furnish Phosphorus by ground applications this correction is made by foliar application with the liquid fertilizer formulations 10-08-08 and 12-10-08.

Applications timing is guided by the diagnosis made by the Foliar Analysis Laboratory, the diagnosis and recomendations are made by a team of experts.

The application of fertilizers both granular and liquids are made by following basical parameters established for the chemicals and for the different dosages. These parameters compose the APPLICATIONS SYSTEMS, developed by AVAL - Aviação Agrícola Lençóis Ltda. Application of solid fertilizers are made according with the Systems AV-S-70 and AV-S-100 and of liquid fertilizers according with the System AV-M-50.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna dispõe de uma variedade bastante grande de máquinas e implementos agrícolas, que facilitam as principais operações agrícolas. É dentre as máquinas de que o agricultor pode lançar mão na atualidade para melhor conduzir a sua cultura, está o avião. O emprego de aeronaves na agricultura foi iniciado há mais de meio século. Desde então, as aeronaves foram de um modo gradual e contínuo, tendo atuação em muitas das fases da produção agrícola, de modo especial na proteção das plantas contra as pragas e doenças.

As vantagens do uso de aviões agrícolas estão principalmente na sua rapidez de atuação e na possibilidade da sua utilização onde e quando os meios de transporte não têm possibilidade de fazê-lo.

2. A AVIAÇÃO AGRÍCOLA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A aviação agrícola é, atualmente, uma área de tecnologia avançada a serviço da agricultura, sendo utilizada na cultura canavieira no mundo inteiro, na aplicação de herbicidas, adubos e maturadores, na defesa fitossanitária, em le-

vantamentos fotográficos e em inspeções de rotina.

As estatísticas brasileiras, seguindo as tendências mundiais, demonstram com clareza o desenvolvimento cada vez maior do emprego de aviões na aplicação de herbicidas e adubos. Essa mudança se deve às maiores dimensões e regularidade desses mercados para a aviação agrícola, embora requeiram infra-estrutura bem mais complexa e técnica mais sofisticada no apoio das aplicações.

A necessidade do aumento da produtividade dos canaviais invoca o emprego de técnicas cada vez mais sofisticadas no controle de ervas daninhas e aplicação de nutrientes, as quais, em virtude da exiguidade de tempo, das extensões das áreas cultivadas e das características morfológicas e culturais da cana- de-açúcar, somente podem ser viabilizadas com o emprego do avião.

Entre as culturas econômicas do Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar é, talvez, a que mais necessita das aplicações de produtos químicos por avião, por apresentar:

a) grande extensão territorial cultivada e em expansão, com o PRÓ-ÁLCOOL
b) acúmulo de demanda de mão-de-obra nos meses de agosto a dezembro
c) necessidade de intervenção rápida no controle de ervas daninhas no período das chuvas
d) marcha de absorção de nutrientes intensificada na fase adulta
e) impossibilidade de utilização de tratores para a aplicação de nutrientes no período de maior demanda
f) estrutura morfológica da planta favorável à captação de fertilizantes aplicados por avião e aptidão para a absorção por via foliar, e
g) infra-estrutura física e administrativa de alto nível para o apoio às operações aeroagrícolas.

Com a finalidade de desenvolver a aviação agrícola brasileira e de colocar ao alcance dos agricultores essa moderna área de tecnologia agrícola, o Conselho Monetário Nacional autorizou a inclusão dos serviços de aviação agrícola no rol dos Insumos Modernos. Através da Portaria nº 212, do Banco Central, são realizados os financiamentos dessas operações que possibilitam, aos agricultores o pagamento desses serviços depois de colhidos os resultados altamente compensadores da utilização dessa técnica.

A exemplo do que acontece na maioria dos países canavieiros, principalmente após a alta dos fertilizantes, e considerando-se os problemas de absorção de fósforo pelas raízes das soqueiras nas condições locais, torna-se necessário e urgente o desenvolvimento e o emprego das técnicas de aplicação de fertilizantes por via aérea, que proporcionam maior economia dos produtos químicos e o aumento da produtividade, pela colocação dos adubos certos e nos períodos críticos de demanda em que a planta mais os necessita.

3. RESULTADOS DA ADUBAÇÃO AÉREA OBTIDOS NO TRIÊNIO 1975/1978

Os primeiros resultados obtidos no Brasil com essa técnica tiveram a sua origem nos trabalhos realizados nas lavouras da Usina São José, Município de Lençóis Paulista - SP - na safra 1975/76 e foram relatados no IV Seminário COPERSUCAR da Agroindústria Açucareira, realizado em Águas de Lindóis - SP - em abril de 1976. Foi observado, nesse primeiro ano de aplicação da aviação agrícola na cultura da cana-de-açúcar, um alto grau de eficiência agronômica e grande rentabilidade econômica. Os resultados do aumento da produtividade obtidos na Usina São José, na safra 1975/76, estão resumidos no Quadro nº 1.

Para a obtenção desses dados, foram consideradas as áreas aplicadas em comparação com testemunhas, em condições idênticas de cultivo. Provavelmente outros fatores também interferiram nos resultados agronômicos, provocando variações entre os diferentes tratamentos. Existem, em alguns casos, diferenças muito grandes de produtividade entre os tratamentos, principalmente pela variação do tipo de solo e umidade, características da região.

QUADRO 1 - Resultados de Produtividade Obtidos na Usina São José, na Safra de 1975/76

FAZENDA	LOTE	QUADRA-VARIEDADE	IDADE	PRODUÇÃO (ton/alq)		
				TESTEM.	APLICA.	DIF.
SEDE	57	02-03 CB-47-355	2º c.	153,30	168,03	14,73
CACHOEIRA ..	05	06 NA-56- 62	3º c.	139,30	200,40	61,10
STº ANTÔNIO	03	03-12 CB-40- 77	3º c.	159,20	177,10	17,90
PATOS	16	18-19 NA-56- 62	A. M.	188,70	205,60	16.90
GRANJA	05	01 CB-47-355	2º c.	146,50	184,75	38,25
BUENO	57	01 CB-56-126	A. M.	147,90	172,80	24,90
PRATA	03	10 IAC-51-205	2º c.	145,30	179,50	34,20
PRATA	08	parte CB-40- 13	A. M.	240,50	313,60	73,10
		MÉDIAS		165,08	200,22	35,14

De forma geral, nota-se que houve diferenças econômicamente significativas entre as áreas que receberam adubação aérea (granulada e foliar) e suas respectivas testemunhas. Os trabalhos de coleta de dados foram executados pelo corpo técnico da Usina e fazem parte do Relatório Anual do Departamento Agrícola da mesma.

Os bons resultados obtidos em 10.000 hectares de cana-de-açúcar na safra 1975/76, estimularam as aplicações comerciais na safra 1976/77, tendo sido aplicada a técnica de correção de deficiências nutricionais em uma área superior a 50.000 hectares entre as culturas da Usina São José e Usina Barra Grande, esta no município de Lençóis Paulista.

Através de comparações com testemunhas, significativas do ponto de vista comercial, foram determinados na safra 1976/77, os aumentos de produtividade agrícola e os aumentos de produção industrial (açúcar recuperado) na Usina São José. Esses resultados são mostrados no Quadro nº 2.

QUADRO 2 - Aumento de Produtividade e de Açúcar Recuperado em Função do Tipo de Adubação, Obtido na Safra 1976/77, na Usina São José

TIPO DE ADUBAÇÃO	PRODUTIVIDADE (ton/alq.)			AÇÚCAR RECUPERADO		
	TRAT.	TESTEM.	%	TRAT.	TESTEM.	%
POTÁSSICA	180,1	158,2	14,1	104,00	102,60	1,36
FOLIAR (Oleosa)	185,0	153,0	22,9	104,49	100,05	4,40
FOLIAR (Oleosa) e POTÁSSICA ...	191,3	155,1	25,0	92,80	85,80	8,16

Essa técnica também foi introduzida na região canavieira de Ribeirão Preto, na Usina Amália, município de Santa Rosa do Viterbo, na safra 1977/78. Os dados de aumento de produtividade obtidos nessa usina estão resumidos no Quadro nº 3.

QUADRO 3 - Resultados de Aumento de Produtividade Obtidos com a Aplicação de Fertilizantes por Via Aérea em Cana-de-Açúcar, na Usina Amália, na Safra 1977/78

LOCAL	TIPO DE ADUBAÇÃO	PRODUÇÃO TRATADO		PRODUÇÃO TESTEMUNHA		AUMENTO DE PRODUÇÃO	
		ton/alq.	ton/ha.	ton/alq.	ton/ha.	ton/alq.	% testem.
8a. secção Zona - D -	Foliar líquido	176,76	73,04	163,95	67,74	5,3	7,8 *
13a. secção Zona - D -	" "	206,67	85,4	179,38	74,12	11,27	15,2
4a. secção Zona - C -	" "	153,15	63,28	103,58	42,80	20,47	47,80
12a. secção	" "	162,06	66,96	129,73	53,60	13,35	24,91
GUT	Cloreto Potásio - Solido	217,32	89,80	153,59	63,46	26,33	41,49
GUT	" "	133,39	55,11	111,36	46,01	9,09	19,70
15a. secção Zona - A - talhões 3,4,5	" "	153	63,22	131	54,13	9,08	16,78
MÉDIAS	-	-	70,97	-	57,40	13,56	23,62

O sucesso técnico e econômico da aplicação da aviação agrícola na cultura canavieira, de forma organizada e com o apoio da Diagnose Foliar, expandiu-se para outras outras e já na safra do ano agrícola 1976/77, cerca de uma dúzia de aviões se dedicavam à aplicação de produtos químicos agrícolas nas regiões de Lençóis Paulista, Macatuba, Ribeirão Preto, Pirassununga, Jaú, Dois Córregos, Porecatu (PR) e Rio Verde (GO). Já na safra 1977/78, pelo menos 11 empresas especializadas em avião agrícola operaram sua frota na cultura da cana-de-açúcar, movimentando cerca de 40 aeronaves.

Considerando-se que na safra 1975/76 o número de aeronaves se restringia a 8 aviões, pertencentes a 3 empresas, observa-se uma evolução muito rápida da aplicação da aviação agrícola na cultura da cana-de-açúcar, o que sempre decorre das vantagens econômicas decorrentes dessa técnica. Essa evolução pode ser verificada na Figura nº 1, que mostra o aumento da área tratada na região de Lençóis Paulista, enquanto que a Figura nº 2 mostra o montante de investimento para a realização dessa atividade.

4. INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE A APLICAÇÃO AÉREA DE FERTILIZANTES E SUA EVOLUÇÃO NO TRIÊNIO 1975/1978

O processo de correção de deficiências nutricionais na cultura da cana de-açúcar, através da análise foliar, diagnose e adubação aérea, tem a sua posição fortalecida à medida que crescem as áreas tratadas e aumenta o volume de informações sobre a técnica.

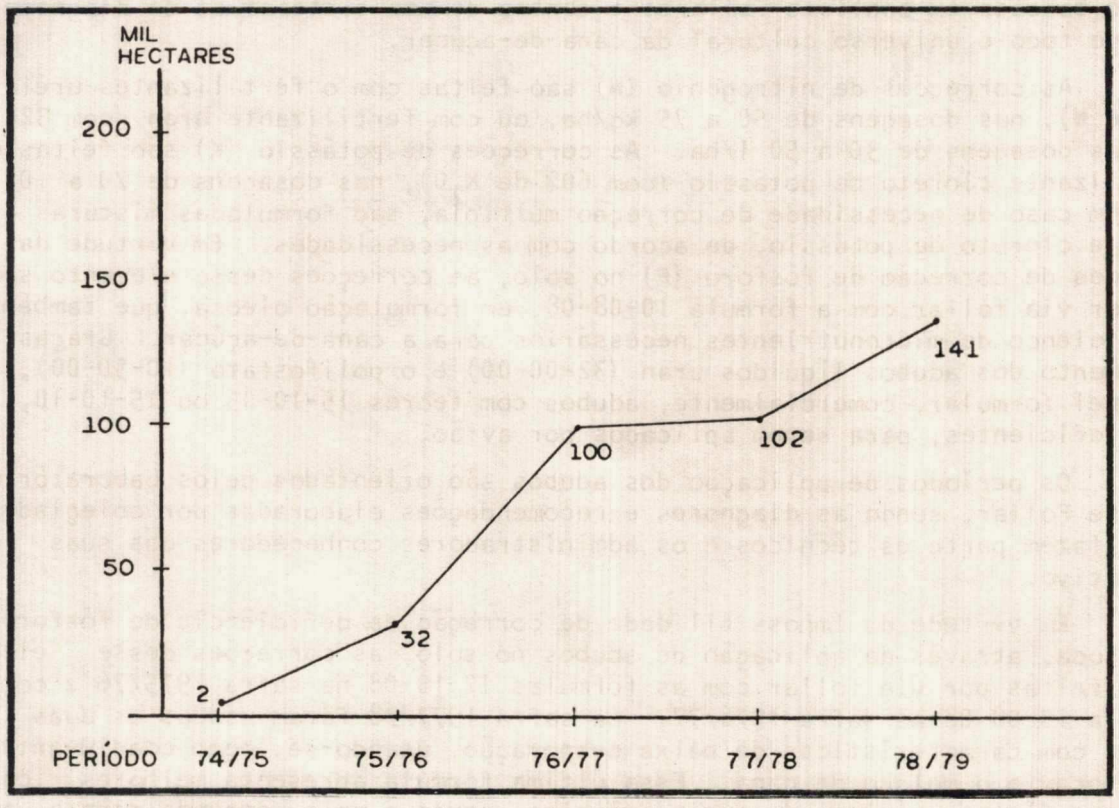


FIGURA 1 - Aumento da área tratada pela aviação agrícola na cultura de cana de açúcar, na região de lençóis Paulista.

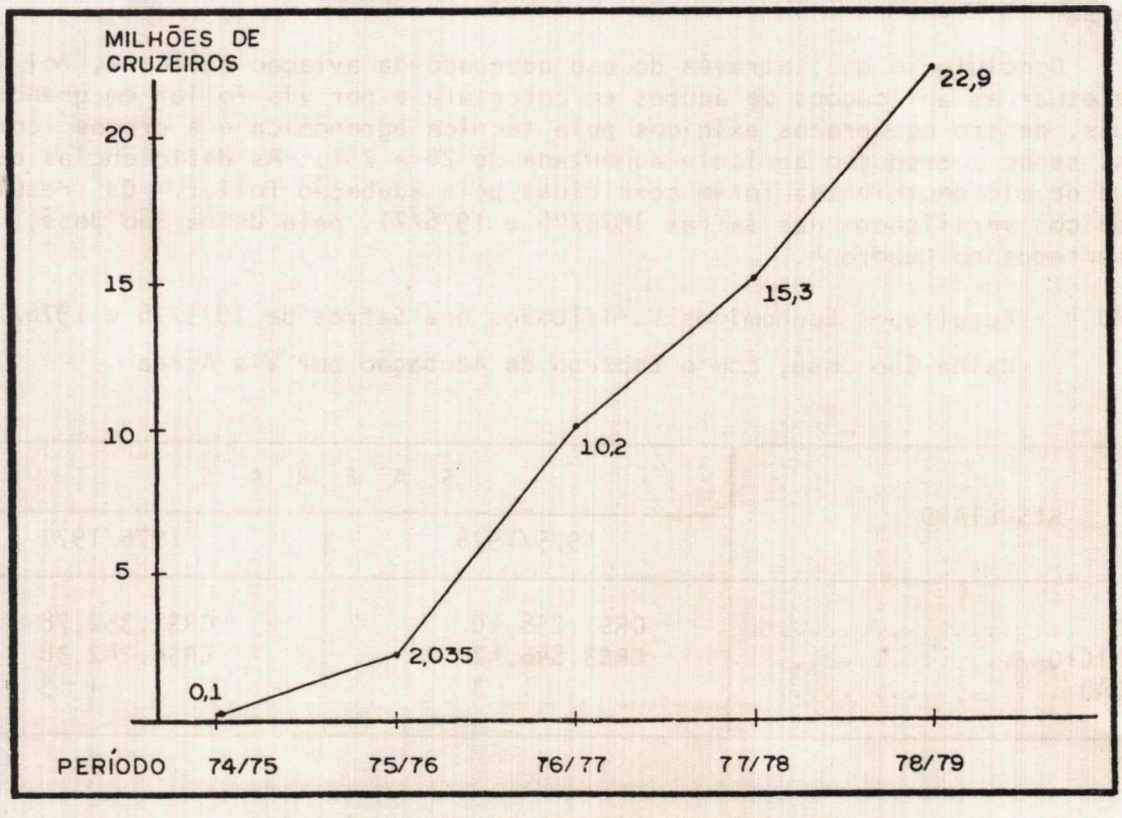


FIGURA 2 - Aumento dos investimentos para a atividade de aviação agrícola na cultura da cana de açúcar na região de Lençóis Paulista.

A adubação complementar aérea mostra-se uma técnica rentábil e eficaz, quando baseada em análises foliares e dentro de uma sistemática de diagnose que enfoque todo o universo cultural da cana-de-açúcar.

As correções de nitrogênio (N) são feitas com o fertilizantes uréia (com 45% de N), nas dosagens de 50 a 75 kg/ha, ou com fertilizante uran (com 32% de N), nas dosagens de 30 a 50 l/ha. As correções de potássio (K) são feitas com o fertilizante cloreto de potássio (com 60% de K_2O), nas dosagens de 70 a 100 kg/ha. Em caso de necessidade de correção múltipla, são formuladas misturas de uréia e cloreto de potássio, de acordo com as necessidades. Em virtude das dificuldades de correção de fósforo (P) no solo, as correções desse elemento são feitas por via foliar com a fórmula 10-08-08, em formulação oleosa, que também contém o elenco de micronutrientes necessários para a cana-de-açúcar. Graças ao lançamento dos adubos líquidos uran (32-00-00) e o polifosfato (10-30-00), será possível formular, comercialmente, adubos com teores 15-10-05 ou 15-10-10, altamente eficientes, para serem aplicados por avião.

Os períodos de aplicação dos adubos são orientados pelos Laboratórios de Análise Foliar, sendo as diagnoses e recomendações elaboradas por colegiados dos quais fazem parte os técnicos e os administradores conhecedores das suas áreas de cultivo.

Em virtude da impossibilidade de correção da deficiência de fósforo em cana soca, através da aplicação de adubos no solo, as correções desse elemento foram feitas por via foliar com as fórmulas 12-10-08 na safra 1975/76 e com a fórmula 10-08-08 na safra 1976/77; na safra 1977/78 foram usadas as duas formulações com características de baixa evaporação, usando-se, como coadjuvantes, o óleo spray e o melaço de cana. Essa última fórmula apresenta melhores características físico-químicas do que a primeira, sendo a mais adequada para a aplicação aérea.

De u'a maneira geral, são efetuadas duas aplicações aéreas de adubos granulados nas quantidades de 70 a 100 kg/ha, para a correção de nitrogênio e potássio e uma aplicação aérea de adubo foliar para a correção de fósforo e micronutrientes.

Concluiu-se que, através do uso adequado da aviação agrícola, foi possível efetuar as aplicações de adubos em cobertura e por via foliar em grandes extensões, dentro dos prazos exigidos pela técnica agronômica e a preços compensadores, sendo a produção agrícola aumentada de 20 a 25%. As deficiências de fósforo e de micronutrientes foram corrigidas pela adubação foliar. Os resultados econômicos verificados nas safras 1975/76 e 1976/77, pela Usina São José, são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 - Resultados Econômicos Verificados nas Safras de 1975/76 e 1976/77, na Usina São José, com o Emprego da Adubação por Via Aérea

RESULTADO	S A F R A S	
	1975/1976	1976/1977
CUSTO	CR$1.258,40	CR$1.352,78
BENEFÍCIO	CR$3.846,42	CR$4.242,38
RELAÇÃO	1 : 3	1 : 3

5. ANÁLISE TÉCNICA DA APLICAÇÃO AÉREA

Os aspectos técnicos das aplicações aéreas estão em contínua evolução. As seguintes considerações baseiam-se em resultados operacionais e nas pesquisas

realizadas pelo Departamento Técnico da AVAL - Aviação Agrícola Lençóis Ltda, , através dos quais foram estabelecidos vários parâmetros básicos que devem ser obedecidos para uma boa aplicação.

5.1. Aplicação de Adubos por Via Sólida

A técnica de aplicação de adubos em cobertura é o espalhamento dos fertilizantes em área total, sendo que, para esse tipo de vôo, os parâmetros básicos foram estabelecidos para as dosagens de 70 e 100 kg/ha nos SISTEMAS DE APLICAÇÃO AV-S-70 e AV-S-100. Primeiro, estabelecidos para as aeronaves Ipanema; foram depois modificados para aviões maiores, como os Thrush Commander, de fabricação norte-americana (ítens 6.1 e 6.2). O equipamento de aplicação é a distribuidora para sólidos TETRAER, usada pela primeira vez no Brasil, na safra 1976/77, possibilitando um aumento de rendimento operacional da ordem de 50% na aeronave agrícola Ipanema EMB-201 e 28% na aeronave agrícola Thrush Commander S-2R, em comparação com o equipamento convencional.

5.2. Aplicação de Adubos por Via Líquida

A técnica de aplicação de adubos foliares usada é a atomização leve (light atomization). Devido à solicitação de maiores quantidades de adubos foliares por hectare, os parâmetros foram estabelecidos para uma aplicação da ordem de 50 l/ha, no SISTEMA DE APLICAÇÃO AV-M-50 (ítem 6.3). O equipamento de aplicação usado é o atomizador rotativo MICRONAIR, modelo AU-3000, com seis unidades instaladas nas aeronaves Ipanema e oito unidades em aeronaves Thrush Commander.

Com essa técnica, é possível aplicar volumes entre 50 e 60 litros por hectare, sem comprometer o rendimento operacional das aeronaves e sem elevar substancialmente os custos das aplicações. Aplicando-se de 50 a 60% a mais de adubo por hectare que as técnicas convencionais, há a necessidade de otimizar a infra-estrutura operacional na logística de abastecimento de líquido nas pistas e na operação de abastecimento da aeronave, necessitando-se de "containers" especiais de grande volume e de moto-bombas mais possantes, com vazões entre 1.000 e 1.500 litros por minuto.

6. SISTEMAS DE APLICAÇÃO

A experiência tem mostrado que para o sólido desenvolvimento da aviação agrícola, é de grande importância manter os padrões de qualidade das aplicações, para que os clientes possam confiar nos trabalhos realizados. Um trabalho bem feito, em termos de dosagem e uniformidade de distribuição do produto aplicado é função da utilização adequada do equipamento e da técnica indicada. Para cada tipo de aplicação e para cada volume aplicado, vários parâmetros devem ser obedecidos para que um bom resultado possa ser obtido.

Os valores e informações básicas dos Sistemas de Aplicação que se seguem utilizados para a aplicação de fertilizantes, são frutos da experiência de longos anos de atividade profissional e de pesquisas desenvolvidas pelos autores em aviação agrícola. Esse trabalho continua sendo desenvolvido na AVAL - AVIAÇÃO AGRÍCOLA LENÇÓIS LTDA., buscando atender à sempre crescente necessidade de novos tipos e dosagens de aplicação em mercados já consagrados ou em novas áreas de atuação. Os sucessos técnicos, operacionais e econômicos, obtidos nos três anos de implantação desse sistema de trabalho organizado e aferido, animam a prosseguir e aprimorar a técnica dos SISTEMAS DE APLICAÇÃO EM AVIAÇÃO AGRÍCOLA.

6.1. Aplicação por Via Sólida - Sistema AV-S-70

a) Sistema: Alto volume
b) Código: AV-S-70
c) Dosagem de Aplicação: 70 kg/ha
d) Aeronaves: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A e Thrush Commander S-2R

e) Equipamento: Distribuidora para sólidos TETRAER
f) Alterações no Equipamento: A posição da chapa de base da Tetraer deve ficar numa posição de 2^0 a 3^0 picada, em relação à linha do vôo reto horizontal.

g) Faixa de Deposição Efetiva: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A: 20 metros
Thrush Commander S-2R. 25 metros

h) Calibração: Abertura da tampa inferior do tanque para proporcionar as vazões: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A (velocidade de vôo 110 mph): 413 kg/min.
Thrush Commander S-2R (velocidade de vôo de 110 mph): 515 kg/min.

i) Altura de Vôo: Acima de 40 metros
j) Velocidade Máxima de Vento: Não há limitação de velocidade
k) Temperatura Máximo do Ar: Não há limitação de temperatura
l) Restrições: Evitar aplicações em períodos chuvosos, devido ao empedramento dos adubos. Não aplicar adubos em períos de baixa umidade relativa (abaixo de 50%), uma vez que pode ocasionar queimadura da bainha das folhas. Esse sistema não deve ser usado em áreas a mais de 5 km de distância da pista.

m) Recomendações: Lavar o equipamento e o avião após cada período de opração, para evitar corrosão.

6.2. Aplicação por Via Sólida - Sistema AV-S-100

a) Sistema: Alto volume
b) Código: AV-S-100
c) Dosagem de Aplicação: 100 kg/ha
d) Aeronaves: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A
Thrush Commander S-2R

e) Equipamento: Distribuidora para sólidos TETRAER
f) Alterações no Equipamento: A posição da chapa de base da Tetraer deve ficar numa posição de 2^0 a 3^0 picada, em relação à linha de vôo reto horizontal.

g) Faixa de Deposição Efetiva: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A: 20 metros
Thrush Commander S-2R: 25 metros

h) Calibração: Abertura da tampa inferior do tanque para proporcionar as vazões: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A (velocidade de vôo de 110 mph): 590 kg/min
Thrush Commander S-2R (velocidade de vôo de 110 mph): 735 kg/min

i) j), k), l) e m) - Os mesmos do ítem 6.1

6.3. Aplicação por Via Líquida - Sistema AV-M-50

a) Sistema: Alto volume
b) Código: AV-M-50
c) Dosagem de Aplicação: 50 l/ha
d) Aeronaves: Ipanema EMB-201 e EMB-201-A
Thrush Commander S-2R

e) Equipamento: Atomizador Rotativo MICRONAIR AU-3000
Ipanema EMB-201 e EMB-201-A: 6 unidades
Thrush Commander S-2R: 8 unidades

f) Alterações no Equipamento: Usar difusor de médio e alto volume. Retirar o alojamento e sistema de fecho rápico, fechando-se o final do eixo de alimentação. Não usar filtros de linha no circuito do avião Retirar o VRU, dando passagem direta do líquido.

g) Pressão de Trabalho: 30 a 40 lb/pol^2

h) Ângulo das Pás do Micronair: 40^0

i) Faixa de Deposição Efetiva: Ipanema EMB-201 e 201-A: 20 metros

Thrush Commander S-2R: 25 metros

j) Vazão Total do Equipamento: Ipanema EMB-201 e 201-A (velocidade de 110 mph): 295 l/min

Thrush Commander S-2R (velocidade de 100 mph): 335 l/min

k) Altura de Vôo: 8 metros

l) Velocidade Máxima de Vento: 10 mph = 16 km/h

m) Temperatura Máximo do Ar. 30^0C

n) Restrições: Não operar sem filtragem prévia antes do carregamento do avião. Não operar com umidade relativa do ar abaixo de 60%.

o) Recomendações: Este sistema é recomendado para a aplicação de adubos foliares em cana-de-açúcar, pastagens, florestas, pomares cítricos, milho etc. Requer abastecimento rápido e circuito do avião com retorno para agitação. O equipamento deve ser lavado após cada período de operação.

COLETADOR PARA PRODUTOS SÓLIDOS APLICADOS POR AVIÃO

J.C. Christofoletti*
M.V. de M. Monteiro**

RESUMO

Com a finalidade de estudar a uniformidade de distribuição dos fertilizantes aplicados por avião, bem como avaliar o desempenho dos equipamentos de aplicação, os autores desenvolveram um tipo de coletador para produtos sólidos. Foi feita uma adaptação em um balde plástico disponível no mercado, facilitando o recolhimento do material coletado, para posterior pesagem. A área útil desse coletador é de 0,0765m², com um fator de transformação de gramas de material coletado para quilos por hectare, de 130,72. Nos testes de coleta, foi observada uma taxa de recuperação de 81,60%. É mostrado um gráfico de uma dessas coletas, com as faixas de deposição real e efetiva, esta para um recobrimento de 25 metros.

SUMMARY

In order to study the uniformity of granular fertilizer distributions applied by aircraft, as well as to evaluate the performance of spreaders, the authors developped a catcher for dry materials. A plastic bucket was adapted, making ease the recolletion of the material to be weighted. The catching area is 0,0765m² and the conversion factor of grammes of catched material to kilos per hectare is 130,72. The test indicated a recovery rate of 81,60%. A graph is shown with the observed swath pattern.

INTRODUÇÃO

A aplicação de produtos sólidos por avião, principalmente fertilizantes granulados, está aumentando consideravelmente. Esse tipo de aplicação nem sempre atinge a qualidade esperada por não ser suficientemente uniforme. Isto causa um crescimento desuniforme das plantas e o aumento de produção nem sempre corresponde ao investimentos nos fertilizantes.

Para a melhoria da aplicação de fertilizantes por avião, é de grande importância se conhecer qual a uniformidade de distribuição aceitável no solo e encontrar métodos práticos e eficientes para medir essa distribuição.

Com a finalidade de estudar a uniformidade de distribuição de fertilizantes granulados aplicados por suas aeronaves, bem como avaliar o desempenho dos equipamentos de aplicação, a AVAL - Aviação Agrícola Lençóis Ltda, em colaboração com a TEMAL - Tecnologia e Máquinas Agrícolas Ltda, desenvolveu um tipo de coletador para produtos sólidos. Aferida a tecnologia de aplicação, pode-se elaborar os SISTEMAS DE APLICAÇÃO, que descrevem e quantificam os parâmetros básicos de cada tipo de aplicação (AVAL, 1978).

A literatura especializada cita vários tipos de coletadores: tipos de funis, com área de coleta de 0,04m² (Baltin e Brandt, 1966); bacias circulares com

(*) Engº Agrônomo, Departamento Técnico da AVAL - Aviação Agrícola Lençóis Ltda - Lençóis Paulista, SP.
(**) Engº Agrônomo Doutor, Departamento Técnico da TEMAL - Tecnologia e Máquinas Agrícolas Ltda - Bauru - SP.

área de coleta de 0,84m² ou de 0,09m² (Miller, 1951); latas e coletadores especiais de 0,09m² de área de coleta (Scott, 1970); bacias de plástico, com área de coleta de 25,8cm², para testes em laboratório (Lee e Stepherson, 1969) e cestas de plástico com área de coleta de 0,81m² (Sanders, 1953).

MATERIAIS E MÉTODOS

O coletador desenvolvido pela AVAL e TEMAL consta de um balde plástico, (modelo 71.24.0) fabricado pela Trol, cujas medidas internas estão na Figura 1. A área de coleta é de 0,0765m². Desta forma, cada grama de material coletado para ser convertida em quilos por hectare, basta multiplicar pelo fator 130,72.

A maior dificuldade apresentada pelos coletadores em geral é a concentração do material colhido para posterior pesagem. No caso do coletador desenvolvido, foi montado em cartolina um tronco de cone em forma de funil, dirigindo o material coletado para o interior de um copinho de plástico (usado para servir cafezinho). O copinho é preso por um anel de plástico colado no fundo do balde. O funil de cartolina é facilmente removível, propiciando a troca rápida dos copinhos após uma aplicação para que o coletador possa ser usado logo em seguida e aproveitando, praticamente, as mesmas condições ambientais. Os copinhos são então transportados ao laboratório para serem pesados, em suportes apropriados e acondicionados em número de cinco, em caixas especiais. Cada caixa comporta 100 copinhos.

Foram realizados vários testes de deposição, visando analisar a eficiência dos coletadores. Em um deles se usou uma aeronava Thrush Commander, modelo S 2R, equipada com distribuidora para sólidos Tetraer, aplicando uma mistura de adubo granulado uréia e cloreto de potássio (formulação 11-00-45), numa vazão de 515 quilos por minuto. O vôo foi feito a uma altura em torno de 40 metros no sentido perpendicular à linha dos coletadores. Os coletadores estavam distribuídos em linha, espaçados de um metro. Após a coleta, os copinhos foram pesados em balança analítica Mettler, com precisão de 0,01 grama.

RESULTADOS

Da medida dos valores reais da dosagem de aplicação **Q** (kg/ha) e da quantidade recolhida pelos coletadores Q_t (kg/ha), foi calculada a eficiência de coleta ou a Taxa de Recuperação **R** (Baltin e Brandt, 1966):

$$R = \frac{Q_t}{Q} \times 100 \ (\%)$$

No teste realizado, considerando-se uma faixa de deposição efetiva de 25 metros e a aeronave desenvolvendo uma velocidade de vôo de 110 milhas por hora a dosagem de aplicação real (Q) era de 70 kg/ha. A quantidade recolhida pelos coletadores (Q_t) para as mesmas condições operacionais, foi de 57,12 kg/ha. No presente caso, para as características do produto aplicado, a Taxa de Recuperação dos coletores testados foi:

$$R = \frac{57,12 \text{ kg/ha}}{70,00 \text{ kg/ha}} \times 100 = 81,60\%$$

Com os valores observados na pesagem do material coletado e com a transformação desses dados para a Taxa de Recuperação de 100%, foram montadas as curvas de deposição apresentadas na Figura 2. A linha tracejada corresponde à Faixa de Deposição Real, isto é, à largura total da faixa atingida pela distribuição de produto em cada passagem do avião. A linha cheia corresponde à distribuição de produto para passadas sucessivas de aplicação, em espaçamentos (Faixa de Deposição Efetiva) de 25 metros. A linha pontilhada representa a parte da deposição da faixa real que é superposta à faixa anterior, no método tradicional de aplicação aérea.

Na Figura 3 é mostrada foto do coletador com suas partes separadas, su

portes e caixa de transporte. Na Figura 4, foto mostrando a disposição dos coletadores no solo para a coleta de fertilizantes em uma aplicação aérea.

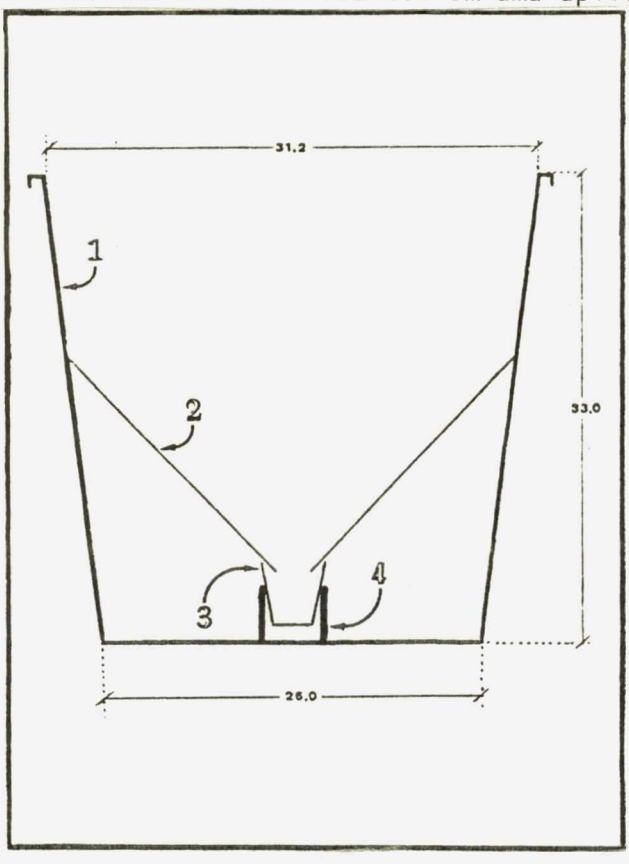


FIGURA 1 - Desenho esquemático do coletador para sólidos, mostrando as medidas internas (em centímetros) do balde plástico (1) e as demais partes constituintes: funil de cartolina (2), copinho plástico de coleta (3) e anel de plástico para fixação do copinho (4)

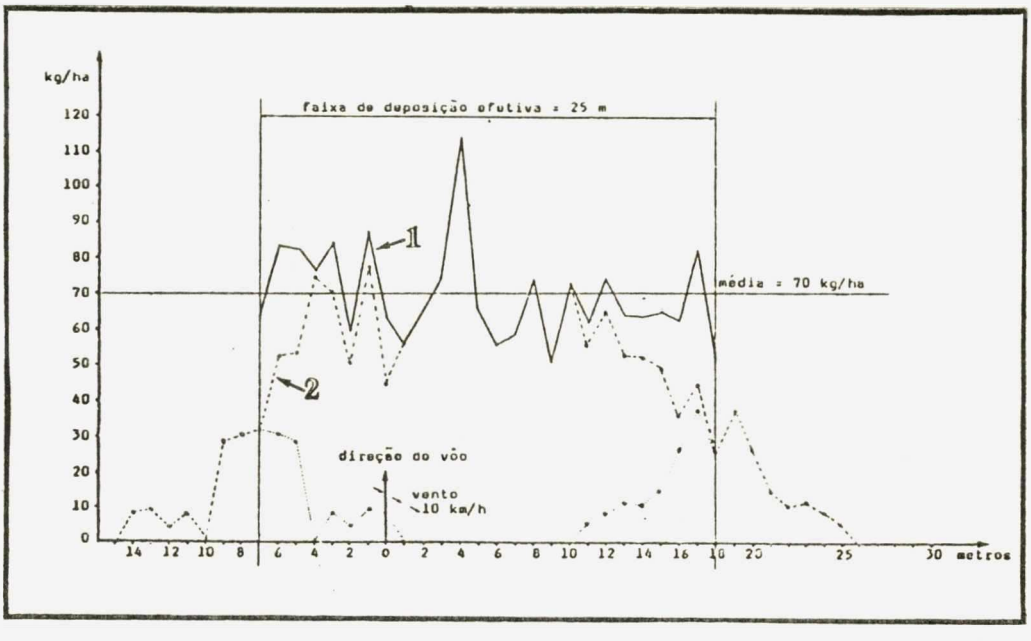


FIGURA 2 - Curvas de deposição obtidas com o coletador: (1) Deposição da Faixa Efetiva (recobrimento de 25 metros e (2) Deposição da Faixa Real.

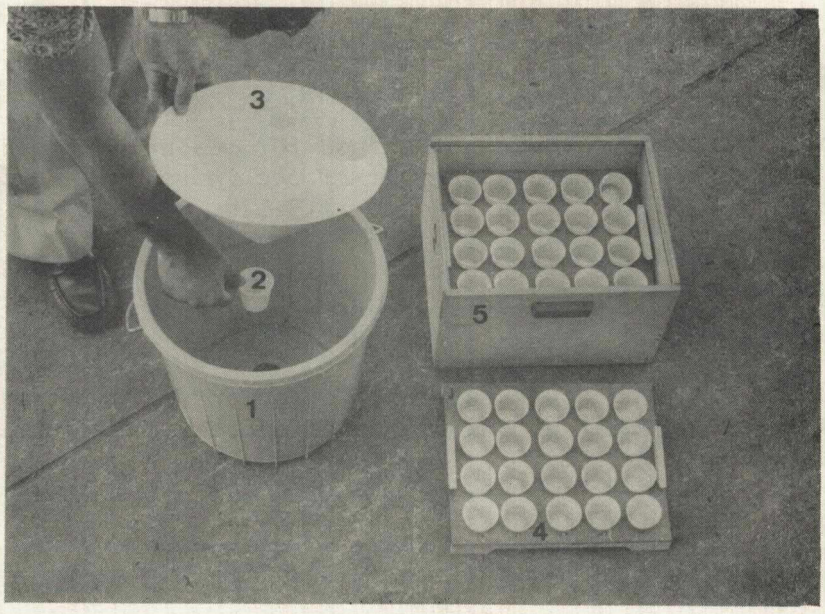


FIGURA 3 - Foto mostrando: (1) balde coletador; (2) copinho de plásti co: (3) funil de cartolina; (4) suporte dos copinhos e (5) caixa de Transporte.

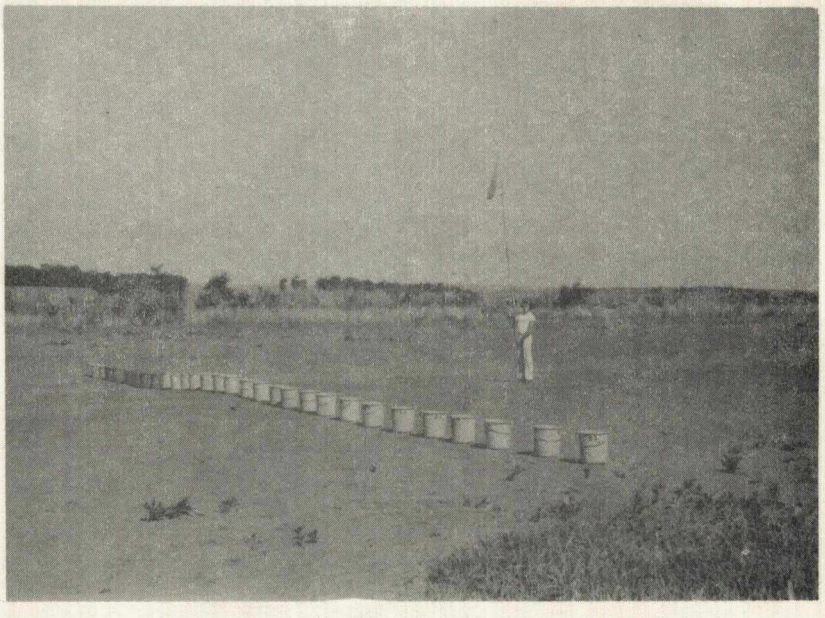


FIGURA 4 - Foto mostrando a disposição dos coletadores no solo, para uma coleta de fertilizantes.

LITERATURA CITADA

AVAL - *Aviação Agrícola Lençõis Ltda.*, Sistemas de Aplicação. Lençois Paulista, SP. 1978. 18 p.

BALTIN, F. e BRANDT, R. An improvement of method for measuring the distribuition of fertilizer applied from the air. *Report of the Third Internacional Agricultural Aviation Congress*, IAAC, the Hangue. 119-128. 1966.

LEE, K.C. e STEPHERSON, J. The distribution of solid materials *Proceedings of the Fourth International Agricultural Aviation Congress*, England. 203 - 213, 1969.

MILLER, J. Measurement of the distribution of granular superphosphate from airplanes. Results of a trial at the Ohakea Aerodrome. *New Zealand journal of Science and Technology*. Vol. 2. 17-27. 1951.

SANDERS, G.S. Equipment and procedures for the measurement of deposits of aerially applied materials. *Research Bulletin 727*, Ohio Agricultural Experiment Station, USA. 1953. 30 p.

SCOTT, R.S. Studies into the spatial distribuition of fertilizer and seed appleid from light aircraft. I- Ground recovery techniques. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, Vol. 13. 1-11. 1970.

SEÇÃO TÉCNICA

TOPOGRAFIA, FOTOINTERPRETAÇÃO E AEROFOTOGRAMETRIA

LEVANTAMENTO AEROFOTOGRÁFICO DE PEQUENAS ÁREAS, A BAIXO CUSTO

J.A. Sant'Anna*

RESUMO

A partir de informações técnicas sobre materiais e equipamentos fotográficos disponíveis no mercado, associando-se a diversos estudos sobre os problemas do processo fotográfico, propõe-se o uso de câmeras pequenas (35 mm) e ampliação controlada, para execução, a baixo custo, de serviços de planimetria em pequenas áreas.

Aplicações comparativas em áreas urbanas demonstraram, na prática, a exequibilidade da propositura.

SUMMARY

Based on technical information on materials and equipament avaiable on the market, and also, on various studies conducted on the problems of the photographic process, it is the purpose of this work to suggest the use of small cameras (35 mm) and controlled enlargement in doing planimetric services on small areas at low cost.

Comparative applications have shown the feasibility of what has been proposed.

INTRODUÇÃO

Atualmente, os processos e técnicas têm sofrido modificações em dois sentidos. Enquanto até a pouco tempo atrás os objetivos principais eram a precisão e a satisfação tecnológica, nas últimas décadas foi-se tornando cada vez mais importante o problema de custo dos serviços e equipamentos e do tempo de execução, muitas vezes até com sacrifícios de outros requisitos técnicos.

No campo de Aerofotogrametria, o trabalho de pesquisa foi, na maioria das vezes, voltada à sofisticação dos equipamentos, tanto de vôo como fotográficos levando, com isso, à restrição de seu uso, só sendo econômicamente viável para grandes regiões e coberturas amplas, de grande altura.

Nos últimos anos, a alta qualidade tecnológica chegou aos equipamentos simples, permitindo o seu uso para trabalhos de precisão, a preços bem menores, em pequenas áreas e para serviços específicos.

Cidades de pequeno e médio portes têm necessitado constantemente de levantamentos planimétricos de áreas urbanas, seja para composição de cadastro ou para fiscalização de obras e tarifas.

Determinação de danos por enchentes, pragas e secas, bem como estimativa de produtividade de lavouras ou outras situações na zona rural, normalmente, não justificam os investimentos de grande monta exigidos pelos levantamentos aerofotogramétricos atuais.

A volta aos princípios de fotogrametria, associada aos materiais e equipamentos precisos disponíveis, permitem chegar a uma técnica bastante simples e altamente satisfatória, com poucos investimentos e baixo custo.

(*) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil, Campus II - Campina Grande - PB.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fotogrametria é, em resumo, o emprego da fotografia em análises dimensionais (CARNOLD et alii 1972) e a aerofotogrametria é a fotogrametria através de fotos aéreas.

Atualmente, as análises dimensionais tem levado ao uso de técnicas cada vez mais sofisticadas para medidas tri-dimensionais por esteroscopia (VALYUS, 1976) e até os registros e análises cinematrográficas (HYZER, 1962).

Entretanto, nem sempre é dada grande importância à utilização de equipamentos menos sofisticados. Porém, existem processos com percentagens de erro reduzidas, até para fotografias oblíqueas (WILLIAMS, 1969).

Entre os processos que podem ser usados em monofotogrametria vamos encotrar as sinalizações quadradas que permitem determinar o ângulo de obliquidade da câmera, permitindo medições a partir da imagem distorcida (WILLIAMS, 1969) ou ainda as retificações durante o processo de impressão (Veja-se por exemplo a ref. (ARNOLD et alii 1972).

Alguns problemas de aerofotogrametria abordados em grande parte de publicações técnicas estão hoje satisfatoriamente resolvidos nas câmeras comerciais. Entre eles, destaque-se os problemas da distância focal, o aplainamento de película e a calibração da câmera. WILLIAMS (1969) e CRONE (1963) descrevem, com grandes detalhes, os problemas acima e o emprego de câmeras pequenas (35 mm) para planimetria.

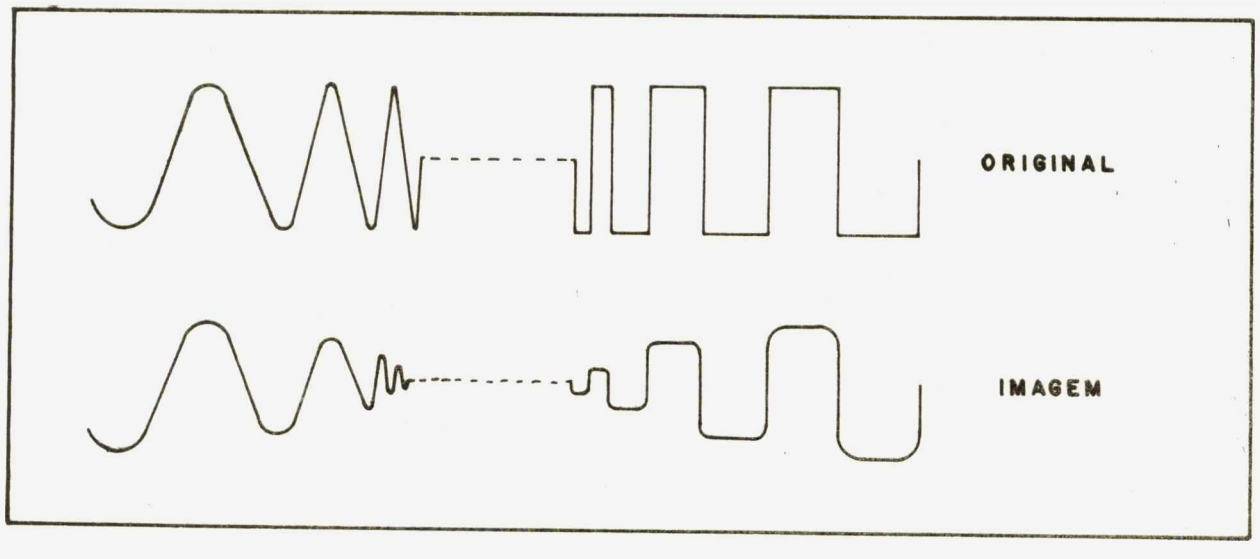
Com relação aos materiais disponíveis, é importante destacar a capacidade de resolução das películas atuais que permitem o armazenamento de grande quantidade de informações.

Assim, comparando-se a estrutura de uma película à memória de um computador, poderíamos associar a cada ponto ou gão da película a idéia de um "BIT". Segundo a Kodak (6) a película Plus-X permite um registro de até $2{,}1 \times 10^5$ pontos/cm^2 ou o equivalente a 50 linhas/mm, o que representaria em um negativo de 24mm x 36mm um registro na ordem de $2{,}16 \times 10^6$ "BITS".

Quanto aos problemas de ampliação, CURTIS (1968) estudou em profundidade problemas que afetam a precisão das medidas, especificamente quanto às objetivas não especialmente construídas.

Os problemas de perda de quantidade e informações em cópias e ampliações podem ser representados de forma simples, como na Figura 1, como uma função de transferência de modulação.

FIGURA 1



É de se esperar, portanto, que haja uma perda de detalhes finos, bem como diminuição no contraste de informações de amplitude intermediária, com o abandono da cópia por contato para passar ao uso de ampliações.

O problema de recobrimento torna-se simples a partir do conhecimento das amplitudes das lentes comerciais. Assim, por exemplo, as objetivas de 50mm para câmeras pequenas (35 mm) cobrem ângulos de aproximadamente $27^0 \times 40^0$.

Para fotos aéreas, o problema de velocidade do obturador também já está resolvido, uma vez que a maioria das câmeras comerciais operam à velocidade de até 1/1000 seg.

Finalmente, os problemas de distorção não chegam a prejudicar, uma vez que os valores estabelecidos para as objetivas destinadas a trabalhos de ampliação são normalmente de ordem de 0,01% a 0,2% (1) para os ângulos de campo normais, até pouco mais de 30^0 a partir do ponto Nadir.

Com isso, verifica-se que, a partir de câmeras pequenas (35 mm) torna-se possível obter resultados plenamente satisfatórios para grande número de trabalhos em monofotogrametria, sobretudo com vôos de baixa altura (entre 300 e 1000 metros).

EXPERIÊNCIAS E RESULTADOS

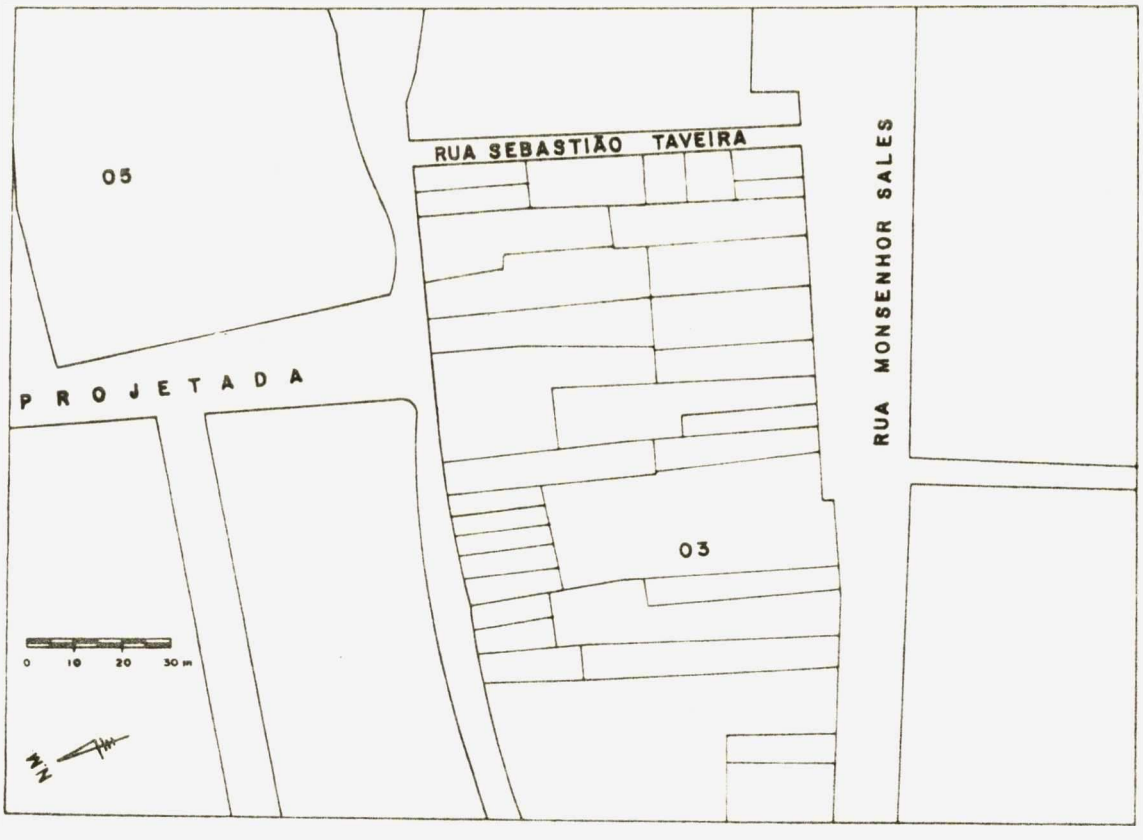
A partir das considerações anteriores, foram feitas experiências de levantamento planimétrico em 11 (onze) cidades pequenas no interior do Estado da Paraíba, a partir de um avião Paulistinha P-56-c e uma câmera PENTAX, SP - 1000 equipada com lente Takumar de 50mm, com películas PLUS-X-PAN (KODAK).

A Figura 2 apresenta uma fotografia obtida na cidade de FAGUNDES-PB ajustada para a escala 1:1000 em papel 18 x 24cm.

A Figura 3 apresenta a reconstituição de uma quadra a partir da fotografia.

FIGURA 2

FIGURA 3



Os maiores problemas encontrados foram: a forma das áreas, a coleta de dados de confronto em campo e o trabalho de ajustagem em laboratório, inclusive a determinação do coeficiente de dilatação e contração do papel fotográfico.

Nas onze cidades onde foi testado o processo, chegou-se a plantas baixas em escalas de 1:1000 e 1:2000 com confiabilidade total para fins cadastrais e grande quantidade de informações para projetos, permitindo-se a um erro máximo de 1% para grandes extensões.

Quanto aos custos, chegaram a 50% do preço do trabalho feito em superfície e o tempo chegou a 1/10 do tempo gasto em 5 (cinco) cidades semelhantes na execução em superfície e simultâneamente como trabalho testemunha.

CONCLUSÕES

A volta aos princípios da fotogrametria, com as informações, materiais e equipamentos comuns atuais, permite a execução de um grande número de trabalhos de forma rápida e a baixo custo, principalmente em áreas relativamente pequenas onde não se justifiquem os trabalhos com equipamentos de alta precisão, não só pelo custo mas, também, pela grande quantidade de informações, muitas vezes desnecessárias, que são recolhidas.

O uso de equipamento fotográfico e de vôo bastante simples, material e trabalhos de laboratórios de rotina, coloca à mão dos técnicos a possibilidade de execução, rápida e a baixo custo, de levantamentos planimétricos aceitáveis para diversos fins, por monofotogrametria aérea.

Finalmente, observa-se que, apesar dos grandes estudos em fotointerpretação, geralmente é deixada de lado a busca de maiores informações sobre a fotografia e o vôo, provocado com omissões e desinformações nos três níveis (vôo, fotografia e interpretação), a utilização desnecessária de equipamentos de alto custo para execução de serviços para os quais não é importante sua utilização.

LITERATURA CITADA

ARNOLD, C.R. ROLLS, P.J. STEWART, J.C.J. *Applied Photography*, Focal Press, London, 1972.

VALYUS, N.A., *Stereoscopy*, Focal Press, London, 1966.

HYZER, W.G., *Engineering and Scientific High-Speed Photography*, Macmilan, New York, 1962.

WILLIAMS, J.C.C., *Simple Photogrametry*, Academic Press, London, 1969.

CRONE, D.R., *Elementary Photogrammetry*, Edward Arnold, London, 1963.

KODAK Data Sheet RF-10, Kodak Ltd, London

CURTIS, A.S.G. *Photography for the Scientist*, Ed. C.E. Engel, London, 1968.

SEÇÃO TÉCNICA

ENSINO E POLÍTICA PROFISSIONAL

LEGISLAÇÃO E ÉTICA PROFISSIONAL PARA ENGENHEIROS AGRÍCOLAS

I.S. Gervini*
E.G.C. Neves**

RESUMO

Através do presente trabalho, é sugerida a inclusão de uma disciplina de Legislação e Ética Profissional no currículo dos cursos de Engenharia Agrícola.

Como os autores puderam constatar, através de um estudo em grande número de publicações técnicas e em muitos trabalhos apresentados em Congressos, Simpósios e Encontros de outros ramos de Engenharia, esse assunto é frequentemente debatido. Uma simples verificação nos currículos dos cursos de Engenharia mostra que quase todos eles já adotaram disciplinas semelhantes e os resultados parecem ter sido excelentes. Assim, sendo a Engenharia Agrícola um curso de Engenharia, os autores acreditam ser valiosa a contribuição dada através da apresentação deste trabalho.

No desenrolar do mesmo, os autores apresentam os motivos que os levaram a trazê-lo ao presente Congresso, e sugerem um elenco de assuntos para a disciplina, bem como uma metodologia de ensino que acreditam útil para o desenvolvimento da mesma.

SUMMARY

In this work it is suggested that the discipline of Legislation and Professional Ethics be included in the curriculum of the Agricultural Engeneering courses.

Through a close study of a great number of technical publications, and many works presented at congresses, seminars and meetings on other branches of Engeneering, the authors verified that this subject is often discussed. The near observation of most Engeneering curricula shows that almost all of them include similar disciplines with excellent results. Therefore the authors believe that the contribuition they bring trough this work is valuable.

As they present it, the authors will give the motives that inspired them and will suggest a cast of subjects for the discipline as well as a methodology that they believe useful for its development.

INTRODUÇÃO

A Engenharia Agrícola é um curso relativamente novo, motivo pelo qual se pode constatar uma desinformação geral sobre ele. Os leigos, de uma maneira geral, e, portanto, os futuros clientes do Engenheiro Agrícola, não sabem exatamente o que vem a ser este, quais as suas atribuições, o que pode fazer, simplisticamente reputando-o como uma "espécie particular" de Engenheiro Agrônomo; muitos profissionais Engenheiros de outras modalidades hostilizam abertamente o curso

(*) Professor Adjunto do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas.
(**) Auxiliar de Ensino do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas.

de Engenharia Agrícola, por considerarem que formará concorrentes que se imiscuirão em seus ramos de atividades, roubando-lhes uma fatia do mercado de trabalho.

A fim de que se possa enfrentar esta oposição e tornar claras as metas da Engenharia Agrícola, é necessário, antes de tudo, um forte sentido de classe, uma união de forças visando o bem comum. Sob este aspecto, acreditamos que a informação dos futuros profissionais Engenheiros Agrícolas a respeito da legislação a eles concernente, bem como o conhecimento da ética profissional, servirá como base para uma maior união da classe, um maior congraçamento com os profissionais afins e para um melhor esclarecimento dos leigos permitido, desta maneira, que a Engenharia Agrícola se estabeleça firme e definitivamente em nosso País.

Por outro lado, lançar no mercado de trabalho um profissional consciente de seus deveres e direitos, como empregado, como empregador ou como autônomo, seria uma medida justa para o desenvolvimento econômico e social de que o País necessita, de vez que o capacita a melhor desempenhar o papel que a comunidade dele espera, evitando o envolvimento em atividades que não lhe dizem respeito e recebendo, assim, a remuneração adequada.

No Projeto referente à reformulação dos currículos dos cursos superiores de duração plana da área de Ciências Agrárias por nós recentemente recebido, a CECA-SESu-MEC aborda o assundo do ensino de Legislação e Ética Profissional nos diversos cursos. Atentos ao fato de que muitos desses cursos já apresentam elevada carga horária, sendo, protanto, muito difícil se criar condições para uma nova disciplina, este órgão sugere que cada Professor, em sua disciplina, seja ele próprio um Professor de Legislação e Ética. Em nosso entendimento essa é uma recomendação altamente válida e elogiável, mas apenas isto não é o bastante, visto que muitos assuntos que consideramos importantes só poderiam ser abordados em uma disciplina específica.

Para não nos estendermos em demasia nos motivos que nos levaram à apresentação deste trabalho, gostaríamos apenas de registrar a sugestão do CREA - RS o qual aconselha, a todos os cursos das áreas de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, a criarem disciplinas semelhantes a este, sobre a qual versa nosso trabalho, sugerindo, inclusive, um conteúdo programático do qual retiramos excelente material.

SUGESTÕES DE ASSUNTOS A SEREM ABORDADOS NUMA DISCIPLINA DE LEGISLAÇÃO E ÉTICA PROFISSIONAL PARA ENGENHEIROS AGRÍCOLAS

Antes de apresentarmos nossas sugestões de assuntos a serem abordados numa disciplina de Legislação e Ética Profissional para Engenheiros Agrícolas, gostaríamos de deixar claro que a intenção do presente trabalho é a de colher subsídios para uma futura implantação da disciplina, que julgamos útil e importante. Por este motivo, preferimos fazer sugestões de assuntos que consideramos importantes a desenvolver um programa fixo.

1. Introdução:
   - Conceitos Gerais
   - Código Civil Brasileiro
   - Consolidação das Leis do Trabalho
   - Código de Saneamento
2. Direito Civil
   - Das Pessoas:
     - pessoa natural
     - pessoa jurídica
   - Dos Bens:
     - móveis e imóveis
     - públicos e particulares

- Do Direito das Coisas:
  - conceito
  - da posse
  - da propriedade
  - dos direitos de vizinhança
  - restrições legais
  - ações de vizinhança. Perícias judiciais
  - da desapropriação
  - da propriedade literária e científica
- Do Direito das Obrigações:
  - das consequências da inexecução das obrigações
  - da empreitada

3. Direito do Trabalho

- Conceito
- Relação de Emprego
- Contratos de Trabalho
- Sujeitos da relação de emprego: empregador e empregado
  - trabalhador autônomo
  - trabalhador eventual
- Aviso Prévio
- Estabilidade e FGTS
- Duração Diária do Trabalho
- Repouso Semanal Remunerado
- Férias
- Salário e Remuneração
- Extinção do Contrato Individual de Trabalho
- Higiene e Segurança do Trabalho
- Insalubridade e periculosidade
  - relação das atividades perigosas
- Da Organização Sindical:
  - do enquadramento sindical
- Previdência Social
  - PRORURAL - FUNRURAL - PIS/PASEP

4. Legislação Profissional

- Lei nº 5.194/66 (Regula o exercício das profissões de Engenheiro Arquiteto e Engenheiro Agrônomo, e dá outras providências)
- Do Exercício Profissional da Engenharia, da Arquitetura e da Agronomia
  a) das atividades profissionais
  b) caracterização e exercício das profissões
  c) do uso do título profissional
  d) do exercício ilegal da profissão
  e) atribuições profissionais e coordenação de suas atividades
- De Fiscalização do Exercício das Profissões
  a) dos órgãos fiscalizadores
  b) do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
  c) dos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
  d) das Câmaras Especializadas
- Do Registro e Fiscalização Profissionais
  a) do registro dos profissionais
  b) do registro de firmas e entidades
  c) das anuidades, emolumentos e taxas
- Das Penalidades

- Resolução nº 256, de 27.05.1978
  - Discrimina as atividades do Engenheiro Agrícola
- Resolução nº 218, de 29.06.1973
  - Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
- Lei nº 6496, de 07.12.1977
  - Institui a "Anotação de Responsabilidade Técnica" (ART) na prestação de serviços de Engenharia, de Arquitetura e Agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Nacional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), de uma Mútua de Assistência Profissional; e dá outras providências.
- Resolução nº 250, de 16.12.1977
  - Regula o tipo e uso de placas de identificação de exercício profissional em obras, instalações e serviços de Engenharia Arquitetura e Agronomia.

5. Ética Profissional:
   - Moral e Ética
   - Resolução nº 205, de 30.09.1970
     - Adota o Código de Ética Profissional

6. Complementos Gerais:
   - Imposto de Renda
   - Campo de Atividades
     - mercado de trabalho
     - cursos
     - honorários profissionais
   - Associações de Classe
   - Órgãos de Consulta Técnica
   - Congressos, Simpósios, Encontros Técnicos
   - Curriculum Vitae

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os assuntos sugeridos para a disciplina de Legislação e Ética Profissional para Engenheiros Agrícolas, resultaram de uma pesquisa por nós realizada com o intuito de tornar a mesma eminentemente prática. Por este motivo, consideramos que assuntos tais como Política e Direito Agrário não deveriam constar nesta disciplina, mas sim em uma outra sobre a qual não nos ateremos.

Devido ao número de assuntos relacionados anteriormente, e a outros não relacionados, mas que provavelmente surgirão com o desenvolvimento da disciplina quer nos parecer que a carga horária da disciplina não poderá ser inferior a 30 (trinta) horas semestrais, distribuída em duas (2) horas-aula por semana.

Quanto à Metodologia de Ensino a ser adotada, sugerimos que as sulas sejam desenvolvidas sob a forma de palestras e debates, com número limitado de alunos. A disciplina deverá ficar sob a responsabilidade de um profissional da área, contando com a participação ocasional de profissionais de larga experiência, ligados a órgãos públicos e particulares. As situações levantadas em aula deverão ser as mais reais possíveis, de modo a permitir que os palestrantes realmente transmitam um pouco de suas experiências vivenciadas e a colocar o aluno frente a situações que poderá encontrar em sua futura vida profissional. As avaliações podem perfeitamente ser realizadas com base nos debates surgidos, pela participação, argumentação e coerência dos alunos, desde que, conforme frisamos anteriormente, o número destes seja limitado e ainda por trabalhos práticos sobre assuntos apresentados ou sugeridos em aula.

CONCLUSÕES

Pelo citado anteriormente, concluímos que é imprescindível a existência de uma disciplina de Legislação e Ética Profissional nos cursos de Engenharia Agrícola.

Entendemos, no entanto, que tal disciplina deve ser ministrada especificamente para alunos de Engenharia Agrícola, de modo a apresentar situações e problemas vivenciados unicamente dentro desta área, com um conteúdo eminentemente prático. Entendemos, também, ser válida a idéia de que cada Professor, em sua disciplina, deva ser um professor de Legislação e Ética.

LITERATURA CITADA

CONFEA, Leis e Decretos. Resolução do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Brasília. 1975.

CREA, RS. Anotação de Responsabilidade Técnica (A.R.T.). Manual de Instruções . 1979. Porto Alegre.

CRUZ, e FÁRIAS JÚNIOR, O Ensino da Legislação Profissional nas Escolas de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Trabalhos apresentados no *II Encontro Nacional da Construção*. Rio de Janeiro. 1974.

LEITE, *A proteção Social no Brasil*, LTr Editora. São Paulo. 1972.

MONTEIRO, *Curso de Direito Civil*.Parte Geral. Editora Saraiva. São Paulo.1965.

_____, *Curso de Direito Civil*. Direito das Coisas. Editora Saraiva. São Paulo. 1965.

_____, *Curso de Direito Civil*. Direito das Obrigações, Volume 1. Editora Saraiva. São Paulo. 1965.

_____, *Curso de Direito Civil*. Direito das Obrigações, Volume 2. Editora Saraiva. São Paulo. 1965.

MEIRELES, *Direito de Construir*. Editora Revista dos Tribunais Ltda. São Paulo . 1965.

RUSSOMANO, *O Empregado e o Empregador no Direito Brasileiro* LTr Editora Ltda. São Paulo. 1978.

SILVA, Ética e Regulamentação Profissional para Engenheiros. *Trabalhos apresentados no III Encontro Nacional da Construção*, Volume 2. Porto Alegre. 1976.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DA ENGENHARIA AGRÍCOLA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

O.R. Magalhães Filho*
I. Halpern*
I.S. Gervini*
U.F. Galli*
P.R.C. Rochedo*
E.G.C. Neves*

RESUMO

Trata o presente trabalho do histórico do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas, onde estão assinalados os fatos mais relevantes que culminaram com a sua implantação no Brasil. As áreas abrangentes do Curso são relacionadas, procurando retratar o perfil do Engenheiro Agrícola e sua competência nessas áreas de atuação que o Curso vem perseguindo.

Focaliza, em vista de documento enviado pela Comissão de Especialistas de Ensino de Ciências Agrárias do MEC, sugestões - para um currículo mínimo equilibrado dentro do que se pretende venha a ser o Engenheiro Agrícola, procurando contribuir com aquela Comissão, sugerindo modificações em seu anteprojeto de Resolução, que fixa os mínimos de conteúdo e de duração dos cursos da Área de Ciências Agrárias, onde está inserida a Engenharia Agrícola como sub-área II.

INTRODUÇÃO

A Engenharia Agrícola é uma área profissional, cuja necessidade surge à medida que os países passam de uma etapa de subdesenvolvimento à dos países em vias de desenvolvimento. Os Engenheiros Agrícolas são agentes de mudança tecnológica em todo processo de intensificação da produção rural.

A Universidade Federal de Pelotas - UFPel), a partir do ano de 1970, iniciou estudos para fortalecer o ensino e a investigação em Engenharia Rural. A Universidade Federal de Pelotas, em convênio com o Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da CEA e o extinto IPEAS, reuniu especialistas estrangeiros e brasileiros, com o propósito de estabelecer um Programa de Engenharia Agrícola.

No ano de 1972, como decorrência dos Termos de Convênios assinados com o Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (IICA/OEA) e o Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS/MA), respectivamente, intensificaram-se os estudos que visavam desenvolver as áreas de ensino e pesquisa.

No mesmo ano, como decorrência dos Convênios citados, a Universidade reuniu especialistas nacionais e estrangeiros que, após exaustivos estudos, concluíram por recomendar a instalação pela Universidade Federal de Pelotas do Curso de Engenharia Agrícola, a nível de graduação, a fim de desenvolver aquelas áreas.

Participaram do referido estudo docentes e técnicos pertencentes aos quadros da UFPel, Ministério da Agricultura, IICA, F.A.O. e da Universidade Nacional Agrária "La Molina" (Peru). Dentre outras, contribuíram para os estudos preliminares de instalação do curso de Engenharia Agrícola na UFPel, os seguintes técnicos estrangeiros, vinculados às instituições citadas: Engº Agrícola Enrique Blair F. (IICA/Direção Geral) - Engº Agrônomo Manoel Rodriguez Z. (IICA/Zona

---

(*) Professores, membros da Câmara de Currículo do Colegiado de Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas.

Sul/Direção) - Engº Agrônomo José Barrios (IICA/Zona Sul/Esp. em Irrigação) - Eng Agrônomo Alfonso Castronovo (IICA/Zona Sul/Especialista em Educação) - Engenheiro Agrícola Axel Dourogeanni (Peru/U.N.A. "La Molina") e Engº Agrícola Johan D. Berlijn (F.A.O.).

Ainda este ano foi instalado o Grupo de Trabalho, sob a coordenação do Conselho Nacional de Pesquisa, e constituído por docentes e técnicos brasileiros e especialistas norte-americanos, ligados à Academia Nacional de Ciências dos E. U.A., a fim de estudar a implantação da Engenharia Agrícola no Brasil.

Concluiu o referido Grupo pela conveniência da implantação de Cursos de Graduação em Engenharia Agrícola, como base firme para o desenvolvimento das áreas compreendidas por aquele campo de atividade e fez várias recomendações referentes a recursos humanos, instalações e administração.

Em 1973 foi instalado o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Pelotas, sendo fixadas vinte vagas para matrícula no primeiro semestre.

É aprovado e posto em execução o Plano de Curso sugerido pelos estudos anteriores, com um total de 70 disciplinas, perfazendo 206 créditos equivalentes a 4.095 horas/aula.

Por sugestão da Comissão de Ensino de Ciências Agrárias (CECA), o Departamento de Assuntos Universitários (DAU) do Ministério de Educação e Cultura convocou reuniões especiais, com a presença de representantes das Universidades e Instituições potencialmente mais indicadas para instalarem os cursos de Engenharia Agrícola e utilizarem os benefícios deles decorrentes. Participaram das referidas reuniões representantes de Escolas e Cursos de Agronomia e Engenharia. Dentre as sugestões apresentadas e endossadas pela CECA, consta a indicação, pelo DAU, de uma Comissão para organizar um currículo mínimo para a Engenharia Agrícola que, após apreciação pelas Comissões de Ensino de Ciências Agrárias e Engenharia do MEC, fosse submetido ao Conselho Federal de Educação para aprovação.

Em 8 de agosto do mesmo ano, o Conselho Federal de Educação, pela Resolução nº 31, aprova e fixa o Currículo Mínimo para o Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, com o mínimo de 3.240 horas/aula.

Em 9 de dezembro de 1977, o Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas forma a primeira turma de 16 Engenheiros Agrícolas do Brasil.

O Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas foi reconhecido pelo Parecer nº 3.456/77, de 16.12.77, do Conselho Federal de Educação (Processo nº 1353/77 do Conselho Federal de Educação e 257.90/77 do Ministério da Educação e Cultura).

Pelo Decreto nº 81.295, de 2 de fevereiro de 1978 e publicado no Diário Oficial de 3 do mesmo mês, foi concedido reconhecimento ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pelotas.

Em 27 de maio de 1978, o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, pela Resolução nº 256, discrimina as atividades profissionais do Engenheiro Agrícola, nos seguintes termos:

Art. 1º - Compete ao Engenheiro Agrícola o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º da Resolução 218 do CONFEA, referentes à aplicação de conhecimentos tecnológicos para a solução de problemas relacionados à produção agrícola envolvendo energia, transporte, sistemas estruturais e equipamentos, nas áreas de solos e águas, construções para fins rurais, eletrificação, máquinas e implementos agrícolas, processamento e armazenamento de produtos agrícolas, controle da poluição em meio rural, seus serviços afins e correlatos.

OBJETIVOS DO CURSO

A Universidade Federal de Pelotas, ao elaborar o Currículo Pleno do seu Curso de Engenharia Agrícola, teve como objetivo geral formar um profissional, com os necessários conhecimentos de ciências de Engenharia e Agrárias, para po

der utilizar, de maneira ordenada e criteriosa, os métodos e técnicas desenvolvidas pelas áreas de Engenharia de Água e Solos, de Construções Rurais, de Eletrificação Rural, de Tratores e Máquinas Agrícolas e de Processamento de Produtos Agropecuários, na solução de problemas de Engenharia, relacionados com o processo de produção agrícola.

A Universidade Federal de Pelotas escolheu cinco (5) áreas, que julgou ter condições de atender, a contento, adotando, como objetivos específicos:

Área de Engenharia de Água e Solos

Desenvolver conhecimentos e habilidades que permitam obter e utilizar dados e informações relativas ao sistema solo-planta-água, meio ambiente, a fim de elaborar projetos e executar serviços de irrigação, drenagem, conservação e recuperação do solo e da água, visando a proteção de recursos naturais, o desenvolvimento de equipamentos, técnicas e métodos, para maior produtividade do solo e da produção agrícola.

Área de Construções Rurais

Prover conhecimentos e habilidades necessários para o planejamento, execução e desenvolvimento de instalações e outras obras em terra e de artes rurais que contribuam para o bem-estar social e para o aumento e proteção dos produtos e dos meios de produção agrícola.

Área de Eletrificação Rural

Desenvolver conhecimentos a respeito dos princípios fundamentais da eletricidade aplicados em geradores, motores elétricos, redes de carga, sistemas de segurança, controles e outros dispositivos elétricos, para poder analisar os requerimentos da empresa agrícola, projetos o sistema elétrico e selecionar componentes adequados para pequenos e médios sistemas de baixa tensão.

Área de Tratores e Máquinas Agrícolas

Prover conhecimentos e habilidades necessários para selecionar, utilizar e administrar, econômicamente, bem como ensaiar e projetar determinados componentes, unidades e conjuntos que integram as máquinas e implementos empregados no processo de produção agrícola.

Área de Processamento de Produtos Agropecuários

Desenvolver conhecimentos sobre produtos agropecuários, técnicas e métodos de Engenharia de Processamento Primário, a fim de elaborar projetos de equipamentos, visando à preservação, armazenamento, secagem, beneficiamento, valorização e a diminuição de perdas dos produtos agropecuários, desde a colheita até a comercialização pelo produtor.

CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Do Curso de Engenharia Agrícola, a Universidade Federal de Pelotas, ao discutir o documento enviado pela Comissão de Especialistas de Ensino de Ciências Agrárias da Secretaria de Ensino Superior, do Ministério da Educação e Cultura - CECA/SESu/MEC - (Ofício Circular nº 24/79, de 21.05.79) preocupou-se com a formação do Engenheiro Agrícola ali configurada.

Ao analisar o documento, a Universidade producou adaptá-lo no sentido de atender aos objetivos geral e específicos de seu curso, que julga serem os adequados à formação do Engenheiro Agrícola.

Entende a Universidade que o Engenheiro Agrícola, e nisto seu curso está apoiado, deve ser, antes de tudo, um Engenheiro com forte embasamento em conhecimentos tecnológicos, apto a solucionar problemas relacionados com energia, sistemas, estruturas e equipamentos, destinados à produção agrícola, nas áreas antes citadas de água e solos, construções rurais, eletrificação rural, máquinas e im

plementos agrícolas, processamento e armazenamento de produtos agrícolas, controle de poluição no meio rural, tratamento e aproveitamento de resíduos agrícolas, seus serviços afins e correlatos.

Assim, no entender da Universidadde Federal de Pelotas - e foi dado conhecimento à CECA - o Engenheiro Agrícola deve possuir formação básica em Engenharia e em Ciências Biológicas, com conhecimentos gerais de Agricultura, que o habilitem para a elaboração de projetos de Máquinas e Equipamentos Agrícolas, de Equipamentos para Processamento de Produtos Agrícolas com vistas ao Armazenamento e à Comercialização, assim como execução de Instalações para Animais; e de Projetos Hidráulicos, para a Captação e Distribuição da Água.

Com vistas a essas habilidades, que devem caracterizar o Engenheiro Agrícola, foi sugerido, à CECA, o seguinte elenco de matérias e ementas para o currículo mínimo dos Cursos de Engenharia Agrícola:

Curso: Engenharia Agrícola
Duração: 3.600 horas

Matérias de Formação Básica

1. Matemática: Cálculo Diferencial e Integral. Geometria Analítica. Cálculo Vetorial. Álgebra Linear. Cálculo Numérico. Equações Diferenciais.
2. Estatística: Estatística Descritiva. Probabilidade. Distribuições Estatísticas. Testes de Significância. Estatística Experimental.
3. Física: Medidas, Mecânica Clássica. Teoria Cinética. Termodinâmica. Eletromagnetismo. Física Ondulatória.
4. Química: Química Mineral. Estrutura e Propriedades dos Elementos e Compostos Químicos. Elementos de Físico-Química.
5. Desenho: Representações de Forma e Dimensão. Convenções e Normalização. Utilização de Elementos Gráficos na Interpretação e Solução de Problemas. Geometria Descritiva.
6. Processamento de Dados: Conceitos Básicos de Computação. Aplicações Típicas de Computadores Digitais. Linguagens Básicas e Sistemas Operacionais. Técnicas de Programação. Desenvolvimento de Sistemas de Engenharia. Simulação e Aplicação de Técnicas de Otimização.
7. Mecânica: Estática, Cinemática. Dinâmica do Ponto e do Corpo Rígido
8. Eletricidade: Circuitos. Medidas Elétricas e Magnéticas. Componentes e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.
9. Fenômenos de Transporte: Mecânica dos Fluidos. Transferência de Calor e Massa.
10. Resistência dos Materiais: Resistência dos Materiais. Tensões e Deformações nos Sólidos. Análise de Peças Sujeitas a Esforços Simples e Combinados. Energia de Deformação.
11. Ciências Biológicas: Biologia Geral. Botânica. Zoologia. Fisiologia Vegetal. Princípios de Morfologia e Fisiologia Animal.
12. Meteorologia: Agrometeorologia. Evapotranspiração.
13. Ciências Geológicas: Geologia Geral. Mineralogia. Petrografia. Petrologia e Geomorfologia.

Matérias de Formação Geral

1. Ciências Sociais: Elementos e Sociologia Rural. Legislação e Política Agrárias. Problemas de Desenvolvimento Agrícola. Temas de Deontologia e Legislação Profissional.
2. Ecologia: Ecologia Geral. A Biosfera e seu Equilíbrio. Efeito da Tecnologia sobre o Equilíbrio Ecológico. Preservação dos Recursos Naturais.

Matérias de Formação Profissional

1. Solos: Física e Mecânica dos Solos. Conservação do Solo. Gênese e Morfologia do Solo.

2. Topografia: Planimetria e Altimetria. Fotogrametria.

3. Hidrologia Aplicada: Ciclo Hidológico. Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos. Pluviometria e Fluviometria.

4. Sistemas para Produção Agrícola: Sistema de Produção Vegetal. Instalações e Sistemas de Manejo de Animais Domésticos.

5. Ciência dos Materiais: Propriedades dos Materiais Aplicados em Engenharia.

6. Física Ambiental: Relações Físicas da Biosfera com o Desenvolvimento de Plantas e Animais. Parâmetros Ambientais e Repostas Fisiológicas para o Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção Vegetal e Animal.

7. Mecânica Agrícola: Mecânica Aplicada. Elementos de Máquinas Agrícolas. Produção, Colheita e Processamento de Produtos Agrícolas. Composição de Sistemas Mecânicos destinados à Produção Agrícola.

8. Sistemas para Irrigação e Drenagem: Hidráulica. Hidrometria. Captação e Distribuição de Água. Métodos e Equipamentos, Dimensionamento Instalação e Manutenção de Sistemas de Irrigação e Drenage. Conservação da Água.

9. Estruturas para Fins Rurais: Teoria das Estruturas. Materiais para Construções. Sistemas Estruturais de Madeira, de Concreto e de Metal. Obras para Abastecimento e Tratamento de Resíduos Agroindustriais e de Animais.

10. Eletrificação Rural: Circuitos Elétricos de Baixa Tensão. Mono e Polifásicos. Geração. Distribuição de Energia Elétrica nas Propriedades Agrícolas.

11. Beneficiamento de Produtos Agrícolas: Métodos e Processos de Beneficiamento, Manuseio, Conservação e Armazenagem de Produtos Agrícolas Projeto e Dimensionamento de Instalações e Equipamentos.

12. Economia Rural: Elementos de Micro e Macroeconomia. Fundamentos de Administração e Contabilidade Rurais.

Relacionado com o anteprojeto de Resolução, que fixa os mínimos de conteúdo e de duração dos cursos da Área das Ciências Agrárias - onde se encontra incluída a Engenharia Agrícola, como sub-área II - a Universidade Federal de Pelotas sugere:

1. A supressão da letra **c** do art. 9º, justificando que a carga horária de estágio supervisionado ou de disciplinas complementares que o substituam, não deve participar do tempo útil mínimo de 3.600 horas destinadas aos cursos da Área das Ciências Agrárias.

Disto decorre a supressão, também, do § 1º do mesmo artigo 9º, modificando o § 2º para o § 1º, conservando o seu texto.

2. Acrescentar, ao art. 9º, um novo parágrafo, que será o 2º, com o seguinte texto:

§ 2º - As matérias do Currículo Pleno poderão ser ministradas em disciplinas semestrais ou anuais ou, também, em períodos letivos especiais de, pelo menos, 45 dias, respeitadas as respectivas cargas horárias totais, previstas para as mesmas, pelas Instituições de Ensino. "(Parágrafo Único do artigo 13 da Resolução nº 48/76 do CFE).

3. A supressão do artigo 10º e seus dois parágrafos, substituindo-o pela seguinte redação:

Art. 10º - O Estágio Supervisionado será obrigatório, não sendo sua carga horária computada no tempo útil mínimo do curso.

§ 1º - O Estágio Supervisionado poderá ser substituído por disciplinas complementares que poderão ser desdobramentos das matérias previstas no Art. 9º, alínea **a**, ou serem outras de interesse regional, procurando-se, no entanto, guardar certa afinidade entre elas.

§ 2º - O Estágio deve ter a duração mínima de 60 horas e máxima de 360 horas, a critério das instituições formadoras.

§ 3º - Na Carga Horária dos Estágios, não serão computadas as horas que excedem a 8 (oito) por dia.

§ 4º - O Estágio Supervisionado poderá ser cumprido em períodos letivos ou não, em Escolas e Instituições Públicas e Privadas, assegurada a compatibilidade de horários.

CONCLUSÃO

Esta é a contribuição que os autores julgam oportuno apresentar aos ilustres membros da 8ª. Seção - Ensino e Política Profissional, para ser apreciada e debatida.

Não visa nem pretende, este trabalho, esgotar o assunto, por demais amplo e polêmico, mas como modesta contribuição ao ensino da Engenharia Agrícola no Brasil.

SEÇÃO TÉCNICA

PROCESSAMENTOS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

CURVAS DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DO CACAU

Jadir Nogueira da Silva
José Borges Pinheiro Filho
Gilberto C. Sediyama
Alcides Reis Condé

RESUMO

Obtiveram-se as umidades de equilíbrio higroscópico do cacau recém fermentado sob diversas condições de umidade relativa para as temperaturas de 10, 20, 28 e 35°C. As amêndoas foram colocadas em pequenas cestas, dentro de recipientes de vidro, que continham soluções saturadas de diversos sais para o controle de umidade relativa. Para controle de temperatura utilizou-se uma unidade condicionadora de ar. Montou-se um dispositivo eletromagnético para manter as cestas com as amêndoas em movimento, permitindo, assim, que o equilíbrio higroscópico fosse atingido, em menos tempo que no processo estático.

Ajustaram-se os modelos matemáticos de Henderson, Chung-Pfost, Harkins-Jura e Smith aos dados experimentais. As constantes destas equações foram obtidas por regressão não-linear método Gauss Newton.

Dentre os modelos, o de Henderson explicou melhor o teor de umidade de equilíbrio higroscópico do cacau. Concordando com outros pesquisadores, verificou-se que a umidade de equilíbrio aumenta com o aumento da umidade relativa e diminuição da temperatura. Conclui-se também, que o acréscimo da umidade de equilíbrio é maior, quanto maior for o decréscimo de temperatura.

SUMMARY

The equilibrium moisture contents of cocoa were obtained in desorption phase covering a temperature range of 10°C to 35°C and a range of to relative humidities. The kernels were held inside hermetic glass containers with different satured salt solutions by small iron baskets. The Amineo-Aire conditioning unit was used to guarantee constant temperature. An electromagnetic set up was used to provide a swing motion of the basket with the kernels to allow the equklibrium moisture contents were attained faster than with the static method.

Equilibrium moisture equation proposed by Henderson, Chung-Pfost, Harkins-Jura and Smith were extended to model the desorption experimental moisture content data. The equation constants were obtained trhough a non linear regression analysis, Gauss-Newton method.

Henderson's equation was considered to model desorption isotherms better than other equation. In agreement with other researchers it was verified that the equilibrium moisture content increases with a relative humidity rise and when temperature decreases. It also verified that bigger decrease in temperature causes greater increase in equilibrium moisture content.

INTRODUÇÃO

O Brasil, como um dos grandes produtores mundiais de cacau, en

frenta, juntamente com outros países produtores, grandes problemas nos processos de secagem e armazenagem deste produto.

O conhecimento do mecanismo de troca de vapor d'água entre os materiais biológicos e o ambiente é de grande importância no processo de grãos, particularmente na secagem e armazenagem.

O cacau seco requer cuidados especiais na armazenagem devido à sua alta higroscopicidade (GHOSH e SILVA 1972, ROHAN 1964).

O teor de umidade de equilíbrio depende de uma série de parâmetros como maturidade, variedade, história do material, teor de óleo etc. (BROOKER et alii, 1974). Diversos pesquisadores têm obtido dados de equilíbrio higroscópico para diversos materiais, na maioria dos casos, num processo de dessorção.

O estabelecimento de curvas de equilíbrio higroscópico é importante porque estas podem ser aplicadas para definir os limites de desidratação de frutas, vegetais, nozes etc; para estimar as trocas de umidades sob determinada condição de temperatura e umidade relativa; para avaliar as variáveis de processamento; para distinguir diferenças entre variedades de produtos agrícolas, e para definir umidade ou condições de umidade, sob a qual há deterioração do produto (ROCKLAND,1957).

Comumente, dois métodos são usados para determinar as curvas de umidade de equilíbrio (BROOKER et alii, 1974; HALL, 1966; PINHEIRO FILHO,1976): o método estático e o método dinâmico. No método estático a umidade de equilíbrio entre o produto e a atmosfera circundante é atingida sem movimentação do ar; no método dinâmico, o ar ou o grão é movimentado até que o equilíbrio seja atingido.

Diversos autores têm determinado estas curvas para vários produtos. Utilizando um método ou outro para a obtenção dos dados experimentais. Para o estabelecimento das curvas teóricas, entretanto, tem utilizado relações matemáticas, na maioria já propostas, apesar de nenhuma delas ser capaz de provar exatamente a umidade de equilíbrio dos produtos agrícolas em toda faixa de temperatura e umidade relativa (AGRAWAL et alii, 1974; PINHEIRO FILHO, 1976; HAYNES, 961)

Para o presente trabalho foram selecionados os seguintes modelos

1) Equação de Henderson (HENDERSON, 1952)

$$1 - UR = \exp\left[-\, c\, TU_e^{n}\right]$$

Onde:

UR = Umidade Relativa, decimal
exp = Exponencial
U_e = Umidade de equilíbrio, % B.S.
T^e = Temperatura absoluta do ambiente
c e n = Constantes que dependem da natureza e da temperatura do produto.

2) Equação de Chung e Pfost

Em 1967, Chung e Pfost desenvolveram o seguinte modelo matemático (BROOKER et alii, 1974):

$$\ln \frac{Pv}{Pvs} = \frac{c}{R.T.}\, e^{-n U_e}$$

Onde:

Pv = Pressão de vapor d'água no produto, Pa
Pvs = Pressão de saturação do vapor d'água, Pa

3) Equação de Harkins e Jura

Baseando-se na teoria potencial, Harkins e Jura desenvolveram a seguinte equação (PINHEIRO FILHO, 1976):

$$\ln UR = c - \frac{n}{U_e^2}$$

4) Equação de SMITH

$$Ue = c - n \ln (1-UR)$$

A equação de Henderson, quando utilizada para previsão de umidade de equilíbrio para sorgo (DUSTAN et alii, 1973) e mandioca e batata (IBECKA et alii, 1975) demonstrou fornecer resultados confiáveis.

O objetivo deste trabalho é determinar as curvas de equilíbrio higroscópico do cacau (processo de dessorção) para as condições de umidade relativa variando entre 22,3 a 86,6% e temperaturas de 10, 20, 28 e 35°C, ajustando-se os modelos matemáticos de Henderson, Chung-Pfost, Harjins-Jura e Smith aos dados experimentais e determinar qual dos modelos acima permite previsão dos teores de umidade de equilíbrio do cacau com menor erro.

MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi desenvolvido no setor de Armazenagem da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Usaram-se amêndoas de cacau hídrico fermentado, trazidos da Estação Experimental Filogônio Peixoto, da CEPLAC, em Linhares, Espírito Santo.

Uma câmara climática acoplada a uma unidade condicionadora de ar Aminco-Aire 300 cfm, foi utilizada para manter constante a temperatura de trabalho. Foram colocados, neste câmara, um termógrafo 1/ e 36 recipinentes de vidro resistentes às variações de temperatura, de aproximadamente 1,6 litros (Figura 1) Cada recipiente continha, aproximadamente, 250 ml de soluções saturadas de diversos sais para estabelecer os níveis de umidade relativa de trabalho. Nas faces internas das tampas dos recipientes foram afixados ganchos que sustentavam, através de fios flexíveis, uma pequena cesta de arame ferromagnético onde eram colocadas 5 amêndoas de cacau.

Os recipientes foram dispostos em 4 fileiras paralelas, formando 2 grupos de 18 recipientes de modo que, entre cada dois recipientes do mesmo grupo, localizados frontalmente e à mesma altura dos cestos que continham as amêndoas, se localizava um eletroímã (Figura 2).

Estabeleceu-se uma diferença de potencial (d.d.p.) entre os terminais dos eletroímãs, de modo que uma corrente contínua intermitente de 12 ampéres, aproximadamente, circulasse nos eletroímãs, em intervalos de 3s, aproximadamente, de maneira que sua atração entre as cestas de ferro forçasse a oscilação desta, entrando em ressonância com a sua frequência natural, que foi determinada experimentalmente.

Um dispositivo elétrico (Figura 3) constituído de um toca-discos uma fonte regulada de tensão 2/ e um amperímetro 3/ foi utilizado.

Para que o campo magnético de certo eletroímã não influenciasse no de seu vizinho, fato observado experimentalmente, os eletroímãs eram ligados

---

1/ R. FUESS

2/ OTTO BENDER

3/ HARTMANN e BRAWN

alternadamente, de três em três, como mostrado na figura 3. Este arranjo se tornou possível, com a colocação de três anteparos constituídos de placas de cobre ou latão removíveis. Estas placas eram substituídas assim que se verificasse, devido ao atrito com o carvão, a formação de óxido na sua superfície, suficiente para reduzir a corrente a menos de 8A. Este sistema elétrico funcionava 14 horas por dia, com o objetivo de reduzir o tempo necessário para que as amêndoas de cacau atingissem o equilíbrio higroscópico.

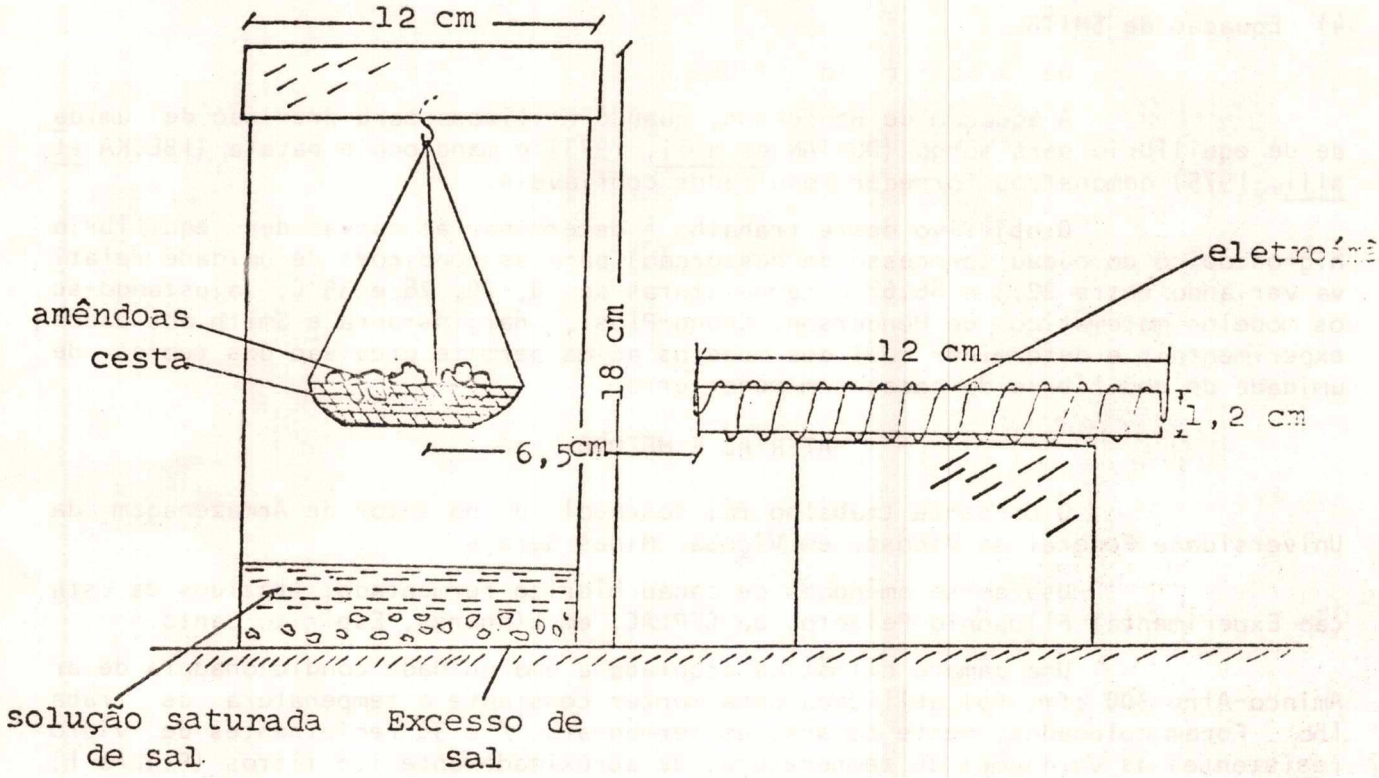


FIGURA 1 - Sistema: recipiente de vidro (com amêndoas e solução saturada) e eletroímã correspondente.

As temperaturas utilizadas no presente trabalho foram 10, 20, 28 e 35°C. Para cada umidade relativa e temperatura, foram realizadas 4 repetições.

As amostras foram pesadas diariamente, numa balança analítica [1]/ e o equilíbrio era considerado atingido, quando estas não variavam mais sua massa de ± 0,001 grama. Determinou-se, previamente, a umidade inicial das amêndoas usando uma estufa [2]/ ventilada, com precisão de ± 1°C. A umidade de equilíbrio era obtida por diferença de peso.

Os modelos de Henderson, Chung-Pfosto, Harkins-Jura e Smith foram ajustados aos da os experimentais por análise de regressão linear, múltipla e não linear (Método de Gauss-Newton).

1/ AINSWORTH

2/ C G A THELCO, modelo 28

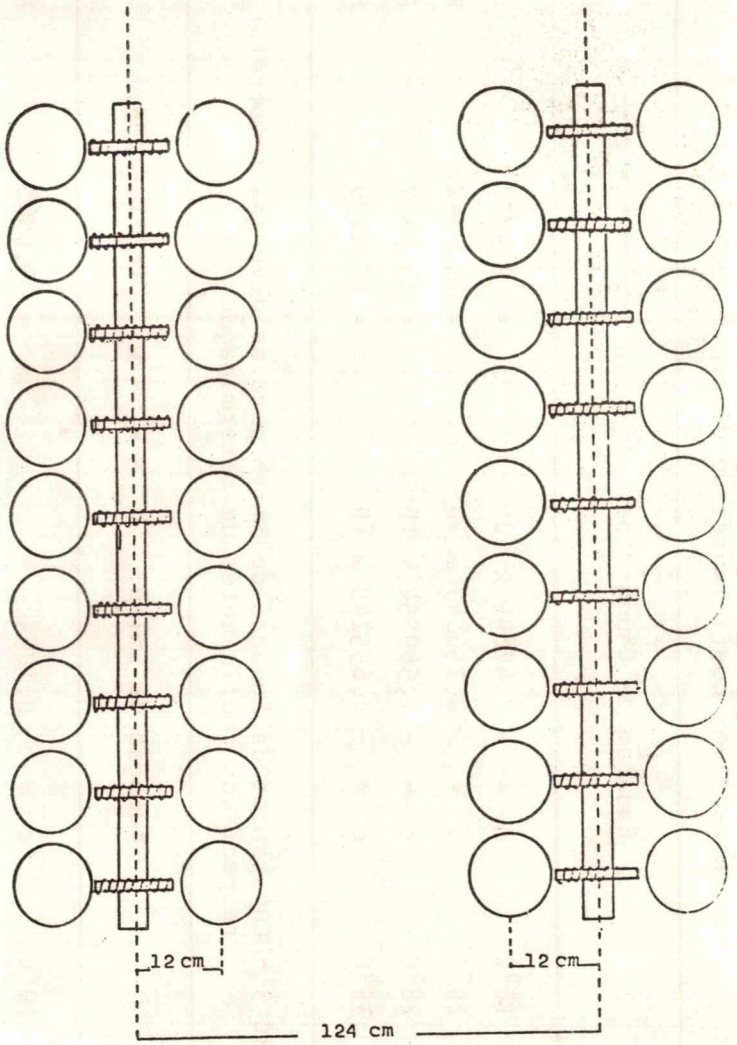


FIGURA 2 - Aliamento dos recipientes dentro da câmara climática.

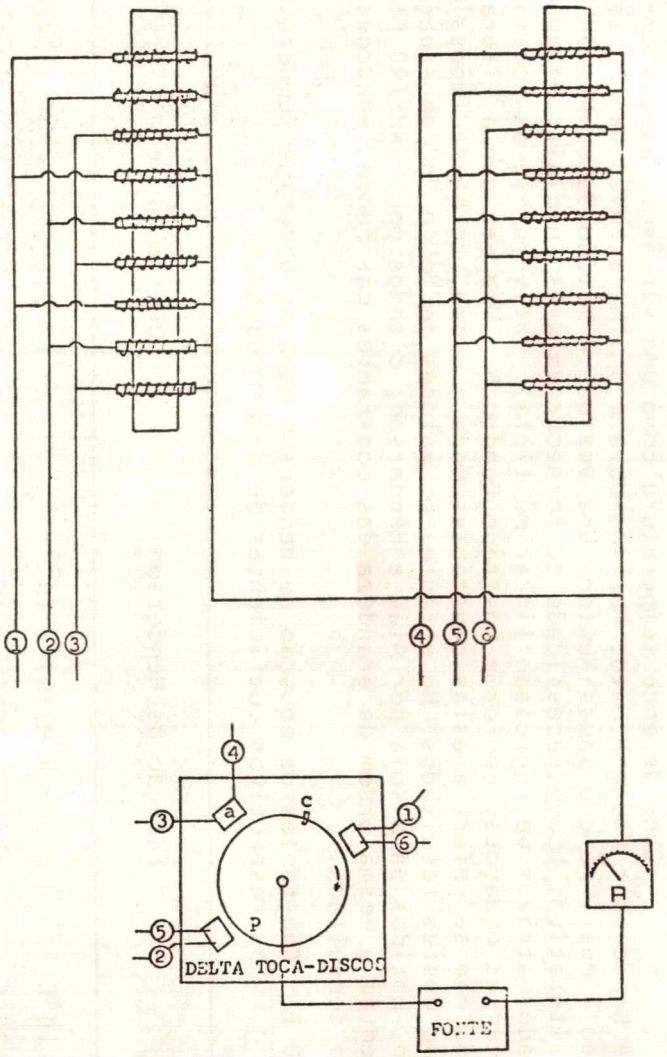


FIGURA 3 - Dispositivo Eletromagnético

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 1, 2, 3, e 4 apresentam as constantes das equações de Henderson, Chung-Pfost, Harkins-Jura e Smith ajustadas para cada uma das temperaturas estudadas. Verifica-se que as constantes variam com a temperatura, o que concorda com a afirmação de AGRAWAL [s.d.]; BROOKER et alii e PINHEIRO FILHO, em 1976.

Considerando temperatura como uma variável, ajustaram-se os modelos de Henderson, Chung-Pfosto, Harkins-Jura e Smith, através de regressão múltipla não linear, método Gauss-Newton. Uma vez que o método Gauss-Newton é um processo iterativo, houve necessidade de fornecer valores iniciais, os quais foram estimados através de regressão linear múltipla. Obtiveram-se as constantes para as diversas equações, conforme mostra o Quadro 5. Uma vez que a literatura consultada não se refere a estas constantes para o cacau, torna-se impossível a comparação destes resultados. No entanto, os valores de "c" e "n" da equação de Henderson, obtidos para soja por Alam e Henderson, citados por PINHEIRO FILHO, 1976, apresentam a mesma ordem de grandeza das constantes das outras equações, na literatura consultada.

QUADRO 1 - Constantes da equação de Henderson para as diversas temperaturas, com os respectivos coeficientes de determinação.

Equação de Henderson	$1 - UR = e^{-cTU_e^n}$		
T = 10°C	$c = 4{,}97167 \times 10^{-5}$	n = 2,69225	R^2 = 0,90
T = 20°C	$c = 3{,}79354 \times 10^{-4}$	n = 1,86603	R^2 = 0,94
T = 28°C	$c = 1{,}30813 \times 10^{-4}$	n = 2,22072	R^2 = 0,87
T = 35°C	$c = 4{,}42809 \times 10^{-4}$	n = 1,669335	R^2 = 0,90

QUADRO 2 - Constantes da Equação de Chung-Pfost para as diversas temperaturas com os respectivos coeficientes de determinação

Equação de Chung-Pfost	$\ln \frac{P_v}{P_{vs}} = \frac{m}{R.T.} e^{-n U_e}$		
T = 10°C	$c = -2{,}47845 \times 10^2$	n = 19,9371	R^2 = 0,86
T = 20°C	$c = -0{,}756847 \times 10^2$	n = 15,6742	R^2 = 0,94
T = 28°C	$c = -1{,}569954 \times 10^2$	n = 23,5312	R^2 = 0,90
T = 35°C	$c = -0{,}655240 \times 10^2$	n = 17,0270	R^2 = 0,91

QUADRO 3 - Constantes da Equação de Smith para as diversas temperaturas, com os respectivos coeficientes de determinação.

Equação de Smith: $U_e = W_b - W_c \cdot \ln \lvert 1 - (UR) \rvert$			
T = 10°C	c = 0,1054	n = 0,0568	R^2 = 0,81
T = 20°C	c = 0,0500	n = 0,0801	R^2 = 0,97
T = 28°C	c = 0,0655	n = 0,0510	R^2 = 0,90
T = 35°C	c = 0,0446	n = 0,0685	R^2 = 0,93

QUADRO 4 - Constantes da Equação de Harkins-Jura para as diversas temperaturas, com os respectivos coeficientes de determinação.

Equação de Harkins-Jura: $\ln (UR) = B - \frac{A}{U_e^2}$

T = 10°C	c = $7,761 \times 10^{-2}$	n = $1,585 \times 10^{-2}$	R^2 = 0,87
T = 20°C	c = $4,274 \times 10^{-2}$	n = $8,28 \times 10^{-3}$	R^2 = 0,96
T = 28°C	c = $1,6452 \times 10^{-1}$	n = $5,42 \times 10^{-3}$	R^2 = 0,72
T = 35°C	c = $7,85 \times 10^{-2}$	n = $6,71 \times 10^{-3}$	R^2 = 0,95

QUADRO 5 - Constantes das equações ajustadas, com os respectivos coeficientes de determinação, para a regressão múltipla não linear

Equações	Constantes	Coeficientes de Determinação
Henderson	c = $4,19419 \times 10^{-5}$ n = 2,72959	R^2 = 0,88
Chung-Pfost	c = $- 2,700 \times 10^{2}$ n = $- 2,0053 \times 10^{1}$	R^2 = 0,83
Smith	c = $6,925 \times 10^{-2}$ n = $6,172 \times 10^{-2}$	R^2 = 0,69
Harkins-Jura	c = 4,4483 n = $5,9324 \times 10^{1}$	R^2 = 0,66

Através dos coeficientes de determinação verifica-se que a equação de Henderson foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais. A figura 4 mostra as curvas de equilíbrio higroscópico do cacau, para as temperaturas de 10, 20, 28 e 35°C, ajustadas, utilizando a equação de Henderson. Concordando com os dados experimentais e com os resultados obtidos por HALL, 1960, esta equação prevê que as umidades de equilíbrio crescem com o aumento da umidade relativa e diminuição da temperatura. Verifica-se também que o acréscimo na umidade de equilíbrio é maior, quanto maior for o decréscimo de temperatura.

Uma vez que a equação que melhor se ajustou aos dados experimentais foi a equação de Henderson, tentou-se uma modificação nesta equação, colocando as constantes "c" e "n", em função da temperatura. A dependência de "c" e "n" com a temperatura foi escolhida conforme proposta por AGRAWAL (1), colocando uma função potencial destas constantes com a temperatura. Deste modo, a equação de Henderson tomou a seguinte forma:

$$1 - UR = \exp \left| - P_1 \cdot T^{P2} \cdot U_e^{P3} \cdot T^{P4} \right|$$

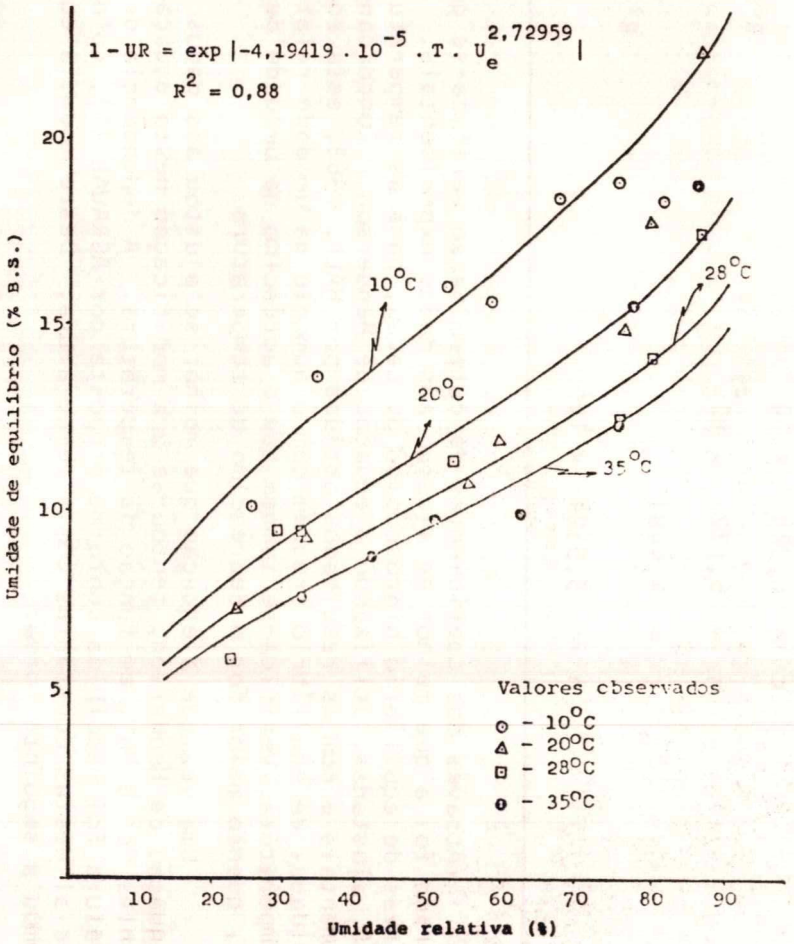


FIGURA 4 - Curvas de equilíbrio higroscópio do cacau, ajustadas pela equação de Henderson.

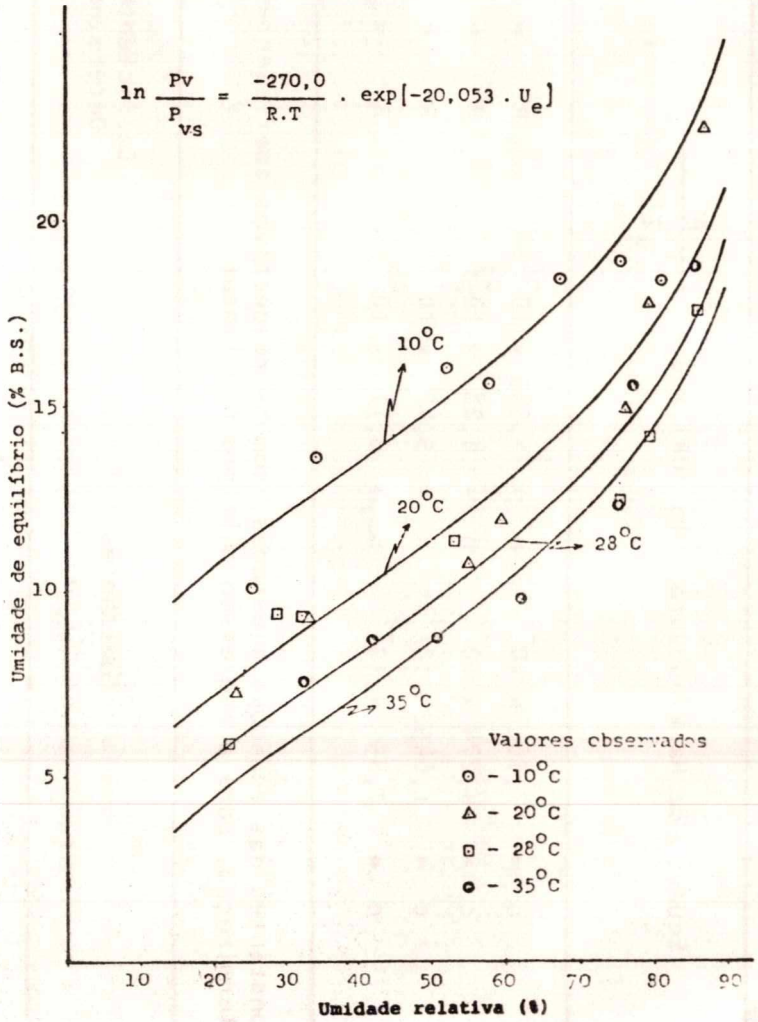


FIGURA 5 - Curvas de equilíbrio higroscópio do cacau, ajustadas pela equação de Chung-Pfost.

Foi feita então uma regressão não linear, método Gauss-Newton para as estimativas dos parâmetros P_1, P_2, P_3 e P_4. Os valores para a iniciação do processo iterativo foram obtidos por regressão linear. Obtiveram-se, então, os valores destes parâmetros, conforme segue:

$$P_1 = 1{,}15924 \times 10^{-5}$$
$$P_2 = 1{,}85121 \times 10^{-5}$$
$$P_3 = 4{,}00122 \times 10^{-5}$$
$$P_4 = 0{,}202932 \times 10^{-5}$$

O coeficiente de determinação obtido foi 0,87, inferior, ao contrário do que o autor esperava, ao obtido quando não se considerou a variação das constantes "c" e "n" com a temperatura.

Na figura 5, encontram-se as curvas de equilíbrio higroscópico do cacau, ajustadas aos dados experimentais pelo modelo de Chung-Pfost. Como as equações de Smith e Harkins-Jura não possuem, em sua forma original, a temperatura como parâmetro, torna-se impossível construir aquelas isotermas, utilizando os dados constantes do Quadro 5.

CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho foram as seguintes:

1. A umidade de equilíbrio higroscópico do cacau aumenta com o aumento da umidade relativa e diminuição da temperatura.

2. O acréscimo na umidade de equilíbrio é maior, quanto maior for o decréscimo de temperatura.

3. As constantes dos modelos de Henderson, Chung-Pfost, Harkins Jura e Smith variam com a temperatura.

4. Dos modelos testados, o de Henderson ajustou-se melhor aos dados experimentais, quando se colocou a umidade de equilíbrio como função da umidade relativa e da temperatura.

5. A modificação do modelo de Henderson proposta por AGRAWAL |s.d.|, colocando-se os parâmetros "c" e "n" como função da temperatura, não melhorou o coeficiente de determinação, em relação à equação original.

LITERATURA CITADA

AGRAWAL, K.K.; CLARY, B.L. & NELSON, G.L. Investigation into the theories of desorption isotherms for rough rice and peanuts. *Transaction of the ASAE*, p. 1-33, |s.d.|

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. *Drying cereal grains*. Westport , Conn., Avi, 1974. 265 p.

DUSTAN, E.R.; CHUNG, D.S. & HODGES, T.O. Adsorpion and desorption characteristics of grain sorghum. *Transaction fo the ASAE*, 16(4): 667-670, 1973.

GHOSH, B.N. & SILVA, P. *Algumas observações sobre armazenagem de cacau no Brasil*, Revista Theobrima, CEPEC, Itabuna, Brasil 1972. vol. 2 p. 12.

HALL, C.W. *Drying farm crops*. 5 ed. An Arbor, Mich., Edwards Brochers, 1966. - 336 p.

HAYNES, B.C. *Vapor pressure determination of seed higroscopicity*, USDA Tech. Bull. Washington, D.C., Government Print office, jan. 1961.

HENDERSON, S.M. A basic concept of equilibium moisture. *Agricultural Enginee - ring*, 33(1): 29-32, jan. 1952.

IGBEKA, J.C.; BLAISDELL, J.L.; HERUM, F.L. & HANDY, M.Y. Equilibrium moisture content of cassava and potato. *Transaction od the ASAE*, p. 1-23. dec. 1975.

PINHEIRO FILHO, J.B. *An experimental study of the effect of intermittent drying of soybeans on quality and rate of drying*. West Lafayette, Ind. Purdue University, 1976. 176 p. (Tese PhD).

ROCKLAND, L.B. A new tratment of higroscopic equilibria aplications to Walnuts (Juglans Regla) and other foods *Journal of food Science*, 22(1): 604-628, - 1957.

POROSIDADE DE SEMENTES DE CACAU DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM, EM CAMADAS FINAS, A 60°C E 80°C

Edison Pires do Prado*
Tetuo Hara**
José Borges Pinheiro Filho**
José Tarcísio Lima Thiébaut**

RESUMO

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V - Viçosa, Minas Gerais.

Procurou-se caracterizar a variação da porosidade da massa de cacau recém-fermentado no decorrer da secagem, em camadas finas, às temperaturas do ar a 60°C e 80°C, com velocidade de 35 m. min^{-1}.

As determinações da porosidade da massa granular foram efetuadas por meio de um picnômetro especialmente constituído para esse fim. Os dados relativos à porosidade são o resultado médio de quatro determinações, nos seguintes intervalos de tempo de secagem: 0,5 hora, 2,0 horas, 4,0 horas e 8,0 horas, para a temperatura de 80°C, sendo que, para a temperatura de 60°C, tomou-se ainda o tempo de secagem relativo a 11,0 horas.

As análises de regressão dos dados de porosidade em função do tempo de secagem e também do teor de umidade das sementes indicam que:

i) Existe correlação significativa entre a porosidade das sementes de cacau e o respectivo tempo de secagem.

ii) A relação porosidade vs teor de umidade varia com a temperatura do ar de secagem. A porosidade é mais elevada para 80°C.

iii) O picnômetro utilizado no presente trabalho poderá ser útil para a determinação de porosidade de sementes e grãos, tanto para fins de armazenagem como secagem, por ser de construção simples e de baixo custo.

SUMMARY

This work was completed in the Storage Laboratory of the Agricultural Engineering Department of "Universidade Federal de Viçosa" - U.F.V., Minas Gerais.

Determination of mass porosity variation was done for fresh fermented cocoa, during the thins layer drying, at air temperatures of 60 and 80°C, and air flow of 35 m. min^{-1}.

The granular mass porosity measurements were done by means of a picnometer specially built for this purpose.

The porosity average data resulted from 4 readings at the following drying time intervals: 0.5; 1.0; 2.0; 4.0 and 8.0 hours for the 80°C temperature, while at the 60°C temperatu

---

(*) CEPEC/CEPLAC, Itabuna, BA
(**) Universidade Federal de Viçosa - MG.

re another reading was taken at the 11.0 hour interval.

Regression analysis was applied to the porosity data as a function of both drying time and moisture content of the beans The results indicated that:

i) There is a significative correlation between cocoa bean porosity and the respective drying time.

ii) The relationship between porosity and moisture content varies with the drying air temperature. The porosity is higher for the temperature of 80°C.

iii) The picnometer used in this work may be useful for crop seed porosity determinations, either for storage or drying purposes.

INTRODUÇÃO

Os "secadores" e "estufas" utilizados para secagem de sementes de cacau, no Brasil, são, de modo geral, obsoletos e anti-econômicos. Alguns secadores desenvolvidos para café e cereais, têm sido empregados com bons resultados para cacau, embora essas máquinas apresentem certas limitações que dificultam uma aceitação generalizada (MARAVALHAS, 1970). Essas limitações devem estar afetas às propriedades físicas das sementes de cacau, uma vez que no dimensionamento daqueles equipamentos, isto não foi levado em consideração.

As características físicas das sementes, tais como: forma, tamanho, volume, densidade, porosidade, cor e aparência, são importantes em problemas relacionados não só com projetos de máquinas como, também, facilitam a análise do produto, no que concerne ao manuseio do material (MOHSENIN, 1972).

Dos fatores acima citados, já que no processo de secagem das sementes de cacau ocorre perda d'água em torno de 50% do peso, é importante conhecer a porosidade na massa de grãos, em decorrência das modificações do volume e dimensões das sementes submetidas a tal processo.

GHOSH (1972) relata que as primeiras investigações sobre propriedades físicas, referentes às sementes de cacau, foram publicadas por Zenter, em 1914, seguidas por outros trabalhos efetuados por Kaden, Mendonça e, finalmente, Silva. Ocorre que algumas dessas publicações objetivaram estudar a velocidade de crescimento das sementes, na própria árvore.

Este trabalho teve, por objetivo, estudar a variação da porosidade de sementes de cacau recém fermentado, em camadas finas, submetidos ao ar de secagem, às temperaturas de 60 e 80°C, com velocidade do ar a 35 m. min^{-1}.

1. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizadas sementes de cacau, em fase final de fermentação, provenientes da Estação Experimental "Filogônio Peixoto", localizada no Município de Linhares, Espírito Santo.

As condições do ar, mantidas através de um condicionador Aminco Aire, modelo 300 CFM, com 86% de umidade relativa e 23°C de temperatura, médias da região cacaueira da Bahia, foram modificadas para 60°C e 24% de Umidade Relativa e 80°C e 6% de Umidade Relativa, respectivamente.

As determinações da porosidade na massa granular foram feitas por meio de um picnômetro, especialmente construído para esse fim. Os dados relativos à porosidade, às temperaturas de 60 e 80°C, são o resultado médio de quatro determinações, nos seguintes intervalos de tempo de secagem: 0,5 hora, 1,0 hora, 2,0

horas, 4,0 horas e 8,0 horas, para a temperatura de 80°C, sendo que, para a temperatura de 60°C, tornou-se ainda o tempo de secagem relativo a 11,0 horas.

No final de cada secagem, as sementes foram colocadas em dessecador e, quando resfriadas, foram efetuadas as determinações de umidade, pelo método de estufa, a 110°C ± 1°C, por 24 horas.

2. DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE

Para determinação da porosidade da massa granular, no decorrer da secagem, construiu-se um picnômetro, baseado no modelo proposto por Day, citado por MONSENIN (1972), cuja descrição é a seguinte:

O picnômetro é constituído por duas camisas de cilindro, utilizadas em motor de automóvel de 750 ml de volume cada um. A tampa, dotada de junta de borracha, permite fechar simultâneamente os cilindros, através de duas pinças tipo "sargento."

A tampa é dotada de um tubo de cobre (5mm de diâmetro) com uma válvula de conexão que permite ou não a passagem de ar de um cilindro ao outro. No cilindro número 1 (um) foram adaptados um tubo de cobre (5mm de diâmetro) para conectar com o manômetro diferencial e uma válvula por onde permite a injeção de ar.

A pressão é lida em um manômetro diferencial, utilizando a água como fluido, à pressão atmosférica (Figura 1).

Funcionamento: Com o cilindro número 2 (dois) contendo sementes até o nível máximo, fecha-se a válvula de conexão e se injeta ar no cilindro número 1 (um) com o auxílio de uma bomba, até uma pressão equivalente a 35 cm de coluna d'agua O conjunto é submergido em água, com a finalidade de manter a temperatura constante, durante a operação. A pressão do ar no cilindro número 1 (um) é definida pela equação dos gases perfeitos:

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

onde:

P_1 = Pressão no lindro número 1 (um) . (cm de coluna d'água)
V_1 = Volume do ar no cilindro número 1 (um). (cm^3)
m = Massa de ar no cilindro número 1 (um) . (g)
R_e = Valor numérico (288 joules $kg^{-1}\ {}^0K^{-1}$)
T^e = Temperatura termodinâmica (^0K).

Abre-se a válvula de conexão entre o cilindro número 1 (um) e o cilindro número 2 (dois). Com isto, a massa **m** de ar será desmembrada em massa m_1 no cilindro número 1 (um) e a massa m_2 no cilindro número 2 (dois), onde:

$$m = m_1 + m_2 \qquad (2)$$

Faz-se a leitura no manômetro, com a válvula de conexão aberta, e se obtém P_2.

Como $R_{e1}T_1 = R_{e2}T_2 = RT$ = constante, $m = \frac{P_1 V_1}{R_e T}$ e, de acordo com (2) pode-se escrever:

$$\frac{P_1 V_1}{R_e T} = \frac{P_2 V_1}{R_e T} + \frac{P_2 V_2}{R_e T} \qquad (3)$$

onde:

V_1 = Volume de ar no cilindro número 1 (um)
V_2 = Volume de ar nos espaços intergranulares
P_1 e P_2 = Pressões lidas no manômetro, antes e depois de abrir-se a válvula de conexão, respectivamente. De onde se chega à fórmula

da porosidade:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \qquad (4)$$

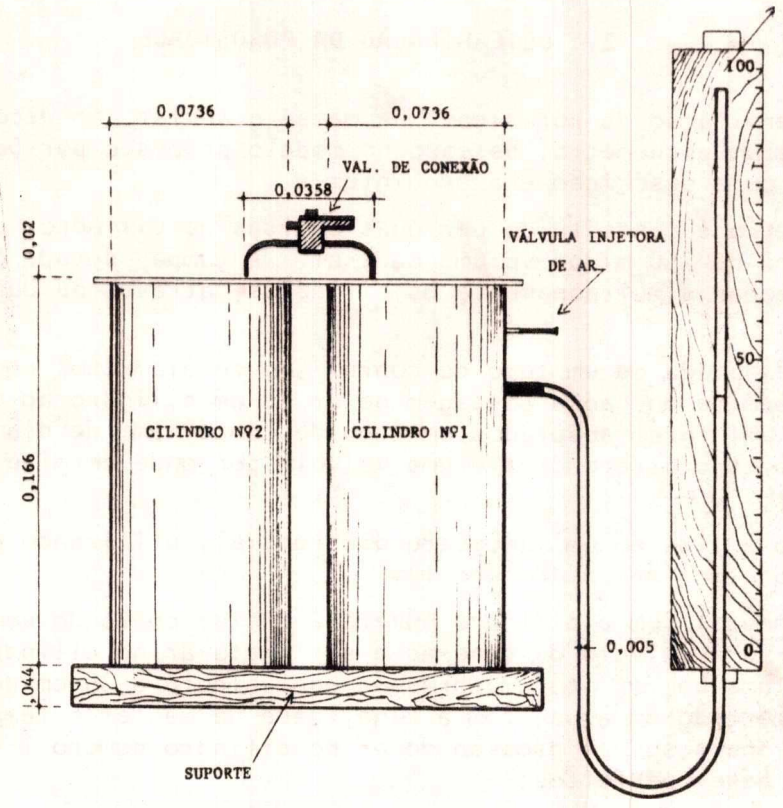


FIGURA 1 - Esquema do picnômetro, baseado no modelo proposto por Day.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Porosidade em Função do Tempo de Secagem

A porosidade foi determinada durante todo o período de secagem e os dados obtidos foram analisados, em função do teor de umidade das sementes de cacau procedimento que certos autores como GUSTAFSON e HALL (1972) adotaram ao secar outros tipos de grãos.

As equações de regressão de porosidade, em função do tempo de secagem, são mostradas no Quadro 1

QUADRO 1 - Equações de Regressão de Porosidade de Sementes de Cacau (%), em Função do Tempo de Secagem (hora), às Temperaturas de 60°C - 80°C.

60°C	$\hat{Y} = 47,50959(X)^{0,04095}$	$R^2 = 0,93$
80°C	$\hat{Y} = 49,56693(X)^{0,04095}$	

Na Figura 2 observa-se o aumento da porosidade, em função do tempo de secagem, tendendo à estabilização, nos tempos de 11,0 horas (60°C) e 8,0 horas (ou 80°C).

Do aumento da porosidade no decorrer das sementes de cacau, infere-se que a resistência ao fluxo de ar diminui, o que reforça as conclusões de BRAVO e McGRAW (1974). Portanto, a vazão de ar deverá aumentar durante o período de secagem.

Além da menor resistência que a massa de sementes opõe ao fluxo de ar, também deverá determinar maior superfície de exposição dos grãos, o que poderá afetar a razão de secagem; entretanto, este efeito dependerá também da resistência interna à movimentação d'água.

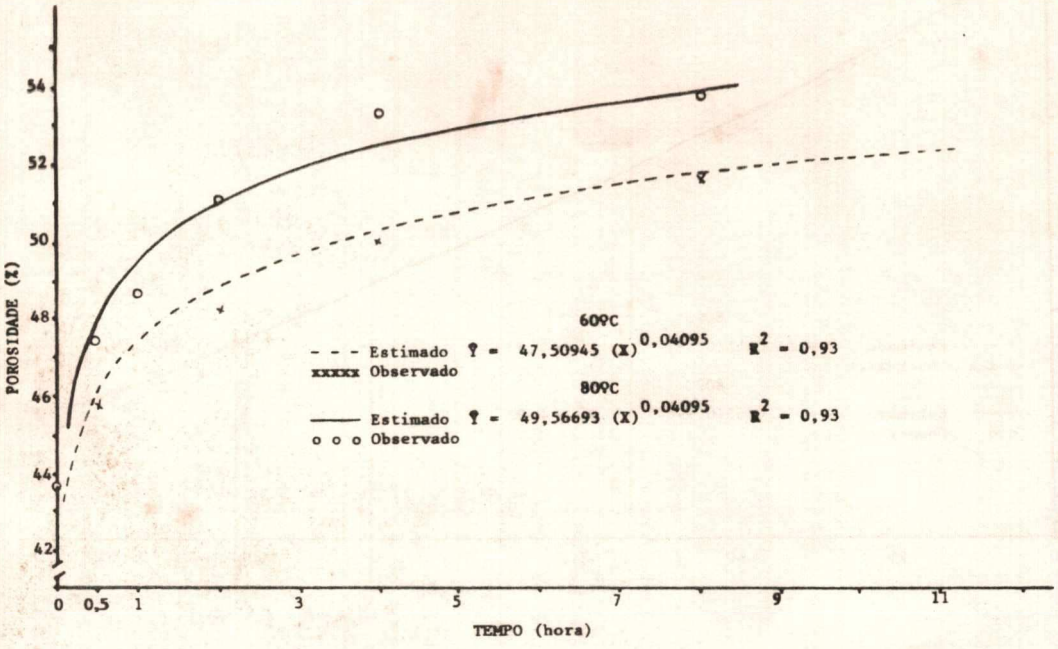


FIGURA 2 - Variação da porosidade com o tempo de secagem de cacau recém-fermendado, às temperaturas de 60°C e 80°C e velocidade do ar de secagem de 35 m.min.$^{-1}$

3.2. Porosidade em Função do Teor de Umidade

As equações de regressão de porosidade, em função do teor de umidade, são mostradas no Quadro 2.

QUADRO 2 - Equações de Regressão de Porosidade de Sementes de Cacau (%), em Função do Teor de Umidade (% BS), às Temperaturas de 60°C e 80°C.

60°C	$\hat{Y} = 54,0655(0,9978)^X$	$R^2 = 0,94$
80°C	$\hat{Y} = 54,0655\ (0,9981)^X$	

Na representação gráfica (Figura 3) observa-se que no período estudado, para ambas as temperaturas do ar de secagem (60° e 80°C), não se verificou tendência à estabilização da porosidade, em função do tempo de secagem, talvez porque a camada de mucilagem (goga) permanece nas sementes, mesmo depois de secas. A mesma figura permite visualizar que os acréscimos de porosidade com os decréscimos dos teores de umidade são mais acentuados, para a temperatura do ar de secagem a 80°C, do que para a temperatura de 60°C. Esta observação poderá contribuir para a seleção da temperatura mais conveniente, sob o ponto de vista da po

rosidade.

O desenvolvimento do estudo da relação entre porosidade e teor de umidade que corresponda a uma porosidade adequada, poderá ser muito útil para aprimorar os modelos matemáticos que poderão dar subsídios à simulação da secagem de acau.

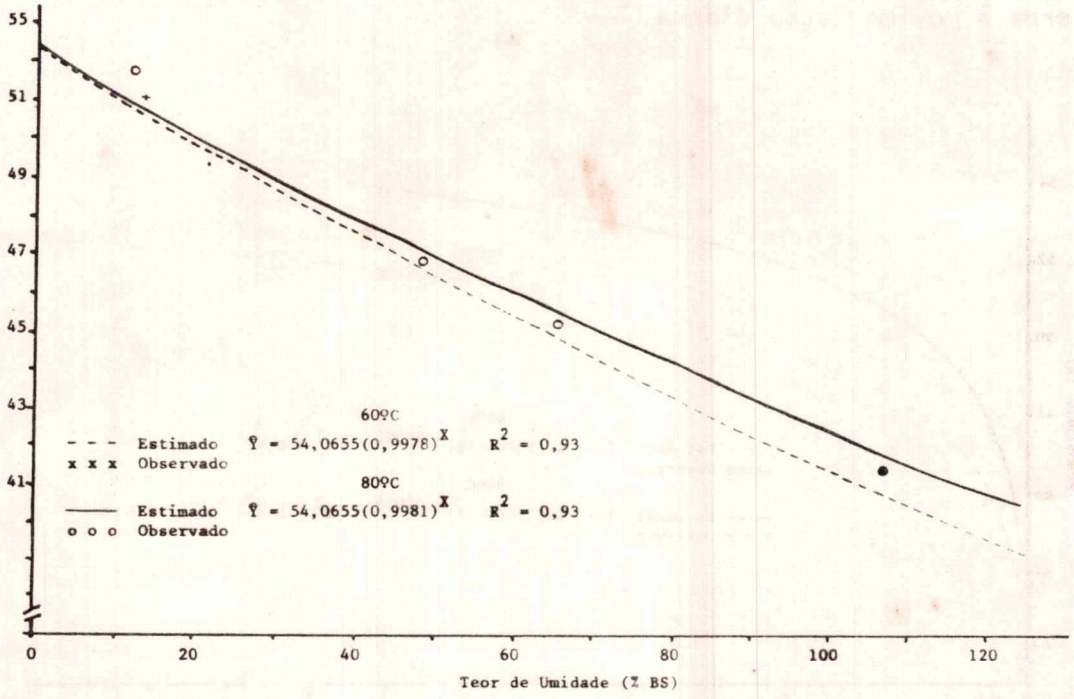


FIGURA 3 - Variação da porosidade com o teor de umidade (percentual de base seca) sob duas condições de temperatura: 60°C e 80°C e velocidade do ar de secagem de 35 $m.min^{-1}$ de cacau recém -fermentado.

BRAVO e McGRAW (1974) observaram uma correlação entre a modificação da forma, dimensões das sementes de cacau e a variação do teor de umidade. Como no presente trabalho se verificou, igualmente, correlação entre porosidade e teor de umidade, no decorrer da secagem, espera-se uma significativa correlação entre a porosidade e o tamanho das sementes. Assim sendo, é provável existirem curvas de porosidade diferentes, para híbridos de cacau, com forma e dimensões também diferentes. O mesmo raciocínio poderá ser estendido às várias épocas de colheita de um mesmo híbrido.

CONCLUSÕES

As análises de regressão dos dados de porosidade em função do tempo de secagem e do teor de umidade das sementes, indicaram que:

(i) Existe correlação significativa entre a porosidade das sementes de cacau e o respectivo tempo de secagem.

(ii) A relação porosidade vs teor de umidade varia com a temperatura do ar de secagem. A porosidade é mais elevada para 80°C; e

(iii) O picnômetro utilizado no presente trabalho poderá ser útil para a determinação de porosidade de sementes e grãos, tanto para fins de armazenagem como secagem, por ser de construção simples e de baixo custo.

LITERATURA CITADA

BRAVO, A. & McGRAW, D.R. *Fundamental artificial drying characteristicas of cocoa beans*. Trop. Agric. (Trinnidad). Vol. 51, nº 3, July, 1974.

GHOSH, B.N. *Engineering aspects of cocoa drying Brazil*. Revista Theobroma,CEPEC, Itabuna, Brasil, Vol. 2, nº 4, p. 23-24. 1972.

GUSTAFSON, R.J. & HALL, G.E. *Density and porosity changes of ahelled corn during drying*. Transactïons of ASAE, St. Joseph. Mich. p. 523-525. 1972.

MARAVILHAS, N. *Secagem mecânica do cacau fermentado*. Cacao (Costa Rica), 13 (1): 13-18, p. 50. 1970

MOHSENIN, N.N. *Physical properties of plant and animal materials*. New York, Gordon and Breach Science Publishers. New York. 1972. 734 p.

SECAGEM DE SEMENTES DE CACAU, EM CAMADAS FINAS, A 60°C E 80°C

Edison Pires do Prado*
Tetuo Hara**
José Borges Pinheiro Filho**
José Tarcísio Lima Thiébaut**

RESUMO

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento de Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V - Viçosa, Minas Gerais.

Estabeleceram-se curvas de secagem de cacau recém fermentado, em camadas finas, submetidas ao ar de secagem, às temperaturas de 60°C e 80°C, com velocidade do ar de 35 m. min^{-1}.

Os pontos para a elaboração das curvas de secagem foram obtidos com quatro repetições, para ambas as temperaturas. Obedeceram-se aos seguintes intervalos de tempo para a pesagem das sementes: de dois minutos na primeira 0,5 hora de secagem; de cinco em cinco minutos, de 0,5 hora a 2,0 horas e 10 minutos; de dez em dez minutos, de 2,0 horas e 10 minutos a 6,0 horas e de vinte em vinte minutos de 6,0 horas até o final de cada secagem. Estas dados permitiram o estabelecimento de equações de regressão da variação do teor de umidade em função do tempo de secagem.

Os resultados obtidos evidenciaram a existência de dois períodos distintos de secagem. Nos primeiros 30 minutos de secagem, para ambas as temperaturas do ar de secagem (60°C e 80°C), a taxa de remoção de água das sementes foi elevada, com evaporação rápida da camada de água existente na parte superficial das sementes, período em que o teor de umidade decresceu linearmente.

No segundo período (0,5 hora e 11,0 horas para a temperatura do ar de secagem a 60°C e 0,5 hora a 8,0 horas para temperatura do ar de secagem a 80°C) observou-se que a remoção de umidade das sementes é dificultada pela resistência interna à movimentação de água. Neste período, o teor de umidade decresce exponencialmente, tendendo a uma estabilidade, ao final de 11,0 horas e de 8,0 horas para as temperaturas de secagem de 60°C e 80°C, respectivamente.

SUMMARY

This work was performed in the Storage Laboratory on the Universitu of Viçosa ("Universidade Federal de Viçosa" - U.F.V., Minas Gerais).

Thin layer druing curves were plotted for fresh fermented cocoa beans, with drying air temperatures of 60° and 80°C and constant air flow of 35 m. min^{-1}.

The drying curves were drawn for both temperatures, using averaged data of for repetitions. The schedule for the weighing of the beans was: every two minutes during the first half hour of drying; everu five minutes between two hours and

(*) CEPEC/CEPLAC, Itabuna, BA

(**) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais

ten minutes and six hours; and every twenty minutes between six hours the end of each drying operation. Regression equations, from the analysis of the obtained data, described the moisture content as a function of drying time.

The results showed the existence of two distincti drying periods. During the first thirty minutes of drying, the rate of water removal from the beans was high both drying temperatures (60° and 80°C). The superficial water layer of the beans was evaporated quickly and during this period the moisture content varied proportionally with the drying time.

In the second period from the half hour to eleven hours for the 60°C and from the half hour to eight hours for the 80° C temperature, in was observed that there was a delay of water movement by opposing internal forces. During this period the moisture content decreased exponentially, which gave an equilibrium at the end of the observed drying periods.

INTRODUÇÃO

A secagem artificial do cacau fermentado constitui um setor da experimentação muito pouco estudado. BRAVO e McGRAW (1974) mencionam que a maioria dos trabalhos sobre secagem artificial de cacau tem sido relacionada com a problemática relativa à performance particular do tipo de secadores, com especial alusão à vazão do ar, temperatura do ar quente e profundidade da massa de sementes de cacau a ser seca. Contudo, nenhuma referência é feita sobre as condições limites de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, em que a secagem do cacau fermentado deveria ser processada.

A despeito de ser a diminuição da umidade a principal finalidade da secagem, é durante esta operação, também, que se ultimam, concomitantemente, as reações bioquímicas no interior das sementes que, de acordo com MARAVALHAS (1970), envolvem enzimas que são substâncias termolábeis e, daí, a necessidade de temperatura-limite. Observa ainda o mesmo autor que, do ponto de vista bioquímico, a operação de secagem, após a fermentação, completa a sequência de cura onde os processos oxidativos são predominantes. Nesta fase é que o produto adquire coloração característica e, provavelmente, finaliza as reações de formação dos chamados "precursores do chocolate."

Em relação às temperaturas-limites, os resultados encontrados na literatura são discutíveis, em vista da total discordância entre os autores que pesquisaram tal problema.

ROELOFSEN (1958) e FORSYTH e QUESNEL (1963) manifestam certa preocupação no uso de temperaturas acima de 60°C, na secagem de sementes de cacau. Embora não citem a vazão do ar de secagem, concluíram que acima da temperatura retro referida, o sabor e a cor característicos do chocolate poderão ser formados de modo não satisfatório.

Taubert, citado por ROELOFSEN (1958), utiliza o método "Okadierung" no qual emprega temperatura entre 90°C e 105°C, isto com aplicação a vácuo de ácido acético e álcool diluído, sobre sementes de cacau ardósias ou de fermentação incompleta. Mesmo nestas condições, o produto foi considerado satisfatório pelos manufatureiros.

Vyle, citado por ROELOFSEN (1958), considera que as temperaturas de secagem até 90°C não são prejudiciais à qualidade do cacau. O autor não faz referência sobre a vazão de ar utilizado em tal observação.

HOWAT, POWELL e WOOD (1957) executaram uma série de trabalhos sobre secagem artificial de cacau. Concluíram que os produtos obtidos foram considerados satisfatórios pelos manufatureiros. Nenhum instrumento foi utilizado para determinar a vazão do ar.

WOOD (1961) utilizou, em secagens artificiais de cacau, as seguintes condições:

a. temperaturas do ar de secagem: 70°C e 80°C;
b. vazão do ar de secagem: 2,44m³ e 4,27m³ por min⁻¹ por 0,01 m⁻² de plataforma de secagem;
c. altura de camada de sementes: 7,6 cm e 12,7 cm.

Concluiu o autor que houve pequena diferença de aroma característico do chocolate, entre as secagens natural e artificial.

DE VOZ (1956) efetuou a secagem das sementes de cacau em duas etapas. A primeira em um secador rotativo (Gordon), onde o cacau foi parcialmente seco, durante três horas a 90°C (não há referência sobre a vazão do ar de secagem). A segunda etapa foi feita em um túnel com tabuleiros, durante dez a treze horas, a uma temperatura de 70°C. O produto obtido por esse processo foi considerado satisfatório pelos manufatureiros, e nenhuma diferença importante foi notada em relação ao produto seco em "barcaça."

O único inconveniente que poderá resultar da secagem em alta temperatura, com curta duração, segundo POWELL (1952), é o de maior retenção de ácido acético, fato este reconhecido por Rohan e Stewart, citados por MARAVALHAS. (1970). Ocorre que o excesso de ácido acético contido nas sementes secas de cacau não é de maior importância, uma vez que a operação de "conching" o elimina.

Depreende-se, pelo exposto, que a utilização de temperatura acima de 60°C, mesmo não havendo muita referência sobre vazão do ar de secagem, é quase generalizada para secadores artificiais, e a qualidade do produto não parece ser afetada. Em contrapartida, nenhuma menção foi feita sobre a umidade relativa do ar de secagem, onde foram levados a termo tais experimentos.

Em vista do exposto, este trabalho teve, por objetivo, estabelecer as curvas de secagem de cacau recém fermentado, em camadas finas, submetidas ao ar de secagem, às temperaturas de 60 C e 80 C, com velocidade do ar a 35 m min⁻¹.

1. MATERIAL E MÉTODOS

1.1. Procedimento Experimental

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizadas sementes de cacau, em fase de fermentação provenientes da Estação Experimentação "Filogônio Peixoto", localizada no Município de Linhares, Espírito Santo.

As condições do ar, mantidas através de um condicionador Aminco Aire, modelo 300 CFM, com 86% de umidade relativa e 23°C de temperatura, médias anuais da região cacaueira da Bahia, foram modificadas para 60°C e 24% de Umidade Relativa e 80°C e 6% de Umidade Relativa, respectivamente.

Determinou-se a velocidade do ar, por meio de um anemômetro, sendo a temperatura e a umidade relativa deste ar aferidos por pares termelétricos instalados no aeroduto e conectados em um registrador de múltiplos pontos.

Os pontos para a elaboração das curvas de secagem foram obtidos em quatro repetições, para ambas as temperaturas de 60°C e 80°C. Obedeceram-se aos seguintes intervalos de tempo para a pesagem das sementes: de dois em dois minutos, na primeira 0,5 hora de secagem; de cinco em cinco minutos, de 0,5 hora a 2,0 horas e 10 minutos; de dez em dez minutos, de 2,0 horas e 10 minutos a 6,0 horas e de vinte em vinte minutos de 6,0 horas até o final de cada secagem.

No final de cada secagem, as sementes foram colocadas em dessecador e, quando resfriadas, foram efetuadas as determinações de umidade, pelo método de estufa, a 110°C ± 1°C, por 24 horas.

1.2. O Secador Experimental

Construiu-se um secador protótipo, conforme a Figura 1. O duto

de forma cilíndrico, com 0,43m de diâmetro e 1,80m de comprimento, tem perfil de um "L" em cuja dobra foi construído um joelho de 90° a 0,80m do comprimento total O ar de secagem do aeroduto foi fornecido por um condicionador de Ar Aminco-Aire, modelo 300 CFM. O lastro de secagem foi constituído por uma bandeja móvel, com fundo de tela, a fim de permitir o movimento do ar, através das sementes a serem secas.

O ar de secagem foi aquecido por 10 (dez) resistências elétricas sendo 9 (nove) de 4.600 watts cada uma e uma variável conectada ao transformador variador de tensão de 0 a 140 volts. A temperatura de ar de secagem foi controlada, por meio de um termostato.

Isolou-se o duto termicamente, com placas de isopor, com o objetivo de evitar a dissipação de calor para o ambiente.

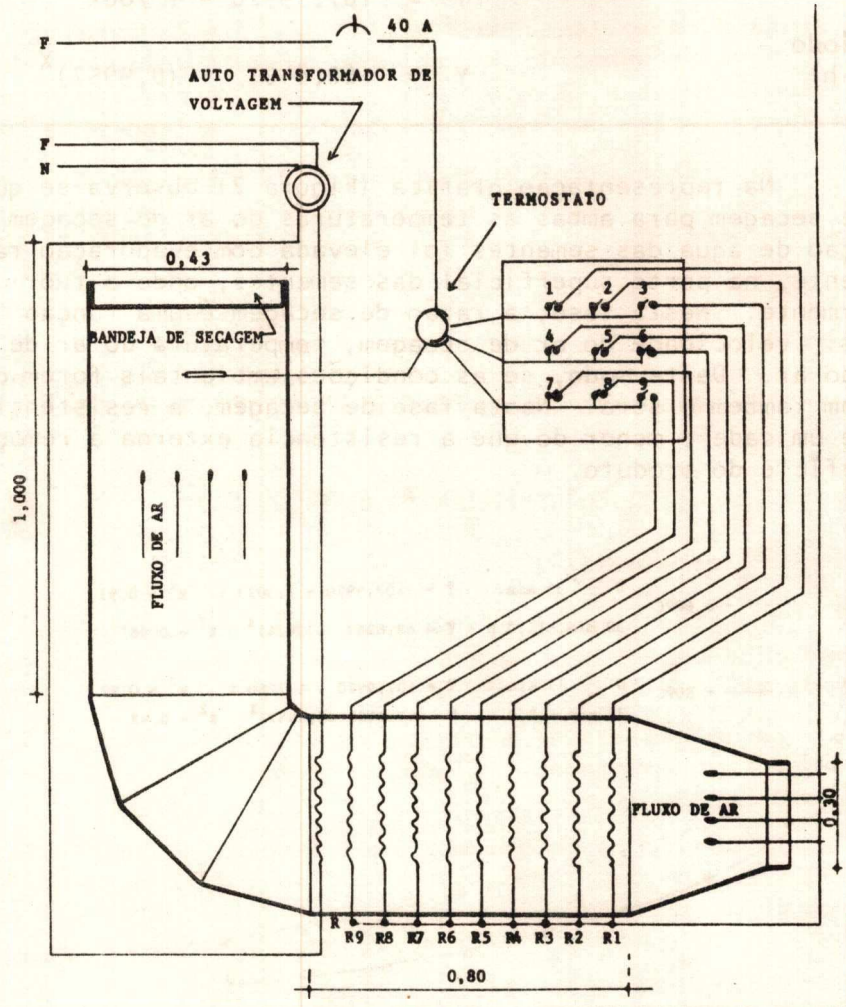


FIGURA 1 - Perfil do secador protótipo, sendo enfatizado detalhes de sistema elétrico.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos neste experimento, foram estabelecidas as equações de teor de umidade da massa de sementes de cacau, em função do tempo de secagem, para as temperaturas do ar de secagem de 60°C e 80°C.

2.1. Teor de Umidade (% BS), em Função do Tempo de Secagem

As equações de regressão de teor de umidade (% BS), em função do tempo de secagem (hora), são mostradas nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Equações de Regressão Estimadas para Teor de Umidade (% BS) de Sementes de Cacau, em Função do Tempo de Secagem Temperatura de 60°C

Primeiro Período (0 - 0,5 h)	$\hat{Y} = 107,9920 - 1,3023X$	$R^2 = 0,92$
Segundo Período (0,5 h - 11,0 h)	$\hat{Y} = 68,6262 \quad (0,9974)^X$	$R^2 = 0,98$

QUADRO 2 - Equações de Regressão Estimadas para Teor de Umidade (% BS) de Sementes de Cacau, em Função do Tempo de Secagem (hora) à Temperatura de 80°C..

Primeiro Período (0 - 0,5 h)	$\hat{Y} = 107,9920 - 1,760X$	$R^2 = 0,92$
Segundo Período (0,5 h - 6,0 h)	$\hat{Y} = 60,8401 - (0,9957)^X$	$R^2 = 0,98$

Na representação gráfica (Figura 2) observa-se que nos primeiros 30 minutos de secagem para ambas as temperaturas do ar de secagem (60°C e 80°C) a taxa de remoção de água das sementes foi elevada com evaporação rápida da camada d'água existente, na parte superficial das sementes, onde o teor de umidade decresce linearmente. Nesta fase, a razão de secagem é uma função de três parâmetros externos: velocidade do ar de secagem, temperatura do ar de secagem e Umidade Relativa do ar. Deste modo, se as condições ambientais forem constantes, a razão de secagem também o será. Nesta fase de secagem, a resistência interna ao transporte de umidade é menor do que a resistência externa à remoção de vapor de água da superfície do produto.

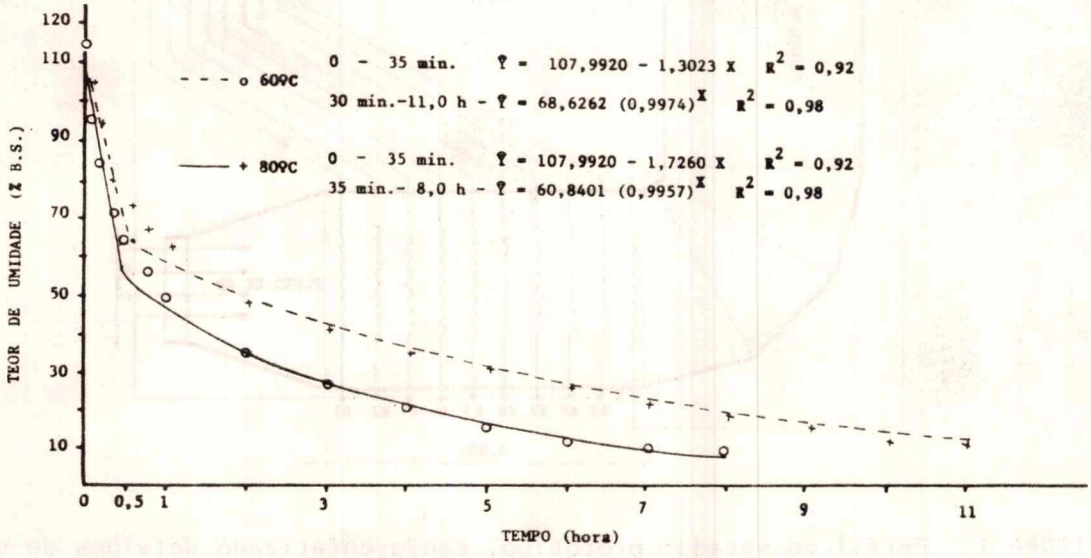


FIGURA 2 - Curvas de secagem sob duas condições de temperatura: 60°C e 80°C e velocidade do ar de 35 $m.min^{-1}$ de cacau recém-fermentado.

No segundo período (0,5 hora a 11,0 horas para temperatura do ar de secagem a 60°C e 0,5 hora a 8,0 horas para temperatura do ar de secagem a 80°C) observa-se que a remoção de umidade das sementes é dificultada pela resistência interna à movimentação d'água. Neste período, o teor de umidade decresce exponencialmente, tendendo a uma estabilidade, ao final de 11,0 horas e de 8,0 horas para as temperaturas de secagem de 60°C e 80°C, respectivamente.

O primeiro período (0 - 0,5 hora) de secagem das sementes de cacau está de acordo com os resultados obtidos por BRAVO e McGRAW (1974), embora es

tes autores tenham trabalhado com diferentes temperaturas de ar de secagem e velocidade do fluxo de ar.

CONCLUSÃO

A conclusão do trabalho foi a seguinte:

O período de secagem de cacau pode ser dividido em dois subperíodos. No primeiro subperíodo, a taxa de secagem é linear, sendo o segundo exponencial.

LITERATURA CITADA

BRAVO, A. & McGRAW, D.R. *Fundamental artificial dryng chacacteristics of cocoa beans*. Trop. Agric. (Trindad). Vol. 51, nº 3, July, 1974.

DE VOZ, L. *Artificial dryng of cocoa*. Landbonwproefta in Suriname, Bull. 73, p. 1-27. 1956.

FORSYTH, W.C. & QUESNEL, V.G. *Cacao curig*. Advances in Enzimology, 25:475 - 492. 1963.

HOWAT, G.R.; POWELL, D.R.; WOOD, G.A. *Experiments on cocoa drying and Fermemtation in West Africa*. Trop. Agriculture Trin. Vol. 34, p. 249-259. 1957.

MARAVILHAS, N. *Secagem mecânica do cacau fermentado*. Cacao (Costa Rica), 13(1): 13-18. p. 50 1970.

POWELL, B.D. *The rapid artificial drying of cacao and chocolate flavour*. Trop. - Agriculture. Trin. Vol. 35, nº 3 p. 200 - 203. 1952.

ROELOFSEN, P.A. *Fermentation, drying and storage of coca beans*. Advances in food Research, 1958. Vol. 8.

WOOD, G.A.R. *Experiments on cacao drying in the Cameroum*. Trop. Agriculture, - Trin., Vol. 23, nº 1. p. 1-11. January, 1961.

SECAGEM DE AMÊNDOAS DE CACAU RELACIONADA ÀS TEORIAS DE SECAGEM EM CAMADAS DELGADAS*

Jairo. Cunha

RESUMO

Testes de secagem de amêndoas de cacau em camada delgada foram levados a efeito em um secador de unidades múltiplas ("multi-unit drier").

Curvas de secagem para as temperaturas de 50, 57,7, 60, 70, 74 e 75°C com fluxo de ar constante (9,14m.min^{-1}, foram plotadas. Cada temperatura teve duas repetições, com exceção da temperatura de 60°C, que teve quatro repetições.

As curvas de secagem são relacionadas às teorias existentes de secagem em camada delgada. Valores da umidade de equilíbrio (Me) e constante de secagem (K) foram determinados e curvas teóricas de secagem foram calculadas e comparadas com as curvas experimentais.

Valores da umidade de equilíbrio (Me) e constante de secagem (K) para secagem em camada delgada, foram correlacionadas entre si e com a temperatura. Equações de regressão linear foram estabelecidas para possibilitar a predição de secagem de amêndoas de cacau em camada delgada.

SUMMARY

Thin layer tests for cocoa beans were carried out in a "multi-unit drier" and drying curves for the temperatures of 50; 57.7; 60; 70; 74 and 75°C and constant air flow of 9.14 m. min^{-1} were plotted. Each temperature was repeated twice apart that of 60°C which was repeated 4 times. The drying curves are related to the existing thin layer drying theories. Values of the equilibrium moisture content (Me) and dying constant (K) were calculated and theoretical drying curves were predicted and compared with the experimental curves.

Values of equilibrium moisture content (Me) and drying constant (K) for thin layer drying were correlated between them and with temperature and regression equations were set up to make possible predictions of thin layer drying for cocoa beans.

1. INTRODUÇÃO

O processamento das amêndoas de cacau consiste principalmente de três fases: fermentação, secagem e armazenamento. Os dois últimos são mais difíceis e o armazenamento depende dos resultados alcançados na secagem.

Após a fermentação, as amêndoas vão para a secagem com o teor de umidade (T.U.) base úmida (B.U.) que varia de 52 a 59% na Malásia (HOWAT et alii 1957 WOOD, 1971) e até 60% foi mencionado por um consultor da FAO (ROHAN, 1963).

(*) Parte do Trabalho de Tese de Mestrado, apresentado no "Cranfield Institute of Tecnology - National College of Agricultural Engineering", Silsoe, Inglaterra.

O processo de secagem deve reduzir o teor de umidade do cacau para o nível de 7 a 8% B.U. (HOWAT, et alii, 1957; HAYNES, 1958; GOSH e CUNHA, 1975) para se garantir um período de armazenamento seguro, no qual o Brasil é aproximadamente de 6 meses.

As amêndoas sofre, então, uma redução de quase a metade de seu peso original. Se a secagem é muito lenta, o que ocorre no processo de secagem natural pelo sol durante os períodos de mau tempo, as amêndoas podem mofar, o que aumenta o número de horas de trabalho para prepará-las para a comercialização e, ainda, com sérios riscos de afetar a sua qualidade. As amêndoas mofadas precisam ser revolvidas mais frequentemente ou amontoadas na barcaça para serem pisadas por um grupo de trabalhadores, após serem aspergidas com um pouco de água. Isto elimina o mofo externo, e dá brilho, conferindo um bom aspecto às amêmdoas, mas não elimina o mofo interno, que ocorre em prolongadas condições de mau tempo e que é responsável pela má qualidade e depreciação do produto. Por outro lado, quando as amêndoas são secas muito rapidamente ou abaixo de 7 a 8% B.U., o que ocorre na secagem artificial devido ao uso de elevadas temperaturas, elas se tornam frágeis e se quebram facilmente, causando perdas durante a sua secagem e manuseio. As migalhas resultantes da quebra das amêndoas são vendidas no mercado a preço reduzido.

Secagem bem conduzida contribui decididamente para produzir um cacau de boa qualidade, que é fundamental na produção de um chocolate saboroso. Neste particular, a secagem ao sol é reconhecida por todos os países produtores como a melhor, desde quando ela dá tempo a que as mudanças químicas ocasionadas pela fermentação continuam a ocorrer durante a secagem.

ROHAN (1963), demonstrou que a retirada precoce das amêndoas do processo de fermentação, proporciona uma continuação ativa da destruição da antocianina. Todavia, ele considera a coloração marrom das amêndoas (Figura 1) como o aspecto de maior importância na secagem e que a coloração marrom está associada com a oxidação dos polifenóis por um sistema polifenol-oxidase, o qual somente se ativa na presença de oxigênio.

A maioria dos trabalhos publicados em secagem de cacau, como os mencionados por BRAVO e McGRAW (1974) (De VOS, 1956; HOWAT et alii, 1957; WOOD, 1961; ALLISON e KENTON, 1964; NEWTON, 1963; SHELTON, 1967 e HAYNES, 1958) foram relacionados principalmente com o desempenho dos secadores, seus custos de operação e a qualidade do produto comparados com os da secagem ao sol.

Pouca ou quase nenhuma atenção (De VOS, 1956) foi dada à temperatura das amêndoas de cacau durante o processo de secagem.

A temperatura considerada como prejudicial às amêndoas varia de autor para autor.

De VOS (1956) mencionou experimentos anteriores, os quais consideraram como prejudiciais, temperaturas acima de 55 a 60°C. Ele próprio encontrou resultados discordantes. Encontrou que, usando-se 90°C nas primeiras 2 a 3 horas e se reduzindo depois para 70°C, a secagem deu um cacau de boa qualidade.

No oeste da África e em Camarões, HAWAT et alii (1957) e WOOD (1961) encontraram que a secagem a 80°C produziu cacau de boa qualidade. O primeiro mencionou que a maioria das reações químicas envolve sistemas de enzinas e, então, as temperaturas não devem ser muito elevadas, o que conduziria a uma inativação desses sistemas. Bom chocolate não pode ser obtido na ausência desses sistemas. Eles encontraram pequenas diferenças entre sabor de chocolate feito com amêndoas secas ao sol e secas nos secadores artificiais. O último encontrou temperatura de 80°C, o fluxo de ar de 2,45 a 2,75 $m.min^{-1}$ e espessura das amêndoas de 12,7 cm como as demais econômicas condições de operação, isto significando baixo fluxo de ar e altas temperaturas.

Temperaturas de 60°C e fluxo de ar de 15 a 18 $m.min^{-1}$ são recomendadas (SALZ, 1972) para estágios de pré-secagem e 82 a 85°C e 9 a 11 $m.min^{-1}$ para estágios finais.

SHELTON (1967) e WOOD (1971) encontraram que um baixo fluxo de ar de 9,14 $m.min^{-1}$ (30 $ft.min^{-1}$) e temperaturas de 60 a 65,5°C (140° a 150°F) deram a

melhor eficiência geral de secagem.

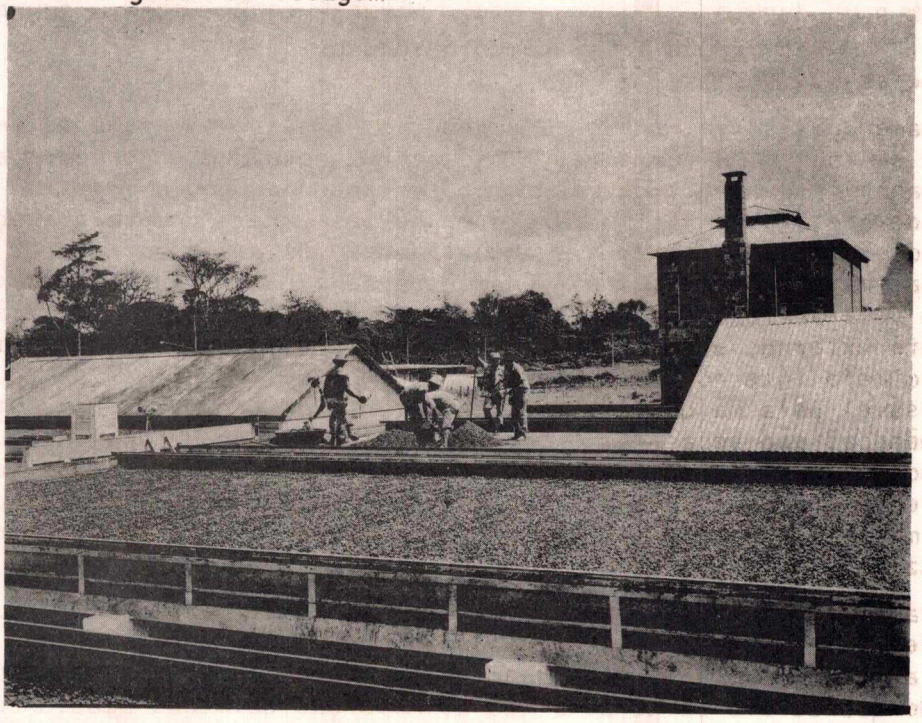


FIGURA 1 - Exemplo de secagem de cacau ao sol em barcaça. Uma coloração marrom muito boa é mostrada.

(original em cores)

Muito poucos experimentos têm sido feitos para estudar as características fundamentais das amêndoas de cacau, de modo que elas não são bem conhecidas, particularmente aquelas relacionadas às teorias de secagem.

A primeira tentativa foi feita por BRAVO e McGRAW (1974) na qual uma camada fina de amêndoas foi seca sob fluxo de ar controlado (constante). Curvas de secagem foram obtidas para as temperaturas de 37 a 86°C e fluxos de ar de 2,8 a 77,6 $m.min^{-1}$. Três períodos de secagem diferentes foram observados: primeiro - o de taxa de secagem constante, o qual foi uma função da temperatura e fluxo de ar a taxa de secagem, sendo controlada pela taxa de transferência de calor. Segundo - a umidade do interior da amêndoa foi transferida para a corrente de ar através da testa. As amêndoas experimentaram uma considerável mudança em forma. O período final: o restante da umidade foi seco extremamente devagar. No segundo e terceiro períodos a taxa de secagem foi uma função da temperatura somente.

Até o momento, não existem trabalhos que correlacionem as curvas de secagem para amêndoas de cacau com as teorias existentes ou que estendam as investigações de camadas delgadas para predição de comportamento de secagem em camadas espessas.

O objetivo do presente trabalho foi, então, investigar as características fundamentais da amêndoa de cacau e relacioná-las ao processo de secagem tais como:

1. Conduzir testes de secagem em camadas delgadas variando as temperaturas.

2. Investigar a correlação entre curvas experimentais e teorias de secagem existentes.

2. CONCEITOS TEÓRICOS

A secagem em camada delgada é a secagem na qual cada grão é totalmente

exposto ao fluxo de ar passando através dos grãos. Inicialmente, o ar extrai a água que está na superfície do grãos. Mais tarde, a extração de água fica dependendo do movimento da umidade do interior do grão para sua superfície, onde a água é então evaporada pelo ar que passa pelos grãos, contanto que o ar esteja ainda com capacidade de absorção de umidade.

O movimento da umidade dentro do grão é uma resposta às condições externas. Sua taxa de movimento será afetada pela taxa de ar passando através dos grãos, se condições estáveis não são mantidas (NELLIST, 1974).

Condições estáveis são virtualmente mantidas experimentalmente pela secagem de camada delgada ou camada exposta, com um excesso de fluxo de ar.

A equação que define o movimento da umidade durante o período de secagem é baseada na equação de Newton (Hall, 1971), na qual a temperatura é substituída pelo teor de umidade, base seca, como segue:

$$\frac{M-Me}{Mo-Me} = e \times p\ (-Kt) \qquad \text{Eq. 1}$$

na qual:

M = Teor de umidade, base seca, a qualquer tempo

Me = Umidade de equilíbrio

Mo = Teor de umidade inicial, base seca

K = Constante de secagem

t = Tempo.

2.1. Determinação de Umidade de Equilíbrio - Me

O termo Me na equação 1 é chamado de umidade de equilíbrio dinâmico e usualmente difere de equilíbrio estático (obtida das curvas de equilíbrio de umidade).

Esta equação descrever a curva de secagem e para se encontrar o valor de Me para a curva experimental, procede-se da forma a seguir:

Tomando-se três pontos diferentes num gráfico de teor de umidade em função do tempo, e se fazendo o intervalo de tempo entre os pontos 1 e 2, o mesmo intervalo entre os pontos 2 e 3, três valores diferentes para M (M_1, M_2 e M_3) e três valores diferentes para t (t_1, t_2 e t_3) são obtidos. Substituindo-se os três valores na equação 1 e se dividindo as equações obtidas entre si, encontraremos que:

$$Me = \frac{M_1 \cdot M_3 - M_2^2}{M_1 + M_3 - 2M_2} \qquad \text{Eq. 2}$$

Tomando-se valores de M_1, M_2 e M_3, o mais espaçadamente possível na curva de secagem, substituindo-os na equação 2 , o valor de Me será encontrado.

2.2. Determinação da Constante de Secagem - K

Na equação 1, o primeiro termo $\frac{M-Me}{Mo-Me}$ é conhecido como a taxa de teor de umidade que, plotada em função do tempo (t), em papel semilogarítmo, produz uma linha reta. A constante de secagem K é representada pela inclinação dessa reta e valores diferentes podem ser discernidos.

HALL (1971) indica uma solução gráfica para cálculo da constante de secagem K, usando-se a fórmula:

$$\frac{Y}{X} = (0,4343)\ (K)\ \ (F) \qquad \text{Eq. 3}$$

onde:

$\frac{Y}{X}$ = Inclinação da linha reta

F = Fator de escala, representado por um número tomado da origem do eixo de X, igual à largura de um ciclo do eixo de Y (Ver figura nº 6 semi-logarítmico)

2.3. Predição de Secagem em Camadas Delgadas

A disponibilidade de valores da umidade de equilíbrio (Me) e da constante de secagem (K) nos possibilita o cálculo de valores teóricos do teor de umidade (M) em um dado tempo (t). A fórmula 2.1 poderá ser escrita:

$$M = \exp(-Kt)\ (Mo - Me) + Me \qquad \text{Eq. 4}$$

Entrando-se na equação 4 com valores apropriados do teor de umidade inicial (Mo), umidade de equilíbrio (Me), constante de secagem (K) e se variando o tempo (t) os pontos teóricos do teor de umidade serão encontrados.

Da mesma forma, tomando-se M como o teor de umidade desejado, é possível calcular-se o tempo de secagem requerido.

3. MATERIAL E MÉTODO

Frutos frescos de cacau foram importados da CEPLAC, BAHIA, BRASIL, oriundos do cruzamento de uma seleção local (SIC) com clones "United Fruit" (UF), "Imperial College Selection" (ICS) e "Iquitos Material Collection" (IMC).

As amêndoas foram fermentadas durante 2,5 dias, numa caixa de isopor, para compensar as diferenças em temperatura e aeração, como se o material fosse tratado em grande quantidade.

O teor de umidade inicial das amêndoas ao final da fermentação, foi de 118,3% base seca (B.S.), determinado pela secagem de três amostras numa estufa a 105^0C até atingir peso constante. O método de secagem de amostras até o peso constante em estufa a 105^0C foi adotado durante todo o experimento.

3.1. Equipamento

Os testes para determinar as curvas de secagem em camada delgada para amêndoas de cacau foram feitos no Secador de Múltiplas Unidades ("multi-uni drier"), no National Institute of Agricultural Engineering (N.I.A.E.).

O Secador de Múltiplas Unidades, Figura 2, consistiu de 8 plataformas circulares de secagem de 0,185m^2 cada uma, com armação de alumínio e sua plataforma era feita de um nylon de malha muito fina, onde as amêndoas foram postas para secagem, Figura 4.

As plataformas assentavam-se em hastes, Figura 4D as quais estavam rigidamente ligadas, na sua parte inferior, a uma balança de prato superior "Sauter-Toppan", Figura 4 A.

Na base da haste um pequeno ressalto suportava um depósito removível, Figura 4B, dentro do qual pequenas esferas de aço podiam ser adicionadas, provenientes de um reservatório, Figura 4C, de onde eram liberadas automaticamente.

A perda de peso das amêndoas de cacau e a temperatura do fluxo de ar durante os testes de secagem, foram registradas, através de perfuração em fitas de papel por um registrador de dados "Solartron Compact Series 2 and 2 Addo type 5"

Um sistema de pesagem automática, ligado ao registrador, permitiu que a perda de peso fosse verificada num intervalo clínico de 4 segundos, em cada

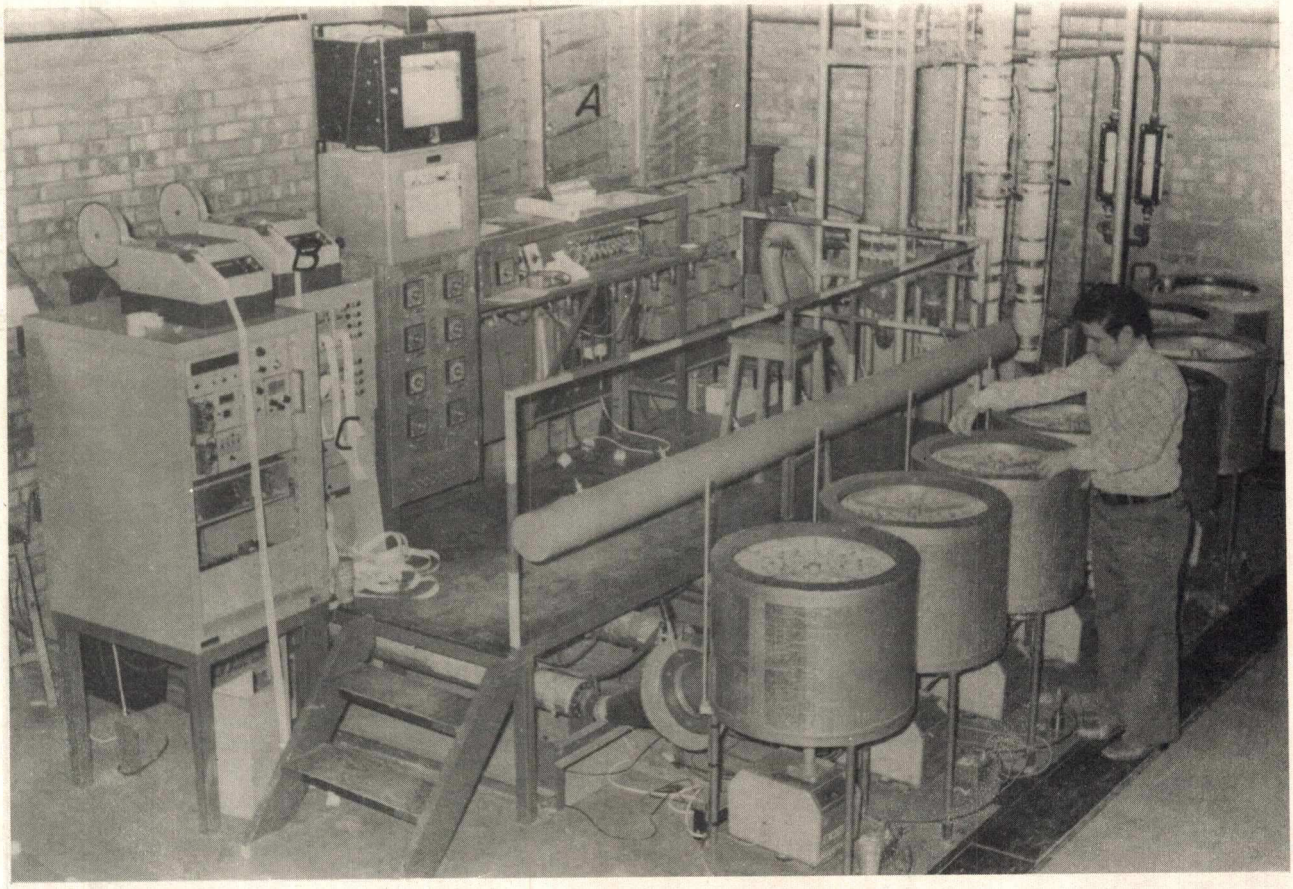


FIGURA 2 - Secador de Múltiplas Unidades (Multi-unit Drier) para secagem em camadas delgadas.

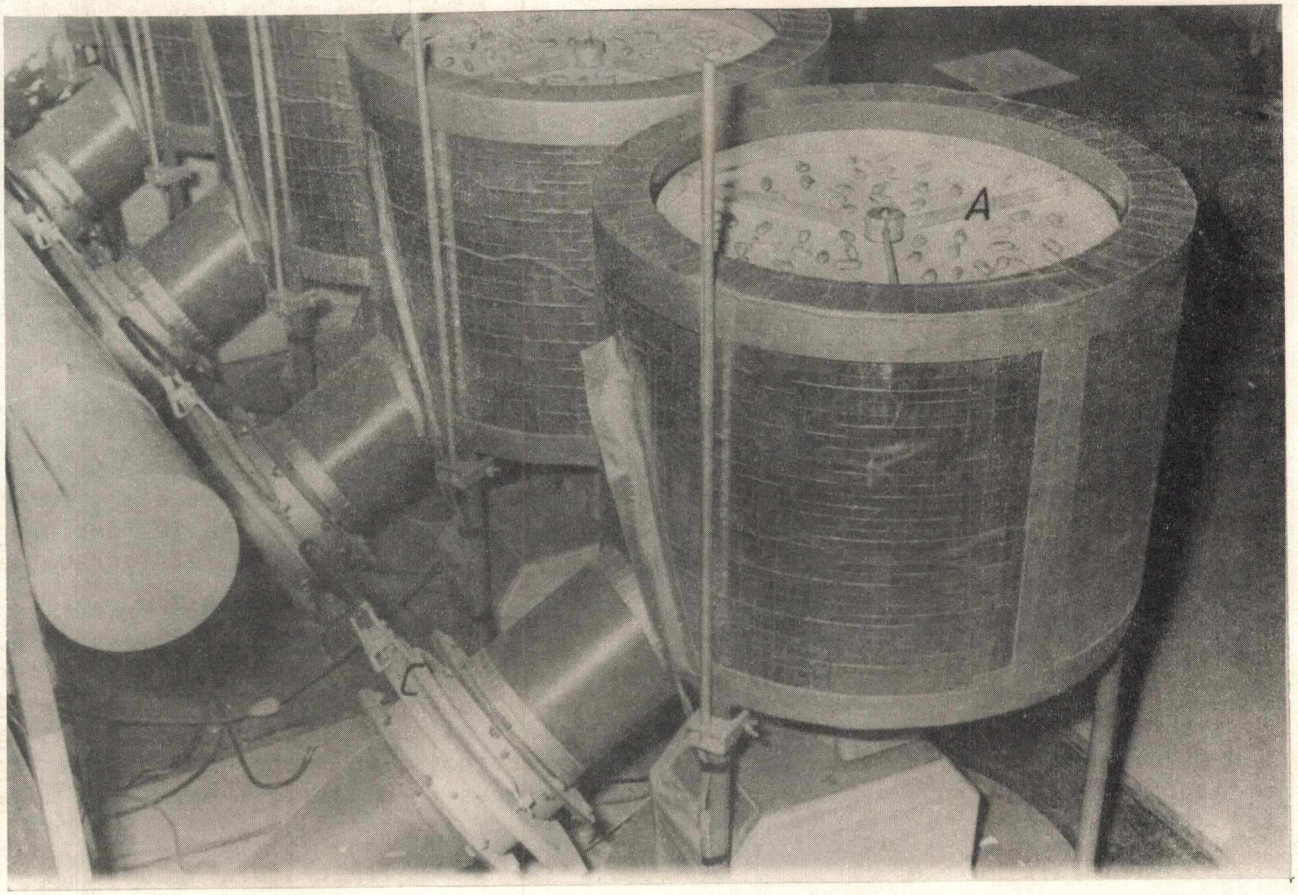


FIGURA 3 - Camada delgada de amêndoas de cacau na plataforma (A). Diafragma Iris (B) e controle de fluxo de ar (C).

uma das 8 plataformas, e os dados fossem registrados num único tipo de papel de 8 dígitos, Figura 2B. O tempo cíclico também foi registrado numa fita de papel, Figura 2C.

A temperatura de cada plataforma de secagem foi também registrada numa fita. As leituras da temperatura foram baseadas na alimentação em milivolts vindos de termopares de Cromo-Constantan e podiam ser reguladas por meio de um relógio digital para serem lidas a intervalos de tempo diferentes. Para este experimento, foi usado o intervalo de tempo de 30 minutos.

GREIG (1970) e NELLIST (1974) descreveram o aparelho com muito mais detalhes e apresentaram diagramas dos componentes principais.

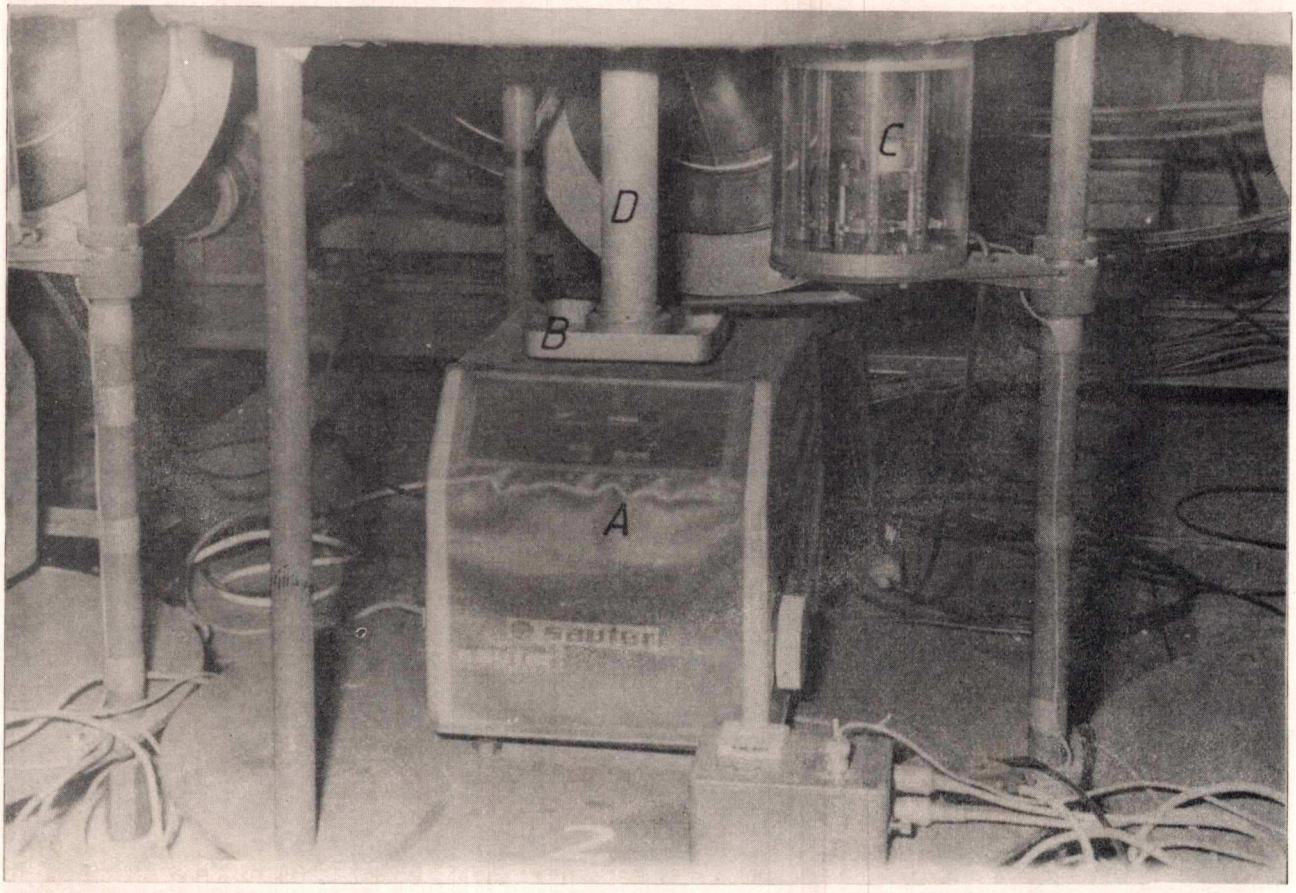


FIGURA 4 - Balança de prato superior "Sauter Toppan" (A), haste (D), depósito removível (B) e reservatório (C).

3.2. Trabalho Experimental

Ao final do processo de fermentação, as amêndoas a serem secas, foram levadas diretamente ao Secador de Múltiplas Unidades, o qual estava já funcionando. Parte delas foi posta em saco plástico, selada e colocada no refrigerador a 50°C para o segundo teste.

As temperaturas de secagem foram planejadas para variar de 50 a 80°C, em intervalos de 10°C com duas repetições. A temperatura de 50°C é dada por SALZ (1972) como a temperatura ao final da fermentação (ponto de começo de secagem) e 80°C é geralmente aceita como uma das mais altas temperaturas a serem usadas para a secagem do cacau. Entretanto, o aparelho só foi capaz de dar uma temperatura máxima de 75°C e as seguintes temperaturas foram obtidas para cada plataforma:

Plataforma - Nº	Temperatura - °C
1	50,0
2	60,0
3	74,0

Plataforma - Nº	Temperatura - ^{0}C
4	70,0
5	75,0
6	Não funcionou bem
7	60,0
8	57,7

O fluxo de ar foi fixado em 9,14 $m.min^{-1}$ (30 $ft.min^{-1}$) baseado em SHELTON (1967), WOOD (1971) e SALZ (1972), e foi determinado pela pressão diferencial através de uma placa com orifício. A pressão diferencial foi calculada e ajustada no painel, Figura 2A, em termos de coluna de água, através de controle manual, Figura 3C.

Com fluxo de ar e temperatura constantes, indicados respectivamente pela pressão diferencial no painel e pelo registrador de temperatura de múltiplos pontos, o teste de secagem prosseguiu como indicado: A plataforma 1 foi removida e pesada numa balança, após o que as amêndoas de cacau foram espalhadas numa camada delgada. O peso da plataforma e plataforma com amêndoas foram obtidos separadamente. A plataforma com amostra foi imediatamente recolocada na câmara e naquele momento uma outra pessoa zerou o contador impressor da plataforma 1. A balança foi então rapidamente ajustada para leitura de 100g. O circuito do foto interruptor foi imediatamente ligado, o que causou a adição de uma esfera de aço (peso = 0,51g) pelo reservatório, Figura 4C, e a leitura da balanço passou a indicar 100,51g.

A secagem prosseguiu então e cada vez em que o peso se reduziu para 100 g outra esfera foi adicionada pelo reservatório, aumentando a leitura para 100, 51g. A perda de peso e o intervalo de tempo foram registrados automaticamente.

O mesmo procedimento foi imediatamento e continuamente repetido para as outras plataformas, em ordem cronológica, até a plataforma 8. O tempo tomado para acionar cada plataforma foi de aproximadamente 2 minutos.

Ao final do teste, cada plataforma, da 1 para a 8, foi desligada e pesada. As amêndoas foram seladas num saco plástico para a determinação do teor de umidade final. O tempo tomado foi de aproximadamente 2 minutos, o que compensou para cada plataforma, em termos de tempo total de secagem.

As esferas de aço foram pesadas para cada plataforma separadamente, representando a perda de peso.

Os dados coletados e os automaticamente registrados, foram então alimentados num Programa de Sistema de Secagem, chamado C.V.S.G., o qual usa a N.A.G. Biblioteca de Programas designado E.O.4.F.A.F. para minimizar os quadrados mínimos. O E.4.F.A.F. usou o método de : PECKHAM, G. "A new method for minimizing a sum of squares without calculating gradients." Computer J, 1970, 13, 418-420 . (Informação dada por Dr. M.E. NELLIST - N.I.A.E).

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O primeiro teste durou 19 horas e o segundo 22 horas e 45 minutos. Os dados coletados, de cada teste, são apresentados no Quadro 1. Estes dados, devidamente introduzidos no computador, produziram aproximadamente 160 pontos (teor de umidade e tempo respectivo), dos quais uma média de 23 pontos foi usada para plotar cada curva de secagem.

Os pontos das curvas com a mesma temperatura foram plotados juntos num único gráfico, após o que foram representados por uma única curva de valor médio As curvas de valor médio para cada temperatura foram plotadas juntas para originar a Figura 5.

QUADRO 1 - Dados de Secagem em Camada Delgada

PLATAFORMA Nº	TESTE Nº 1				TESTE Nº 2			
	Peso Inicial da Amostra g	Peso Final da Amostra g	Peso das Esferas Adicionadas - g	Teor de Umidade Final % B.S.	Peso Inicial da Amostra g	Peso Final da Amostra g	Peso das Esferas Adicionadas - g	Teor de Umidade Final % B.S.
1	161,2	80,5	79,5	8,52	161,3	78,1	82,8	7,69
2	160,4	77,3	82,0	5,52	158,6	75,4	83,0	4,88
3	158,0	73,2	85,5	3,70	159,4	74,2	85,0	3,15
4	155,0	72,2	73,7	4,06	156,7	73,7	76,2	3,78
5	159,0	73,8	84,0	3,61	156,2	72,1	82,3	3,22
7	160,2	75,9	83,4	6,13	158,0	75,3	82,4	5,08
8	160,0	76,4	83,0	5,84	159,9	74,8	84,8	5,21

Teor de Umidade Unicial = 118,29% B.S.

Duração: Teste nº 1 = 19 horas e
Teste nº 2 = 22,75 horas

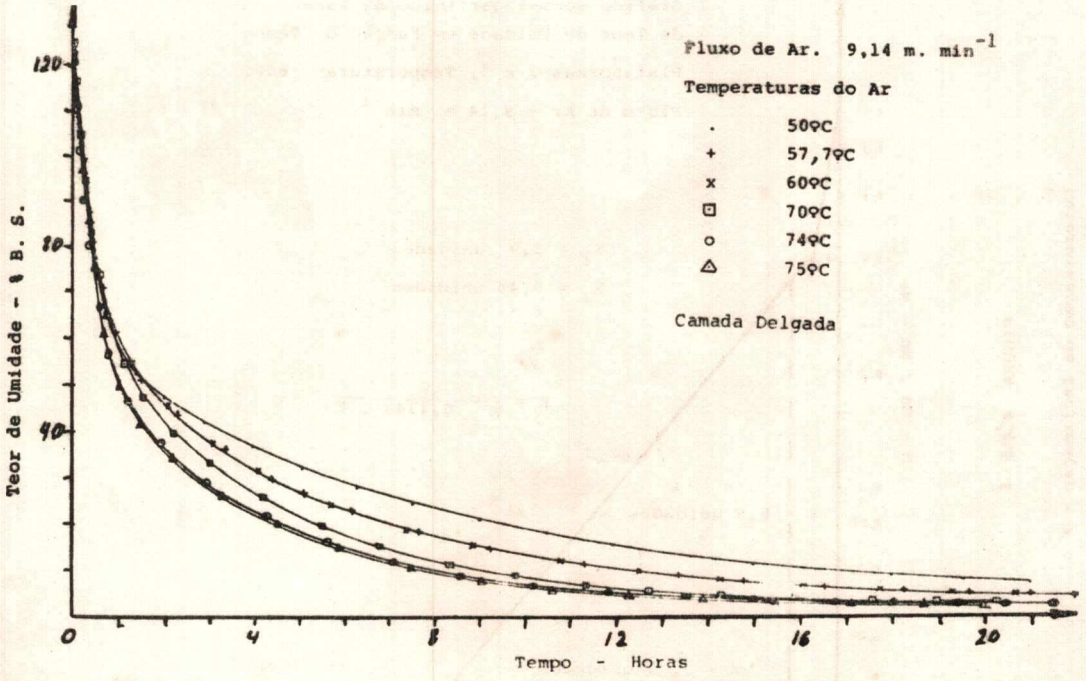


FIGURA 5 - Curvas de Secagem para Amêndoas de Cacau

4.1. Correlação entre Curva Experimental de Secagem e Teorias de Secagem Existentes

Usando-se a equação 2, e se lendo os valores de M_1, M_2 e M_3 na Figura 5 para os tempos de 2, 10 e 18 horas, respectivamente para cada curva de secagem, os valores de Me foram encontrados e são apresentados no Quadro 2.

A taxa de teor de umidade foi plotada em função do tempo em papel semi logarítmico para cada uma das temperaturas (50; 57,7; 60; 70; 74 e 75°C). Neste trabalho só apresentamos a Figura 6 correspondente à temperatura de 60°C, como exemplificação. Em cada gráfico, duas linhas retas diferentes foram observadas, uma para o período de taxa de secagem constante (linha reta superior) e outra para o período de taxa de secagem decrescente (linha reta inferior) e, assim, dois valores diferentes de K foram calculados de acordo com a equação 2 e são apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 - Valores da Umidade de Equilíbrio (Me) e da Constante de Secagem (K) para Amêndoas de Cacau

Temperatura °C	U.E. (Me) % B.S.	Constante de Secagem K_1	Constante de Secagem K_2
50,0	3,875	0,130	0,838
57,7	3,586	0,180	0,810
60,0	3,413	0,173	0,838
70,0	2,850	0,233	0,916
74,0	2,630	0,242	0,846
75,0	2,600	0,252	0,950

K_1 = Constante de Secagem para o período de taxa de secagem decrescente

K_2 = Constante de Secagem para o período de taxa de secagem constante

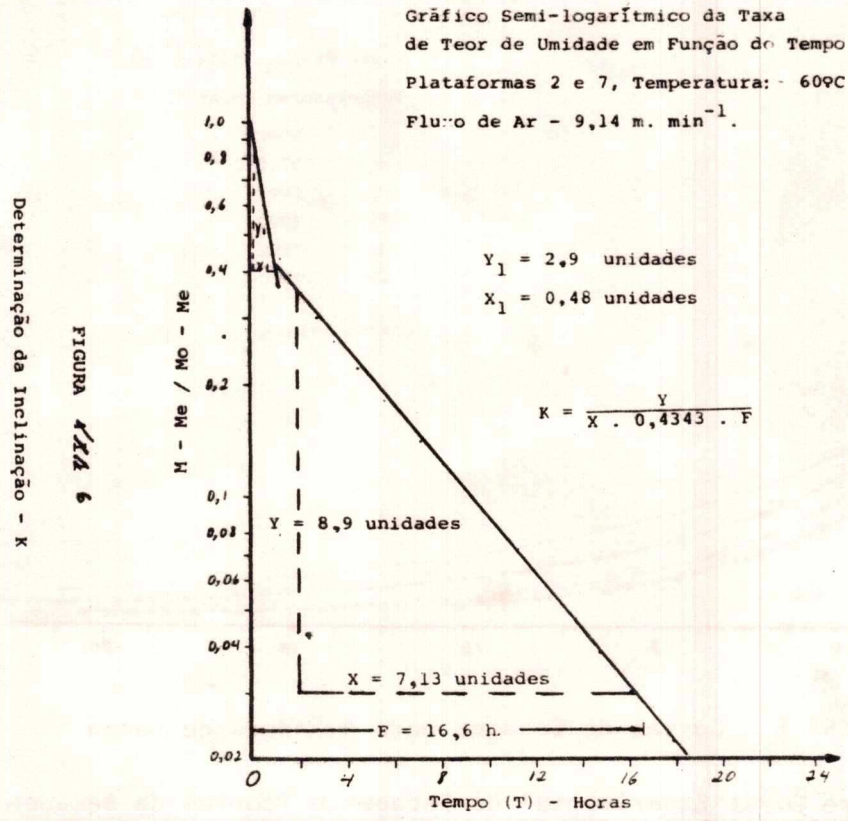


FIGURA 6 - Determinação da Inclinação - K.

4.1.1. Cálculo das Curvas Teóricas de Secagem

Usando-se a equação 4, como explicado no prágrafo 2.3, os pontos teóricos do teor de umidade, para as temperaturas de 50; 57,7; 60; 70; 74 e 75°C foram encontrados e comparados com as curvas experimentais. Neste trabalho apresentamos a comparação para a curva de 60°C, Figura 7, como exemplificação.

A constante de secagem K_1 foi usada para calcular os pontos teóricos para o período de taxa decrescente (P.T.D.) da curva, com teor de umidade inicial (T.U.I.) (Quadro 3) arbitrariamente tomado, como o ponto de transição (P.T.) entre o período de taxa constante (P.T.C.) e o período de taxa decrescente. A constante de secagem K_2 foi usada para calcular os pontos teóricos para o período de taxa constante, com o teor de umidade inicial, sendo o teor de umidade inicial da secagem (Quadro 3).

QUADRO 3 - Teores de Umidade Iniciais Usados para Calcular os Pontos Teóricos

Temperatura °C	TUI para PTC (% B.S)	TUI para PTD % (B.S)	PT entre PTC e PTD (horas)
50,0	120,00	51	1,58
57,7	126,00	50	1,72
60,0	122,00	50	1,72
70,0	126,00	50	1,40
74,0	123,00	44	1,42
75,0	123,63	44	1,40

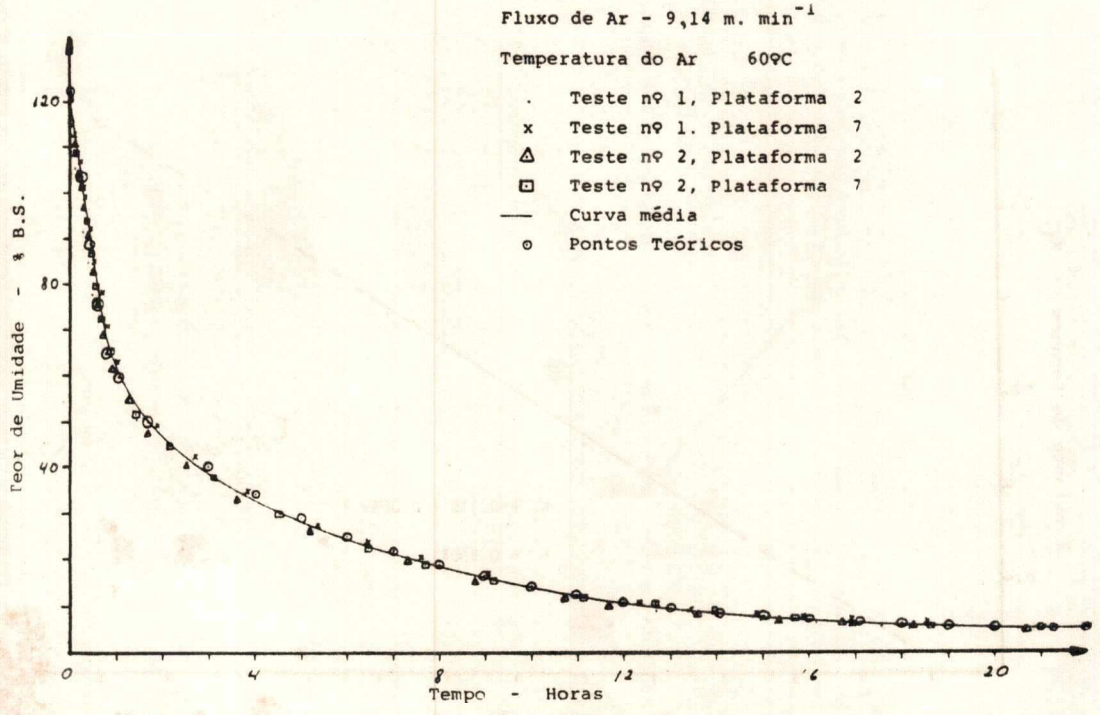


FIGURA 7 - Curva de Secagem para Amêndoas de Cacau.

4.1.2. Relação entre Temperatura (T), Umidade de Equilíbrio (Me) e Constante de Secagem (K)

Do Quadro 2, foi inicialmente investigada a relação entre umidade de equilíbrio (Me) e temperatura (T) e a Figura 8 plotou uma linha reta.

Plotando a constante de secagem (K_1) em função da temperatura (T), outra linha reta foi obtida na Figura 9.

Um terceiro gráfico, relacionando a constante de secagem (K_1) e a umidade de equilíbrio (Me), foi feito na Figura 10 e uma terceira linha reta foi obtida.

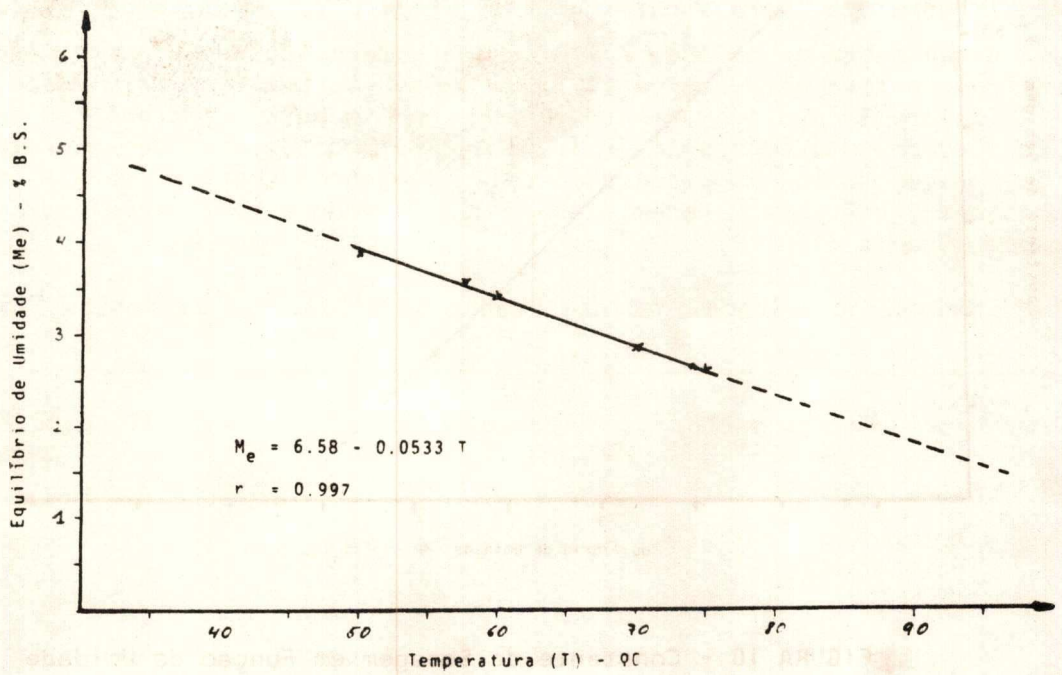


FIGURA 8 - Equilíbrio de Umidade para Amêndoas de Cacau em Função da Temperatura.

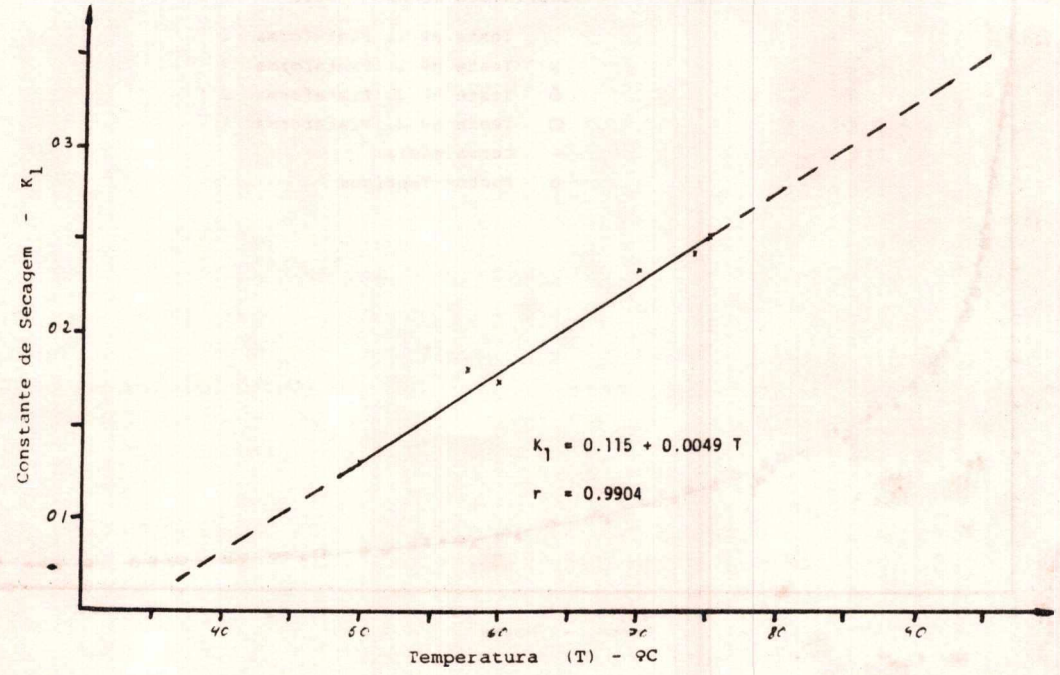


FIGURA 9 - Constante de Secagem para Amêndoas de Cacau em Função da Temperatura.

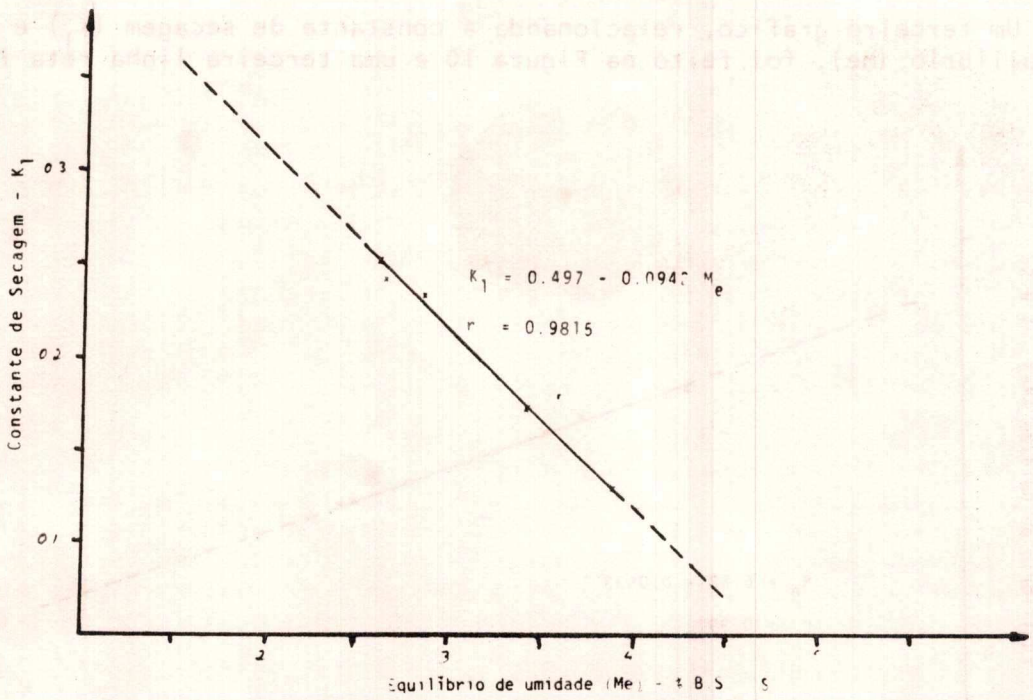


FIGURA 10 - Constante de Secagem em Função da Umidade de Equilíbrio para Amêndoas de Cacau.

A equação de regressão linear foi aplicada aos três gráficos e 3 equações foram encontradas para definir as relações entre T, Me e K_1.

$$Me = 6,58 - 0,0533\ T \qquad \text{Eq. 5}$$

$$K_1 = 0,115 + 0,0049\ T \qquad \text{Eq. 6}$$

$$K_1 = 0,497 - 0,0942\ Me \qquad \text{Eq. 7}$$

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Se a porcentagem de umidade, calculada dos tempos cíclicos registrados, fosse plotada em função do tempo, haveria ao final da curva de secagem, uma discrepância com o teor de umidade final determinado na estufa. O programa computacional mencionado no parágrafo 3.2., forneceu os teores de umidade já com a discrepância corrigida.

O fluxo de ar foi bastante uniforme durante os testes, exceto para a plataforma nº 8, na qual a pressão diferencial oscilou e um fluxo de ar de 8,4 $m.min^{-1}$ foi observado ao final do teste. Isto explica o alto valor de K_1 no Quadro 2, para a temperatura de 57,7°C. Isto também explica a maior discrepância deste ponto, da linha reta, nas Figuras 8, 9 e 10.

A Figura 5 mostra as curvas de secagem como sendo uma função da temperatura. Os resultados obtidos concordaram com os encontrados por BRAVO e McGRAW (1974), mostrando três períodos de secagem diferentes. O primeiro, um período de taxa de secagem quase constante, e o terceiro, um período de taxa de secagem decrescente (o mais destacado deles). O segundo período teve uma duração muito curta, podendo mesmo ser considerado como um estágio de transição do primeiro para o terceiro período e pode ser melhor apreciado quando a taxa de teor de umidade é plotada em função do tempo no papel semi-logarítmico, Figura 6.

5.1. Correlação entre Curva Experimental de Secagem e Teorias de Secagem Existentes

Quando os valores de K_1 foram usados para calcular os valores teóricos, para toda a sua extensão, a curva teórica não se correlacionou bem com a curva experimental.

Todavia, quando o ponto de transição entre a taxa constante e a taxa decrescente de secagem foi considerado e valores diferentes de K foram tomados para cada período, Quadro 2, contanto que o teor de umidade inicial para cada período tenha sido tomado convenientemente (Quadro 3), os pontos teóricos calculados para cada período separadamente, correlacionaram-se muito bem com o período experimental respectivo, Figura 7.

De fato, três valores para **K** e três correlações deveriam ser feitas, para cada curva de secagem. Entretanto, o segundo período foi tão curto que o melhor procedimento foi prever os valores teóricos para o primeiro e terceiro períodos e uni-los usando uma curva flexível. O ponto de transição tomado arbitrariamente deve ser escolhido convenientemente como um ponto intermediário entre o fim do período de taxa constante e o começo do de taxa decrescente de secagem.

Em geral, o erro entre as curvas experimentais e teóricas foi sempre inferior a 2% do teor de umidade para todas as temperaturas usadas.

O ponto de transição, Quadro 3, não manteve uma correlação com o teor de umidade ou temperatura e significou que uma média de 1,5 horas de secagem foi omitida no começo do experimento, de maneira a correlacionar a equação 4 com o período de taxa de secagem decrescente.

Considerando-se um fluxo de ar de 9,14 $m.min^{-1}$, predições de tempo de secagem poderão ser feitas para amêndoas de cacau, usando-se a equação 1, considerando-se: a) cada período de secagem separadamente (taxa constante e taxa decrescente de secagem), contanto que valores apropriados de Mo, M e K sejam tomados para cada período, ou; b) somente o período de taxa decrescente, adicionando-se ao tempo calculado uma média de 1,5 horas. Valores para Me e K_1, para o período de taxa decrescente, poderão ser lidos nas Figuras 8 e 9 ou calculados das equações 6 e 7, respectivamente, de acordo com a temperatura.

5.2. Relação entre Temperatura (T), Umidade de Equilíbrio (Me) e Constante de Secagem (K)

A constante de secagem para o período de taxa constante de secagem (K_2) Quadro 2, não apresentou correlação com a temperatura. Os dados analisados estatisticamente resultaram em uma pobre correlação.

As equações 6 até 8 foram determinadas graficamente devido ao arranjo dos pontos em uma linha reta, Figuras 8 até 10, respectivamente. As duas primeiras equações definem a unidade de equilíbrio (Me) e constante de secagem (K_1) como uma função da temperatura. A terceira equação define K_1 como uma função de Me. Elas podem ser usadas para predizer valores de Me e K_1 de acordo com variações de temperatura, para fluxo de ar de 9,14 $m.min^{-1}$.

As equações devem ser testadas com outras amostras de cacau para se saber até quando poderemos estendê-las às outras partidas de amêndoas de cacau desde quando elas deverão ser usadas para material biológico.

6. CONCLUSÕES

As curvas de secagem em camada delgada para amêndoas de cacau concordaram com pesquisas anteriores apresentando: três períodos distintos de secagem, período de taxa constante e dois períodos diferentes de taxa decrescente de secagem e, também, uma dependência de temperatura.

A equação 1, que define a curva de secagem em camada delgada, aplicada separadamente a dois períodos diferentes de secagem (período de taxa constante e de taxa decrescente), considerando-se valores apropriados da constante de secagem (K) e teor de umidade inicial (M) para cada período, predisse de maneira consistente uma correlação entre as curvas teóricas e as curvas experimentais de secagem para amêndoas de cacau.

Os valores da umidade de equilíbrio (Me) e constante de secagem para o período de taxa decrescente de secagem (K_1) foram uma função da temperatura, assim como a constante de secagem (K_1) foi uma função da umidade de equilíbrio (Me) e suas relações foram expressas em três equações de regressão diferentes (6 7 e 8).

7. AGRADECIMENTOS

Os testes de secagem em camada delgada foram feitos devido à disponibilidade de um Secador de Unidades Múltiplas (Multi-Unit Drier), no National Institute of Agricultural Engineering (N.I.A.E.), gentilmente cedido por seu Diretor.

O autor agradece ao Dr. M.E. NELLIST pela ajuda no uso dos programas de computador para processamento dos dados.

Muito agradece, também, ao Sr. M. HUGHES, pela assistência nas determinações dos teores de umidade das amostras.

LITERATURA CITADA

ALLISON, H.W. and KENTON, R.H. "Mechanical drying of cocoa". *Trop. Agric. Trin.* Vol. 41, No. 2, Apr., pp 115-119. 1964.

BRAVO, A. and McGAW, D.R. "Fundamental artificial drying characteristics of cocoa beans". *Trop, Agric. Trin.*, Vo. 51, No. 3, July.

DE VOS, L. *"Artificial drying of cocoa"*. Landbouwproef Station in Suriname.Bull. No. 73. 1956.

GHOSH, B.N. and CUNHA, J. "Effect of season on sun drying of cocoa beans in Brazil". *Turrialba, Oct./Dec.*, 12(4): 396-403. 1975.

GREIG, D.J. "The determination of rate constant in the thin layer drying of agricultural crops". *J. Agric. Engng. Res.*, 15(2): pp. 106-110. 1970.

HALL, C.W. *"Drying farm crops"*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

HAYNES, D.W.M. "Cocoa drying". *Malaya Agric. J.*, 41(2): pp. 88-96. 1958.

HOWAT, G.R., POWELL, B.D. and WOOD, G.A.R. "Experiments on cocoa drying and fermentation in West Africa". *Trop. Agric. Trin.*, 34, No. 4, Oct., pp. 249-259 . 1957.

NELLIST, M.E. *"The drying of ryegrass seeds in deep layers"*. A thesis submetted for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of Newcastle-upon-tyne, Vol. 1 and 2.

NEWTON, K. "Cocoa drying with the lister moisture extraction unit". *Papua and New Guinea Agric. J.*, 16(2,3), pp. 91-102. 1963

ROHAN, T.A. *"Processing of raw cocoa for the market"*. F.A.O. Agricultural Studies, No. 60. 1963.

SALZ, A.G- "Cocoa processing a pratical approach to fermenting and drying", In Conference on Cocoa and Coconuts, *Proceedings, Kuala Lumpur*, pp 181-218. 1972,

SHELTON, B. "Artificial drying of cocoa beans". *Trop. Agric. Trin., Apr.*,Vol. 44, No. 2, pp. 125-132. 1971.

WOOD, G.A.R. "Cocoa drying". *Planter*, 47, pp 449-454. 1971.

WOOD, G.A.R. "Experiments on cocoa drying in the Camerooms". *Trop. Agric. Trin.*, 38, No. 1, Jan. 1961.

ESTUDO EXPERIMENTAL DA SECA-AERAÇÃO DE AMÊNDOAS DE CACAU EM CAMADA FINA*

Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**
José Borges Pinheiro Filho

RESUMO

A secagem artificial de cacau constitui uma área de pesquisa muito pouco estudada. De acordo com a literatura, não existe nenhum trabalho sobre seca-aeração de cacau. Em visto disto, o presente trabalho teve como objetivo determinar as curvas de secagem do cacau bahia fermentado, em camadas finas, às temperaturas do ar de secagem de 90°C e 105°C; determinar a umidade mínima de sabor característico (UMSC) do cacau bahia, às temperaturas do ar de secagem com aeração complementar (25°C e umidade relativa de 80%, 75% e 70%) até às umidades de equilíbrio, a partir das umidades mínimas de sabor característico do cacau bahia e depois de um período de repouso de 6 horas.

A umidade mínima de sabor característico (UMSC) define-se como o teor de umidade mínima que manterá o sabor característico do cacau bahia, sob dada condição de secagem. Para teores de umidade abaixo dos valores de UMSC, o produto sofreria uma redução na qualidade, diminuindo sua cotação no mercado.

Este experimento indicou que, para a secagem feita a 90°C o valor de UMSC está entre 17,5% b.s. e 8,7% b.s. e para a secagem a 105°C, está acima de 53,8% b.s.

Verificou-se que o tempo necessário para estabelecer a umidade de equilíbrio higroscópico, com aeração, após a secagem a 105°C e período de repouso de 6 horas, foi de 72, 88 e 99 horas, para as umidades relativas de 80%, 75% e 70%, respectivamente, e de 48, 72 e 84 horas, para o produto que foi seco a 90°C. A velocidade do ar utilizado para aeração foi de 0,58 m.min^{-1} e temperatura de 25°C.

SUMMARY

The artificial drying of cocoa beans is an area where few studies has been conducted. According to the literature there is no work done on dryeration of cocoa beans. Thus, the objectives of the presente study are: a) The determination of the drying curves of the Bahia cocoa beans in thin layers when submitted to drying temperatures of 90 and 105°C; b) the determination of the miminum moisture content that gives the cocoa beans the characteristic flavor at the above mentioned temperatures and; c) the determination of the drying curves with compplemental air (25°C and relative humidities of 80, 75 e 70%) until the humidity equilibrium is reached. Such curves will be obtained starting from the minimum moisture of characteristic flavor (MMCF) and after a rest period of 6 hours.

(*) Trabalho baseado na tese apresentado pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, como uma das exigências do Curso de Engenharia Agrícola para obtenção do grau de Magister Scientiae.

(**) Respectivamente, Professor da Universidade Federal da Paraíba e Professor da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

The minimum moisture of characteristic flavor (MMCF) was defind as the minimum moisture content of the grain (dry basis d. b.) that will maintain the characteristic flavor of the Bahia cocoa beans. At lower leveds of humidity the product will suffer quality losses decreasing price in the product will seffer quality losses decreasing price in the market.

The experiment indicated that for a drying temperature of 90°C the MMCF was located between 17.6 d.b. and 8.7% d.b. and fot the 105°C the MMCF valwer were always above 53.8%.

It was observed that the time necessary to reach the hygroscopic equilibrium, with air, after drying at 105°C and 6 hours of rest were 72, 88 and 99 hours fou the relatives humidities of 80, 75 and 70%, respectively. When the product was dried at 90°C the equilibrium times were 48, 72 and 84 hours for the 80, 75 and 70% relatives humidities, respectively. The aie velocitu utilized in the aeration was of 0,58 m.min^{-1} and the temperature of 25°C.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil entra atualmente em um plano de expansão visando aumentar as áreas cacaueiras cultivadas de 450.000 ha. existentes para 750.000 ha a serem implantadas até 1980; CEPLAC (1975); CONJUNTURA ECONÔMICA (1978). Tal aumento de produção implica na necessidade de se reavaliarem as técnicas até então usadas no processamento do cacau, especialmente as técnicas de secagem e armazenagem.

Após a colheita dos frutos do cacaueiro, as sementes são retiradas e colocadas em cochos para fermentação. O cacau fermentado contém aproximadamente 52% de umidade em base úmida (b.u) e deverá ser seco até 7-8% b.u., que é a umidade satisfatória para a armazenagem e exportação. NORMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE CACAU EXPORTÁVEL (1968).

A secagem de amêndoas de cacau geralmente é feita em barcaças ou terreiros. O tempo de secagem ao sol varia de 10 a 20 dias, dependendo das condições climáticas. CUNHA E GHOSH (1975).

O alto teor de umidade inicial das amêndoas e consequente maior possibilidade de deteorização, juntamente com a tendência à escassez de mão-de-obra, encarecimento de materiais e condições climáticas adversas evidenciam a necessidade de secagem artificial.

Este trabalho visa dar uma contribuição à análise de secagem artificial de amêndoas de cacau.

1.1. Revisão de Literatura

Ao projetar um sistema de secagem artificial de amêndoas de cacau, deve-se levar em consideração a temperatura (e respectivo tempo de residência das amêndoas) máxima admissível para o ar.

O aumento de temperatura excessivo das amêndoas deve ser evitado devido à ativação de reações bioquímicas prejudiciais à qualidade do cacau, presença de substâncias termolábeis e aumento da retenção de ácido acético. FERRAO (1957); MARAVALHAS (1968) e POWELL (1958).

Existem divergências quanto à temperatura máxima recomendada para secagem de amêndoas. Alguns autores recomendam 60°C, FORSYTH e QUESNEL (1957); PHILLIPS (1968) e ROELOFSEN (1958), enquanto que outros sugerem 90°C.

Amêndoas de cacau secadas a 60°C, 70°C e 80°C por vinte e quatro, vinte e duas e quinze horas, respectivamente, foram comparadas com amêndoas secadas em barbaças e consideradas satisfatórias por manufatureiros. HOWAT et alii (1957).

De VOS (1956) realizou duas etapas de secagem com amêndoas de cacau fer

mentado. Na primeira, utilizou um secador rotativo (Gordon) durante 2,5 horas, a uma temperatura de 90°C e na etapa sugsequente, utilizou um secador tipo túnel a 70°C, com tabuleiros, durante um período de 8:00 a 10:45 horas. O produto obtido foi submetido a teste de aparência geral, grau de oxidação do composto tanino e teste organoléptico. Concluiu que não existe diferença significativa entre o produto do processo considerado e o de barcaça.

A operação de pisa durante a operação de secagem a altas temperaturas elimina o excesso de ácido acético formado durante a secagem. Entretanto, se durante a secagem a altas temperaturas não houver a operação pisa, a presença de ácido acético se torna um grande inconveniente. MARAVALHAS (10).

Define-se o processo de seca-aeração para o milho, como sendo o processo de secagem que consta de três etapas distintas, BROOKER et alii (1974) e McKENZIE et alii (1967).

a) Secagem a alta temperatura (ao redor de 90°C)
b) Repouso do grão para permitir a redistribuição de umidade (tempering) De 4 a 10 horas.
c) Aeração com objetivos de resfriar o grão e complementar a secagem.

McKENZIE et alii (1967), utilizando um fluxo de ar de 0,4 metros cúbicos de ar por minuto, por metro cúbico de grãos ($m^3 m^{-1} m^{-3}$) na terceira etapa do processo de seca-aeração (aeração), em grãos de milho conseguiram reduzir de 1,5 a 2,5 pontos por centos de unidade, % base seca (b.s.).

A literatura consultada não permitiu identificar nenhum trabalho de seca aeração em cacau.

No presente trabalho lança-se a hipótese de que no processo de secagem, utilizando temperaturas de 90°C e 105°C (consideradas elevadas) existe um teor de umidade que manterá o sabor característico do cacau bahia sob dada condição de secagem - Umidade Mínima de Sabor Característico (UMSC). O produto deveria, então, ser seco até um teor de umidade igual ou maior que o valor de UMSC. Conseqüentemente, se a secagem for reduzida até que o teor de umidade seja inferior ao valor de UMSC, para a correspondente condição de secagem, o cacau, naturalmente, sofrerá uma redução na qualidade, reduzindo, desta maneira, sua cotação no mercado.

1.2. Objetivos Específicos

1. Determinar as curvas de secagem do cacau bahia fermentado, em camadas finas, às temperaturas do ar de secagem de 90°C e 105°C.

2. Determinar a Umidade Mínima de Sabor Característico (UMSC) do cacau bahia, às temperaturas do ar de secagem supra mencionadas.

3. Determinar as curvas de secagem com aeração complementar (25°C e umidades relativas de 80%, 75% e 70%, até as umidades de equilíbrio a partir das umidades mínimas de sabor característico do cacau bahia e após período de repouso de 6 horas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

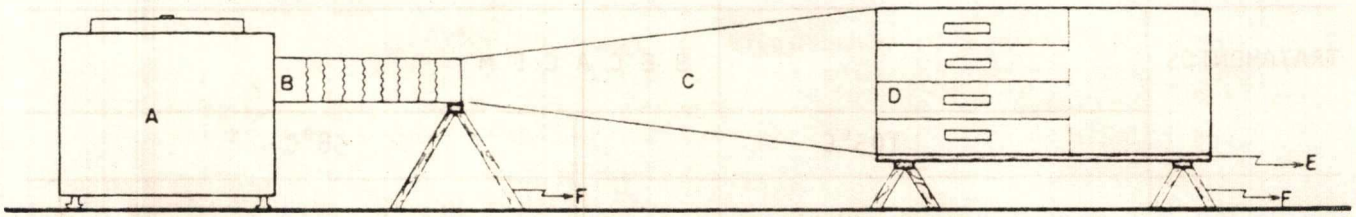
2.1. Procedimento Experimental

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, com amêndoas de cacau em fase final de fermentação doadas pelo Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC) da CEPLAC.

As amêndoas foram acondicionadas em sacos plásticos a uma temperatura em torno de 5°C. Durante a execução do trabalho, amostras eram retiradas e colocadas em recipientes herméticos à temperatura ambiente, agitadas periodicamente e mantidas sob esta condição por pelo menos 12 horas, a fim de atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.

O teor de umidade das amostras foi determinado com o "Brow-Duvel", previamente calibrado com relação ao método da estufa (72 horas a 103^{0}C ± 1^{0}C).

Bandejas, com fundo de tela, contendo as amostras, foram colocadas no secador experimental (Fig. 1). O fluxo de ar mantido constante, paralelo às bandejas, e determinado através de um Velômetro (Alnor 6000-P).



A - UNIDADE CONDICIONADORA DO AR
B - DUTO DE AQUECIMENTO DE AR
C - DUTO DE CONDUÇÃO DO AR AQUECIDO
D - CORPO DO SECADOR
E - MESA SUPORTE
F - CAVALETE

FIGURA 1 - ESQUEMA DO SECADOR PROTÓTIPO

Uma umidade condicionadora de ar (AMINCO-AIRE,300 CFM) foi ulilizada para manter as condições climáticas médias anuais diurnas da região cacaueira da Bahia (75% de umidade relativa a 25^{0}C). Este ar foi aquecido a 90^{0}C (3,6% de umidade relativa) e a 105^{0}C (2% de umidade relativa) condições experimentais usadas nesta pesquisa.

Os tratamentos para a primeira fase da pesquisa, com o objetivo de determinar as curvas de secagem e os valores de UMSC, são apresentados no Quadro 1. Foram conduzidas quatro repetições para cada tratamento. Para cada temperatura, a secagem era interrompida quando os teores de umidade das amêndoas atingiam 53,8% 42,9%, 33,3%, 25,0% e 17,6% b.s., respectivamente. O material com os teores de umidade supra mencionadas, eram em seguida secados até o teor de umidade de 8,7% b.s. com ar a 58^{0}C. FORSYTH e QUESNEL (1963); PHILLIPS (1969) e ROELOFSEN (1958), e 14% de umidade relativa. A secagem a 90^{0}C foi também conduzida sem interrupção até o teor de 8,7% b.s. As amêndoas, em seguida, foram acondicionadas em recipientes herméticos à temperatura ambiente e, posteriormente, levados para o Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC)-BA para serem submetidas ao teste de aroma.

Das amostras de cada tratamento (4 kg de amêndoas secas) foram retiradas sub amostras para apreciação olfativa por um especialista. Das mesmas sub amostras, foram retiradas 300 amêndoas que sofreram um corte longitudinal para a classificação e também para teste gustativo.

Uma vez determinado o valor da UMSC, a segunda fase da pesquisa constou - em se secarem as amêndoas até este valor (UMSC). As amêndoas foram então coloca

das em recipientes termicamente isolados por um período de repouso de 6 horas. BROOKER et alii (1974) e McKENZIE et alii (1967). Após este período de repouso, as amêndoas eram aeradas com uma velocidade do ar de 0,58 m.min-1 a 25°C até o equilíbrio higroscópico. Isto foi feito para 3 níveis de umidade relativa: 80% 75% e 70% e com 4 repetições.

As amêndoas de cacau que não atingiram 8,7% b.s. para dada condição de aeração, voltaram ao secador para a secagem complementar a uma temperatura consistente com a primeira fase de secagem (90°C ou 105°C). As amostras já com 8,7% b.s., foram submetidas a testes de aroma seguindo a mesma metodologia anterior.

QUADRO 1 - Tratamento para as Determinações das Umidades Mínimas de Sabor Característicos - UMSC - do Cacau Bahia

TRATAMENTOS	S E C A G E M	
	105°C	58°C
Trat. 1	104,1% b.s. a 53,8% b.s.	53,8% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 2	105°C 104,1% b.s. a 42,9% b.s.	58°C 42,9% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 3	105°C 104,1 b.s. a 33,3% b.s.	58°C 33,3 b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 4	105°C 104,1% b.s. a 25,0% b.s.	58°C 25,0% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 5	105°C 104,1% b.s. a 17,6% b.s.	58°C 17,6% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 6	90°C 104,1% b.s. a 53,8% b.s	58°C 53,8% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 7	90°C 104,1% b.s. a 42,9% b.s.	58°C 42,9% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 8	90°C 104,1% b.s. a 3,3% b.s.	58°C 33,3% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 9	90°C 104,1% b.s. a 25,0% b.s.	58°C 25,0% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 10	90°C 104,1% b.s. a 17,6% b.s.	58°C 17,6% b.s. a 8,7% b.s.
Trat. 11	90°C 104,1% b.s. a 8,7% b.s.	-

2.2. Secador

Construiu-se um secador protótipo, conforme Figura 1. O duto, inicialmente, é cilíndrico, com 15 cm de diâmetro, passando para a forma trapezoidal, com ângulo de 7°, terminando em um quadrado, com 60 cm de lado. O lastro do secador foi constituído por 4 bandejas móveis teladasm a fim de permitir o contato do ar com o grão, na parte inferior da massa de grãos. O ar de secagem foi suprimido por unidade condicionadora de ar e foi aquecido através de resistência elétrica. A temperatura do ar de secagem foi controlada por meio de um termostato. O duto foi isolado termicamente com lã de vidro, para evitar a dissipação de calor para o ambiente.

2.3. Determinação do Teor de Umidade das Sementes de Cacau

Devido à impossibilidade da ordem física para a utilização do método de determinação de umidade de cacau descrito por ROHAN (15), o método utilizado foi o da destilação. O Brown Duvel foi utilizado com 150 ml de óleo de milho e 100 g de amêndoas até uma temperatura de 175°C de acordo com testes preliminares na determinação das curvas de calibração.

2.4. Análise dos Dados Experimentais

Os dados obtidos foram ajustados a modelos matemáticos para a secagem a 90°C e 105°C e aeração, respectivamente:

$$\ln U = a + bt + e$$

$$U = A + Bt + E$$

onde:

U - Teor de umidade média das sementes, % b.s.

t - Tempo, min

A, a, B e b - Parâmetros que dependem do material
e, E - Variáveis aleatórias normal e independentemente distribuídas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa se compõem, basicamente, de curvas de secagem, curvas de seca-aeração e análise de qualidade final do produto (cacau) após estes diferentes processos de secagem.

3.1. Curvas de Secagem e Análise de Qualidade do Cacau

Através de gráficos dos dados experimentais obtidos para as secagens de 90°C e 105°C, observou-se que existia uma mesma tendência. Fez-se, então, uso da variável Dummy, com o objetivo de identificar as duas temperaturas e verificar possíveis diferenças significativas entre as declividades e interceptos das curvas. Como estas diferenças não foram significativas, as curvas de secagem, para ambas as temperaturas (90°C e 105°C), podem ser expressas em uma só.

Observou-se que, à temperatura de 105°C, parece haver o endurecimento da camada externa das amêndoas (case hardening). Pode-se justificar tal ocorrência porque a curva de secagem à temperatura a 105°C se aproxima da curva de 90°C.

O Quadro 2 mostra que as secagens a 90°C (de 104,1% - 8,7% b.s. ou tratamento 2) e 105°C (para todos os tratamentos) reduzem a qualidade comercial do cacau. Para estas condições, os resultados vêm confirmar conclusões de pesquisadores que se manifestam contrários à secagem a temperaturas acima de 60°C (8, 12 e 14). Do Quadro 2 depreende-se que o valor de UMSC para a secagem de 90°C está en-

tre a umidade inicial de 104,1% e 53,8% (b.s) Foram considerados, para 90 C e para 105 C, respectivamente, os valores 17,6% (b.s) e 53,8% (b.s). Este último valor selecionado se prende ao lançamento da hipótese de que um período de repouso após a secagem pode recuperar algum dano causado ao produto durante a secagem.

QUADRO 2 - Teste de Aroma

Tratamentos	Sabor Característico do Cacau Bahia	Adstringência	Ac. Acético	Característica da Fermentação
Trat. 1	-	+	+	B
Trat. 2	-	+	+	B
Trat. 3	-	+	+	B
Trat. 4	-	+	+	B
Trat. 5	-	+	+	B
Trat. 6	+	±	±	B
Trat. 7	+	±	±	B
Trat. 8	+	±	±	B
Trat. 9	+	±	±	B
Trat. 10	+	±	±	B
Trat. 11	-	±	+	B

+ Presença; - Ausência; ± Leve B Boa

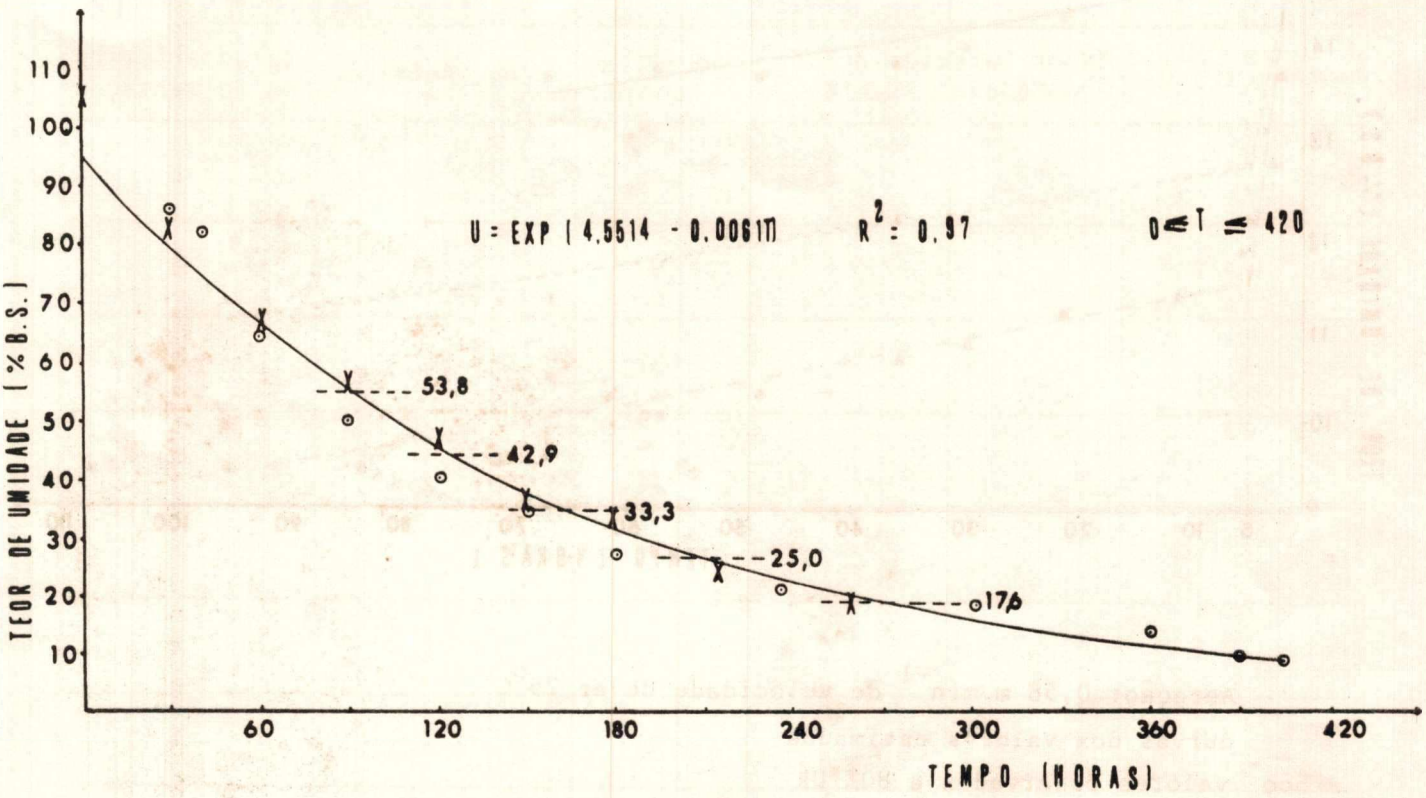
3.2. Curvas de Seca-Aeração e Análise de Qualidade do Cacau

Após a verificação experimental - Quadro 2 - de que temperaturas de secamento não são recomendáveis sob o ponto de vista de qualidade do produto, propõe-se, como alternativa, o processo de seca-aeração.

Desta maneira, após a secagem até os teores de UMSC, promoveu-se um repouso (tempering), tentativamente com a duração de 6,8 e 10 horas. Observou-se, experimentalmente, que durante o repouso, independentemente dos três períodos de tempos usados, a umidade perdida foi de 3,3 pontos por cento (b.s.) para a secagem a 105°C e 1,35 pontos por cento (b.s.) para a secagem a 90°C. Por este motivo, utilizou-se um tempo de repouso de 6 horas para os demais experimentos.

Os dados experimentais com as respectivas curvas da 3ª etapa do processo de seca-aeração (aeração) para três níveis de umidade relativa (70%, 75% e 80%) e dois níveis de temperatura (90°C e 105°C) do ar de secagem são mostrados nas Figuras 3 e 4.

Foi omitida, das figuras, a posição da curva de secagem a altas temperaturas mostradas na Figura 2.



Velocidade do ar de secagem de 30 $m.min^{-1}$

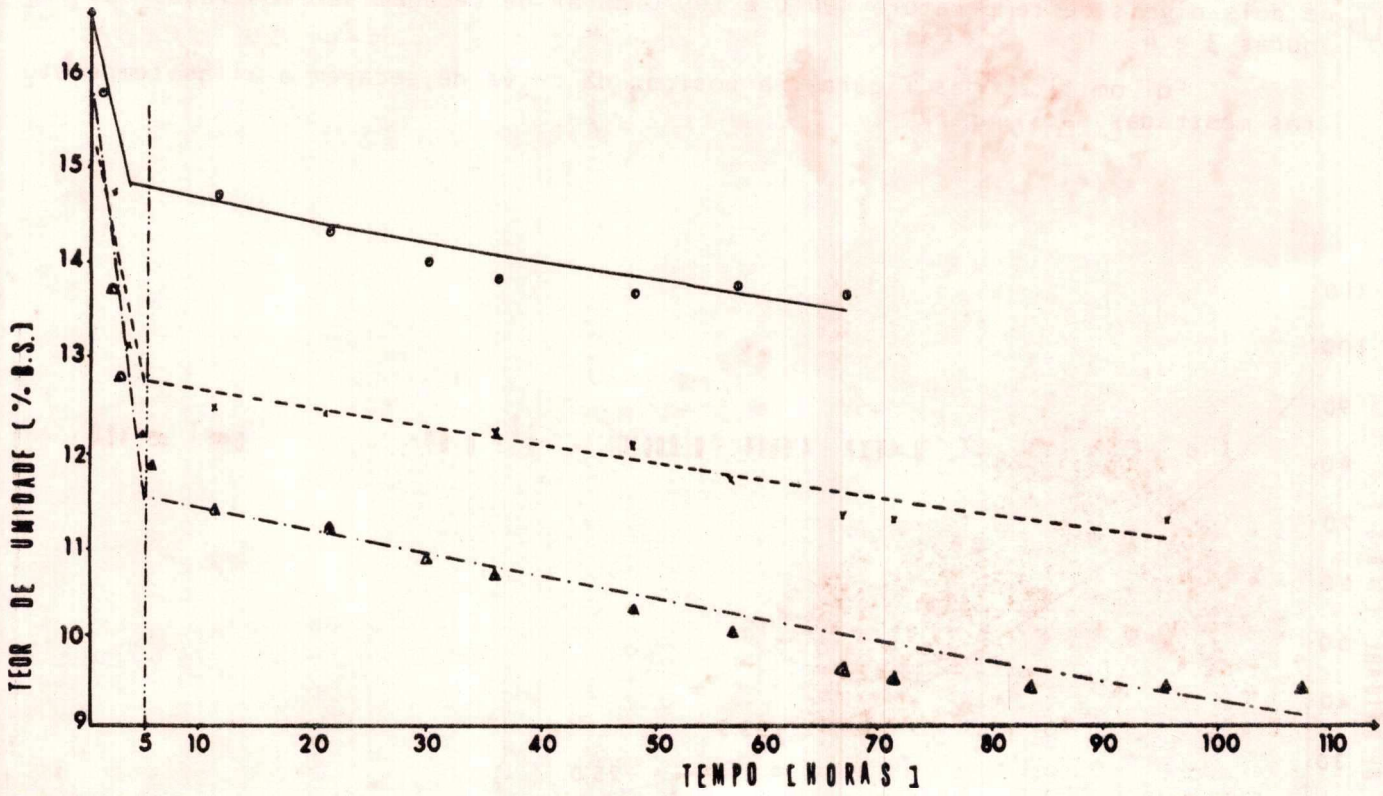
___ curva dos valores

ooo valores observados à 90°C

xxx valores observados à 105°C

--- valores aproximados para os quais se interrompeu a secagem conforme quadro 1

FIGURA 2 - Curva de secagem, sob duas condições de temperatura: 90°C e 105°C e velocidade do ar de 30 metros por minuto para cacau fermentado.



Aeração: 0,58 $m.min^{-1}$ de velocidade do ar 25°C

— curvas dos valores estimados

ooo valores observados a 80% UR

$U = 16,6852 - 0,5934\ t$ $\quad R^2 = 0,90$ para $0 < t \leq 5$

$U = Exp\ (2,0954 - 0,0015\ t)$ $\quad R^2 = 0,98$ para $5 < t \leq 67$

--- curva dos valores estimados

x x valores observados a 75% UR

$U = 15,6942 - 0,5934\ t$ $\quad R^2 = 0,90$ para $0 < t \leq 5$

$U = Exp = (2,5445 - 0,0015\ t)$ $\quad R^2 = 0,98$ para $5 < t \leq 96$

- - curva dos valores estimados

Δ Δ valores observados a 70% UR

$U = 15,9246 - 1,0008\ t$ $\quad R^2 = 0,90$ para $0 < t \leq 5$

$U = Exp = (2,4501 - 0,0022\ t)$ $\quad R^2 = 0,98$ para $5 < t \leq 120$

FIGURA 3 - Curvas de secagem que ocorrem durante a aeração após a secagem até 17,6% b.s. a 90°C e período de repouso de seis horas.

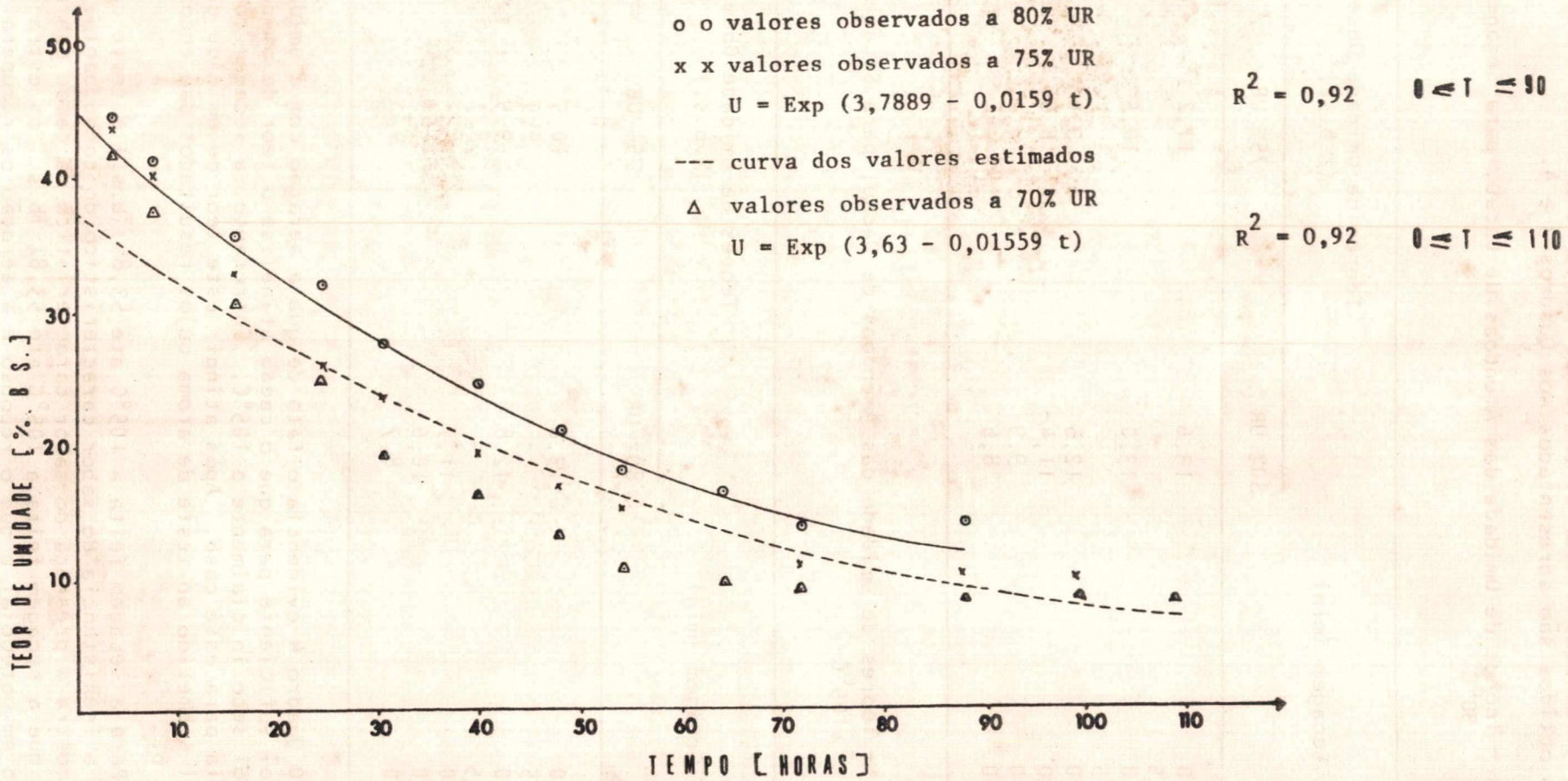


FIGURA 4 - Curvas de secagem que ocorrem durante a aeração após a secagem até 53,8% b.s. a 105°C e período de repouso de seis horas.

Constatou-se que a aeração (ar a 25°C e com velocidade de 0,58 $m.min^{-1}$), não foi suficiente para reduzir o teor de umidade do cacau até 8,7% (b.s.). Uma secagem complementar a 90°C e 105°C, foi então necessária para que o teor de umidade atingisse aquele teor de umidade necessário a uma armazenagem segura. Os resultados obtidos são apresentados nos Quadros 3 e 4.

QUADRO 3 - Teores de Umidade das Amêndoas de Cacau, para Secagem Complementar a 90°C

Tempo de Secagem (min)	Teores de Umidade Observados (% b.s.)		
	80% UR	75% UR	70% UR
0	13,6	11,2	9,4
5	-	-	9,1
10	13,0	10,5	8,8
15	-	-	8,7
20	12,6	9,0	-
30	11,4	8,6	-
40	9,9	-	-
50	8,6	-	-

QUADRO 4 - Teores de Umidade das Amêndoas de Cacau, para Secagem Complementar a 105°C

Tempo de Secagem (min)	Teores de Umidade Observados (% b.s.)		
	80% UR	75% UR	70% UR
0	13,8	10,5	8,7
5	-	9,9	-
10	12,8	9,5	-
15	-	8,7	-
20	11,7	-	-
30	10,0	-	-
40	8,7	-	-

O Quadro 4 evidencia o fato de que a aeração com a umidade relativa do ar de 70% foi suficiente para que o cacau atingisse o teor de umidade de 8,7% (b.s.) quando foi seco inicialmente a 105°C. Entretanto, a secagem complementar não foi necessária para este caso. Após atingir este teor de umidade de 8,7% (b.s.) o cacau foi submetido ao teste de aroma cujos resultados são encontrados nos Quadros 5 e 6.

Para a secagem feita a 105°C até 53,8% (b.s.) o teste de aroma (quadro 2 constata a inexistência do sabor característico do cacau bahia. Já no Quadro 6 o teste mostra a presença do sabor característico do cacau bahia. Isto vem demonstrar que a secagem feita a 105°C até 53,8% (b.s.) os estragos ao sabor do cacau estão em potencial e que o repouso e a aeração os recupera.

Nos Quadros 5 e 6 os testes de aroma para a secagem a 90°C e 105°C, res

pectivamente, demonstram que não se deve utilizar, nesta etapa final, temperaturas elevadas para a secagem, porque os precursores do chocolate já começam a se desenvolver e isto não é satisfatório à indústria.

QUADRO 5 - Teste de Aroma para o Cacau Seco a 90°C até 17,6% b.s. Respouso de 6 Horas, Aeração a 25°C e 0,58m de ar. min^{-1} até o Equilíbrio Higroscópico e Secagem Complementar a 90°C até que as Amêndoas atingissem 8,7 bs

Denominação	Umidade Relativa		
	80%	75%	70%
Sabor Característico do Cacau Bahia	+	+	+
Sabor de Chocolate	±	±	±
Adstringência	-	-	-
Ácido Acético	-	-	-
Característica da fermentação	B	B	B

\+ Presença; - Ausência ± Leve $\overset{+}{=}$ Muito leve B Boa

QUADRO 6 - Teste de Aroma para o Cacau Seco a 105°C até 53,8% b.s. repouso de 6 Horas, Aeração a 25°C e 0,58m de ar.min^{-1} até o Equilíbrio Higroscópico e Secagem Complementar, a 105°C até que as Amêndoas Atingissem a 8,7% b.s

Denominação	Umidade Relativa		
	80%	75%	70%
Sabor Característico do Cacau Bahia	+	+	+
Sabor de Chocolate	+	+	-
Adstringência	-	-	-
Ácido Acético	-	-	-
Característica da fermentação	B	B	B

Neste teste não foi feita a secagem a 105°C, porque com a aeração se atingiu o teor de umidade de 8,7% b.s., que é a umidade requerida à armazenagem.

\+ Presença - Ausência B Boa

A presença, ou leve presença de ácido acético foi constante para a secagem a altas temperaturas (Quadro 2). Isto entra em concordância com pesquisadores como ROHAN (15) que apresenta, como único inconveniente da secagem a alta temperatura em amêndoas de cacau, a maior retenção de ácido acético. No entanto após o período de aeração, o ácido acético é eliminado, como mostram os Quadros 5 e 6, e o único inconveniente de secagem a alta temperatura é suprimido.

QUADRO 7 - Tempo Total da Seca-Aeração, para Temperatura Inicial de 90°C

Secagem a 90°C até o Teor de UMSC	Tempo (Horas) 5,0		
Descanso	6,0		
	80% UR	75% UR	70% UR
Aeração até o Equilíbrio Higroscópico	48,0	72,0	84,0
Secagem a 90°C até 8,7%	0,8	0,5	0,3
Tempo Total (Horas)	59,8	83,5	95,3
Tempo Total (dias)	2,5	3,5	4,0

QUADRO 8 - Tempo Total de Seca-Aeração, para a Temperatura Inicial de 105°C

Secagem a 105°C até o Teor de UMSC	Tempo (Horas) 1,7		
Descanso	6,0		
	80% UR	75% UR	70% UR
Aeração até o Equilíbrio Higroscópico	72,0	88,0	99,0
Secagem a 105°C até 8,7%	0,7	0,2	-
Tempo Total (Horas)	80,4	95,9	106,7
Tempo Total (Dias)	3,3	4,0	4,4

A seca-aeração do Quadro 7 apresenta um tempo total de secagem, variando entre 2,5 a 4 dias e no Quadro 8, variando entre 3,3 a 4,4 dias. Este tempo de secagem é bem menor quando comparado com o de barcaça que, segundo CUNHA e GHOSH (5) varia entre 10 a 20 dias.

4. CONCLUSÕES

- A UMSC para a secagem a 90°C está entre 17,6% b.s. e 8,7% b.s., ao passo que, para a secagem a 105°C, está entre 104,1% b.s. e 53,84% b.s.

- Atingindo o valor de UMSC, o produto deve ficar em repouso por um certo período de tempo, antes de sofrer aeração ou secagem complementar.

- O período de repouso e de aeração recupera certos estragos em potencial do produto, como foi o caso da secagem a 105°C até o teor de 53,8% b.s. onde a adstringência e a presença de ácido acético desapareceram.

- O produto, após entrar em equilíbrio higroscópico com o ar utilizado para aeração, não deve voltar a ser seco às mesmas temperaturas utilizadas para a primeira fase de secagem, devido ao fato de haver estímulo ao desenvolvimento dos precursores do chocolate.

- O tratamento a que as amêndoas foram submetidas, bem como a sua constituição, parecem influenciar no valor do teor de umidade de equilíbrio higroscópico obtido durante a aeração e, também, no valor de UMSC.

No que se refere à qualidade final do cacau, é indiferente usar a temperatura de 90°C ou 105°C para secar o produto até os valores de UMSC ou aos valores estudados respectivamente para as temperaturas de 90°C e 105°C.

De modo geral, o tempo total para reduzir a umidade de cacau do teor original (104,1% b.s.) até o teor de armazenagem (8,7% b.s.) para a temperatura de 105°C é 0,5 dias maior que o tempo total a 90°C.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a ativa colaboração dos Professores Conselheiros Tetuo Hara, Gilberto C. Sediyama, Mauri Fortes e José Tarcísio de L. Thiébaut, bem como à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) através dos Senhores: Guilherme Bastos, Edson Pires do Prado e Rogério Serôdio, sem os quais o êxito deste trabalho não teria sido efetivado.

LITERATURA CITADA

BROOKER, D.B. BAKKER-ARKEMA, F.W., and HALL, C.W. *Drying Cereal Grains* Connecticut, The AVI Publishing, 1974. 265 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Conselho Nacional do Comércio Exterior. *Normas de classificação de cacau exportável*. Rio de Janeiro, 1968. 9 p.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA(CEPLAC). Programa nacional de expansão da cacauicultura. 1975. 127 p.

CONJUNTURA ECONÔMICA. Rio de Janeiro. Fundação Getulio Vargas, v. 32.n.2, fevereiro, 1978.

CUNHA, J. e GHOSH, B.N., Estudo do clima na secagem de cacau em barcaça. *Cacau Atualidades*. Ilhéus, 12(1): 14-17, 1975.

DE VOS, L., Artificial drying of cocoa. Landbouwproe/station in Suriname, 1956. 27 p. (Bulletin 73)

FERRÃO, J.E.M., Influência do processo de secagem no teor de aminoácidos essenciais de cacau em São Tomé. *Agronomia Angolana*. (11): 29-37, 1957/1959.

FORSYTH, W.C. and QUESNEL, V.C., Cocoa curing. *Advances in Enzimology*. (25): 475-492, 1963.

HOWAT, G.R., POWELL, B.D. and WOOD, G.R. Experiments on cocoa drying and fermentation in West Africa. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 34(4): 249-259, 1957.

MARAVILHAS, N., Secagem mecênica do cacau fermentado: *novos tipos de secadores*. Cacao (Costa Rica) 13(1): 13:15, 1968.

McKENZIE, B.A., FOSTER, G.H., BOYES, R.T. and THOMPSON, R.A. Better corn quality with high speed drying. *Dryeration, Lafayette*, 1967. 19 p. (Extension Service AE - 72)

PHILLIPS, G.A.L., *Studies in the artificial drying of cacao*. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, 1959. (Thesis).

POWELL, B.D., The rapid artificial drying of cacao and chocolate flavour. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 35(3): 200-203, July, 1958.

ROELOFSEN, P.A., Fermentation, drying, and storage of cacao beans. *Advance in Food Reseach*, 8: (229-295), 1958.

ROHAN, T.H., *El beneficio del cacao bruto destinado al mercado*. FAO. Estudios Agropecuários, Roma. 1964, 223 p.

SECAGEM DE FEIJÃO (Phaseolus vulgaris L.) EM CAMADAS FINAS, A BAIXAS TEMPERATURAS E SEUS EFEITOS NA GERMINAÇÃO DAS SEMENTES*

Maria das Graças Bezerra Sathler
José Borges Pinheiro Filho

RESUMO

O trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, no Laboratório de Armazenamento de Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, com o objetivo de estabelecer as curvas de secagem de feijão, em camadas finas, com ar de secagem às temperaturas de 30°C, 35°C, 40°C, 45°C e 50°C, e 40% e 50% de umidade relativa, com velocidade constante e estabelecer o efeito dessas condições, na germinação das sementes de feijão.

Para a secagem, foi utilizado um secador experimental especialmente construído para esse fim, e para observar o efeito da secagem na germinação, foi aplicado o teste padrão de germinação nas sementes de feijão, após a secagem.

Os resultados obtidos à secagem, foram submetidos à análise de regressão para testar o ajustamento dos modelos de Page e de Thompson às condições de secagem usadas neste experimento.

No teste padrão de germinação, para determinar a percentagem de germinação, foi usado delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial. O teste de Duncan foi usado na comparação de médios e o teste t na comparação da maior média de percentagem de germinação de sementes submetidas à secagem, com a média de percentagem de germinação de sementes, em suas condições iniciais.

Este experimento indicou que o teor de umidade das sementes de feijão decresce exponencialmente com o tempo, para as condições empregadas do ar de secagem e que uma função exponencial semelhante ao modelo de Page, é adequada para descrever a secagem de feijão, nas mesmas condições.

Verificou-se, ainda, que a secagem afeta a germinação das sementes de feijão; a germinação torna-se menor quando maior temperatura é empregada no ar de secagem, para as temperaturas usadas neste experimento.

SUMMARY

The work was effected at the Physical and Mechanical Properties of wood Laboratory, of the Foresty Engineering Departament at the Storage Laboratory of the Agricultural Engineering Departament, and the Seeds Laboratory of the Plant Science Departament, of the Center of Agronomic Sciences of the Federal Universitu of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, whit the objective of establishing the curves for bean drying, in thin layers, with the drying air at temperatures of 30°C, 35°C, 40°C, 45°C and 50°

(*) Trabalho de Tese de Mestrado em Armazenamento de Produtos Vegetais do Curso de Engenharia Agrícola da U.F.V - Viçosa - MG.

C, and 40% and 50% of relative humidity, with constant speed in order to verify the effects of these conditions in the germination of bean.

For drying, an experimental drier was used, specially designed for the purpose, and to observe the drying offects on the germination, the standard germination test was applied to the beans, after drying.

The results relative to drying were submited to regression analysis to test the adjustment to Page and Thompson's Models to the drying conditions utilized in this experiment.

In the standard test of germination, in order to determine the germination percentual, a totelly casualized design was used for the average comparison and the t test in the comparison of the highest average of the germination percentual of seeds submitted to the drying process, with the average percentual of seed germination, at its initial condition.

This experiment indicated that the humidity of seed beans decreases exponentially with time under the conditions employed for the drying air, and that an exponential function similar to Page's Model is adequate to describe the bean drying under the same conditions.

It was further verified that the drying process affects the beand seeds germination; germination diminishe when higher temperatures of the drying air are used, within the temperatures used in this experiment.

INTRODUÇÃO

Uma constante preocupação do homem é atender com segurança às suas necessidades alimentares.

Num país como o Brasil, com uma população sempre crescente, o que implica numa demanda alimentar cada vez maior, as safras agrícolas estão sujeitas à instabilidade e apresentam oscilações acentuadas de um ano para outro. É preciso, então, modificar os métodos de cultivo para obtenção de maiores produções e também um adequado e apropriado manejo dos produtos colhidos, incluindo secagem e armazenamento dos alimentos.

O feijão ocupa posição de destaque na nossa agricultura, não só por sua participação no valor do produto agrícola, como também no que se refere à condição de alimento básico.

O Brasil, apesar de ser o maior produtor, é o maior consumidor de feijão Este produto, com um teor de proteína da ordem de 22%, é de acordo com Medina (1962), além de base energética, um atenuante das deficiências protéicas da alimentação do brasileiro, principalmente das classes mais humildes.

HUKILL (1974) postula que a quantidade de umidade contida nos grãos afeta sua colheita, armazenamento e germinação. Para os vários processos, há um conteúdo de umidade ideal, acima ou abaixo do qual os resultados não são satisfatórios.

Geralmente, na colheita os grãos têm um conteúdo de umidade mais elevado do que aquele recomendado para o armazenamento convencional. Daí a necessidade de secá-los.

A secagem em terreiros, além de estar sujeita a perdas, pela ação de agentes biológicos ou de condições meteorológicas adversas, requer um tempo de secagem maior do que aquele para a secagem artificial. Este tempo se torna de extrema importância para acompanhar a colheita e evitar deterioração do produto úmido.

LEPIGRE (1965), estudando a conservação do feijão, recomenda a introdu

ção de métodos modernos, incluindo a secagem rápida dos grãos. Isso evita as perdas consideráveis sofridas pelo produto, devidas aos danos produzidos por insetos e microorganismos no período pós-colheita. Desta forma, a secagem mecânica de grãos de cereais, por eliminar os riscos da secagem natural e do subsequente armazenamento, tornou-se uma operação essencial ao moderno manejo das culturas importantes. Essa secagem mecânica, por sua vez, requer o uso de secadores eficientes e econômicos cujos projetos e funcionamento se baseiam no conhecimento das características de secamento do produto a ser seco. Essas características são obtidas das curvas de secagem e dos modelos matemáticos que as descrevem analiticamente.

No entanto, fatores de qualidade, como massa específica, cor, quebra, viabilidade das sementes e valor nutritivo, precisam ser considerados, quando, no processamento de um produto, novas técnicas de secagem são introduzidas.

Do exposto acima, e considerando que a análise e teoria de secagem em camadas espessas são baseadas nas características de secagem em camadas finas, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

1. Estabelecer as curvas de secagem de feijão, em camadas finas, às temperaturas de 30°C, 35°C, 40°C, 45°C e 50°C, a dois níveis de umidade relativa, 40% e 50%, com uma velocidade constante do ar de secagem.

2. Estabelecer a influência das condições de secagem na germinação das sementes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnica, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade de Viçosa, Viçosa - MG.

Foram utilizadas sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.), variedade Rico-23, "Cultura das Águas", colhidas do campus da Universidade Federal de Viçosa, em junho de 1978. As sementes, colhidas com umidade de aproximadamente 30% b.u., foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em câmara fria a 4°C durante 4 meses.

Após a pesagem e determinação da umidade, as amostras de 70g cada uma foram submetidas à secagem em secador experimental, a cinco temperaturas (30°C 35°C, 40°C, 45°C e 50°C) e dois níveis de umidade relativa (40% e 50%), sendo a velocidade do ar de secagem constante e igual a 91,4 $m.min^{-1}$.

A determinação do conteúdo de umidade inicial das sementes foi feita em estufa a (105 ± 1)°C, por 24 horas, de acordo com ZINK (1970).

As condições do ar de secagem foram obtidas por meio de uma unidade condicionadora de ar, modelo Aminco Aire 300 CFM e o fluxo de ar mantido constante através de um diafragma instalado no corpo do secador.

A velocidade do ar foi determinada com um velômetro.

Para determinação da umidade relativa do ar de secagem, utilizou-se um psicrômetro, que permaneceu dentro do secador durante seu funcionamento.

As temperaturas do ar, na saída da unidade condicionadora de ar e nas peneiras de secagem, foram registradas num aparelho, multi registrador de temperaturas, onde foram conectados termopares instalados nos referidos pontos.

Pesagens em intervalos pré-estabelecidos foram feitas para que fossem observadas as razões de secamento, e até que a umidade das sementes fosse de aproximadamente 11% b.u., por ser este o conteúdo de umidade recomendado para o armazenamento, pelo Programa de Pesquisa em Armazenamento de Feijão (1978). As pesagens foram feitas em duas repetições, já que duas amostras iguais de feijão foram colocadas em peneiras de 15,5cm de diâmetro, instaladas na parte superior do secador. Logo que os grãos atingiram a umidade recomendada, para o armazenamento, 200 sementes era separadas e levadas para o teste de germinação, permanecen

do as amostras restantes no secador, submetidas às mesmas condições do ar de secagem, até que atingisse a umidade de equilíbrio.

Para o ajustamento dos modelos matemáticos das curvas de secagem, foi realizada análise de regressão dos dados experimentais.

No Teste Padrão de Germinação para determinação da percentagem de germinação, foi usado delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial, onde os fatores foram cinco níveis de temperatura e dois níveis de umidade relativa, já retro-referidos, em oito repetições, tendo cada amostra 25 sementes.

Para a comparação das médias das percentagens de germinação dos tratamentos empregados, foi usado o teste de Duncan. Para a comparação da maior média de percentagem de germinação, com o material nas suas condições iniciais, foi usado o teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo empírico, adaptado ao modelo de Page, que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem, foi:

$$R.U. = e^{-(0,0055 + 0,00846.T)t^{0,601}}$$

onde:

R.U. = é a razão de umidade (adimensional)
T = é a temperatura do ar de secagem (^{0}C)
t = é o tempo de secagem (h)

As curvas teóricas de secagem de feijão são mostradas nas Figuras 1 e 2.

O gráfico de "k" como uma função de "T", é mostrado na Figura 3.

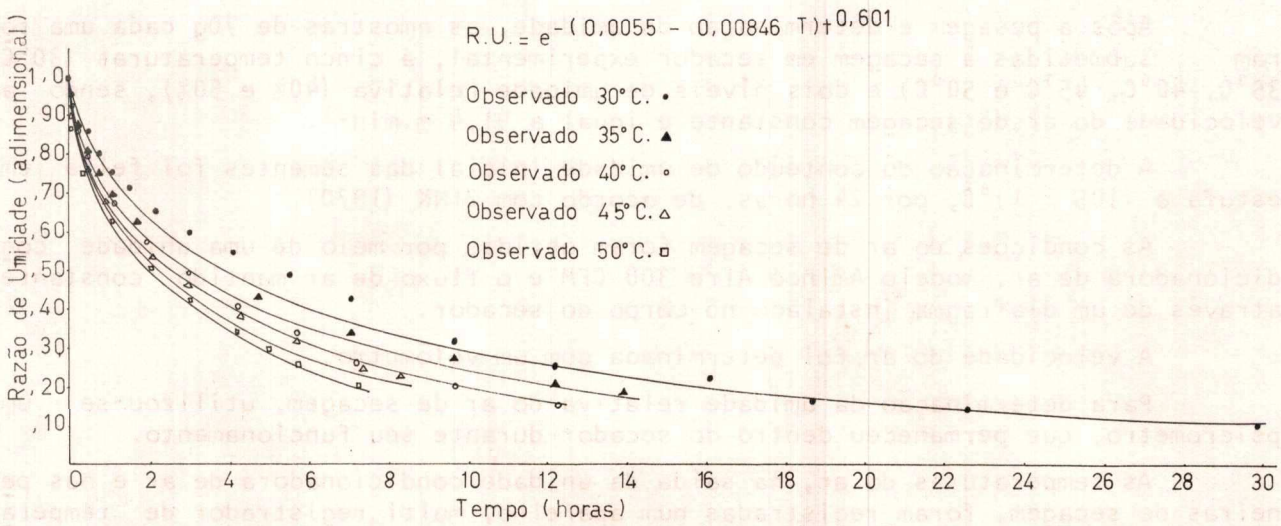


FIGURA 1- Curvas de Secagem de Feijão, sob Cinco Condições de Temperatura: 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C e Umidade Relativa de 40% com Velocidade do Ar de 91,4 m.min^{-1}.

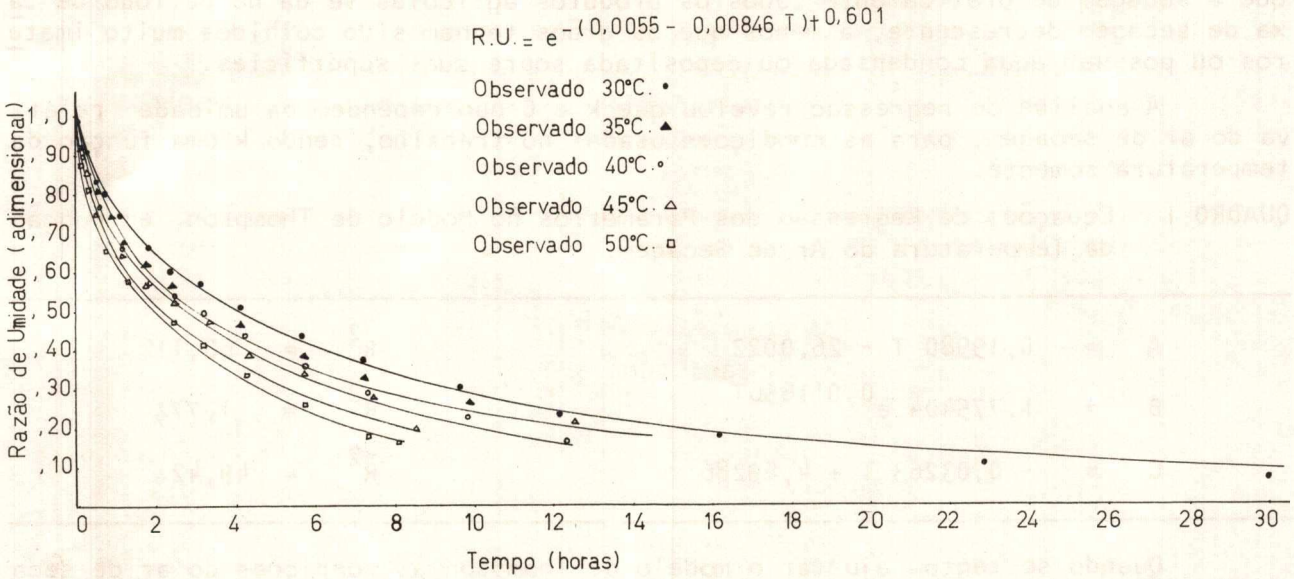


FIGURA 2- Curvas de Secagem de Feijão, sob Cinco Condiçoẽs de Temperatura: 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, e Umidade Relativa de 50% com Velocidade do Ar de 91,4 m.min^{-1}

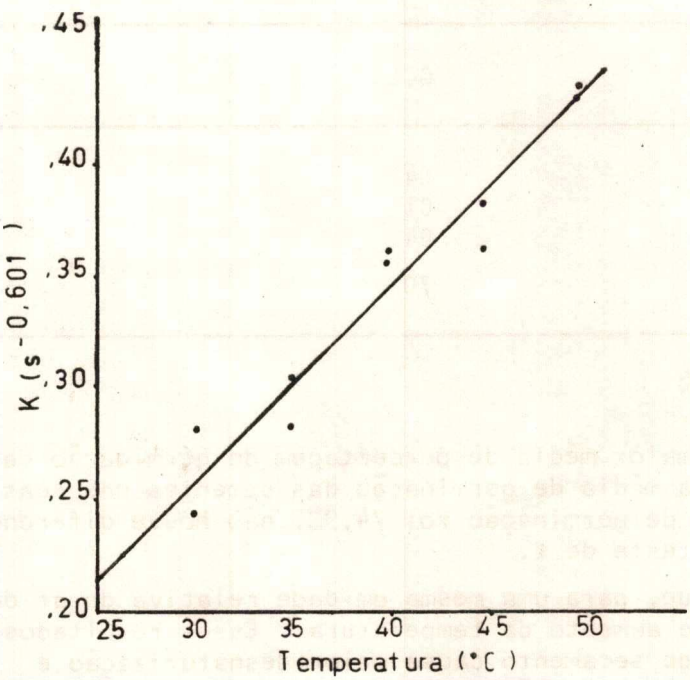


FIGURA 3_ Efeito da Temperatura do Ar de Secagem sobre o Valor de K do Modelo Empírico de Secagem.
($K = 0,0055 - 0,00846\ T$ $\quad R^2 = 94\%$)

Nas representações gráficas da secagem, observa-se que o teor de umidade dos grãos decresce exponencialmente. Esse comportamento coincide com as afirmativas de HENDERSON e PERRY (1966) e BROOKER et alii (1974), os quais postulam que a secagem de praticamente todos os produtos agrícolas se dá no período de taxa de secagem decrescente, a menos que os grãos tenham sido colhidos muito imaturos ou possuam água condensada ou depositada sobre suas superfícies.

A análise de regressão revelou que k e C não dependem da umidade relativa do ar de secagem, para as condições usadas no trabalho, sendo k uma função da temperatura somente.

QUADRO 1 - Equações de Regressão dos Parâmetros no Modelo de Thompson, em Função da Temperatura do Ar de Secagem.

$A = 0,19980\ T - 26,0022$	$R^2 =$	60,11%
$B = 1,775404.e^{0,011656T}$	$R^2 =$	1,77%
$C = - 0,03263\ T + 4,09286$	$R^2 =$	49,42%

Quando se tentou ajustar o modelo de Thompson às condições do ar de secagem usado nesse experimento, verificou-se que o referido modelo não é apropriado para descrever a secagem de feijão. Essa afirmativa é baseada nos baixos coeficientes de determinação das equações de regressão relativas ao modelo de Thompson.

O efeito das condições de secagem na germinação das sementes de feijão, é mostrado pela análise estatística das percentagens de germinação obtidas no Teste Padrão de Germinação, nos Quadros 2 e 3.

QUADRO 2 - Resumo da Análise de Variância das Percentagens de Germinação obtidas no Teste Padrão de Germinação das Sementes de Feijão.

F.V.	G.L.	Q.M.
Temperatura (T)	04	191,203**
Umidade (U)	01	0,001
Int. (T x U)	04	46,484*
Erro	70	17,374

C.V. = 8,12%

Comparando a maior média de percentagem de germinação das sementes submetidas à secagem, com a média de germinação das sementes nas suas condições iniciais, cujo valor médio de germinação foi 74,9%, não houve diferença significativa ao nível de 5%, pelo teste de t.

Verifica-se que, para uma mesma umidade relativa do ar de secagem, a germinação decresce com o aumento da temperatura. Esses resultados mostram que maior temperatura do ar de secamento causa maior desnaturização e reestruturação das moléculas protéicas, dos grãos de cereais, o que, segundo PFOST (1975) é a causa da diminuição da germinação das sementes submetidas à secagem.

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade
(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 3 - Valores Médios das Percentagens de Germinação Obtidos no Teste Padrão de Germinação das Sementes de Feijão.

TRATAMENTOS	VALORES MÉDIOS DE GERMINAÇÃO (EM %)	
T. (°C) \ U.R. (%)	40	50
30	A 73,5 a	A 64,5 b
35	B 57,0 a	AB 62,5 b
40	B 61,0 a	A 64,0 a
45	B 60,0 a	B 59,0 a
50	C 52,0 a	C 54,0 a

Verificou-se, também, que para uma mesma temperatura do ar de secagem, somente nas temperaturas dd 30°C e 35°C, houve diferença significativa nas médias de percentagem de germinação, para os níveis de 40% e 50% do ar de secagem. No entanto, a análise desses resultados não permite afirmar qual a tendência do comportamento da germinação das sementes, em relação à umidade relativa do ar de secagem a que elas foram submetidas. Isto sugere que as diferenças entre os tratamentos podem ter sido causadas por outro fator, possivelmente pelo tempo de secagem.

CONCLUSÕES

As conclusões do trabalho, para os níveis de temperatura e umidade relativa empregadas, foram as seguintes:

1. A secagem de feijão dá-se num período único, em que a taxa de secagem decresce exponencialmente.

2. O modelo empírico

$$R.U. = e^{-(0,0055 + 0,00846T)t^{0,601}}$$

é adequado para descrever a secagem de feijão.

3. O efeito da umidade relativa na secagem é desprezível.

4. A temperatura do ar de secagem afeta a germinação das sementes. A germinação torna-se menor, quando maior temperatura é usada no ar de secagem.

5. Para as temperaturas de 40°C, 45°C e 50°C do ar de secagem, não houve efeito da umidade relativa sobre a germinação das sementes. Não é possível afirmar que as diferenças nas médias de percentagem de germinação das sementes secadas a 30°C e 35°C, para os níveis de umidade relativa de 40% e 50% fossem devidas aos diferentes níveis de umidade relativa do ar de secamento.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu marido, Nilson Sathler.

Aos Professores José Borges Pinheiro Filho, Tetuo Hara, Alcides Reis Condé, Mauri Fortes, Roberto Ferreira da Silva e Gilberto Chohaku Sediyama.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V., e em especial a Geraldo Rocha Carvalho e Antônio Carlos de Souza.

Aos colegas de Curso, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Dio

nísio Bach.

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

À Universidade Federal de Viçosa.

LITERATURA CITADA

BROOKER, D.B., et alii, Drying Cereal grains. *The Avi Publishing Company*, West - port. 1974.

HENDERSON, S.M. & PERRY, R.L. Agricultural process engineering. *Universidade da Califórnia*, Califórnia. 1962.

HUKILL, W.V. Drying of grain, In: CHRISTENSEN C.M., ed *Storage of Careal grain and their products*. St. Paul. p. 481 - 508. 1974.

LÉPIGRE, M. Étude sur les possibilites d'amélioration de la conservation das haricots du jogo en milieu reeral. In: *Royal Tropical Institute*, Tropical Abs tracts, Amsterdan. p. 388 - 430. 1965.

MEDINA, I.C. Aspectos gerais, In: *Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Feijão*, Imprensa Universitária, Viçosa. p. 3 - 118. 1972.

ZINK, E., Estudos sobre a conservação das sementes de feijão - vagem, In: *Bragantia*, Instituto Agronômico. Campinas p. 57 1970.

PROGRAMA DE PESQUISA EM ARMAZENAMENTO. CIBRAZEM, Goiania, 1978. (Não Publicado).

SECAGEM DE RASPAS DE MANDIOCA COM AR FORÇADO E AUXÍLIO DE COLETORES SOLARES

L.G. Villa*
O. Braunbeck*
G. Roa**

RESUMO

A secagem é a operação unitária mais onerosa na produção de raspas de mandioca para rações. Dada à necessidade de evaporar 1.600 kg de água para produzir 1.000 kg de raspas com 13% de umidade, o único processo econômico de obter as raspas é utilizando a energia natural do ar (entalpia) e a radiação solar

Indica-se, no presente trabalho, os resultados experimentais e de simulação matemática correspondentes à secagem de raspas em camadas espessas com ar forçado por um ventilador e aquecido por um coletor solar feito de materiais rústicos. O secador, uma barcaça de 3 x 5 m² de secção, foi construído em alvenaria com piso metálico perfurado especialmente para uniformizar o ar. Os resultados indicam que a secagem solar com ar forçado é um sistema eficiente e econômico para secar as raspas de mandioca. O modelo matemático de secagem adaptado para mandioca, é uma ferramenta muito útil para otimizar o sistema para diferentes regiões produtoras. Apresenta-se, finalmente, uma máquina cortadora de barras de mandioca produzidas para otimizar o processo da secagem.

SUMMARY

Drying is the most expensive unit operation for producing cassava chips, used in the animal feed industry. Because it is necessary to evaporate 1600 kilograms of water to produce one ton of 13% moisture chips, the only economical way of obtaining those chips is by using solar energy.

In the present research work experimental and simulated results of cassava chips drying with forced air, heated by solar collectors are presented. The results show that the use of force convection and solar collector may be an efficient and economical way of producing cassava chips. The computer model, adapted for predicting the drying process, is a useful tool for designing a system under specific conditions.

SIMBOLOGIA

Cp = Calor específico, kcal/kg - °C
L = Calor latente de vaporização, kcal/kg
M = Teor de umidade, decimal, base seca
Me = Teor de umidade de equilíbrio, decimal, base seca
M = Teor de umidade, decimal, base úmida
Ps = Pressão de vapor de saturação, kg/m²
Pv = Pressão de vapor, kg/m²
RH = Umidade relativa, decimal
T = Temperatura, °C
t = Tempo horas

(*) Professores do Departamento de Engenharia Agrícola da UNICAMP, CAMPINAS - SP
(**) Assessor de Pesquisas, CENTREINAR, VIÇOSA - MG.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca é utilizada, na maioria dos países tropicais, para alimentação de suínos, gado, ovelhas e aves. Muitas pesquisas de alimentação têm demonstrado que a mandioca possui carbohidratos de boa qualidade e que pode ser um bom substituto do milho em rações para suínos, gado de carne e aves (ROSENTHAL e LIMA, 1973).

O Mercado Comum Eurupeu importa grandes quantidades de farelo, raspas e peletizado de mandioca para as suas indústrias de rações. O Brasil, maior produtor mundial de mandioca, sendo responsável por cerca de 30% da produção total, não tem participação significativa deste mercado, o qual é compartilhado num 85% sobre Indonésia e Tailândia, GRACE (1977).

Nesses dois países as raspas são produzidas pelo corte manual ou mecânico dos tubérculos e posterior secagem ao sol em pátios onde o produto é colocado em camadas finas e movimentado continuamente. Este sistema de secagem é simples mas se precisa de áreas grandes e mão-de-obra, além dos riscos de deterioração em condições ambientais desfavoráveis. Por outra parte, considerando que é necessário evaporar 1600 kilogramas de água para produzir uma tonelada de raspas de 13% de umidade, o uso do sol como fonte de energia é a única alternativa econômica na secagem.

Como o mercado mundial de raspas está em expansão, é importante que em países produtores como o Brasil, se estudem métodos mais eficientes no uso da energia solar para se poder, desta forma, competir no mercado exportador.

No seguinte trabalho apresentam-se resultados de experimentação e simulação matemática de um sistema eficiente e econômico para a fabricação e secagem das raspas de mandioca.

2. A SECAGEM DAS RASPAS DE MANDIOCA - NATUREZA DO PROBLEMA

O teor de umidade médio das raízes frescas de mandioca é de 62 a 66% (base úmida). Nestas condições, a deterioração do produto é muita rápida: pode acontecer entre 2 a 6 dias.

A dimensão característica da raiz é bastante grande (de 3 a 10cm). Em consequência, a velocidade da secagem de raízes é lenta demais, às temperaturas de secagem usadas normalmente.

Além disso, a desuniformidade das raízes dá origem a problemas adicionais na secagem. Estes dois fatos estabelecem a necessidade de cortá-las em pedaços de tamanho apropriado e unifomes para permitir a secagem (raspas).

Após as raízes serem cortadas, a deterioração é ainda mais acelerada, podendo acontecer em horas se não derem início à secagem. ROA et alii (1974) encontraram que se as raspas não se secam até 50% de umidade no primeiro dia de secagem, o produto estraga. As raspas com 12 a 13% podem armazenar-se por períodos longos.

Durante o processo de secagem precisa-se evaporar quantidades consideráveis de água para levar o produto a condições seguras de armazenamento. É assim que, para produzir 1000 quilos de produto com 13% de umidade, precisa-se evaporar 1600 quilos de água. Se este processo se faz pelo uso de um secador mecânico convencional, são necessários 270 litros de óleo Diesel, representando o combustível ou 50% do preço atual das raspas no Brasil. Em consequência, o uso da entalpia do ar ambiente e a radiação solar são quase necessários por motivos econômicos.

3. SISTEMA DE SECAGEM

O sistema de secagem estudado no presente trabalho consiste, fundamentalmente, de três elementos: 1. Um elevador-descascador; 2. Máquina para fabricar as raspas (cortadora); e 3. Unidade de secagem propriamente dita. Detalhes de

cada elemento são apresentados seguidamente.

3.1. Lavador-Descascador

É recomendável lavar e descascar a mandioca para retirar os restos de terra e fibras lenhosas da superfície, visando proteger as facas da máquina cortadora. A operação de descasque pode ser dispensada quando o uso das raspas é para alimentação animal. Para fabricar farinha para consumo humano é necessário descascar o material.

O cilindro ranurado ilustrado na Figura 1, tem dado resultados satisfatórios, realizando as operações de lavado e descascado simultâneamente. O lavado é feito pela água que ingressa em forma de chuva através de furações no eixo do cilindro; no entanto, que o descascamento acontece como resultado do efeito de cizalhamento (atrito) entre raízes, assim como entre as raízes e a superfície interna do cilindro.

Um cilindro de 1.0 metro de diâmetro, virando a 40 rpm, com um tempo de residência de 60 a 90 segundos, retira mais de 90% da casca sem atingir perdas excessivas. O tempo de residência deve controlar-se para evitar perdas após a casca removida.

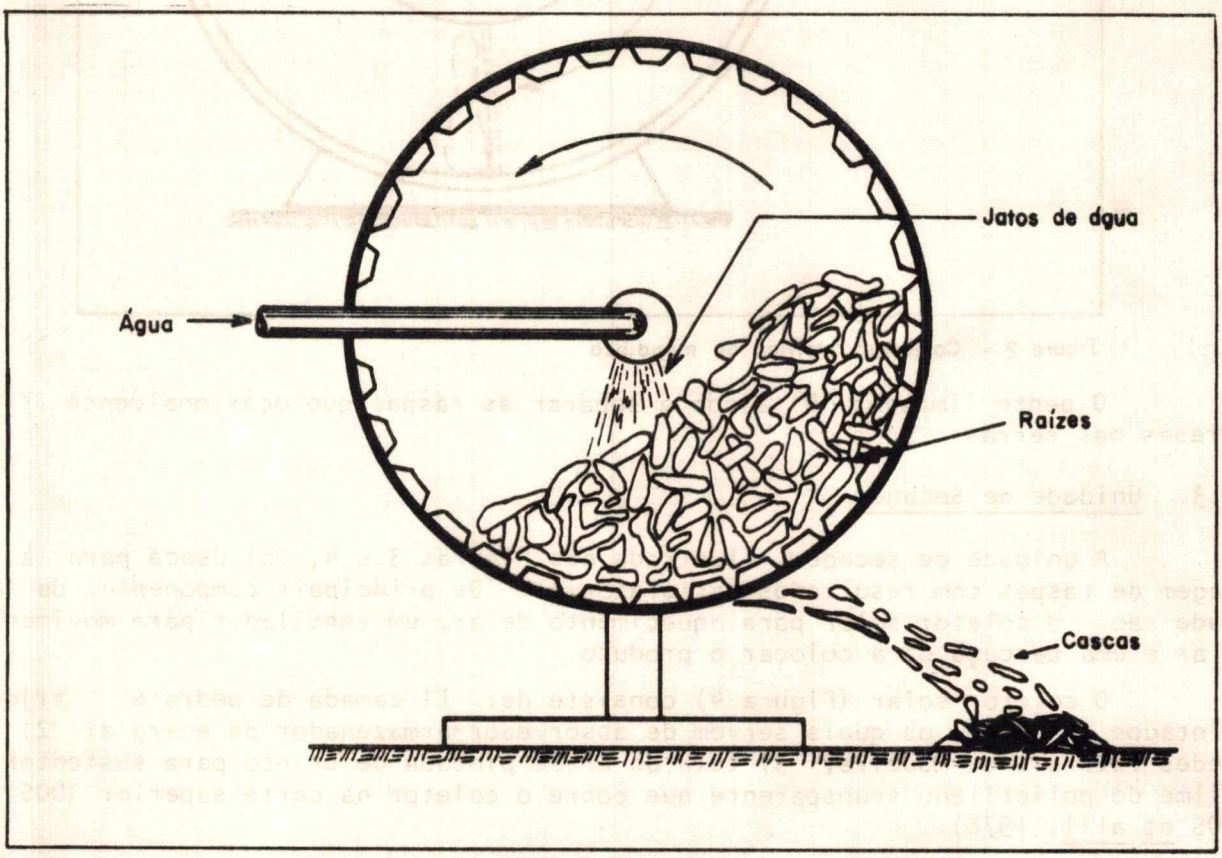


Figura 1 - Lavador - Descascador de mandioca

3.2. Cortadora

O cortador rotativo apresentado na Figura 2 foi projetado e construído para fazer as raspas. É um cortador contínuo com capacidade para 700 quilos / hora.

As raízes são alimentadas através da janela de alimentação (**A**) no rotor centrífugo onde as pás forçam as raízes contra a faca estacionária (C). As rodelas cortadas pela faca estacionária são empurradas contra um conjunto de 13 serras circulares co-axiais, que fazem o corte longitudinal. As raspas são então ejectadas pelas serras circulares por efeito da força centrífuga.

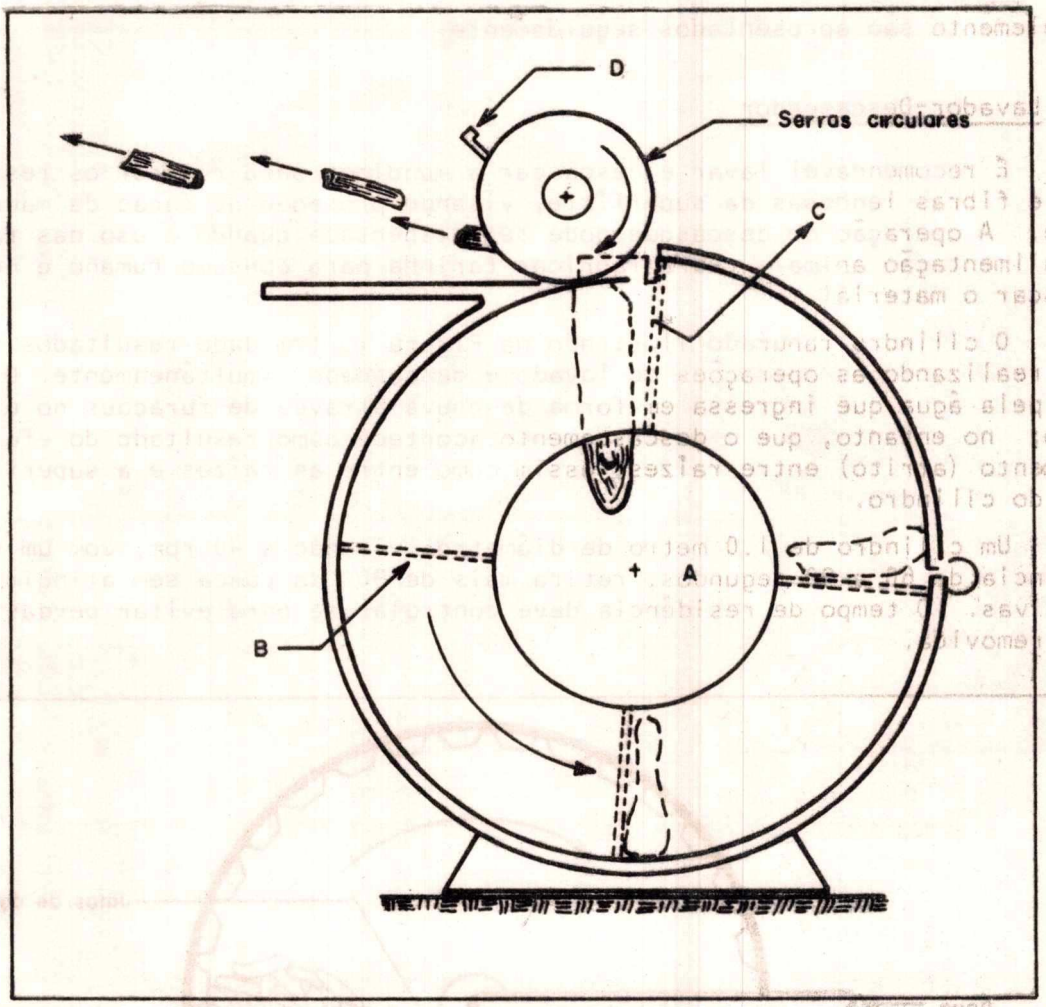


Figura 2 - Cortadora elétrica de mandioca

O pente limpador (D) ajuda a separar as raspas que ocasionalmente ficam presas nas serras.

3.3. Unidade de Secagem

A unidade de secagem, ilustrada nas Figuras 3 e 4, foi usada para a secagem de raspas com resultados satisfatórios. Os principais componentes da unidade são: o coletor solar para aquecimento de ar, um ventilador para movimentar o ar e uma barcaça para colocar o produto.

O coletor solar (Figura 4) consiste de: 1) camada de pedra e tijolos pintados de preto, os quais servem de absorvedor-armazenador de energia; 2) paredes laterais de madeira; 3) tela de arame pintada de branco para sustentar um filme de polietileno transparente que cobre o coletor na parte superior (DOS SANTOS et alii, 1978).

O ventilador de ar deve movimentar quantidades adequadas de ar para que a secagem aconteça antes de apresentar-se deterioração. A vazão de ar é uma função de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, sendo que quantidades entre 60 e 100 m^3/min-ton são necessárias para condições de secagem nas faixas de 45-20°C e umidades relativas de 20-60%, respectivamente.

A barcaça consiste de uma estrutura de alvenaria de seção transversal retangular, com uma câmara comunicada ao ducto de saída do ventilador e um chão de chapa metálica, furado, sobre o qual as raspas são colocadas para a secagem (Figura 3).

Uma vez colocadas as raspas na barcaça, o ventilador deve-se ligar imediatamente, para iniciar o processo de secagem. Durante os dois primeiros dias é conveniente manter ligado o ventilador durante a noite com o qual se consegue alguma secagem além de manter o produto frio.

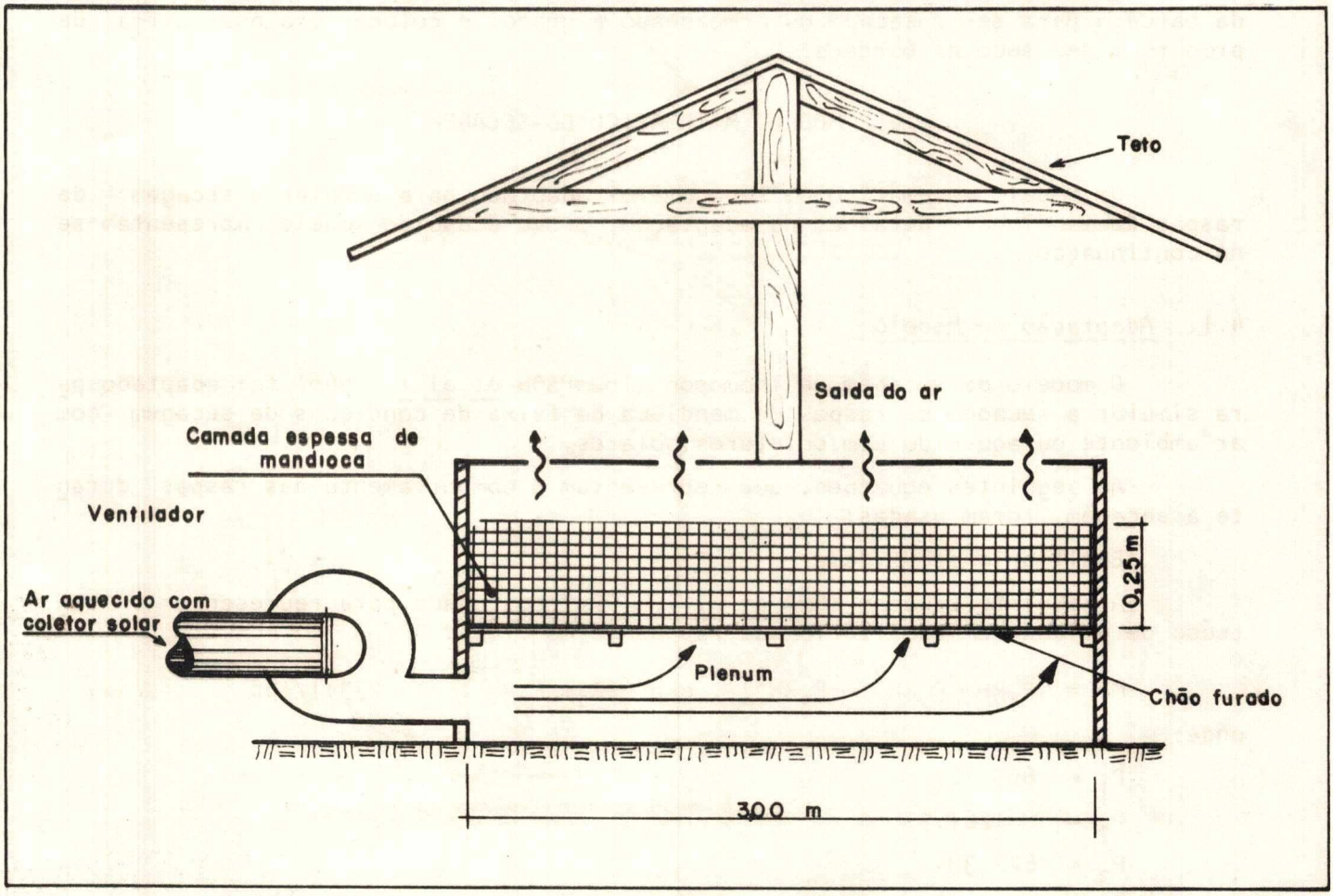


Figura 3 - Esquema da barcaça secadora

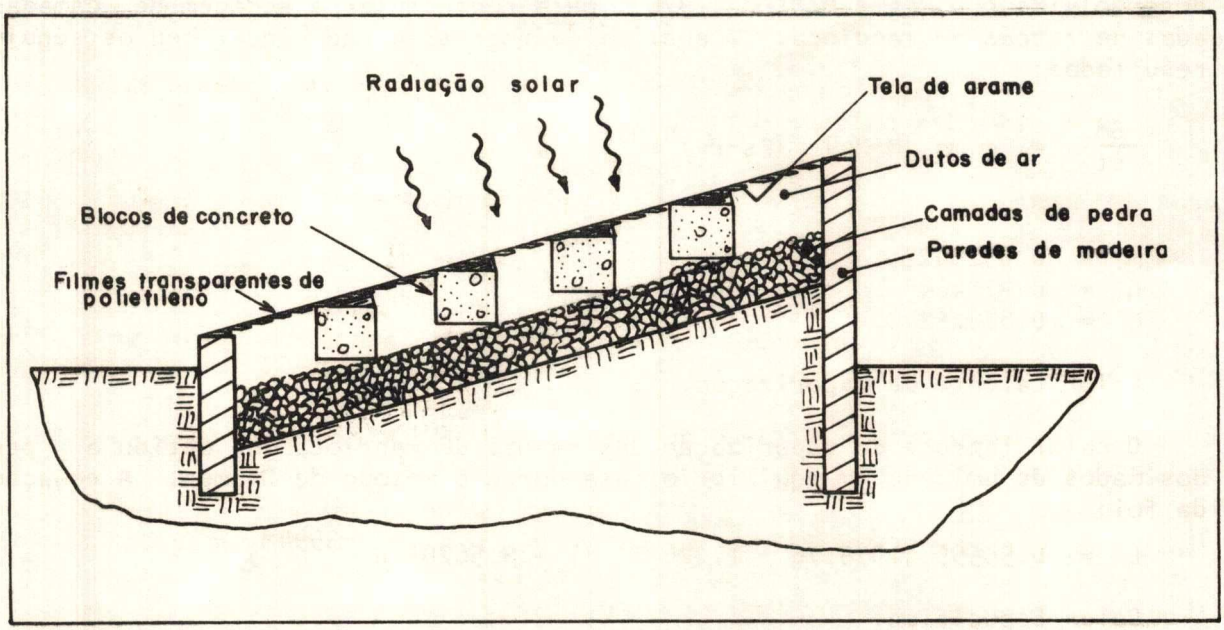


Figura 4 - Coletor solar

Quando o produto atingir uma umidade média de 12 a 13%, pode-se retirar da barcaça para ser ensacado ou armazenado a granel e colocar uma nova carga de produto a ser seco na barcaça.

4. MODELO MATEMÁTICO DE SECAGEM

Um modelo matemático de secagem foi adaptado para simular a secagem de raspas de mandioca. Detalhes da adaptação, prova e uso do modelo apresentam-se na continuação.

4.1. Adaptação do Modelo

O modelo de secagem de Thompson (THOMPSON et alii, 1968) foi adaptado para simular a secagem de raspas de mandioca na faixa de condições de secagem com ar ambiente ou aquecido com coletores solares.

As seguintes equações, que representam o comportamento das raspas durante a secagem, foram usadas:

Equilíbrio de Umidade:

A seguinte equação (ROA et alii, 1974) foi usada para representar o conteúdo de umidade em equilíbrio das raspas de mandioca:

$$Me = (P_1 RH + P_2 RH^2 + P_3 RH^3) \cdot \exp\{(P_4 + P_5 RH^3)(T + 273)\}/100$$

onde:

$P_1 = 665.707$

$P_2 = -1261.97$

$P_3 = 622.394$

$P_4 = -0.0085$

$P_5 = 0.0155$

Equações de Secagem em Camada Delgada:

Dados experimentais obtidos no Laboratório de Matérias Primas da UNICAMP na faixa de 25-40°C e umidade relativa entre 30 e 70% foram aplicados a uma equação desenvolvida por ROA e MACEDO (1976), para representar a secagem de camadas delgadas de raspas de mandioca. A análise de regressão não linear deu os seguintes resultados:

$$\frac{\delta M}{\delta t} = -mq\,(M-Me)\,(Ps-Pv)^n t^{q-1}$$

onde:

$m = 0.0528022$

$n = 0.378464$

$q = 0.873252$

Calor Latente de Vaporização:

O calor latente de vaporização das raspas de mandioca foi obtido a partir dos dados de umidade em equilíbrio, usando-se o método de Othmer. A equação obtida foi:

$$L = 0.55555\,(1075.76 - 1.026\,T)\,(1 + 9.56201\,e^{-3594M})$$

Calor Específico:

A seguinte equação, representando o calor específico das raspas de mandioca como função do conteúdo de umidade, foi usada:

$$C_p = 0.4 + 0.6\,M_u$$

4.2. Prova do Modelo

Para provar o modelo, três toneladas de produto fresco, com 61.61% b.u., foram lavadas e cortadas, usando-se os equipamentos descritos nas seções 3.1. e 3.2., respectivamente. Após as raspas serem produzidas, e colocadas em uma barcaça de 5 x 3 metros, similar àquela descrita anteriormente (Figura 3).

Um ventilador centrífugo foi usado para movimentar o ar através da chapa perfurada (com 2% de área de furos) da barcaça. O ventilador succionava ar que era aquecido ao passar por um coletor solar plano de $60m^2$ (3 x 20) similar àquele ilustrado na Figura 4.

O teste começou a 28 de fevereiro de 1979. Durante a experiência foram realizadas as medições a cada hora da temperatura e umidade relativa do ar que entrava na câmara inferior (plenum) da barcaça. A perda média de umidade do produto, a três profundidades diferentes: 0-10, 10-20 e 20-30 cms, foi determinada por média de pesadas sucessivas, duas vezes por dia, de dois conjuntos de caixas de amostragem colocados em dois lugares diferentes na barcaça. Cada conjunto era formado de três caixas: (0.3 x 0.3 x 0.1 metros cada um), colocadas uma acima da outra. A base de cada caixa individual era fabricada de tela de arame permitindo a passagem do ar através das raspas nelas estocadas.

O ventilador era ligado manualmente e a secagem acontecia durante o período diurno unicamente. A experiência demorou 100 horas (44 das quais aconteceu a secagem). A temperatura e umidade relativa média do ar de secagem durante as 44 horas, foram de 35.2^0C a 42.7% respectivamente. O aumento médio da temperatura e o decréscimo da umidade relativa devido ao coletor solar foram de 6.6^0C e 18.1% respectivamente.

Na Figura 5 apresenta-se a redução do teor de umidade a diferentes profundidades, durante o período de secagem. Pode-se observar, nesta Figura, que foram necessárias 30 horas para as raspas atingirem um teor de umidade média inferior a 13%. A qualidade do produto foi avaliada de "Excelente" por um fabricante de rações. Na Figura 5 também se apresentam os resultados de simulação matemática quando os seguintes dados foram aplicados ao modelo adaptado: 1) A vazão; 2) a temperatura e umidade relativa do ar de secagem a cada hora; 3) a temperatura e o teor iniciais das raspas. Boa previsão da secagem pelo modelo matemático foi observada.

Uma comparação obtida por simulação, entre a secagem solar e o ar ambiente, é apresentada na Figura 6. Pode-se observar que após 30 horas de secagem o conteúdo de umidade das camadas superiores (20 - 30 cms) era aproximadamente igual à inicial. É provável que a vazão usada ($60m^3/min\text{-}t$) não seja suficiente para a secagem das raspas com o ar ambiente (28.6^0C e 60.8% de umidade relativa em média) sem que aconteça deterioração significativa nas camadas superiores.

4.3. Uso do Modelo

Na Figura 7 são apresentados tempos de secagem para produzir raspas de 13% de umidade final, a diferentes condições de secagem e diferentes vazões. As condições de secagem foram selecionadas em tal forma que cada condição é o resultado do aquecimento de ar de 25^0C e 60% de umidade relativa, mantendo a umidade absoluta constante. Pode-se observar a necessidade de aquecimento do ar (usando coletor solar) para reduzir os tempos de secagem e o risco de deterioração. Por exemplo, precisam-se de 52 horas para secar raspas nas seguintes condições: 25^0C 60% de umidade relativa e $60m^3/min\text{-}t$. Quando o ar é aquecido até 45^0C, a umidade relativa se reduz a 20%. Nestas condições, para a mesma vazão, o produto seca em 15 horas. Este gráfico serve para dimensionamento dos diferentes elementos do sistema de secagem por convecção forçada.

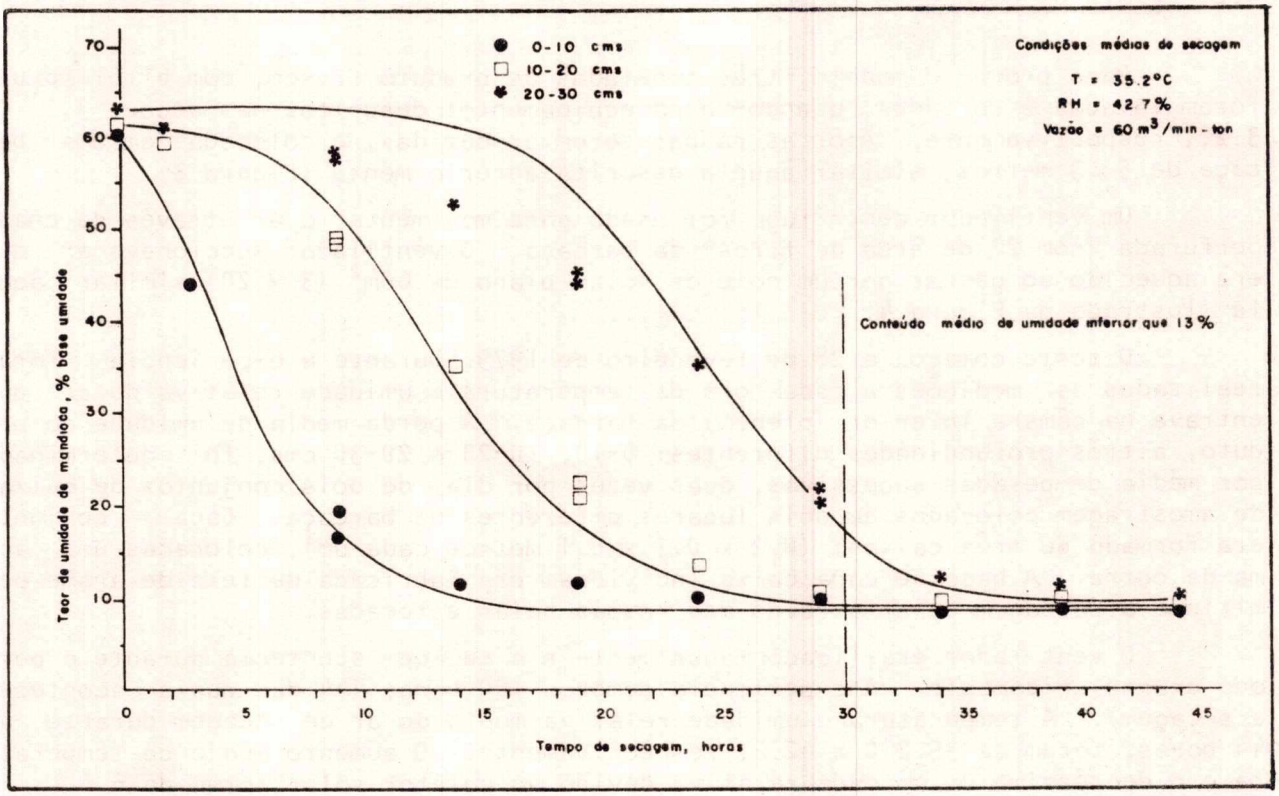


Figura 5 - Resultados experimentais e simulados da secagem de uma camada espessa de mandioca

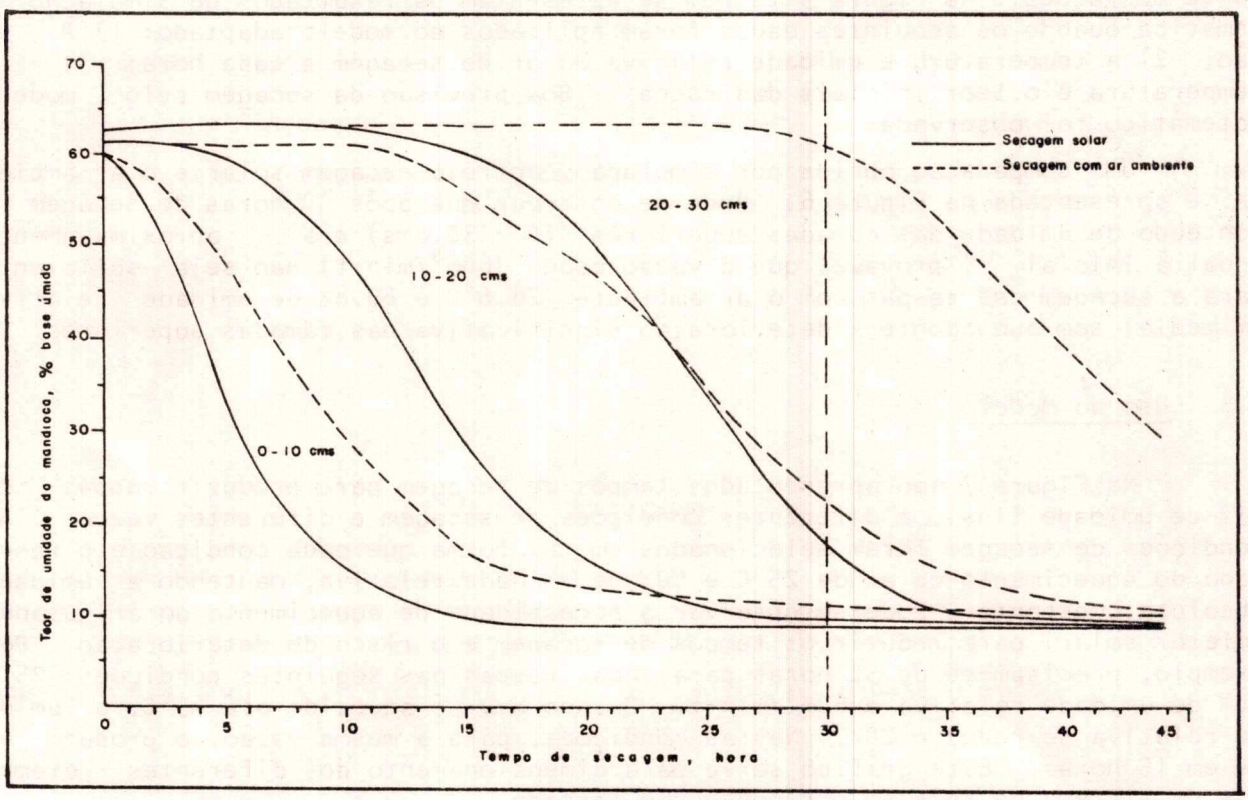


Figura 6 - Comparaçao simulada entre secagem solar e com ar ambiente de raspas de mandioca

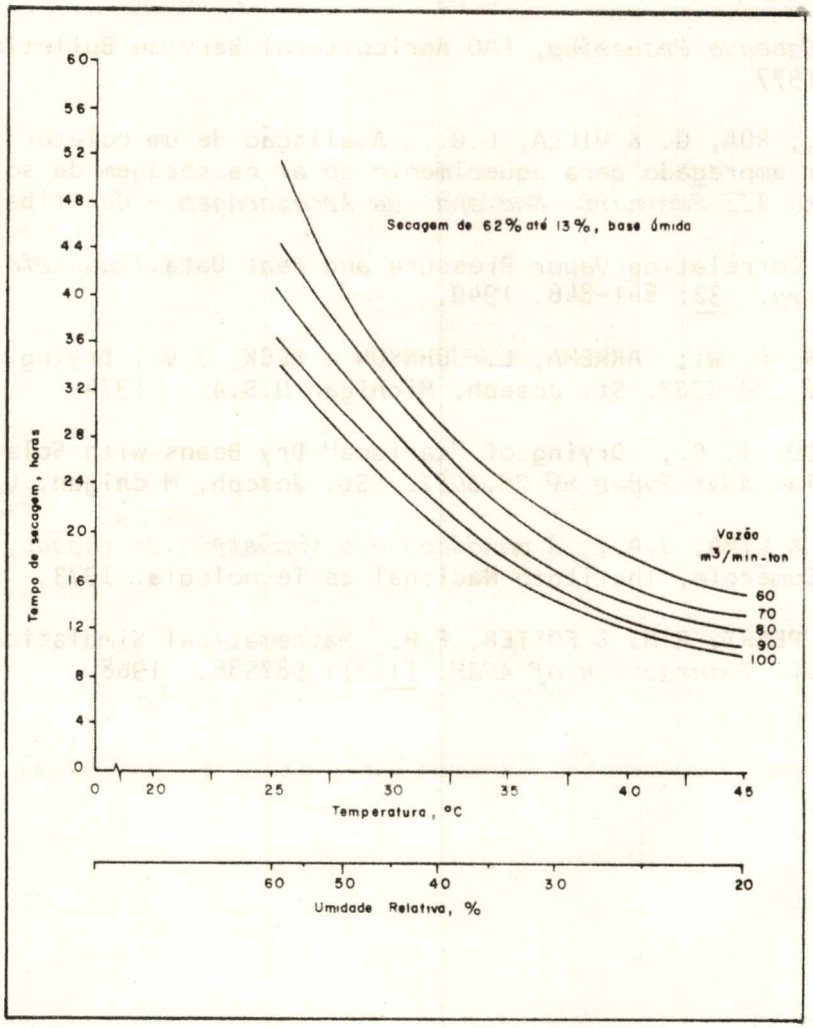


Figura 7 - Tempo de secagem de mandioca para obter raspas com 13 % de umidade, a diferentes condições de secagem.

5. CONCLUSÕES

1. Um sistema econômico e simples foi desenvolvido para a secagem de raspas de mandioca para uso na alimentação animal. O sistema faz o uso da ventilação forçada e do aquecimento do ar por meio de coletores solares.

2. Um modelo matemático para predizir o processo de secagem das raspas de mandioca foi adaptado a partir dos trabalhos de THOMPSON et alli (1968). O modelo apresentou boa previsão de condições experimentais. Pode ser usado para projetar sistemas de secagem de raspas sob condições específicas.

LITERATURA CITADA

BRAUNBECK, O.; VILLA, L. G. & SILVA, P. da, Redução de tamanho para a secagem de mandioca. 1979. (trabalho não publicado).

GRACE, M. R., *Cassava Procesing*, FAO Agricultural Service Bulletin nº 8. FAO Rome, Italy, 1977.

DOS SANTOS, L.A.; ROA, G. & VILLA, L.G., Avaliação de um coletor armazenador de energia solar empregado para aquecimento do ar na secagem de soja em silos. *Apresentado no III Seminário Nacional de Armazenagem* - Curitiba, PR. 1978.

OTHMER, D. F., Correlating Vapor Pressure and Heat Data. *Industrial and Engineering Chemistry*. 32: 841-846. 1940.

ROA, G.; BAKKER, F. W.; ARKEMA, L. JOHNSON e BECK, J.V., Drying of Cassava. - *ASAE PAPER nº 74-3037*. St. Joseph, Michigan U.S.A. 1974.

ROA, G., & MACEDO, I. C., Drying of "carioca" Dry Beans with Solar Energy in a stationary bia. *ASAE Paper nº 76.3021*. St. Joseph, Michigan, U.S.A.

ROSENTHAL, F.R. & LIMA, J.A., *A mandioca e a indústria de rações*, Ministério de Indústria e Comércio, Instituto Nacional de Tecnologia. 1973.

THOMPSON, T.L., PEART, R.M. & FOSTER, F.H. Mathematical Simulation of Corn Drying *A Model*. *Transaction of ASAE* 11(4): 582586. 1968.

PROGRAMA PARA CALCULADORA HP-97/67, DE DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO EM DIFERENTES POSIÇÕES DO INTERIOR DE UM SÓLIDO ESFÉRICO

Ma Ming Tsomg
Luiz Carlos Alvarenga
Peter John Martyn

RESUMO

A expressão:

$$U = - \frac{2R}{\pi r} (U_o - U_e) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \operatorname{sen} \frac{n\pi r}{R} \exp(-Dn^2\pi^2 t/R^2) + U_e$$

fornece valores de concentração em diferentes pontos de um corpo esférico. Esta expressão é de grande utilidade na simulação de secagem de produtos agrícolas, no sentido de otimizar processos de secagens como Seca-Aeração e Secagem Intermitente.

O cálculo de C para diferentes valores de T pode proporcionar erros e demanda um tempo longo.

É necessária, então, a utilização de uma calculadora programável.

Este trabalho teve por objetivo programar a solução da equação citada acima. O programa foi feito para uma calculadora HP-97/67 mas pode ser modificado para o uso em qualquer calculadora programável e com recursos suficientes.

O programa foi obtido através de 224 passos utilizando 16 memórias e 20 "label."

SUMMARY

Moisture at different points in a grain kernel can be obtained by the following expression (CRANK, 1):

$$U = - \frac{2R}{\pi r} (U_o - U_e) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \sin \frac{n\pi r}{R} \exp(-Dn^2 \pi^2 t/R^2) + U_e$$

This equation is of great usefulness in the simulation of the drying process of agricultural products because it can optimize drying processes such as dry aeration and intermittent drying. Thus the development of a desk calculator program to solve this expression is highly desirable since the solution of this equation is time-consuming and mistakes can easily occur.

This work shows how the Hewlett-Packard HP-97/67 desk calculator can be programmed to solve the equation. Moreover the program can be modified for use in other calculators of similar capabilities.

INTRODUÇÃO

Na secagem de materiais higroscópicos-capilares-porosos, a difusão líquida é um dos mecanismos que explicam o fenômeno de secagem numa determinada fase.

A expressão seguinte nos dá, para um corpo esférico de raio (R), o teor de umidade (U) em diferentes pontos dos grãos:

$$U = - \frac{2R}{\pi r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \operatorname{sen} \frac{n\pi r}{R} \exp\left(-Dn^2\pi^2 t/R^2\right) (Uo - Ue) + Ue \qquad (1)$$

onde:

U = Teor de umidade, base seca, decimal
R = Raio do material, cm
r = Posição no interior do material, cm
D = Coeficiente de difusão, cm^2/min
t = Tempo, minutos
Uo = Umidade inicial, base seca, decimal
Ue = Umidade de equilíbrio, base seca decimal

Esta expressão é a solução do seguinte sistema, CRANK (1957)

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{D}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial U}{\partial r}\right)$$

$$U\ (R,t) = Ue$$

$$U\ (r,0) = Uo$$

$$\frac{\partial U}{\partial r} \Big|_{0,t} = 0$$

O cálculo do teor de umidade utilizando a expressão (1) demanda muito tempo e pode proporcionar muitos erros de cálculo. Torna-se, então, necessário o uso de uma calculadora programável para determinar teores de umidade em diferentes pontos do produto para diferentes tempos de secagem.

Este trabalho teve por objetivo programar a solução da equação (1) para a calculadora HP-97/67. O programa elaborado pode ser modificado para o uso em qualquer calculadora programável e com recursos suficientes.

MATERIAL E MÉTODO

Como é impraticável efetuar-se o somatório dos infinitos termos da equação 1, determina-se o número de termos necessários pela expressão desenvolvida por MA *et alii* (1979):

$$n = a \left(\frac{Dt}{R^2}\right)^{-b}$$

onde as constantes a e b tomam os seguintes valores em função de precisão nos resultados a serem computados:

PRECISÃO	a	b
4 casas decimais	0,6807	0,5535
6 casas decimais	0,9817	0,5220
9 casas decimais	1,0739	0,5423

Os resultados serão impressos em coluna pela HP-97, aparecendo em primeiro lugar, as constantes **Ue**, **Uo**, **D** e **R**, representadas por **T**, **Z**, **Y** e **X**, respectivamente. Exemplificando:

Na secagem de feijão, com os seguintes dados iniciais:

Ue = 0,0908
Uo = 0,4146
D = 0,0004083
R = 0,7886

Determine os teores de umidade nas posições **r** = 0,6R, **r** = 0,8 **R** e **r** = R, após 10 e 20 minutos de secagem, respectivamente, com precisão até 4 casas decimais.

Solução:

Teclas a serem pressionadas:	Resultados:	Observações:
E	1.00	Imprime **n**
f c	- 0.5335	Seleciona 4 casas decimais.
0,0908 ENTER↑ 0,4146 ENTER↑		
0.0004083 ENTER↑ 0,7886 f A	9.0800 - 02 T 4.1460 - 01 Z 4.0830 - 04 Y 7.8860 - 01 X	Ue Uo D R
10 ENTER↑ 0.6 f B	0.00	Condições iniciais.
0.2 ENTER↑ 10 ENTER↑ 20		Intervalos para cálculo e tempo final
A	11. *** n 10. *** t 0.60 *** r/R 0.4145 *** U 10. *** t 0.80 *** r/R 0.3818 *** U 10. *** t 1.00 *** r/R 0.0908 *** U	

8.	***	n
20.	***	t
0.60	***	r/R
0.4073	***	U
20.	***	t
0.80	***	r/R
0.3267	***	U
20.	***	
1.00	***	r/R
0.0908	***	U

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As instruções para utilização do programa, e a sua listagem, são dadas a seguir:

LINHA	INSTRUÇÕES	ENTRADA DADOS	TECLAS	RESULTADO
1	Carregue os lados 1 e 2 do cartão magnético.			
2	Opcional: Escolha o modo de impressão do valor de n		E	1.00/0.00
3	Escolha da precisão dos resultados:			
	Para 4 casas decimais ..		fC	- 0.5535
	Para 6 casas decimais ..		fD	- 0.5520
	Para 9 casas decimais ..		fE	- 0.5423
4	Introduza o valor da umidade de equilibrio	Ue	ENTER	Ue
5	Introduza o valor da umidade inicial	Uo	ENTER	Uo
6	Introduza o valor do coeficiente de difusão	D	ENTER	D
7	Introduza o valor do raio do corpo esférico	R	fA	0.00
8	Introduza o valor de tempo fixo (ou tempo inicial) ..	T_i(min)	ENTER	t_i
9	Introduza o valor de r/R fixo (ou r/R inicial)	f_i	fB	0.00
10a	Para determinação do teor de umidade em diferentes - posições e diferentes tempos de secagem:			

LINHA	INSTRUÇÕES	ENTRADA DADOS	TECLAS	RESULTADO
	Introza o valor do incremento da razão r/R	Δf	ENTER↑	Δf
	Introduza o valor do intervalo de tempo	Δt(min)	ENTER↑	Δt
	Introduza o valor de tempo final	t_f(min		t_f
10a	Comece cálculo de U		A	Tabela
10b	Para determinação do teor de umidade em diferentes - posições e tempo de secagem fixo:			
	Introduza o valor do incremento da razão de r/R	Δf		Δf
	Comece cálculo de U		B	Tabela
10c	Para determinação do teor de umidade numa dada posição e diferentes tempos de secagem:			
	Introduza o valor do intervalo de tempo	Δt(min)	ENTER↑	Δt
	Introduza o valor de tempo final	t_f(min)		t_f
	Comece cálculo de U		C	Tabela
10d	Para determinação do teor de umidade para valores fixos de posição e tempo de secagem		D	t *** f *** U ***
11	Para novos cálculos vá para a linha 3,4 ou 8.			

```
001  *LBLA
002   STO5     Dados Δf, t_f, calcula U pa
003     R↓     ra diversos valores de r/R
004   STO4     e de t.
005     R↓
006   STO3     Incrementa t; quando t=t_f,
007  *LBL4     para.
008   GSB3
009   GSB1
010   ROL7
011   ST02
012   ROL4
013   ST+1
014   ROL5
015   RCL1
016   X<Y?
017   GTO4
018    RTN    ----------------------
019  *LBLB
020   STO3     Dados Δf e um valor de  t,
021   GSB3     calcula U para diversos va
022   GSB1     lores de r/R; quando r/R =
023    RTN     = 1, para.
024   LBL0     ----------------------
025   STO5
026     R↓     Dados um valor de r/R, Δt
027   STO4     e t_f, calcula U para diver
028  *LBL5     sos valores de t;  quando
029   GSB3     t = t_f, para.
030   GSB9
031   ROL4
032   ST+1
033   ROL5
034   ROL1
035   X<Y?
036   GTO5
037    RTN    ----------------------
038  *LBLD
039   GSB3     Calcula U para um valor  de
040   GSB9     r/R e um valor de t.
041    RTN
042  *LBL3     ----------------------
043   RCL0     Calcula valor de n.
044   RCL1
045     ×
046   RCLC
047    X²
048     ↕
049   RCL9
050    Y^x
051   RCL8
052     ×
053    INT
054   STO0
055   LSTX
056    FRC
057    X=0?
058   GTO6
059      1
060   ST+0
061  *LBL6
062    F0?
063   GTO7
054    RTN    ----------------------
065  *LBL7
066   RCL0     Imprime n, se o modo de im
067   DSP0     pressão estiver ativado.
068    SPC
069   PRTX
070    RTN    ----------------------
071  *LBL1
072   GSB9     Incrementa e testa o valor
073   RCL3     de r/R; quando r/R = 1,  en
074   ST+2     tão U = Ue.
075   ROL2
076      1
077   X≠Y?
078   GTO1
079   GSB0
080   ROLE
081   STO1
082   OSF1
083   ROLA
084   PRTX
085    RTN    ----------------------
086  *LBL9
087   ROL0     Calcula o valor de U, e  im
088   STO1     prime resultado.
089  *LBL8
090   ROL1
091     P1
092     ×
093   ROL2
094     ×
095    SIN
096   ROL1
097     P1
098     ×
099   RCLC
100     ÷
101    X²
102   RCLD
103     ×
104   RCL1
105     ×
106    CHS
107    e^x
108     ×
109      1
110    CHS
111   RCL1
112    Y^x
113   ROL1
114     ÷
115     X
116   ST+6
117   DSZ1
118   GTO8
119   GSBØ
12Ø      2
121    X≠Y
122     ÷
123   ROL6
124     X
125     P1
126     ÷
127    CHS
128   ROLE
129   STO1
13Ø   DSP1
131     R↓
132   ROLB
133   ROLA
134     -
135     X
136   ROLA
137     †
138   PRTX
139    CLX
14Ø   STO6
141    RTN    ----------------------
142  *LBLØ
143   RCL1     Imprime os valores de t  e
144   DSPØ     r/R.
145    SPC
146   PRTX
147   RCL2
148   DSP2
149   PRTX
15Ø    RTN    ----------------------
151  *LBLE
152    SFØ     Ativa o indicador do modo
153      1     de impressão de n.
154    RTN    ----------------------
155  *LBLc
156      4     Armazena os coeficientes
157   STOE     da função n, para 4 cassas
158   DSP4     decimais.
159     •
16Ø      6
161      6
162      Ø
163      7
164   STO8
165     •
166      5
167      5
168      3
169      5
17Ø   GTO2     ----------------------
171  *LBLd
172      6     Armazena os  coeficientes
173   STOE     da função n, para 6  casas
174   DSP6     decimais.
175     •
176      9
177      8
178      2
179   STO8
18Ø     •
181      5
182      2
183      2
184   GTO2     ----------------------
185  *LBLe
186      9     Armazena os coeficientes
187   STOE     da função n, para 9 casas
188   DSP9     decimais.
189      1
19Ø     •
191      Ø
192      7
193      4
194   STO8
195     •
196      5
197      4
198      2
199      3
2ØØ  *LBL2
2Ø1    CHS
2Ø2   STO9
2Ø3    RTN    ----------------------
2Ø4  *LBLa
2Ø5    RAD     Entrada dos valores de Ue,
2Ø6    SCI     Uo, D e R.
2Ø7   PRST
2Ø8    FIX
2Ø9   STOØ
21Ø     R↓
211   STOB
212     R↓
213   STOB
214     R↓
215   STOA
216    CLX
217    RTN    ----------------------
218  *LBLd
219   STO2     Entrada dos dados t_i e r/R
22Ø   STO7     inicial.
221     R↓
222   STO1
223    CLX
224    RTN
```

CONCLUSÃO

O programa pode ser usado para as seguintes finalidades:

a) Determinação do teor de umidade para diferentes posições e diferentes tempos de secagem.

b) Determinação do teor de umidade para diferentes posições e tempo de secagem fixo.

c) Determinação do teor de umidade para uma dada posição e diferentes tempos de secagem.

d) Determinação do teor de umidade para valores fixos de posição e tempo de secagem.

LITERATURA CITADA

CRANK, K.J., *The Mathematics of Diffusion*, Clareance Press, Oxford, U. S. A., 1957. 414 p.

MA, M.A.; ALVARENGA, L.C.; SILVA, J.N.; SAGLIETTI, J.R.C., Estudo sobre a convergência da solução da equação de difusão em um sólido esférico, (*Trabalho apresentado no IX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Campina Grande, Paraíba, 1979).

ESTUDO SOBRE A CONVERGÊNCIA DA SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE DIFUSÃO DE UM SÓLIDO ESFÉRICO

Ma Ming Tsomg
Luiz Carlos Alvarenga
Jadir Nogueira da Silva
José Ricardo C. Saglietti

RESUMO

A concentração em um sólido esférico, em diferentes pontos do seu interior, é calculada através da expressão:

$$U = -\frac{2a}{\pi r}(U_o - U_e)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\,sen\,\frac{n\pi r}{a}\,exp\,(-Dn^2\pi^2/a^2) + U_e$$

deduzida a equação da difusão em coordenadas esféricas com coeficiente de difusão constante e com as seguintes condições de contorno e iniciais.

$$U(a, t) = U_e$$

$$\left.\frac{\partial U}{\partial r}\right|_{0,t} = 0$$

$$U(r,o) = U_o$$

A precisão de U depende do número de termos da série:

$$n \overset{\geq}{=} 1\ \frac{(-1)^n}{n}\ sen\ \frac{n\pi r}{a}\ exp\ (-Dn^2\pi^2\ t/a^2)$$

Este trabalho visou determinar o número de termos da série acima, para que não haja variação no valor da concentração com precisões 4, 6 e 9 casas decimais.

Para isto, seguiu-se os seguintes passos:

*1. Calculou-se U para **n** variando de 1 até um valor no qual não houvesse variação em 4, 6 e 9 casas decimais, respectivamente. Os valores de **n** foram obtidos para diferentes valores Dt/a^2 conhecidos.*

2. Foram ajustadas curvas, por regressão, aos pontos obtidos.

Curvas potenciais foram ajustadas aos pontos obtidos experimentalmente com coeficientes de determinação 0,989, de 0,995 e 0,991 para 4, 6 e 9 casas decimais, respectivamente.

SUMMARY

Liquid distribution at different points within a spherical solid is calculated as follows (CRANK)

$$U = -\frac{2a}{\pi r}(Uo - Ue)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\,sin\,\frac{n\pi r}{a}\,exp\,(-Dn^2\pi^2\ t/a^2) + U_e$$

The above expression was derived from the diffusion equation, in spherical coordinate system, together with the following boundary and initial conditions:

$$U\ (a,t) = Ue$$

$$U\ (r,0) = Uo$$

$$\left.\frac{\partial U}{\partial r}\right|_{0,t} = 0$$

The accuracy of calculated U values depends on the number of terms in the series:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \sin \frac{n\pi r}{a} \exp\left(-Dn^2\pi^2 t/a^2\right)$$

This work determines the required number of terms in the above series such that the computed values of U will be within $\pm 10^{-4}$, $\pm 10^{-6}$ *or* $\pm 10^{-9}$ *of the exact values.*

INTRODUÇÃO

No processo de secagem ocorrem mecanismos diversos de transporte de água no interior do sólido que está secando. Dentre eles, a difusão líquida tem tido preferência, por pesquisadores, por ser um mecanismo que explica muito bem a secagem de um produto numa determinada fase de secagem; FORTES e OKOS (1978).

A segunda lei de Fick, para um corpo considerado esférico,

$$\frac{U}{t} = \frac{D}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial U}{\partial r}\right) \tag{1}$$

Para as condições iniciais e de contorno:

$$U(a,t) = U_e \tag{2}$$

$$\left.\frac{\partial U}{\partial r}\right|_{o,t} = 0 \tag{3}$$

$$U(r,0) = U_o \tag{4}$$

tem, por solução, a seguinte equação, CRANK (1957):

$$U = -\frac{2a}{\pi r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \operatorname{sen} \frac{n\pi r}{a} \exp - \frac{D\pi^2 n^2 t}{a^2} (U_o - U_e) + U_e \tag{5}$$

onde:

- U = Teor de umidade, base seca, decimal
- a = Raio do material, cm
- r = Posição no interior do material, cm
- D = Coeficiente de difusão, cm^2/min
- t = tempo, minuto
- U_o = Umidade inicial, base seca, decimal
- U_e = Umidade de equilíbrio, base seca, decimal

Um dos problemas para o cálculo do teor de umidade em diferentes pontos

no interior de um produto considerado esférico, durante a secagem, é a escolha da variação de n no somatório da equação (5).

Este trabalho tem, por finalidade, determinar o limite superior de n para que ocorra convergência razoável da equação (5).

MÉTODO

1. Foi feito um programa para a calculadora HP 97/67, para a equação (5) com os seguintes valores obtidos de dados experimentais, referentes ao feijão, ALVARENGA (1979)

$a = 0,7886$ cm

$U_o = 0,4146$ b.s.

$U_e = 0,0908$ b.s.

$D = 0,0004083$ cm^2/min

r = 0,1a; 0,2a; 0,3a; 0,4a; 0,5a; 0,6a; 0,7a; 0,8a; 0,9a; a t varia de 1 a 5000 minutos, em intervalos variáveis.

2. Fixando t e r, foram obtidos valores de U para n variando de 1 até um valor onde U não apresentou diferença em 4, 6 e 9 casas decimais, respectivamente.

3. O procedimento anterior foi repetido para cada par (t, r) e foram obtidos valores de n para cada par (t, r) que não apresentasse diferenças de umidade com 4, 6 e 9 casas decimais, respectivamente.

4. Foram ajustadas curvas de $n = f\left(\frac{Dt}{a^2}\right)$, por regressão, para 4, 6 e 9 casas decimais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 1 ilustra a variação do teor de umidade, em r = 0,1a com o tempo para diferentes valores de n. No gráfico, o índice de U representa o valor máximo de n para o somatório da equação (5).

Para valores de $t \geq 1000$, o valor de n não afeta o valor da umidade.

Para um dado t, à medida que n cresce, o valor da umidade converge para um valor fixo.

Os Quadros 1, 2 e 3 nos mostram valores de n para cada par (t,r) para 4, 6 e 9 casas decimais, respectivamente.

Para o ajuste das curvas, os valores de n foram escolhidos em r = (0,1)a devido ao fato de que n, para um dado t, ter apresentado um maior valor em r = (0,1)a. Nota-se, entretanto, que não houve grandes variações de n ao longo de r exceto para n = a, onde n = 1.

As equações ajustadas, por regressão, foram as seguintes, Figura 2:

a) Para 4 casas decimais

$$n = 0,6807\left(\frac{Dt}{a^2}\right) - 0,5535$$

$$R^2 = 98,9\%$$

b) Para 6 casas decimais

$$n = 0,9817\left(\frac{Dt}{a^2}\right) - 0,5220$$

$$R^2 = 99,5\%$$

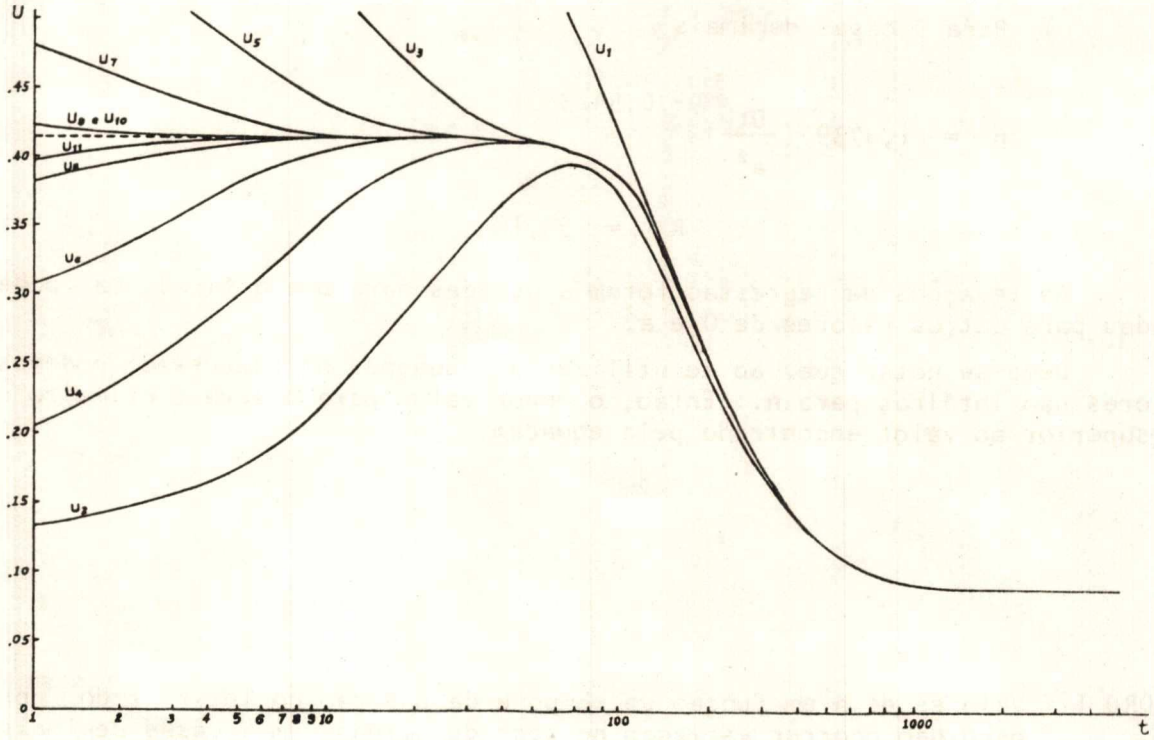


FIGURA 1 - Variação do teor de umidade, em r = 0,1a, com o tempo para diferentes valores de n .

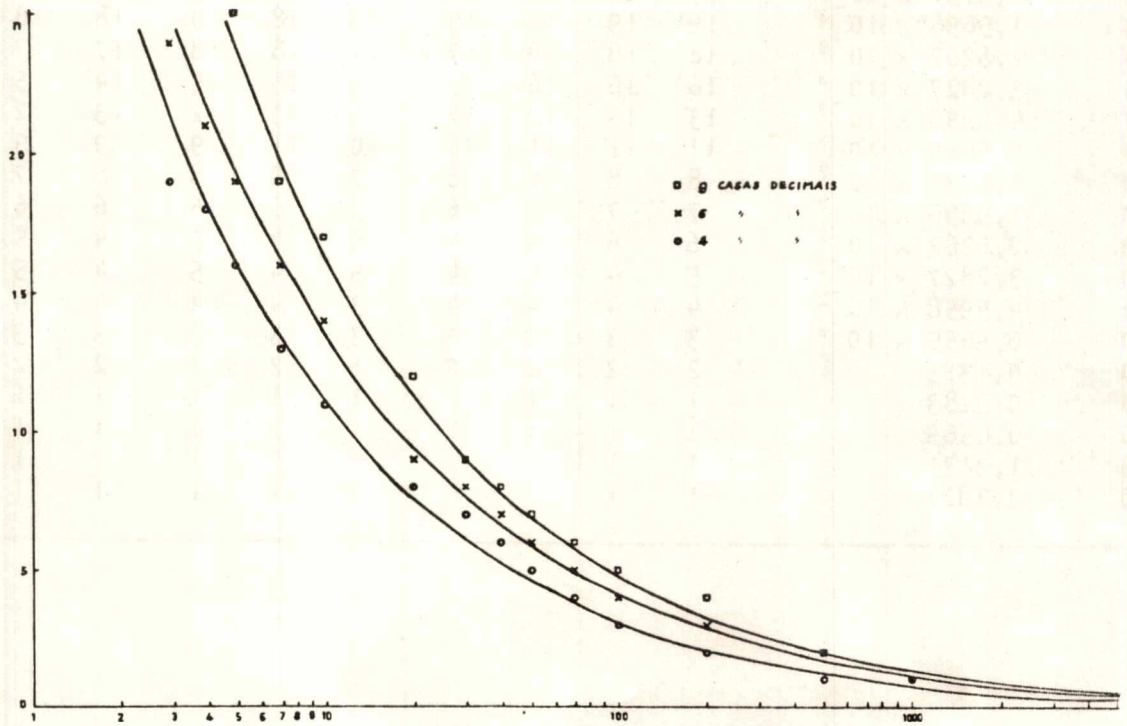


FIGURA 2 - Curvas de variação de n com o tempo.

c) Para 9 casas decimais

$$n = 1,0739 \left(\frac{Dt}{a^2}\right)^{-0,5423}$$

$$R^2 = 99,1\%$$

As equações de regressão foram ajustadas para **D** e **a** fixos, mas podem ser usadas para outros valores de **D** e **a**.

Deve-se notar que, ao se utilizar as equações de regressão, podemos ter valores não inteiros para **n**. Então, o menor valor para n será o primeiro inteiro superior ao valor encontrado pela equação.

QUADRO 1 - Valores de **n** em função do tempo e da posição no interior do produto para não ocorrer variação no teor de umidade em 4 casas decimais.

Tempo (minuto)	Dt/a^2	r/a									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	$6,5655 \times 10^{-4}$	36	34	33	33	25	33	32	31	31	1
2	$1,3131 \times 10^{-3}$	27	26	26	26	25	26	25	25	25	1
3	$1,9696 \times 10^{-3}$	19	19	19	19	19	18	18	18	18	1
4	$2,6262 \times 10^{-3}$	18	18	18	17	17	18	18	17	17	1
5	$3,2827 \times 10^{-3}$	16	16	16	15	15	16	15	14	15	1
7	$4,5958 \times 10^{-3}$	13	13	12	12	11	13	12	13	12	1
10	$6,5655 \times 10^{-3}$	11	11	11	10	10	11	9	9	9	1
20	$1,3131 \times 10^{-2}$	8	8	8	8	7	8	8	8	7	1
30	$1,9696 \times 10^{-2}$	7	7	6	6	5	6	6	6	6	1
40	$2,6262 \times 10^{-2}$	6	6	5	4	5	4	5	4	5	1
50	$3,2827 \times 10^{-2}$	5	4	5	4	5	4	5	4	5	1
70	$4,5958 \times 10^{-2}$	4	4	4	4	3	4	4	4	4	1
100	$6,5655 \times 10^{-2}$	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
200	0,1313	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1
500	0,3283	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	0,6565	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1,3131	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5000	3,2827	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

QUADRO 2 - Valores de **n** em função do tempo e da posição no interior do produto para não ocorrer variação no teor de umidade em 6 casas decimais.

Tempo (minuto)	Dt/a^2	r/a									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	$6,5655 \times 10^{-4}$	45	43	43	43	41	43	43	41	41	1
2	$1,3131 \times 10^{-3}$	32	31	31	30	29	31	30	30	28	1
3	$1,9696 \times 10^{-3}$	24	24	24	24	23	24	24	23	24	1
4	$2,6262 \times 10^{-3}$	21	21	21	21	21	21	21	19	19	1
5	$3,2827 \times 10^{-3}$	19	19	19	19	19	19	19	18	18	1
7	$4,5958 \times 10^{-3}$	16	16	16	16	15	16	15	16	15	1
10	$6,5655 \times 10^{-3}$	14	14	14	14	13	13	13	13	14	1
20	$1,3131 \times 10^{-2}$	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
30	$1,9696 \times 10^{-2}$	8	8	8	8	7	8	8	7	7	1
40	$2,6262 \times 10^{-2}$	7	7	7	7	7	6	6	6	6	1
50	$3,2827 \times 10^{-2}$	6	6	6	6	5	6	6	6	6	1
70	$4,5858 \times 10^{-2}$	5	4	5	4	3	4	5	4	5	1
100	$6,5655 \times 10^{-2}$	4	4	4	4	3	4	4	4	4	1
200	0,1313	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
500	0,3283	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1
1000	0,6565	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1,3131	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5000	3,2827	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

QUADRO 3 - Valores de **n** em função do tempo e da posição no interior do produto para não ocorrer variação no teor de umidade em 9 casas decimais

Tempo (minuto)	Dt/a^2	r/a									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	$6,5655 \times 10^{-}$	54	54	53	51	51	53	53	50	50	1
2	$1,3131 \times 10^{-}$	37	37	37	26	37	36	36	36	36	1
3	$1,9696 \times 10^{-}$	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
4	$2,6262 \times 10^{-}$	27	27	26	26	26	26	26	24	26	1
5	$3,2827 \times 10^{-}$	25	24	24	24	23	23	22	22	21	1
7	$4,5958 \times 10^{-}$	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
10	$6,5655 \times 10^{-}$	17	17	16	16	15	16	16	16	16	1
20	$1,3131 \times 10^{-}$	12	11	11	11	11	11	11	11	11	1
30	$1,9696 \times 10^{-}$	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
40	$2,6262 \times 10^{-}$	8	8	8	8	7	8	8	8	8	1
50	$3,2827 \times 10^{-}$	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
70	$4,5958 \times 10^{-}$	6	6	6	6	5	6	6	6	6	1
100	$6,5655 \times 10^{-}$	5	4	5	4	5	4	5	4	5	1
200	0,1313	4	4	4	4	3	3	3	3	4	1
500	0,3283	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1
1000	0,6565	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1,3131	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5000	3,2827	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

LITERATURA CITADA

ALVARENGA, L.C.; *Transporte de água em grãos de feijão-preto sob condições de secagem e repouso*, Imprensa Universitária, Tese M.S., 1979. 72 p.

CRANK, K.J.; *The Mathematics of diffusion*, Clareance Press, Oxford, U.S.A.,1957, 414 p.

FORTES, M. & OKOS.; A non-equilibrium thermodynamics approach to transport phenomena in capillary media. In: MUJUNDAR, A.S. ed., *Proceeding of the First International Symposium on Drying* Sciences Press, Princepton, U.S.A. 1978.

INVESTIGATION OF AIR FLOW CHARACTERISTICS OF A SIMPLE PLATFORM DRIER FOR COCOA

C.R. McDonald*
E.S. Freire*

RESUMO

A simulação da distribuição de ar dentro de dutos perfurados usando a equação de quantidade de movimento e uma correlação dando as propriedades de resistência ao fluxo de ar é relativamente bem conhecida.

Um modelo matemático baseado nesse tipo de sistema foi solucionado, através da computação e as propriedades do mesmo foram, então, investigadas pela obtenção das mudanças na uniformidade de distribuição do ar após as variações nos parâmetros do referido modelo.

Uma investigação foi também efetuada para mostrar as dificuldades de melhorar a distribuição do ar pelas variações na geometria do duto.

Em vista disto, projetou-se um secador tipo plataforma (em fase de construção) que será utilizado para tentar confirmar experimentalmente os resultados oriundos do modelo.

1. INTRODUCTION

Although not widespread as yet, much interest is being directed towards the development of forced ventilation cocoa driers for use in the Bahia region. One design which is being given particular attention at the CEPLAC Research Centre is a simple platform type drier of ares 10m by 2m.

It is well known that driers of this type can suffer non-uniform drying air flow through the crop, due to variations in static pressure along the plenum duct beneath the cocoa, MARCHANT and NELLIST (1977). With cocoa depths kept to the recognised limit of 20 cm WOOD (1961) and air flow kept low to main economic efficiency SHELTON (1967) the static pressure developed would necessarily be small.

It was thought possible, then, that even small static pressure variatinos along the plenum duct could have a comparatively large effect upon the drying air velocity along the length of the drier leading to exaggerated variations in drying rate. Consequently it was thougth necessary to consider at the designstage the magnitude of this effect and the means by which it could be reduced even if its elimination resulted in a reduced average drying air-flow.

One empirical suggestion at that stage was that an inclined or wedge shaped plenun duct would reduce static pressure variations by maintaining a constant air velocity in the duct. The investigation of this and other simple geometries was another of the objectives of the work.

Since this work can be regarded to a large extent as a sequence of calculations upon which the design of the drier was based, no experimental data is presented. However, when the construction of the unit is completed it is hoped that it will be possible to collect confirmatory data.

(*) CEPLAC/CEPEC

2. DEVELOPMENT OF THE EQUATION

2.1. Aplication of The Momentum Equation

Figura 1 shows an elemento of a rectangular duct of height D_H and width D_W. By the momentum equation we know that:

Net rate of outflow of momentum = Total force acting on the element

= Pressure forces + Shear Stress forces

Assuming isothermal conditions and that the passage of air out through the crop over the element dx is small compared to the change in total mass flow G, we have:

$$- G\, du_m = A_x\, dp + \tau\, dA_p$$

$$- u_m \rho A_x\, du_m = A_x\, dp + \tau A_p\, dx$$

$$\frac{dp}{dx} = - u_m\, \rho \frac{du}{dx} m - \frac{A}{A} p_x \tau$$

Dut

$$\frac{A}{A} p_x = \frac{2(D_H + D_W)}{D_H D_W} = \frac{4}{D_m}$$

where D_m is the hydraulic mean diameter of the duct and $\tau = F.\ (0.5\ u_m^2)$ where F is the skin friction coefficient.

Introducing these correlations we obtain:

$$\frac{dp}{dx} = - u_m\, \rho\, \frac{du}{dx} m - \frac{2F\ \rho u_m^2}{D_m} \qquad \text{eq. 1}$$

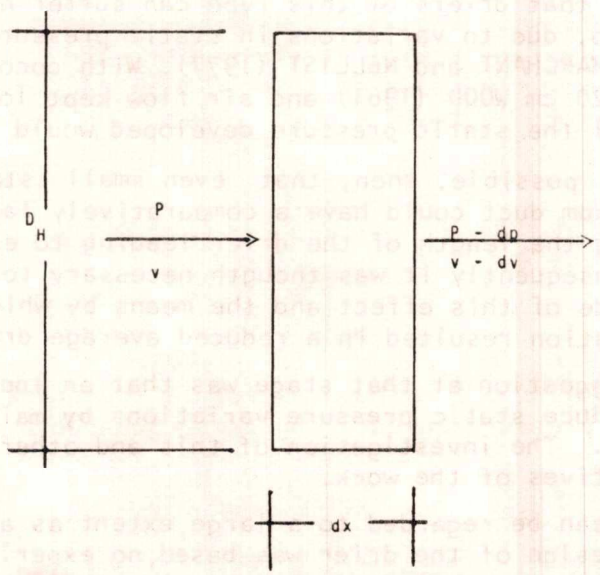


FIGURE 1 - An element of the plenum duct.

Throughout the preceding development a mean plenum duct velocity u_m has been assumed, yet even in turbulent flow where the velocity profile is relatively flat, the velocity in the neighbourhood of the duct walls will be considerably lower than u_m. The drying air that leaves the duct will tend to be extracted from this low energy layer. The effect of this is that the air in the duct will tend to be decelerated more rapidly than indicated in equation (1). To allow for this, the velocity derivative is often increased by a factor R, the regain coefficient giving:

$$\frac{dp}{dx} = - u_m R\rho \frac{du}{dx} m - \frac{2F\ \rho u_m^2}{D_m} \qquad \text{eq. 2}$$

MARCHANT and NELUST, 1977 quote values of R from various sources in the litetature showing a variation of between 0.8 to 1.5 at the fan end on the duct, to 0.2 at the blind end. It seems that little work has been done to relate the regain coefficient to the physics of the system rather than relying upon empirical values. In the absence of correlations for the duct geometry under consideration here, R was taken as unity.

The skin friction coefficient musto be calculated in order to solve equation 2. Although the flow of air in large ducts will almost always be turbulent consideration has to be given to an initial laminar flow region.

for $Re < 2000$ $\qquad F = \frac{16}{Re}$ $\qquad$ eq. 3a

for $Re > 2000$ $\qquad \frac{1}{\sqrt{F}} = - 410g \left(\frac{K_s}{3.7D_m} + \frac{1.26}{Re\sqrt{F}}\right)$ $\qquad$ eq. 3b

where:

$Re = U_m \rho D_m / \mu$, the Reynolds number

K_s = absolute roughness of the duct wall, m.

The equation for turbulent flow is that used by MARCHANT and NELLIST, 1977 and involves a trial and error solution for F.

2.2. Flow Through the Cocoa

Although for purposes of analysis G could be assumed constant in the development of equation 2, in fact G will decrease along the length of the duct. Assuming the airflow through the cocoa to have a vertical component of motion only, over the element dx, then we have:

$$dG = u_c \rho D_w dx$$

$$d(u_m \rho A_x) = u_c \rho D_W d_x$$

$$\frac{du}{dx} m = \frac{u_c}{D_H} \qquad \text{eq. 4}$$

The velocity of drying air through a crop is dependent upon the crop depth, d, and the static pressure beneath the crop. Such data is usually correlated in the form:

$$p = K_1 u_c^{K_2} d \qquad \text{eq. 5}$$

Rearranging and substituting for u_c in equation 4, we have:

$$\frac{du}{dx} m = \frac{1}{D_H} \left(\frac{p}{K_1 d}\right)^{1/K_2} \qquad \text{eq. 6}$$

2.3. Conditions for Zero Static Pressure Regain

If static pressure regain is prevented we can say:

$$P = P_L$$

and

$$\frac{dp}{dx} = 0 \qquad \text{eq. 7}$$

Then from equation (2) we have:

$$0 = -R \frac{du}{dx} m - \frac{2Fu}{D_m} m \qquad \text{eq. 8}$$

and from equation (4) we have:

$$\frac{du}{dx} m = \frac{u_c}{D_H} \quad \text{where } u_c \neq f(x) \qquad \text{eq. 9}$$

Rearranging equations (8) and (9) we have:

$$F u_m = - \frac{Ru_c D_m}{2D_H} \qquad \text{eq. 10}$$

From equation 3b, F can be seen to be a function of u_m (through Re), and assuming that the absolute roughness K_s cannot be manipulated then the left-hand side of equation 10 bears an inevitable functional relationship to x, the distance along the duct. Since for the conditions of equation 7 we know that u_c is to be constant, then for these conditions to be maintained we know that:

$$\frac{D}{D_H} m = \frac{2D_W}{D_W + D_H} = f(x) \qquad \text{eq. 11}$$

That is, for finite conditions, static pressure regain cannot be prevented unless D_H or D_W varies with **x**. Conversely, for a uniformly rectangular duct static pressure regain must take place. The necessary variation of D_H can be investigated by rewriting equations 10 and 11, such that:

$$D_H = - D_W \left(\frac{Ru}{Fu_m} c + 1\right) \qquad \text{eq. 12}$$

It now becomes obvious that for a boundary condition $u_L = 0$, the necessary duct height for zero static pressure regain would be infinite. Note that this conclusion is independent of variations in any of the other parameters.

The other possible parameter for eliminating static pressure regain, the cocoa depth, d, can ve investigated by substituting equation 5 into equation 12 which on re-arranging gives:

$$d - \frac{p}{K_1} \left\{ \frac{RD_W}{Fu_m (D_W + D_H)} \right\}^{K_2} \qquad \text{eq. 13}$$

In this case, too, it can be seen that as u_m tends to zero the required cocoa depht will tend to infinity.

3. SOLUTION OF THE EQUATIONS

3.1. Definition of The Boundary Conditions

Using a notation that defines conditions at the fan end of the duct with subscript 0 and those at the blind end by L, two different sets of boundary conditions can be defined:

$U_L = 0, \quad P_0 =$ value defined by chosen fan capacity.

and:

$U_L = 0, \quad P_L =$ specified value

The first set of conditions will give the drying air profile for known fan delivery while the second will work back to define a fan requirement for specified blind end static pressure. The first results in a boundary value solution and the second the more convenient initial value solution. For this investigation the initial value solution was used throughout.

3.2. Solution Methods

The numerical solution of equations 2 and 6 with initial value boundary conditions could be achieved either by predictor-corretor or Runge-Kutta methods WILLIAMS, 1973. The former is most useful in systems with dependent variables which increase or decrease at greatly differing rates (stiff systems). The Rouge-Kutta method is widely used, however, by the non-specialist solving well ordered stable systems. It has the advantages of being easy to program and requiring no special starting routine. In this work a Runge-Kutta solution was applied with a step length of 0.01m. The results showed no evidence of instability. Solution was carried out on an IBM 360 system with IBM package sobroutine RKGS, 1971, based on a fourth order Runge-Kutta-Gill solution method.

The solution of equation 3b also involved use of a package subroutine, RTWI, based upon Wegsteins Iteration method.

3.3. System Testing

To test the model solution a set of typical data was compiled, the chosen basic values are shown in Table 1. The implied geometry of the drier indicates the intended scale of the system under consideration. As previously stated R was set at unity.

TABLE 1 - Basic Parameter Values for System Testing

D_W	2.0	m
D_H	0.8	m
D_L	10.0	m
R	1.0	
K_S	0.0015	m
K_1	2308.9	
K_2	1.542	
d	0.2	m
T	60	^0C

The absolute roughness value required to calculate the turbulent friction factor was taken as 0.0015m, for all surfaces, a value typical of the concrete plenum chamber base and walls. The effects of the perforated metal plates and their supports were assumed at this stage to be comparable with a concrete surface.

No accurate pressure drop data for cocoa has been found in the literature and in order to obtain a correlation suitable for use here information was extracted from that presented by HAYNES, 1958 in graphical form for cocoa at 50% moisture content wet basis. The coeffcients K_1 and K_2 shown in Table 1 were derived by a linear regression on 5 data points, for static pressures in the range 0 to 270.5 N/m^2.

The air density and viscosity were calculated from the specified air temperature by means of polynomial correlations of data from the literature. The quoted temperature of 60^0C is typical for forced ventilation artificial drying of cocoa (2).(WOOD, 1961).

The static pressure boundary condition was chosen as 13.25 N/m^2 which would give an air velocity of 0.1 m/sec through the crop (calculated at 60^0C). It is assumed throughout that this is the design value of u_c and any deviations from this value are to be avoided. The static pressure profile and corresponding drying air flow distribution derived from this input data are shown in Figure 2.

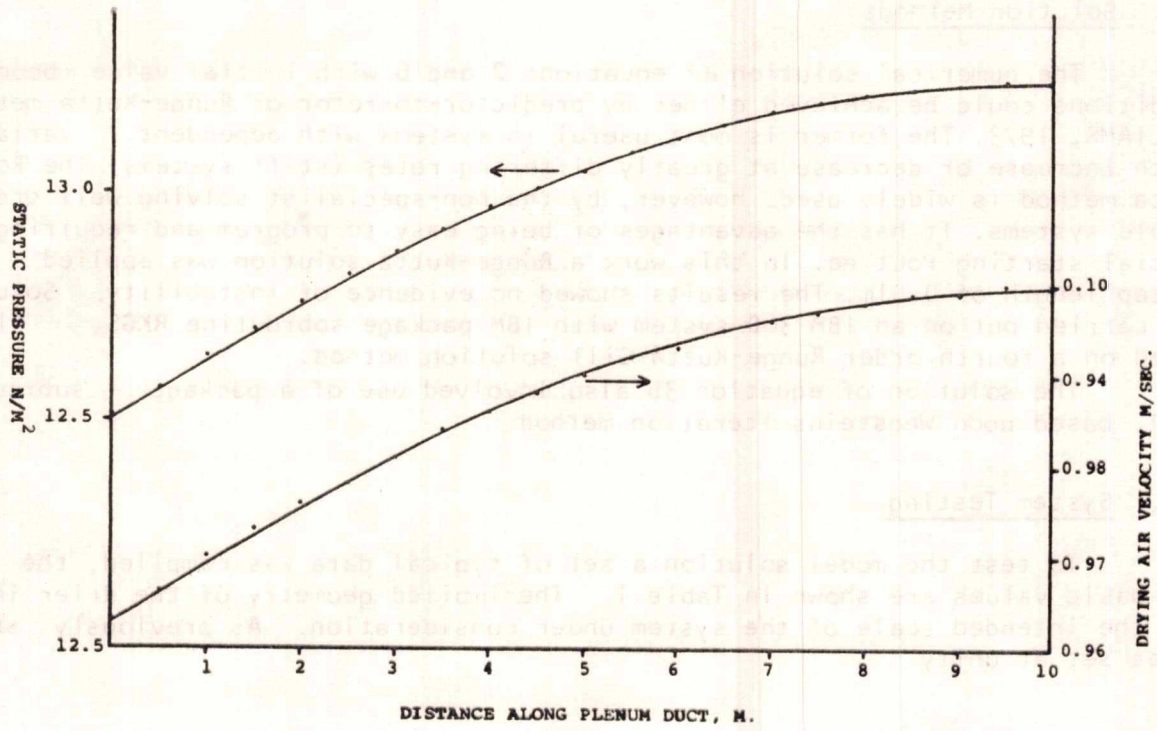


FIGURE 2 - Static pressure and dryng air velocity profiles.

With these conditions the program predicts an inlet requirement of 1.974 m^3/sec at 12.5063 N/m^2.

The shape of these curves is a typical example of static pressure regain whereby in spite of an overall reduction in system energy as the air moves the duct, the static pressure actually increases. This effect can be deduced from equation 2 wherein a negative mean velocity derivative results in a positive static pressure derivative. In empirical terms the deceleration of the air along the plenum can be regarded as a conversion of velocity energy to static pressure energy.

A point that must be made is that for the quoted conditions the static pressure regain is not a significant factor and would be unlikely to have any great effect upon the drying rate along the length of the drier since the velocity of air through the crop varies between 0.1 m/sec and 0.0963 m/sec. only.

4. DISCUSSION OF THE RESULTS

4.1. Definition of an Error Criterion

In order to be able to compare the static pressure profiles derived for the various conditions to ve investigated, and error criterion, E, was defined by which the deviation from the set boundary value, P_L, was measured.

$$E = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^{N} (p_n - p_L)^2 \right)^{0.5} \qquad \text{eq. 14}$$

For the base conditions listed in Table 1 a deviation value, E_b, of 0.552 was obtained.

A reduction in **E** due to some manipulation of the parameters would indicated an approach to the ideal situation of zero static pressure variation along the duct. To indicate such tendencies better, a relative deviation error criterion, e, was definide:

$$e = \frac{E}{E_b} \qquad \text{eq. 15}$$

In the work on variable plenum duct heights it was necessary to compare the profile with that for maximum duct height and an alternative relative error criterion e_X was defined as:

$$e_X = \frac{E}{E_X} \qquad \text{eq. 16}$$

where E_X is the value for D_H^{MAX}

4.2. Parameter Sensitivity Analysis

The sensitivity of the model to parameter variations has important implications. It defines those values to which the model reacts greatly and which should be fixed with accuracy. It also indicates which parameters could be varied to improve the system behaviour. System behaviour for these purposes can be split into two areas of interest, the static pressure profile through e and the size of fan which would be required to give an airflow u_{mo} or V_o at a static pressure p_o. Although this latter case is of less interest here due to the very small pressures involved, the shole sequence of results are presented since interesting and, in different circumstances, important, results can be drawn.

A resume of the results obtained is presented in Table 2.

4.2.1. Effects Upon the Static Pressures Profile

Although the magnitude of the effect varies, it can be seen that improved uniformity of **p** can be achieved by increasing D_H, K_S, K_1 **d** and **T** or by decreasing D_W, D_L, R K_2 or indeed by decreasing the design static pressure P_L. However it can also be seen that the effects of D_W and K_S are of negligible magnitude.

The independence of static pressure distribution on K_S is significant. On the one hand this supports the rather arbitrary choice of absolute roughness value while on the other indicates that a smooth surface correlation for F might be quite adequate. A run with $K_S = 0$ was carried out, giving e = 1.0102, p_o = 12.497 and V_o = 1.974, which differ hardly at all from the values quoted in section 3.3.° for the base conditions.

Another important point to note is the strong dependance of the static pressure profile on each of the coefficients in the pressure drop correlation equation 5. The values of K_1 and K_2 quoted in Table 1 can only be regarded as approximate due to the uncertain nature of their origin. It is obvious that for application of this method these coefficients should be determined as accurately

Table 2 Parameter Sensitivity Analysis

PARAMETER	Upwards Perturbation					Downwards Perturbation					j
	P_o	e^+	V_o	V_o/V_{ob}	U_{mo}	P_o	e^-	V_o	V_o/V_{ob}	U_{mo}	
Base	12.506	1.000	1.974	1.000	1.234	12.506	1.000	1.974	1.000	1.234	-
D_w	12.505	1.002	2.172	1.102	1.234	12.509	0.997	1.777	0.900	1.234	0.801
D_h	12.629	0.833	1.978	1.002	1.124	12.344	1.222	1.969	0.997	1.367	0.752
D_L	12.361	1.120	2.166	1.097	1.354	12.641	0.865	1.781	0.902	1.113	1.031
R	12.428	1.104	1.972	0.999	1.232	12.585	0.895	1.977	1.002	1.236	0.996
K_s	12.507	0.999	1.974	1.000	1.234	12.506	1.001	1.974	1.000	1.234	0.988
K_1	12.591	0.885	1.859	0.942	1.162	12.400	1.144	2.110	1.069	1.319	0.798
K_2	12.129	1.511	2.422	1.227	1.514	12.801	0.602	1.535	0.778	0.959	1.285
b	12.591	0.885	1.859	0.942	1.162	12.400	1.144	2.110	1.069	1.319	0.798
P_L	13.734	1.132	2.099	1.063	1.152	11.276	0.873	1.845	0.935	1.312	1.037
F	12.512	0.993	1.974	1.000	1.234	12.501	1.007	1.974	1.000	1.234	0.994

as possible. Furthermore variations due to moisture content changes, which have not been taken into account here, could be significant.

Equally important is the need for precise measurement of the depth of cocoa on the drying plataform. It can be seen that variations in **d** have an identically great effect upon **E** as changes in K_1 (due to their appearance in the model only as the product). In reality it would be experimentally difficult to maintain a definite and uniformly constant value of d. Furthermore it is now apparent that the unavoidable undulations in cocoa depth over the drier area will have an exaggerated effect upon the static pressure profile.

Most important to the work in hand are the responses to changes in D_H and D_W. There is a marked dependancy upon D_H, but, strangely, variation in D_W has only a negligible effect.

It has to be concluded that the ratio F/Dm in equation 2 is insensitive to changes in duct cross-sectional area while the D_H term in equation 6 has a large effect.

In general, the system giving the best static pressure distribution would be that with the shortest duct length, highest plenum, deepest cocoa layer and lowest specified static pressure. It must be added, however, that the last two of these if taken to extreme will result in difficulty in mixing of the crop and slow and non-uniform drying due to moisture content profiles in the vertical plane.

4.2.2. Effects Upon the Inlet Air Flow

The interesting observation has been made that a 10% change in D_W has no effect upon the calculated inlet air velocity, and that the corresponding volumetric flow increases by the same 10%. Conversely the same increase in D_H results in a 10% decrease in u_{mo} with hardly any change at all in V_o.

Variations in the other parameters are less complex since no simultaneous effect upon velocity through duct cross-sectional area takes place, that is V_o/V_{ob} would equal u_{mo}/u_{mob}. The effect of D_L is linear while those of R and K_s are negligible. The constant K_1 and the cocoa depth, **d**, have an identical effect while that following a change in K_2 again is dramatically high.

4.3. Linearity of Static Pressure Response

The linearity of the response of **e** to parametric changes can be demonstrated by the factor **j**, where:

$$j = \frac{1-e+}{1-e^-} \qquad \text{eq. 17}$$

For a linear response j = 1 whilst for j > 1 the system reacts stronger to parametric increases and vice versa for j < 1. The values of **j** are presented in Table 2. It should be noted that these values were calculated by 6 significant figura values of **e**, from which those e values shown in Table 2 were derived by truncation.

It can be seen then that, with the exception of D_W, the strongest non-linear effects are exhibited by the parameters which appear in equation 6. The non-linear nature of this equation is obvious; what is less obvious is that the non-linearity of each of these parameters is strongest in the direction which results in worsened static pressure distribution.

The D_H factor in equation 5 in fact is linear and the question arises as to where the non-linearity of this and D_W originates. This must arise either through the u_m^2 term or through **F**, both in the friction term of equation 2.

4.4. Comparison of the Relative Effects of the Momentum and Friction Terms of the Momentum Equation

Much information has been deduced regarding the effects of the flow equation 6, in terms of its non-linear effects and the preferential appearance of D_H and not D_W. Equation 2 has a more subtle behaviour. An investigation of the comparative effects of the friction and momentum terms of equation 2 was carried out to throw more light in this area.

Perturbations of **R** and F respectively will uniquely excite the momentum and friction terms respectively. The results are incorporated in Table 2. It can be seen that variations in the friction term have negligible effects, altering neither inlet air velocity or volumetric flow while modifying the static pressure profile only slightly (only marginally more than a similar perturbation in K_S), thus supporting the previous deduction that friction has only a marginal effect upon the system.

As has been seen before, perturbations of the momentum term, effected by varying R, have only the slightest effect upon air flow but dramatically upsets the static pressure profile.

The effects of variations in either term are only very slightly non-linear.

4.5. Attempts to Reduce or Eliminate Pressure Regain

In the event, static pressure regain would not seen to be a problem under the conditions presented in Table 1. From Figure 2 the variation in u_c can be seen to be only 4%. However, continuing the investigatory side of the work, it was decided to look at the means by which even this small regain could be eliminated.

From Table 1 it can also be seen that for a given drier area only two parameters are available for manipulation, plenum duct height, D_H, and cocoa bed depth, d.

In section 2.3 it has been shown that neither of these parameters can actually eliminate static pressure regain since both require non-finite values at the blind end of the duct. However, the possibility of improving the static pressure profile by means of variations in D_H or d was thought worthy of investigation.

The use of D_M for this purpose was prefered, since once designed and built into the drier, no further effort would be required.

The drawback with the use of cocoa depth variations to offset static pressure regain is that the quality of the effect will depend upon the correct profile being maintained after each mixing. An additional problem is that the pressure regain is sensitive to changes in d and erros in the depth profile will have a magnified effect.

4.5.1. The Effect of Some Selected Plenum Duct Geometries

Since the analytical expression for the necessary D_H variation is insoluble it was decided to investigate arbitrary inclination of the plenum duct floor. Static pressure regain was thought to be simply due to the deceleration of the air and a wedge shaped plenun duct with the floor upwards inclined from the fan end was expected to result in an improved static pressure profile. For completeness both upwards and downwards inclined configurations were tested.

This was achieved by fixing the duct height at the base value of 0.8m at either the fan end or the blind end and varying the height at the other end in the range 0.1m to 1.5m. For variable D_H values less than 0.8 the upwards inclined mode is achieved when the fan and height is fixed at 0.8m and downwards inclination for the blind end fixed at 0.8. Variable D_H = 0.8 gives the horizon

tal or base case.

It can be seen from Table 3 that for both upwards and downwards inclinations the approach to the horizontal is accompanied by an improvement in the static pressure profile.

To follow up this trend the variable D_H values were increased to 1.5m such that the height fixed at 0.8m now becomes the mininum. It can be seen that this results in a continuation of the previously observed trend with an improvement being obtained as compared with the horizontal case.

Constructionally the maximum plenum chamber height of a platform drier will define the support wall height independent of any internal modifications, including any inclination of the duct floor. An alternative way then of testing the quality of the static pressure profile would be to compare with the profile for the horizontal case at D_H^{MAX} (see equation 16).

For variable D_H values less than 0.8, $e = e_x$, hence e_x values are quoted in Table 3 for the higher values of variable D_H only and these error values increase with D_H.

It can now be seeen that it is not possible to improve the static pressure profile of a horizontal duct by any means which involves the reduction of duct height at any point from the maximum value.

To demonstrate further characteristics of the upwards and downwards inclinations of the plenum flow, Figure 3 shows the duct velocity profiles for the horizontal and the 4 inclined cases for D_H perturbation of 0.5m about the base value of 0.8m. It can be seen that for a given slope of the plenum flow the inlet velocity is independent of whether the inclination is upwards or downwards (see also Table 3). The velocities at a given point within the duct, however, are always lower for downwards inclinations that the corresponding upwards inclined values.

TABLE 3 - Inclined Plenum Floor Results

D_h at fan end = 0.8				D_h at blind end 0.8				D_h at opposite end
e	e_x	V_o	U_{mo}	e	e_x	V_o	U_{mo}	
6.176	-	4.452	2.783	3.313	-	0.557	2.784	0.1
3.749	-	3.547	2.217	2.461	-	0.887	2.217	0.2
2.665	-	3.045	1.903	1.974	-	1.142	1.903	0.3
2.047	-	2.707	1.692	1.653	-	1.353	1.692	0.4
1.643	-	2.457	1.536	1.423	-	1.536	1.536	0.5
1.363	-	2.263	1.414	1.348	-	1.697	1.414	0.6
1.157	-	2.105	1.316	1.111	-	1.842	1.316	0.7
1.000	1.000	1.974	1.234	1.000	1.974	1.974	1.234	0.8
0.876	1.0984	1.863	1.164	0.909	1.1390	2.096	1.164	0.9
0.776	1.1193	1.767	1.104	0.852	1.2779	2.208	1.104	1.0
0.694	1.2843	1.682	1.051	0.766	1.4164	2.313	1.051	1.1
0.627	1.3719	1.608	1.005	0.710	1.5541	2.412	1.005	1.2
0.569	1.4566	1.541	0.963	0.660	1.6911	2.504	0.963	1.3
0.519	1.5386	1.481	0.926	0.617	1.8277	2.592	0.926	1.4
0.477	1.6179	1.427	0.892	0.579	1.9624	2.675	0.892	1.5

4.6. The Value of Increased Duct Height for Horizontal Ducts

It was shown in section 4.5.1. that the best plenum duct is horizontal

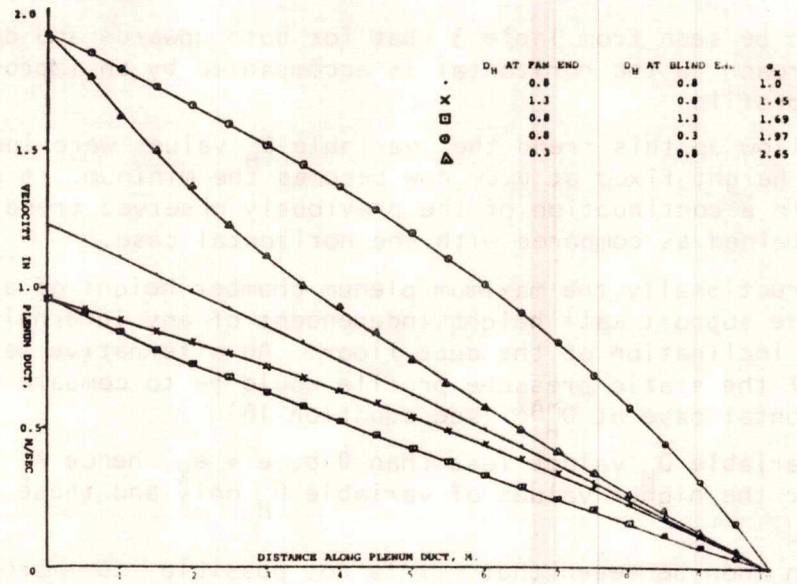


FIGURE 3 - Velocity profiles along inclined ducts.

and of the maximum height. It follows then for a given set of conditions the duct height can be fixed by specifying e maximum tolerable variation of static pressure along the duct. To test this idea, the relative error criterion, E,was calculated for various horizontal ducts of heights ranging from 0.1m to 1.5m; the results are presented in Table 3 and Figure 4.

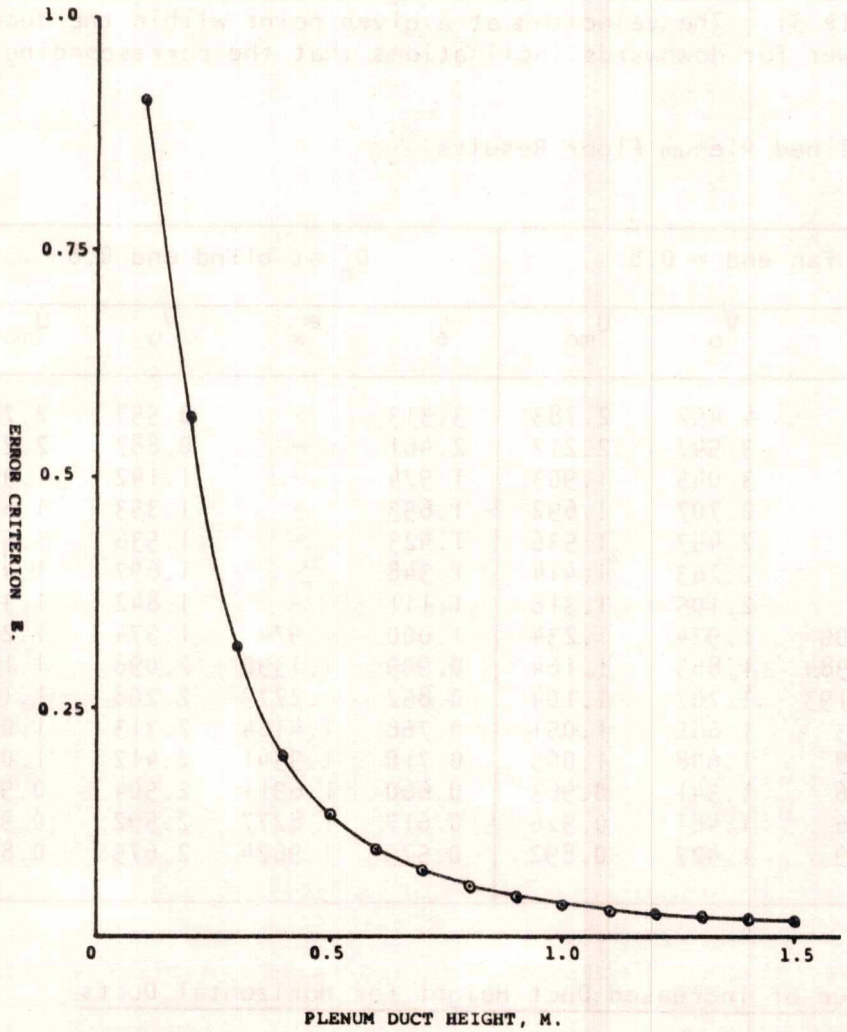


FIGURE 4 - Deviation error criterion E versus plenum duct height.

It can be seen that the approach to the assymptote of E = 0 at $D_H \infty$ is rapid.

The plenum height chosen for this investigation, 0.8m can be seeen to be a reasonable compromise value.

The actual values are shown in Table 4 along with the required inlet conditions. Note that although u_{mo} continues to vary quite strongly, V_o rapidly approaches its own asymptote value.

TABLE 4 - Plenum Duct Height Investigation

D_h	P_o	E	U_{mo}	V_o
0.1	16.206	0.9117	7.259	1.452
0.2	16.664	0.5655	4.268	1.707
0.3	19.216	0.3189	3.075	1.845
0.4	10.672	0.1976	2.383	1.907
0.5	11.490	0.1329	1.938	1.938
0.6	11.981	0.0951	1.630	1.956
0.7	12.245	0.0712	1.405	1.967
0.8	12.506	0.0552	1.234	1.974
0.9	12.655	0.0440	1.100	1.979
1.0	12.764	0.0359	0.992	1.983
1.1	12.845	0.0299	0.903	1.986
1.2	12.908	0.0252	0.828	1.988
1.3	12.957	0.0216	0.765	1.990
1.4	12.997	0.0186	0.711	1.991
1.5	13.029	0.0163	0.664	1.992

5. CONCLUSIONS

(1) An investigation of the theory of air flow in a plenum duct beneath a crop has shown that static pressure regain cannot be prevented by finite variations in either duct height or cocoa depth.

(2) Solution of the system model for typical operating data has shown that, in fact, the effect of static pressure regain is not great, u_o varying by only 4%. It has been assumed throughout that the development of the required inlet air flow/static pressure combination occurs outside of the drier as such.

(3) Reduced static pressure regain can be effected by increased D_H, K_S, K_1, **d** and T or by decreased D_W, D_L, **R** and K_2.

(4) The effect of the friction term in equation 2 on static pressure regain and required inlet flow is negligible.

(5) The effect of D_W upon static pressure regain is negligible while D_H variations affect regain considerably. Similarly, variations in D_W have little effect upon the required inlet air velocity but the inlet volumetric flow varies according to the alteration in duct area. Variations in D_H, on the other hand, causes the inlet required velo

city to vary in inverse proportion, while the inlet volumetric flow does not vary at all.

(6) The coefficients of the pressure drop equation have a large effect upon both static pressure and inlet air velocity and should be determined accurately for this method to have validity.

(7) The regain coefficient has little effect upon the required inlet velocity but affects the static pressure development linearly. The values of R for the duct in question should be derived and attempts made to relate in to the physics of the system, notably the cross-sectional velocity profile or boundary layer depth.

(8) Attempts to reduce the effect of static pressure regain by means of wedge shaped plenum chambers, showed that only by increasing the height of the duct can this be achieved. For any inclined duct the static pressure regain will be more pronounced than for a horizontal duct with a height equal to the maximum value from the inclined case. It is recommended that horizontal ducts only be considered with the height fixed by calculation based upon a specified maximum tolerable static pressure regain.

(9) The effect of cocoa depth on static pressure regain is great thougt it has a lesser effect upon the inlet velocity. The effect of variations of d upon regain has yet to be investigated in full.

NOTATION

A_p	Peripheral area of plenum duct	m^2
A_x	Cross sectional area of plenum duct	m^2
d	Depth of cocoa	m
D_H	Plenum duct height	m
D_m	Hydraulic mean diameter	m
D_W	Plenum duct width	m
e	Relative error criterion, equ. 14	
e_X	Relative error criterion, equ. 15	
E	Deviation error criterion, equ. 13	
E_X	Deviation error criterion for D_{DH}^{MAX}	
F	Friction factor	
G	Air mass flow	kg/sec.
j	Linearity coefficient, equ. 15	
K_S	Absolute roughness of plenum wall	m
K_1	Constant in equation 6	N/m^{K_2+3} $sec.^{K_2}$
K_2	Constant in equation 6	
L	Total lenght of the drier	m
N	Number of increments in solution procedure	
P	Static pressure	N/m^2
R	Regain coefficient	
Re	Reynolds number	
T	Temperature	^0C
u_c	Air velocity through the crop	m/sec
u_m	Mean air velocity in plenum duct	m/sec

NOTATION

x	Distance along duct	m
μ	Air viscosity	kg/m/sec.
ρ	Air Density	kg/m^3
τ	Shear stress	N/m^2

SUBCRIPTS

L	Value at x = L
b	Value for base conditions (Table 1)
o	Value at x = 0

SUPERSCRIPTS

MAX	Maximum value
MIN	Minimum value

LITERATURE CITED

MARCHANT, J.A.; NELLIST, M.E., Air Pressure and Flow in Ducted Crop Drying Sys - tems. Single Ducts. *J. Agric. Eng. Res.* 22, pp. 303-310. 1977.

WOOD, G.A.R., Experiments on Cocoa Drying in the Cameroons.*Tropical Agriculture* 38 pp. 1-11, 1961.

SHELTON, B. Artificial Drying of Cocoa Beans. *Tropical Agriculture*, 44(2), pp. 125-132. 1967,

I.B.M. Systems Reference Library. Catalog of Programs for IBM 360 (January 1971).

HAYNES, D.W.M. Cocoa Drying *Malayan Agric. J.* 41(2): pp. 88-96. 1958.

WILLIAMS, P.W. *Numerical Computation*. Pub. Nelson. 1973.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E FUNCIONAIS DE ARMAZÉNS CONVENCIONAIS PARA CACAU NO SUL DA BAHIA

Rogerio Serôdio*
Edson Pires do Prado*

RESUMO

Na região Cacaueira Sul-baiana, tal como na maioria das regiões produtoras, o cacau é armazenado, após colheita, fermentação e secagem, por período normalmente curto (cerca de três meses na Bahia), em que fica exposto ao ataque de "mofos" e insetos, os quais encontram excelentes condições para o seu desenvolvimento em climas do tipo quente-úmido.

A conservação de cacau comercial produzido na Bahia e destinado à exportação, é feita em sacos de aniagem mantidos em armazéns convencionais com notórias deficiências construtivas, fitossanitárias e operacionais, causas de deterioração do produto armazenado. Essas causas são analisadas e medidas para o seu controle são referidas.

Os parâmetros característicos do clima da Região em referência são apresentados, quantificando, assim, as dificuldades apresentadas na conservação das amêndoas de cacau.

Nas seções seguintes são detalhados aspectos construtivos e funcionais a serem atendidos num armazém convencional, para melhor conservar cacau em amêndoa ensacado, fornecendo assim, elementos básicos para o seu projeto e funcionamento. Os pontos principais de tais aspectos são finalmente, listados, à guiza de conclusão.

SUMMARY

In many cocoa producing regions, including Southern Bahia, the cocoa beans, after having been harvested, fermented and dried, are usually stored for a short period (about three months in Bahia). During this storage period conditions are often ideal for mould and insect growth, especially when the climate is hot and humid.

Bahian cocoa destined for exportation, is kept and delivered in jute sacks and stored in common depots. These buildings are usuallu deficient as far as structural, pest control and operational aspects are concerned. These aspects are reviewed in this paper and control measures are indicated.

The relevant climatic parameters of the Region are presented, showing the natural difficulties in keeping this product beyond a certain period of time.

Structural and operational aspects for the successful storage of sacked cocoa in a common dept are detailed. Design and operation measures are presented.

1. INTRODUÇÃO

Só um produto de boa qualidade pode assegurar o total êxito do armazenamento e, assim, o justificar técnica e econômicamente. Considera-se este o prin

(*) CEPLAC - Centro de Pesquisas do Cacau, Divisão de Bioengenharia, Ilhéus, BA
Projeto de Armazenamento de Cacau e Derivados.

cípio básico do armazenamento. O seu objetivo não é introduzir melhoria no produto armazenado, mas sim conservá-lo o melhor possível, com o menor dispêndio de capital.

Conservar um produto agrícola seco, por espaço de tempo superior a dois ou três meses, não é, porém, tarefa fácil, principalmente quando se está num clima quente-úmido e se trata de um produto de elevado valor econômico, como é o caso do cacau.

Na Região Cacaueira Sul-baiana, tal como na maioria das regiões produtoras, o cacau é armazenado, após colheita, quebra, fermentação e secagem por período normalmente curto (cerca de três meses na Bahia, segundo SILVA e BASTOS, 1977) Neste período o cacau fica exposto ao ataque de "mofos" e de insetos, os quais encontram, no clima da Região, ótimas condições de desenvolvimento. Tais problemas se multiplicam quando, eventualmente, há necessidade de armazenar este produto por um período que poderá chegar ou ultrapassar a um ano.

No ano agrícola de 1977/78, o Sul da Bahia produziu cerca de 249.000 t de cacau (95% da produção nacional), das quais 53% foram exportadas como cacau-amêndoa. A receita cambial proveniente da exportação de cacau e derivados produzidos nesta região foi de US$830 milhões (La FLEUR et al, 1979). O cacau assim comercializado "fluiu" por uma rede de armazéns, desde as fazendas até os Portos de Ilhéus e de Salvador, passando, via de regra, pelas instalações dos intermediários, localizadas em cidades-chave do circuito de escoamento do produto.

Os armazéns existentes na Região não possuem uma orientação técnica especializada sobre os aspectos construtivos e funcionais mais convenientes a uma boa conservação do cacau comercial. Baseiam-se, fundamentalmente, na experiência regional e em princípios gerais de projeto e construção de armazéns. Usam materiais de construção correntes na construção civil regional.

Para assegurar o êxito do armazenamento, porém, terão de se resolver primeiro seus problemas biológicos e construtivos, problemas estes cuja solução depende, primordialmente, de:

(i) a natureza do produto a ser armazenado
(ii) o tempo de armazenamento requerido; e
(iii) o clima da região.

Cabe ao micologista e ao entomologista, definirem o estado fitossanitário do produto à entrada do armazém e as melhores condições ambientes para um armazenamento eficiente.

Compete ao projetista, preparado em questões de armazenamento, e ao construtor, assegurarem o estabelecimento de tais condições nas umidades armazenadoras por eles construídas.

Na presente comunicação, não serão apresentados os aspectos construtivos e funcionais dos diferentes tipos de unidades armazenadoras usadas para o cacau em amêndoa. Tal como o próprio título indica, apresentar-se-ão os princípios básicos de projeto e os materiais de construção mais convenientes para o armazenamento dominante na Região Cacaueira Sul-baiana, o qual se designa por armazenamento convencional.

Por armazém convencional para cacau entende-se todo o edifício que apresenta técnicas de construção e de funcionamento comuns a qualquer armazém e cujo ambiente está em estreita dependência do clima local.

O estudo aqui apresentado baseia-se, fundamentalmente, em experiência acumulada (própria e bibliográfica) sobre armazenagem de produtos agrícolas secos, associada ao conhecimento do clima da Região e dos problemas biológicos e construtivos inerentes à conservação do cacau em amêndoas.(*) Pode-se dizer, ainda, que tal estudo é expressão da fase preliminar do desenvolvimento de um projeto abrangente de pesquisa sobre armazenamento de cacau e derivados, em execução no Centro de Pesquisas do Cacau da CEPLAC.

(*) O presente estudo foi estruturado com base no trabalho de RANSON (1960).

Muito embora o presente trabalho enfoque problemas construtivos e funcionais de armazenamento de cacau em amêndoa na Região produtora do sul da Bahia, os princípios básicos que apresenta são extensivos ao armazenamento convencional de cacau noutras regiões e à maioria dos produtos agrícolas secos, em climas do tipo quente-úmido.

2. CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DO CACAU ARMAZENADO E SEU CONTROLE

O cacau em amêndoa armazenado nas regiões produtoras, mesmo por períodos de cerca de três meses, deteriora-se com frequência, devido, principalmente, ao ataque do "mofos" e de insetos. Seres maiores, como roedores, provocam também danos e quebras.

A deterioração pode ser reduzida ou evitada através de:

- Apetrechamento da instalação contra o ataque de insetos e roedores
- Manutenção de um bom nível de higiene e de conservação da construção
- Extermínio de pragas por fumigação, pelo uso de inseticidas de contato por asfixia e pelo emprego de depredadores de tais pragas
- Controle da umidade; e
- Controle da temperatura.

Apresenta-se, a seguir, o modo como estes agentes de deterioração podem afetar o cacau armazenado e quais as medidas básicas para o seu controle.

a) Apetrechamento do Armazém contra Insetos e Roedores

Insetos, ratos, ratazanas e outros animais penetram e se alojam nos armazéns para se alimentarem e procriarem, provocando quebras quantitativas e qualitativas, estas por contaminação ou conspurcação do produto; em geral, provocam também prejuízos por danificação de sacos (caso dos roedores, para alcançarem o produto ou fazerem seus ninhos).

A penetração e alojamento destes animais no armazém pode ser controlada, até certo ponto, por cuidadoso projeto e construção do edifício e, no caso dos roedores, pelo uso adequado de iscas e raticidas.

b) Medidas de Higiene e de Conservação do Edifício

As pragas e doenças do cacau armazenado alojam-se e proliferam nos resíduos e sujeiras mantidos no interior do armazém, constituindo verdadeiros focos de infestação do produto. Fendas, perfurações e outras deficiências do edifício, fruto de uma má construção ou de uma descuidada conservação, constituem outros tantos possíveis locais de alojamento de pragas e doenças, definindo, assim, focos de ataque, efetivos ou potenciais.

Assim, a manutenção das necessárias medidas de higiene e de cuidados de conservação da construção irão evitar ou reduzir os perigos de deterioração do cacau armazenado.

c) Controle de Insetos Nocivos

Os insetos adultos, as suas larvas e, até certo ponto, os respectivos ovos podem ser destruídos por qualquer um dos seguintes meios: fumigação; aplicação de inseticidas de contato; asfixia em ambiente hermético; e emprego de parasitas e depredadores de tais insetos. Os fumigantes mais usados são hidrocarbonetos halogenados, como o brometo de metila e o tetracloreto de carbono. No Brasil presentemente, o cacau-amêndoa exportado para o estrangeiro é fumigado com o "Phostoxin", gerador de fosfina, princípio ativo de ação inseticida. O malation, a piretrina em solução oleosa, o lindane em pó e o DDT são inseticidas comuns de contato. As pragas do cacau são frequentemente controladas por inseticidas à base de piretrina, pura ou misturada com butóxido de piperonila, sob a forma de pulverização ou nebulização.

d) Controle da Umidade

Os "mofos" são o principal problema do cacau armazenado em condições convencionais no Sul da Bahia. A sua atividade depende, sobremaneira, de uma elevada umidade relativa ambiente. Para umidades relativas inferiores a 70%, os "mo

fos" se desenvolvem muito lentamente, mas entre 80 a 90% de umidade relativa, o desenvolvimento é rápido.

O teor de umidade do produto é, porém, o parâmetro mais importante para definir a intensidade de ataque de "mofos." A deterioração do cacau bem seco mesmo quando armazenado em ambiente com elevada umidade relativa, pode ser demorada, devido à lentidão com que a água é absorvida pelo produto, até atingir o teor de umidade que permite o desenvolvimento de "mofos", particularmente no centro de uma grande pilha de cacau ensacado. No entanto, umidades relativas elevadas devem ser evitadas, pois uma pequena queda de temperatura provoca a condensação de umidade, seguido de intenso ataque de "mofo." Problema similar ocorre quando se verifica um aquecimento localizado, ou não, da massa do produto, quer devido a um ataque de insetos, quer as deficiências da construção que permitem a entrada fácil de calor, com as consequentes migrações e condensações de umidade.

Umidades muito baixas também devem ser evitadas pois determinam uma queda em peso (desnecessária para uma boa conservação) e, consequentemente, um menor valor do produto, tornando-o, por outro lado, mais quebradiço.

O controle de umidade em armazém não é fácil, mas através de um conveniente isolamento térmico da construção e de uma bem dosada ventilação (natural ou forçada) poder-se-ão alcançar níveis de umidade ambiente mais seguros do que os atuais. Numa outra linha de atuação, poder-se-á procurar subtrair o produto seco do contato direto com o ar úmido ambiente, por meio de técnicas simples e apropriadas.

e) Controle da Temperatura

As condições ótimas para o desenvolvimento de insetos e microorganismos variam, consederavelmente, de espécie para espécie. Dentro de certos limites, porém, a sua atividade é estimulada por uma elevação da temperatura. Em climas quentes as temperaturas usuais do ar ambiente (22 a 35°C), incluem-se, geralmente entre os limites que levam à máxima atividade biológica. Se as temperaturas são aumentadas ou diminuídas suficientemente, a atividade é então reduzida, mesmo sem se verificar a morte de tais seres.

Na prática, o controle deve ser feito por abaixamento de temperatura e não por aquecimento, porque: (i) a elevação da temperatura para níveis que assegurem uma redução ou inibição do desenvolvimento das pragas e doenças, causa desconforto ou mesmo doença aos que trabalham no armazém; (ii) se a temperatura é elevada, mas não o suficiente, a atividade dos organismos nocivos será aumentada em vez de diminuída; e (iii) a qualidade do cacau pode ser adversamente afetada, quando submetido a temperaturas elevadas por longos períodos, pois podem alterar o sabor e aroma do chocolate dele proveniente.

Tal como foi referido no controle de umidade, é desejável reduzir as amplitudes térmicas no armazém, de modo a diminuir as probabilidades de migrações de umidade, com todos os seus inconvenientes. O controle da temperatura, com vista à redução do ataque de insetos, é, porém, de interesse limitado ou nulo no caso de armazéns convencionais em clima quente-úmido; apenas, sistemas mais sofisticados de resfriamento ou arrefecimento do ambiente podem determinar tal efeito.

3. ASPECTOS DO CLIMA REGIONAL

O bom projeto de um armazém convencional para cacau, como foi visto, depende, essencialmente, de requisitos micológicos ("mofos") e entomológicos. Será, portanto, influenciado pelo clima da região onde vai ser construído.

A temperatura e a umidade relativa do ar são parâmetros climatológicos básicos para o estudo e projeto desse tipo de armazém, como se depreende da Seção - anterior. Para uma melhor percepção dos problemas de umidades nas suas relações com o edifício, o ambiente e o produto, o parâmetro precipitação é também incluído no Quadro 1, o qual mostra os valores médios mensais obtidos no Centro de Pesquisas do Cacau, no período de 1965 a 1978 e em 1978, para estes três fatores do clima.

QUADRO 1 - Temperatura, Umidade Relativa e Precipitação de Posto Climatológico do CEPEC (Ilhéus, BA) no Período 1965-1978 e em 1978

Mês	Temperatura Média T (ºC)		Umidade Relativa Média (%)		Precipitação Média (mm)	
	Média 1965/1978	1978	Média de 1965/1978	1978	Média de 1965/1978	1978
Jan	24,7	24,7	83	88	150,2	253,7
Fev	24,8	24,5	84	88	151,8	203,7
Março	24,8	24,5	84	88	160,9	279,3
Abril	24,4	24,1	85	87	139,9	242,2
Maio	23,0	23,3	85	88	102,9	112,4
Junho	22,0	21,8	87	89	137,1	107,9
Julho	21,0	21,9	86	89	171,5	235,5
Agosto	21,1	21,0	85	86	93,0	148,7
Set.	22,0	21,8	84	84	118,1	108,2
Out.	23,0	23,2	84	84	141,1	119,6
Nov.	24,0	23,7	84	85	137,9	92,2
Dez.	24,5	24,3	83	85	176,9	103,7
ANO	23,3	23,2	84	87	1531,9	2006,7

Os "mofos" encontram, neste clima, condições ótimas para o seu desenvolvimento, todos os meses do ano, pois a umidade relativa do ar apresenta valores sempre superiores a 80%, naturalmente relacionados com chuvas distribuídas ao longo do ano e associados a temperaturas que, não sendo muito elevadas, estão longe de serem limitantes para o desenvolvimento daqueles fungos.

A construção de armazéns que aquecem o ambiente nas horas de maior radiação, prática corrente na Região Sul-baiana, determinará, obviamente, uma umidade relativa ambiente menor do que a exterior, mas terá os inconvenientes citados na Secção anterior. No caso dos insetos, tal aquecimento irá determinar, muito provavelmente, uma redução do seu ciclo biológico, logo o aumento da sua capacidade de multiplicação.

4. ASPECTOS DE PROJETO

As bases para projetos de armazéns, que aqui são apresentadas, foram formuladas tendo em vista o controle das referidas causas da deterioração do cacau armazenado.

O valor do produto e o tempo de armazenamento determinam o ponto até onde na prática, essas bases deverão ser seguidas ou mesmo quando se deverão adotar soluções mais complexas, fora do âmbito do presente trabalho.

4.1. Construção do Armazém Contra Insetos e Roedores

O armazém a ser projetado e construído ou remodelado, deverá ser de concepção simples e com superfícies internas lisas, sem proeminências.

Todos os cantos (encontro entre paredes e entre estas e o piso) deverão ser boleados, com um raio mínimo de 3 cm, de modo a permitir uma fácil e eficiente limpeza (Figura 1).

Insetos e roedores alojam-se facilmente em fendas (Figura 2), rachaduras e buracos, os quais deverão ser evitados por uma boa construção e uma cuidada conservação do edifício.

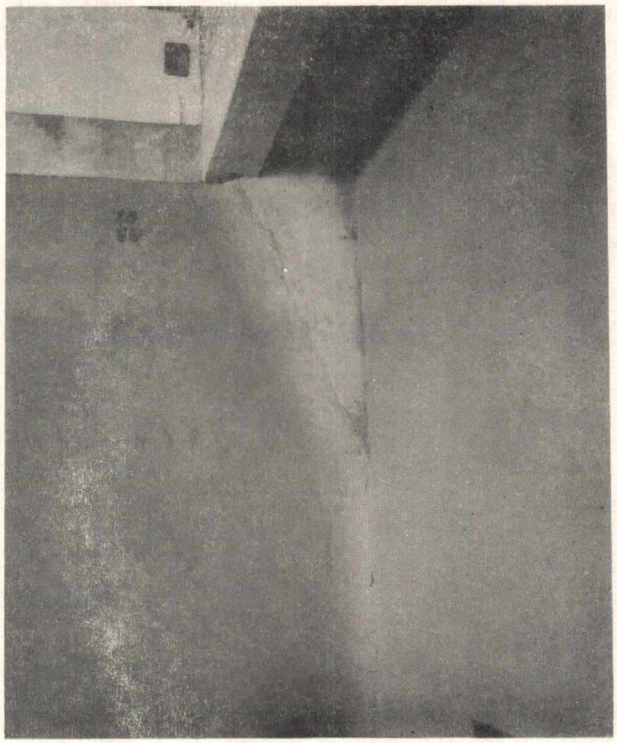


FIGURA 1 - Detalhe de acabamento de cantos em armazém de cacau. Note-se boleado dos cantos verticais, apenas.

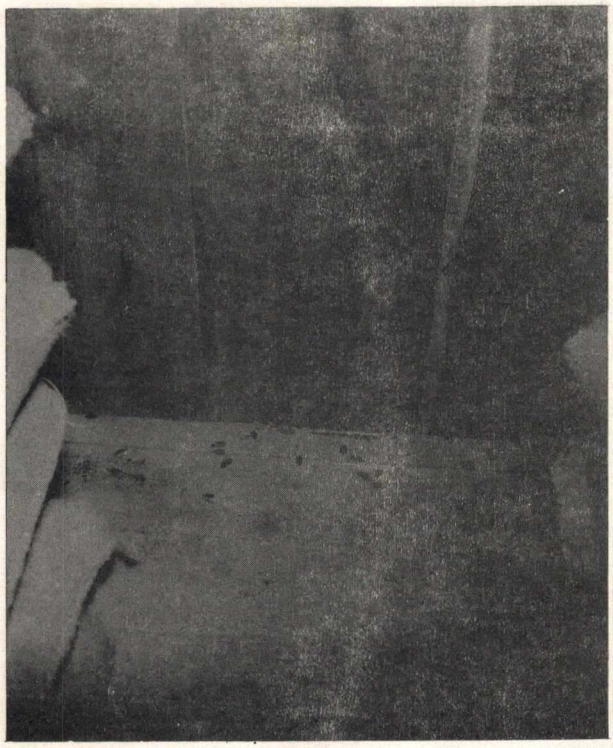


FIGURA 2 - Fendas entre tábuas de revestimento de paredes e piso de um armazém de cacau, propícios a acumulação de lixo e ao alojamento de insetos.

As portas e janelas deverão ser reduzidas ao mínimo (em número e em área) compatível com a operacionalidade e a funcionalidade do armazém, a fim de se reduzir a probabilidade de penetração de pragas no seu interior. As juntas das portas e janelas deverão ser construídas com material resistente (por exemplo, juntas de cobre), de modo a assegurar um ajuste perfeito e duradouro e, quando fechadas, não permitirem a entrada de quaisquer animais. Na medida do possível, as portas deverão fechar-se por si ou possuir dispositivo que iniba os insetos e roedores de transporem o seu limiar.

As janelas e quaisquer outras aberturas das paredes não deverão ter peitoril para o lado interior, ou, caso exista, deverá ser o mais inclinado possível (em bisel ou chanfro) de modo a evitar a acumulação de poeira e liso (Figura 3) Tendo em vista a proteção contra a entrada de insetos, estas aberturas terão de ser revestidas com tela de malha fina, pelo lado exterior.

Visando, em particular, opôr-se ao acesso de roedores, os peitoris das janelas deverão avançar para o lado de fora do edifício, cerca de 10 cm ou ter uma proteção de folha metálica lisa do lado exterior, abaixo das mesmas, de modo a evitar o trepar e a entrada destas mamíferos no armazém.

Deverá evitar-se que uma estrutura de cobertura complexa, como tesouras e vigas, fique exposta ao ambiente interior do armazém, pois determinará o abrigo fácil dos agentes de deterioração do produto armazenado, sendo, geralmente, de difícil acesso para limpeza (Figura 4). A construção de um forro uniforme e resistente, bem rematado no seu encontro com as paredes, será solução ideal para atender a este aspecto, e a outros que a seguir serão referidos.

A construção de armazéns que possam ser facilmente selados para fumigação é de relevante interesse, pois permitirá um bom controle de insetos e roedores . Isto se consegue quando as paredes e a cobertura são construídas com materiais sólidos e contínuos como, por exemplo, armazém com paredes de alvenaria de tijolo e forro em laje pré-moldada, ou outro, apetrechadas com portas e janelas vedando

bem. Coberturas de telha cerâmica, metálica ou de fibrocimento, sem forro, paredes em chapa ondulada ou com aberturas permanentes, não permitirão a retenção do fumigante, além de que facilitam a reinfestação do produto, dada à quantidade de frinchas que apresentam.

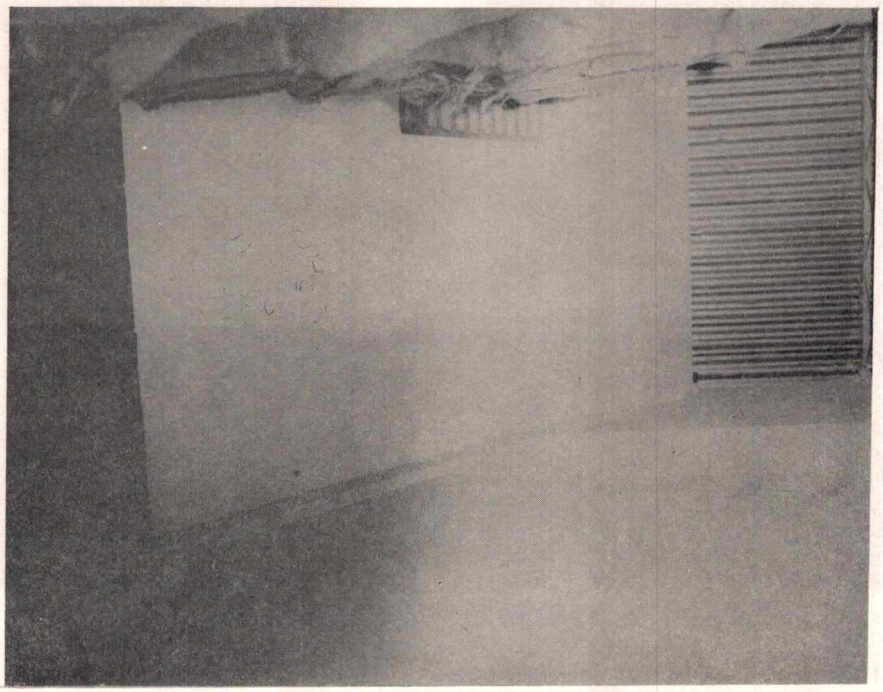


FIGURA 3 - Pormenor de interior de armazém de cacau mostrando diversas superfícies horizontais, acumuladoras de poeira, insetos e microorganismos.

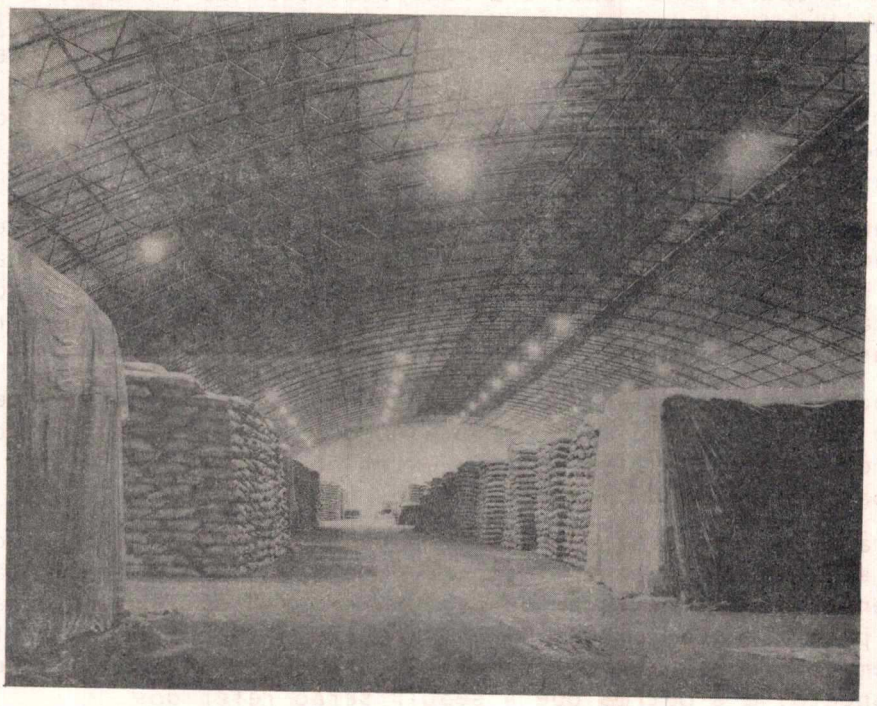


FIGURA 4 - Interior de armazém portuário de cacau. Note-se a profusão de elementos da estrutura de cobertura, praticamente inacessíveis a aplicação de medidas higiênicas e profiláticas.

Pelas mesmas razões, quaisquer aberturas de ventilação deverão ser passíveis de controle e fechamento perfeitos.

Ainda dentro das medidas construtivas contra o ataque de roedores, terá de se evitar a entrada destes mamíferos no armazém, através de qualquer tubagem, canalizações ou esgotos, protegendo estes pontos vulneráveis por meio de ralos, sifões etc. Os materiais de construção utilizados deverão ser de comprovada resistência à ação de tais animais, e convenientemente aplicados. A existência de espaços inacessíveis à visita e limpeza, como os definidos por paredes duplas, por forro de cobertura ou paredes ou situados, sob o piso, exigem um cuidado especial no seu fechamento ou selagem. Deverão ser fechados com material resistente, como, por exemplo, argamassa de cimento e areia.

Um bom projeto de armazém deverá, pois, incluir sempre dispositivos contra o ataque de insetos e ratos.

4.2. Métodos de Controle da Umidade

Todo e qualquer armazém, como unidade física constituída por materiais granulares e delimitando um ambiente, mantém no seu seio uma quantidade de água (sob a forma líquida ou de vapor), quer na construção propriamente dita, quer no ar ambiente.

Além do efeito deste teor de umidade sobre a integridade do produto, tal como mencionado, a umidade, em quantidade excessiva, será prejudicial à conservação da construção.

A umidade que os armazéns apresentam pode surgir por uma das seguintes maneiras:

a) Umidade Introduzida durante a Construção

Um metro cúbico de alvenaria de tijolo, recém construída, poderá ter até 150 litros de água; esta água poderá designar-se água de construção. A evaporação da água em excesso, até o equilíbrio higroscópico com o meio ambiente, será lenta e demorada, particularmente em climas úmidos. Enquanto esse escesso de água se mantiver, o ar no interior do edifício tenderá a ser mais úmido que o exterior; o valor K (condutibilidade térmica) dos elementos da construção com alto teor de umidade, será elevado, isto é, tais elementos terão um menor poder isolante térmico. A utilização de barreiras de vapor com um tipo comum de construção poderá retardar ainda mais o desejável equilíbrio higroscópico da construção.

A utilização de materiais pré-fabricados, como concreto pré-esforçado, placas de concreto celular, folhas metálicas, fibrocimento, madeira tratada etc., em equilíbrio higroscópico no momento da construção, será consequentemente, solução para este problema. Torna-se, pois, desejável o emprego cada vez maior de pré-fabricados apropriados à construção de armazéns convencionais.

b) Umidade que Entra do Exterior para o Armazém

A chuva penetra nas argamassas e nas alvenarias, fundamentalmente, por capilaridade, tanto mais quanto maior for a precipitação e menores as taxas de evaporação, tal como acontece na Região Cacaueira Sul-baiana. Pode-se atenuar ou evitar a penetração desta água pelo enriquecimento ou impermeabilidade das argamassas, pela construção de paredes duplas ou pelo revestimento das superfícies exteriores das paredes com material impermeável, como, por exemplo, folhas metálicas.

A chuva pode também penetrar através da cobertura do armazém, particularmente em telhados de pequena pendente, em regiões de chuvas "pesadas", acompanhadas de ventos fortes. Este risco pode ser reduzido pela adoção de cuidados especiais na sobreposição e fixação das telhas, pelo uso de arruelas duradouras e pela utilização de cumieiras de beiras onduladas. Em casos extremos, poder-se-á vedar as juntas das telhas com betume quente ou fitas colantes apropriadas. Obviamente, o emprego de técnicas que permitam diminuir o número de juntas da cobertura, será benéfico, do ponto de vista em questão.

Finalmente, a umidade do ar exterior entra no interior do armazém sempre que a pressão do vapor de água no exterior é mais elevado do que no interior. Esta penetração é tanto mais rápida quanto mais fácil forem as trocas de ar entre os dois ambientes, quer através de aberturas (a mais fácil), quer através dos próprios elementos da construção (desde que não estejam munidos de barreiras de vapor).

A umidade de um ambiente de um armazém pode ser removida por judiciosa ventilação, natural ou forçada, provocando a entrada de ar quando a sua umidade é inferior à desse ambiente. Isto pode ser conseguido pela abertura e fechamento de um sistema da ventilação controlada, manual (Figura 5) ou automaticamente, por meio da medição diferencial da umidade do ar, entre o interior e o exterior do armazém.

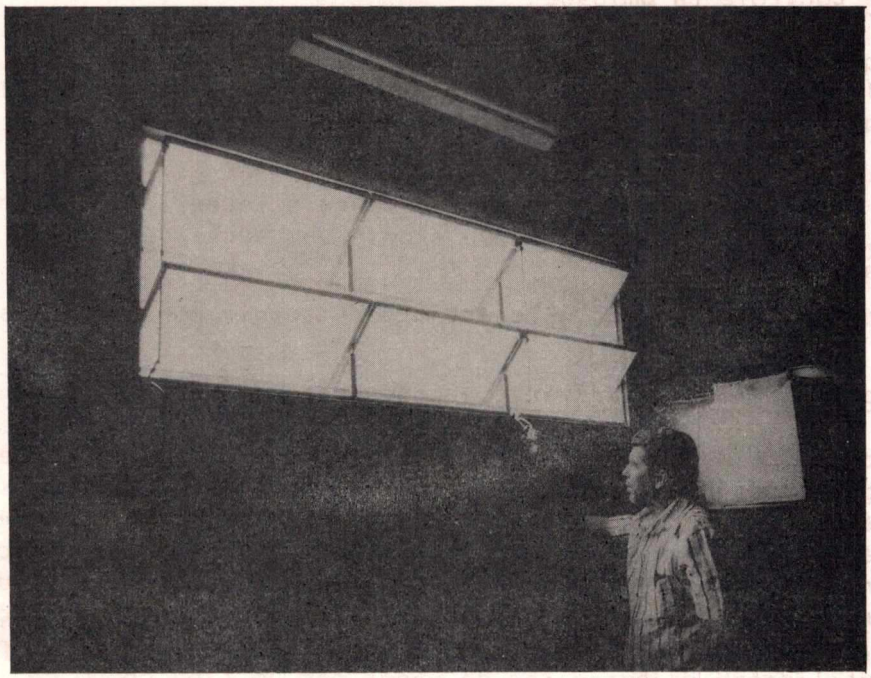


FIGURA 5 - Sistema de controle manual de ventilação em armazém de cacau.

A umidade num armazém para cacau também poderá ser removida por produtos químicos desumidificadores (sílica-gel, cloreto de cálcio e cloreto de lítio, entre os mais comuns) ou por refrigeração ambiente. Trata-se de métodos bastante sofisticados e onerosos. Para cacau-amêndoa tem-se conhecimento de um sistema auto-regenerador de sílica-gel montado por empresa especializada em armazém construído pelo Instituto de Cacau da Bahia, em Salvador, provavelmente em 1931, o qual parece não ter sido utilizado até o presente, por razões que, de momento, se desconhecem.

c) Umidade Condensada

A condensação de umidade, no interior de um armazém convencional, verifica-se quando a temperatura de qualquer superfície da construção, do equipamento ou do produto desce abaixo do ponto de orvalho do ar ambiente.

Tal como já referido, ao tratar-se das causas da deterioração do cacau armazenado, não é possível um bom controle da umidade sem um conveniente controle da temperatura, principalmente quando o clima local obriga a se trabalhar com valores elevados de umidade relativa. Qualquer arrefecimento noturno mais intenso,

pode determinar condensação na cobertura, paredes e pisos ou no produto armazenado.

A condensação poderá ser evitada, quer por conveniente proteção contra as variações da temperatura dessas superfícies, o que se obtém com um isolamento térmico mínimo (variável com o clima local), quer pela utilização de materiais quer pelas suas características termodinâmicas (elevada capacidade calorífica) e capacidade de absorção (caso típico da madeira), não determinem a acumulação e escorrimento da água nas suas superfícies, quer, ainda, em caso particular, por ventilação ambiente ou através do produto.

4.3. Métodos de Controle da Temperatura

A temperatura dentro de um armazém convencional pode ser parcialmente controlada, seguindo princípios de forma, de orientação e de localização relativamente a outras edificações.

Quanto à forma ideal para um armazém, do ponto de vista do controle da temperatura, deverá ser a de um sólido geométrico aproximando-se do cubo, pois, para um dado volume, esta é a forma que determina menor área de exposição ao ambiente exterior.

Na região em referência, o eixo maior do armazém deverá ser orientado no sentido Leste-Oeste, de modo a determinar a menor insolação possível nas suas paredes.

Por outro lado, o armazém deverá ter, sempre que possível, a sua maior dimensão (fachada lateral) perpendicular à direção dos ventos dominantes, não convindo fazer com esta um ângulo inferior a 45^0.

Relativamente a outras edificações, o armazém deverá, na medida do possível, localizar-se de modo a não apenas ficar exposto aos ventos dominantes, como também ter espaço livre do lado oposto, que permita a formação de movimentos turbilhonares do ar, fundamentais à criação de zonas de sub-pressão, determinantes de um bom arejamento.

A radiação solar em regiões quentes úmidas é, com frequência, difusa. Assim, os métodos de sombreamento direto só são parcialmente efetivos. É, portanto importante que as superfícies ou paramentos exteriores das paredes sejam de cores claras ou reflexivas.

Concomitantemente, e de modo interrelacionado com a umidade relativa, a temperatura do ar, em armazéns convencionais, poderá ser controlada por ventilação (manual ou automática) através de conveniente utilização de aberturas de arejamento, não apenas na parte superior das paredes (janelas), como na inferior (aberturas específicas para ventilação) ou, da utilização de ventiladores mecânicos. A Figura 6 mostra um sistema de ventilação natural, não controlável, comum na Região Cacaueira Sul-baiana.

Toda a área envidraçada deverá ser reduzida a um mínimo e devidamente sombreada, pelo menos durante as horas de maior insolação. Pretende-se, assim, minimizar a penetração de calor radiante solar. Caso se justifique, poder-se-á usar vidraça dupla, como meio de aumentar a resistência térmica das janelas.

O isolamento térmico da envolvente do armazém, nomeadamente cobertura e paredes, é solução sempre interessante para o controle da sua temperatura ambiente. Valores maiores ou menores da condutância (K), a serem utilizados, estão dependendo de apropriado estudo técnico-econômico, para o qual não se tem ainda elementos informativos adaptados a esta Região.

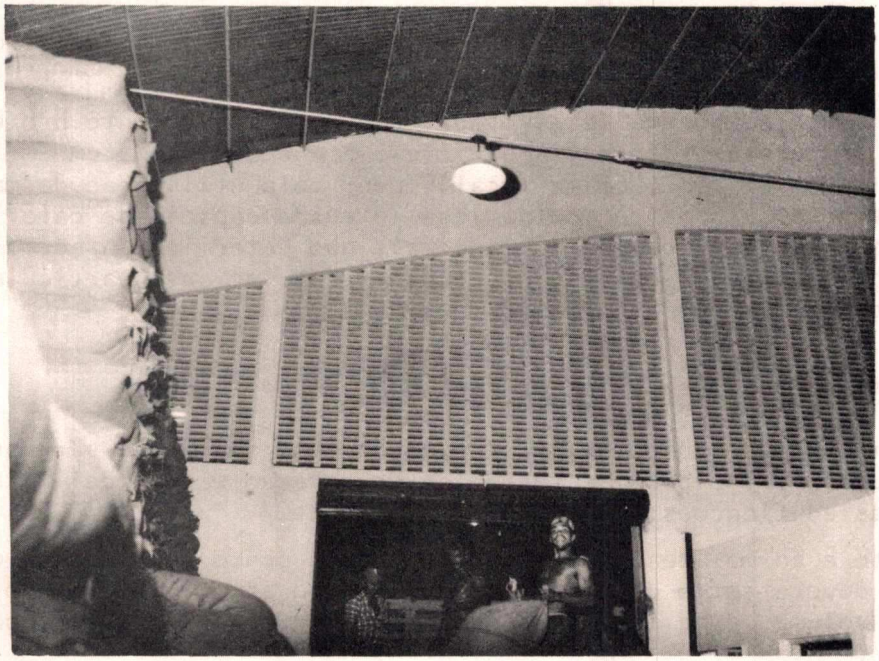


FIGURA 6. Sistema de ventilação natural, incontrolável, em armazem de cacau.

5. MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Apresentam-se, seguidamente, apenas os pontos mais relevantes no que concerne aos materiais e às técnicas de construção a serem usados para satisfazer os aspectos de projeto, expostos no ponto anterior.

5.1. Fundações

Deverá evitar-se, por razões óbvias, sua construção em áreas mal drenadas em relação às águas superficiais ou subterrâneas, em terrenos com argilas expansivas e em locais infestados por térmitas.

As fundações não devem ceder em nenhuma condição, pois a consequente abertura de fendas, por menores que sejam, representam uma notória deficiência para o armazém.

A parte superior das fundações deve ter acabamento impermeabilizante, de modo a evitar migração de umidade para as paredes.

5.2. Piso

De igual modo, não deverá o piso ceder às cargas estáticas e dinâmicas que terá de suportar. No caso de se usarem estrados para suporte de pilhas altas de sacos, a concentração da carga é notável. Por outro lado, as cargas dinâmicas podem ser bem elevadas quando no interior do armazém entram grandes caminhões ou empilhadoras automotrizes.

O piso deverá ser constituído por camada de concreto impermeabilizado com cerca de 10 cm de espessura, assentado sobre enrocamento e servindo de base à camada superficial de desgaste. Esta, de preferência, deverá ser formada por material hidrófugo como, por exemplo, asfalto frio. Entre as vantagens está a não necessidade de utilização de estrados para suporte das pilhas de sacos.

No conjunto, o piso deverá ser constituído de uma superfície lisa, sem juntas à vista.

5.3. Paredes

Os elementos de alvenaria e os materiais de assentamento e revestimento, das paredes, deverão ser cuidadosamente escolhidos, de modo a evitar-se a presença de sais solúveis, particularmente no caso de serem usados blocos de concreto.

A argamassa de assentamento deverá ter um traço entre 1:6 e 1:8 de cimento e areia (em volume), de preferência, enriquecida com um plastificante.

Os revestimentos, interior e exterior, com argamassa de traço idêntico à de assentamento da alvenaria, deverão oferecer uma barreira à penetração de água no estado líquido, mas não no estado de vapor, a fim de evitar condensações de umidade no seu interior, exceção feita no caso de um bom isolamento térmico, em que terá de existir um selo de vapor de ambos os lados do isolamento.

As superfícies interiores deverão ser simples e lisas, constituindo paramentos de um só plano, liberto de quaisquer proeminências como pilares, rodapés etc. Como já foi referidos, todos os cantos deverão ser boleados.

Um acabamento comum das superfícies interiores é a caiação, com todas as suas vantagens higiênicas e econômicas. Outro tipo de acabamento corrente é a pintura, solução mais duradoura, mas, devendo ser complementada com tratamentos pesticidas apropriadas e freqüentes.

O acabamento das superfícies exteriores das paredes deverá ser feito com cal ou tinta clara, de preferência branca, e com um número de mãos suficiente para dar o máximo de reflectividade às radiações térmicas.

5.4. Cobertura

Num armazém convencional, a cobertura deverá apresentar as seguintes características técnicas:

(i) Proteger o produto armazenado contra a infiltração de água das chuvas
(ii) Minimizar as trocas de calor entre o interior e exterior do edifício
(iii) Evitar a entrada e alojamento de insetos, microorganismos, roedores e aves
(iv) Manutenção de um bom nível de higiene; e
(v) Proteger as paredes laterais da radiação solar direta.

A utilização de chapas onduladas de fibrocimento ou de alumínio, no revestimento de coberturas inclinadas, determina uma excelente proteção contra as intempéries, desde que devidamente montadas.

As telhas de fibrocimento deverão ser instaladas com folgas que permitam a expansão e contração do material sem provocar a abertura das fendas. As telhas de alumínio não deverão ficar em contato direto com cobre, chumbo, concreto ou mesmo certos tipos de madeira, materiais estes que reagem química ou eletroliticamente com o alumínio, degradando-o.

A cor e a reflectividade dessas telhas deverão ser mantidas pelo maior espaço de tempo possível. O fibrocimento tende a permitir o desenvolvimento de microorganismos (fungos, algas etc.) que o escurecem; isto poderá ser evitado com aplicações de solução de sulfato de cobre a 1%, no ato da construção e, posteriormente, com intervalos de três a quatro anos. O alumínio, que em princípio chega a ser demasiado reflectivo, tende a perder tal característica com o tempo, mas mantém ainda um índice de reflectividade elevado.

Em clima quente, a reflectividade do material de revestimento da cobertura não é, por si só, suficiente para definir o necessário isolamento térmico desta parte da construção. Será de interesse considerar-se a construção de um forro ou teto que minimize a penetração de calor e, também, as trocas de vapor de água, concorrendo ainda para definir um bom ambiente para fumigação; deverá apresentar a necessária resistência mecânica e, como já houve ocasião de justificar, não ser abrigo de agentes de deterioração do produto armazenado, nem local de acumulação de poeira e lixo.

Caso de decida construir, o forro, deverá: (a) evitar que a estrutura de cobertura apresente peças para o lado interior do armazém, com todas as suas vantagens fitossanitárias; e (b) permitir um pé direito suficiente para uma boa circulação convectiva (natural ou forçada) do ar no interior do armazém.

Uma estrutura aporticada com forro ou laje pré-moldada ao nível das faces interiores dessa estrutura, definindo duas superfícies uniplanares, lisas, será uma solução tecnicamente boa.

Em qualquer circunstância a junção entre o forro, ou na falta deste, o revestimento da cobertura (telha de alumínio ou outro) e as paredes deverá ser perfeita e duradoura, a fim de evitar a entrada de agentes deterioradores e, até certo ponto, as trocas fáceis e incontroláveis de calor e umidade.

As soluções construtivas a serem adotadas deverão atender, basicamente, aos aspectos de economia da construção e do produto, em confronto com os requisitos técnicos necessários para a sua conveniente conservação.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho é uma dissertação sobre os problemas técnicos, construtivos e funcionais que devem ser atendidos pelo projetista e pelo construtor de armazéns para cacau comercial e devem ser do conhecimento dos técnicos e responsáveis pela conservação deste produto, em condições convencionais.

Em resumo, e à guisa de conclusões do exposto, salientam-se os seguintes pontos:

(i) O cacau em amêndoa armazenado na Região Sul da Bahia pode ser deteriorado e contaminado principalmente pelo ataque de "mofos", mas também de insetos e pela presença de roedores. Tal ataque pode ser prevenido ou debelado pelo controle de umidade (do ambiente e das amêndoas) e da temperatura, pelo extermínio de insetos e por medidas construtivas e funcionais que se opõem a tais problemas.

(ii) O projeto de um armazém convencional para cacau deverá atender, de modo relevante, ao clima regional.

(iii) Um armazém bem projetado deverá ter superfícies internas lisas sem fendas e com cantos e arestas arredondados (boleados). Deverá, também, ser de fácil vedação para fumigação.

(iv) Umidade excessiva é prejudicial para o produto e para a construção Pode ser controlada por: adoção de, na medida do possível, materiais de construção pré-fabricados; edificação de paredes e coberturas sólidas; uso de barreiras ou selos de vapor; adequada ventilação (natural ou forçada); uso de substâncias químicas absorventes de água (substâncias hidrófilas); ou refrigeração.

(v) O armazém deverá receber a menor radiação possível, de modo a não aumentar a carga térmica; para o efeito a sua forma deverá tender para a cúbica e o seu eixo maior deverá ser orientado no sentido Leste-Oeste. Com o mesmo objetivo as superfícies externas deverão ser reflectivas e, assim, se manterem, devendo o armazém apresentar a menor área possível de vidraças. No sentido de beneficiar as condições de ventilação natural do armazém, o seu eixo maior deverá fazer com a direção do vento dominante, um ângulo tão próximo quanto possível dos 90^0. A ventilação deverá ser controlável.

(vi) Construção em local bem drenado (com bom escoamento de águas superficiais e subterrâneas), bem ventilado e em terreno fora de área de argilas expansivas e livre de térmitas.

(vii) As fundações deverão ser sólidas, com camada impermeabilizante na parte superior, de modo a evitar infiltrações e migrações de umidade nas paredes.

(viii) Piso impermeável, resistente, liso e sem juntas à vista.

(ix) Paredes de alvenaria, rebocada e caiada ou pintada com cores claras e aplicações interiores e periódicas de pesticidas. Seus componentes deverão estar livres de sais solúveis e as argamassas não serem mais ricas do que 1:6 em volume de cimento e areia, com plastificante e/ou impermeabilizante. Superfícies interiores lisas e janelas à face interna, logo, não apresentando peitoris para o interior do armazém.

(x) Coberturas de águas inclinadas, com telhas de fibrocimento, de ferro zincado ou de alumínio são frequentes em armazéns convencionais, dando boa proteção contra as intempéries, desde que bem montadas. Apresentam boa reflectividade inicial, devendo-se providenciar a manutenção de tal qualidade.

(xi) Interesse técnico e, possivelmente, econômico, em se construir forro ou teto de modo a: constituir-se uma importante barreira às trocas do calor exterior-interior do armazém; permitir um melhor acabamento de cobertura na sua junção com as paredes; definir melhor qualidade do armazém para fumigação; e determinar melhores condições de higiene e fitossanidade, particularmente quando o forro mantém a estrutura da cobertura fora do ambiente do armazém.

LITERATURA CITADA

ABREU, J.M., *"Insetos associados ao cacau armazenado"* (preparado para publicação do CEPEC/CEPLAC, Itabuna, Bahia, Brasil. 1979.

GOSH, B.N. e SILVA, P., "Algumas observações sobre sobre armazenamento de cacau no Brasil", *Cacau Atualidades*, 9 (1): 11-12. 1972.

INSTITUTO DE CACAU DA BAHIA, *"Relatório e anuário"*, pp. 79-88, Bahia, Brasil, - 1933.

La FLEUR, et al, Cacau - *Informe Econômico*, CEPLAC/SECRE, Vol 1(3), Jan-Fev. - 1979.

RANSON, W.H., *"Building for the storage of crops in warm climates"*, Tropical Building Studies, Nº 2, H.M.S.O., D.S.I.R., Building Research Station. 1960,

SILVA, P. e BASTOS, C.A.S., *"Armazenagem nos trópicos com referencia especial ao Cacau Comercial da Bahia, In* Anais do 2º Seminário Nacional de Armazenagem, - CIBRAZEM, Vol 2, pp. 227-236, Brasilia, DF. 1977.

ESTUDO DA RESPIRAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ALGUMAS HORTALIÇAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

M.A. Silva*
J.L.V. Rocha**

RESUMO

A fisiologia pós-colheita de produtos vegetais tem decisiva influência nos processos metabólicos e na conservação destes produtos, relacionados com a qualidade para consumo "in natura" ou industrial.

As transformações fisiológicas e bioquímicas que se verificam após a colheita e durante o metabolismo de maturação, como a respiração, as variações de sólidos solúveis, acidez e algumas modificações físicas, como perda e peso específico, ocorridas em tomate, pepino, chuchu, abobrinha e beringela, foram estudadas neste trabalho. Os efeitos dos fatores externos como a temperatura e a umidade relativa, relacionados com a conservação dos produtos estudados, foram considerados durante o desenvolvimento da pesquisa. A temperatura ambiente variou de 25 a 28°C e a umidade relativa de 65 a 70%. Para as condições controladas, as variações de temperatura foram de 8 a 13°C, de acordo com a espécie vegetal estudada, tendo a umidade relativa permanecido constante em torno de 85-90%.

Os resultados demonstraram que, nas condições controladas de baixa temperatura e elevada umidade relativa, o tempo de conservação de todos os produtos estudados foi prolongado de mais que o dobro, quando comparado com as condições ambientais. Os teores de sólidos solúveis aumentaram durante o metabolismo pós-colheita, enquanto que a acidez diminuiu. A perda de peso nas condições ambientais foi maior para todos os produtos considerados.

SUMMARY

The post-harvesting physiology of vegetables has decisive influence on the matabolic processes and on the conservation of these products related to their qualities for comsumption "in natura" or industrial processing.

The biological and biochemical transformations have already been verified after harvesting. During the maturation metabolism, such as respiration, the variatins of soluble solids, acidity and some physical modifications as loss of weight and specific weight, ocurring in tomatoes, cucumbers, chayotes, squashes and eggplants, have been studied in this work. The effects of external factors, such as temperature and relative humidity, related to the conservation of the studied products have been considered during the development of this research. The environmental temperature reanged from 25 to 28°C and the relative humiditu from 65 to 70%. For the controlled conditions varied from 8 to 13°C according to the vegetal sample studied,

(*) Departamento de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP/FAPESP.

(**) Departamento de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP.

and the relative humidity was maintained constant about 85-90%

The results showed that, at controlled conditions of low temperature and high relative humidity, the period of conservation of all the products was extended to more than two times, when compared to environmental conditions. The contents of soluble solids increased during the post-harvesting metabolism, while the acidity decreased. The loss of weight at environmental conditions was greater for all products studied.

INTRODUÇÃO

As hortaliças sempre tiveram relativa importância na dieta do brasileiro e, ultimamente, seu consumo vem aumentando a níveis significativos no volume de produção. As hortaliças, bem como os perecíveis, são de difícil conservação e estudos vêm sendo realizados, no sentido de aumentar a vida de armazenamento desses perecíveis (AKAMINE e GOO (1973), BIALE (1960), EAKS (1976), HANSEN (1966), KIDD e WEST (1922), KIDD e WEST (1925), KOTOB e SCHWABE (1975), SUBRAMANYAM et alli (1975) e WANG e HANSEN (1970). Porém a maior parte desses estudos está sendo realizada nos E.U.A. e Europa e nem sempre os resultados obtidos podem ser aplicados às condições tropicais, devido a diversos fatores, principalmente ligados ao comportamento das variedades. Esse trabalho visa preencher a lacuna existente no estudo de hortaliças tropicais brasileiras, principalmente as cultivadas no Estado de São Paulo.

Após a colheita, muitos são os fenômenos fisiológicos que ocorrem durante o metabolismo dos produtos vegetais, destacando-se, entre eles, a respiração. Desde os trabalhos de KIDD e WEST (1922), que os estudos sobre respiração ganharam importância e foram considerados básicos para o armazenamento de produtos perecíveis.

O tempo de conservação das hortaliças, durante o armazenamento, está intimamente relacionado com a respiração, quanto a esta as hortaliças podem ser classificadas em climatéricas e não climatéricas. Durante o fenômeno existe despreendimento de energia, na forma de calor, ocasionando elevação de temperatura. O emprego de baixas temperaturas, na conservação de hortaliças, reduz a respiração e prolonga a vida de armazenamento. Os cálculos para a quantidade de frio necessário para controlar os efeitos prejudiciais do aumento de temperatura e, provocar a redução da taxa respiratória, são baseados nos dados de respiração - AKAMINE e GOO (1973), BIALE (1960), DUCKWORTH (1968), HANSEN (1966), HULME (em 1971) e PANTASTICO (1975).

Várias transformações fisiológicas e bioquímicas ocorrem concomitantemente à respiração, tais como: perda de peso, variação de peso específico, pH, acidez e sólidos solúveis; o presente trabalho relaciona estas transformações com a respiração. Devido à importância da temperatura na respiração, esse estudo foi feito em duas temperaturas: ambiente e controlada (entre 8 e 13°C; dependendo da hortaliça em questão), LUTZ e HANDERBURG (1968).

MATERIAL E MÉTODO

Material:

Hortaliças

Tomate	Lycopersicum esculentum, Mill
Abobrinha	Cucurbita maxima, Duch
Beringela	Solanum melongena, L
Pepino	Cucumis sativus, L
Chuchu	Sechium edule

Equipamentos

Respirômetro: aparelho utilizado para determinar a respiração das hortaliças durante a maturação; consta, em princípio, de uma caixa metálica, contendo galvanômetros, bomba de ar e acessórios, que avaliam as deflexões de dióxido de

carbono (CO_2) e oxigênio (O_2), contidos na amostra de ar previamente preparada (ROCHA, 1976).

Outros equipamentos: geladeira (com temperatura e umidade controladas) balanças analítica e semi-analítica, termohigrógrafo, potencioômetro, refratômetro e demais materiais de laboratório.

Métodos:

As amostras foram selecionadas quanto às características morfológicas de cor, tamanho e estado fitissanitário, formando-se, assim, amostras uniformes para as diversas determinações. O número de indivíduos que constituíram os lotes para as determinações dependeu do tipo da hortaliça estudada.

Respiração:

Para a respiração foram formados 6 lotes de cada hortaliça considerada, 3 para cada temperatura, sendo temperatura ambiente (UR 65%) e entre 8-13°C (UR 85-90%).

Os resultados foram avaliados em função da média.

Peso e Peso Específico:

As determinações de peso e peso específico foram realizadas diariamente com 2 lotes de cada hortaliça em questão, um para cada temperatura. O peso específico real foi determinado pelo princípio de Archimedes, baseando-se no deslocamento de água quando a hortaliça é imersa, sem tocar as paredes do recipiente.

Análises Químicas:

As análises químicas de pH, acidez titulável e sólidos solúveis foram feitas em dias alternados durante o experimento, tendo 1 lote para cada temperatura. A amostra era homogeneizada em liquidificador com H_2O destilada, utilizando-se 100g de hortaliça e 100 ml de H_2O, após a homogeinização, procedia-se à filtração a vácuo. Esse filtrado era utilizado para as análises consideradas logo acima.

Os sólidos solúveis da polpa foram determinados pelo refratômetro, enquanto que o pH pelo potenciômetro.

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N potenciometricamente até pH 8,2, sendo expressa em % do ácido de maior quantidade presente em cada hortaliça estudada (JOSLYN, 1970).

Umidade:

A umidade foi determinada utilizando-se uma amostra de 10 g para cada hortaliça. As amostras foram colocadas em estufa elétrica a 110°C à pressão atmosférica, sendo pesadas de hora em hora até se obter peso constante.

CÁLCULOS

Respiração:

Os cálculos de respiração, expressa em $mgCO_2/Kg/h$, foram feitos utilizando-se a fórmula:

$$mgCO_2/Kg/h = \frac{\text{vazão de } O_2 \left(\frac{l}{min}\right) \times 60 \left(\frac{min}{h}\right) \times 1{,}9766 \left(\frac{mg}{ml}\right) \times 1000 \left(\frac{ml}{l}\right)}{\text{peso da matéria seca (Kg)}}$$

onde:

Vazão de O_2 = Fluxo de ar corrigido (l/min) x $\Delta O_2/100 \times \mu$ (dado pelo aparelho)

Fluxo de ar corrigido = 0,77 l/min

ΔO_2 = Deflexão de O_2 (mm) x Constante de O_2 (% O_2/mm)
Constante de O_2 = valor obtido pelo catálogo do equipamento, função da temperatura.

μ = valor obtido em função da temperatura e pressão barométrica, lidas na hora da determinação.

1,9766 mg/ml = densidade de CO_2

Nota: Foi utilizada deflexão de O_2 em vez de CO_2 por ser medida mais precisa pelo equipamento, levando-se em conta que, segundo a equação de respiração, o volume de O_2 gasto é igual ao volume de CO_2 produzido (ROCHA, 1976).

Acidez Titulável:

Uma das maneiras de se expressar acidez titulável é através da % de ácido presente, que obedece à seguinte fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{ml NaOH} \times 10^{-3} \text{ (l/ml)} \times \text{N (eq/l)} \times \text{E g/eq)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

onde:

N = Normalidade do NaOH)0, 1N)
E = Equivalente do ácido presente em maior quantidade

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os principais dados obtidos para as diversas hortaliças estudadas.

DRO 1 - PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS PARA AS DIVERSAS HORTALIÇAS ESTUDADAS

	ESTOCAGEM			CARACTERÍSTICAS							
TALIÇA	TEMPERATURA °C	UMID. REL. %	TEMPO DIAS	TAXA RESP. MAX. mgCO_2/kg/h	TAXA RESP.MIN. mg CO_2/kg/h	pH MÉDIO	ACIDEZ MAX. % de Ac	SÓLIDOS SOL. MAX. - %	PERDA DE PESO (%) 5º Dia	PERDA DE PESO (%) Final	Umidade prod. %
brinha	10	85 - 90	22	1450	180	6,25	0,134 M	10,000	5,27	24,50	
ingela	10	85 - 90	23	1000	100	5,20	0,194 M	4,230	2,03	12,90	
chu ..	8 - 9	85 - 90	22	750	50	6,72	0,083 M	4,795	4,63	36,17	
ino ..	10 - 13	85 - 90	16	900	180	5,64	0,078 M	3,990	8,75	31,03	
ate ..	10	85 - 90	28	420	150	4,80	0,441 C	4,065	0,73	14,75	
brinha	25 - 30	65 - 70	10	3750	1500	6,20	0,154 M	4,580	9,79	28,04	97,6
ingela	25 - 30	65 - 70	10	1100	350	5,40	0,221 M	4,980	6,25	12,33	93,7
chu ..	25 - 30	65 - 70	8	1850	300	6,50	0,040 M	5,795	9,60	20,75	92,5
ino ..	25 - 30	65 - 70	6	1850	800	5,60	0,113 M	4,690	11,36	14,90	95,8
ate ..	25 - 30	65 - 70	15	750	270	4,65	0,411 C	3,720	3,28	30,65	90,0

M = Ácido Málico
C = Ácido Cítrico

Respiração:

A temperatura ambiente (Figura 1) mostra que, com exceção da abobrinha, todas as hortaliças se encontram com seus valores máximos menores ou próximos a 1750 mg CO_2/Kg/h, enquanto que a abobrinha tem suas taxas respiratórias entre 1500 e 3750 mg CO_2/Kg/g. Ainda se verifica uma outra subdivisão, que seria tomate e beringela, com variações entre 250 e 1000 mgCO_2/Kg/h. Todas essas observações não têm, porém, relação com o fato da hortaliça ser climatérica ou não, pois segundo o presente estudo, pode-se considerar abobrinha e beringela como não climatéricas, enquanto que pepino e chuchu, como climatéricas, sendo os pontos climatéricos: 2º dia para tomate e pepino e indefinido para chuchu, devido ao aparecimento de fungos.

A temperatura controlada (Figura 2) observa-se a existência de 3 grupos distintos: tomate e chuchu com taxas respiratórias entre 50 e 750 mg CO_2/Kg/h; e pepino e beringela com taxas entre 100 e 1000 mg CO_2/Kg/h e abobrinha com taxa respiratória entre 200 e 1500 mg CO_2/Kg/h. Observa-se, também, que as hortaliças consideradas climatéricas no presente trabalho apresentam uma diminuição da taxa respiratória depois do climatérico (9º dia para pepino e chuchu e 14º dia para tomate) até o final do experimento, enquanto que a abobrinha e beringela foram consideradas não climatéricas, apresentam um aumento da taxa respiratória a partir do 14º dia aproximadamente, até o último dia de determinação experimental.

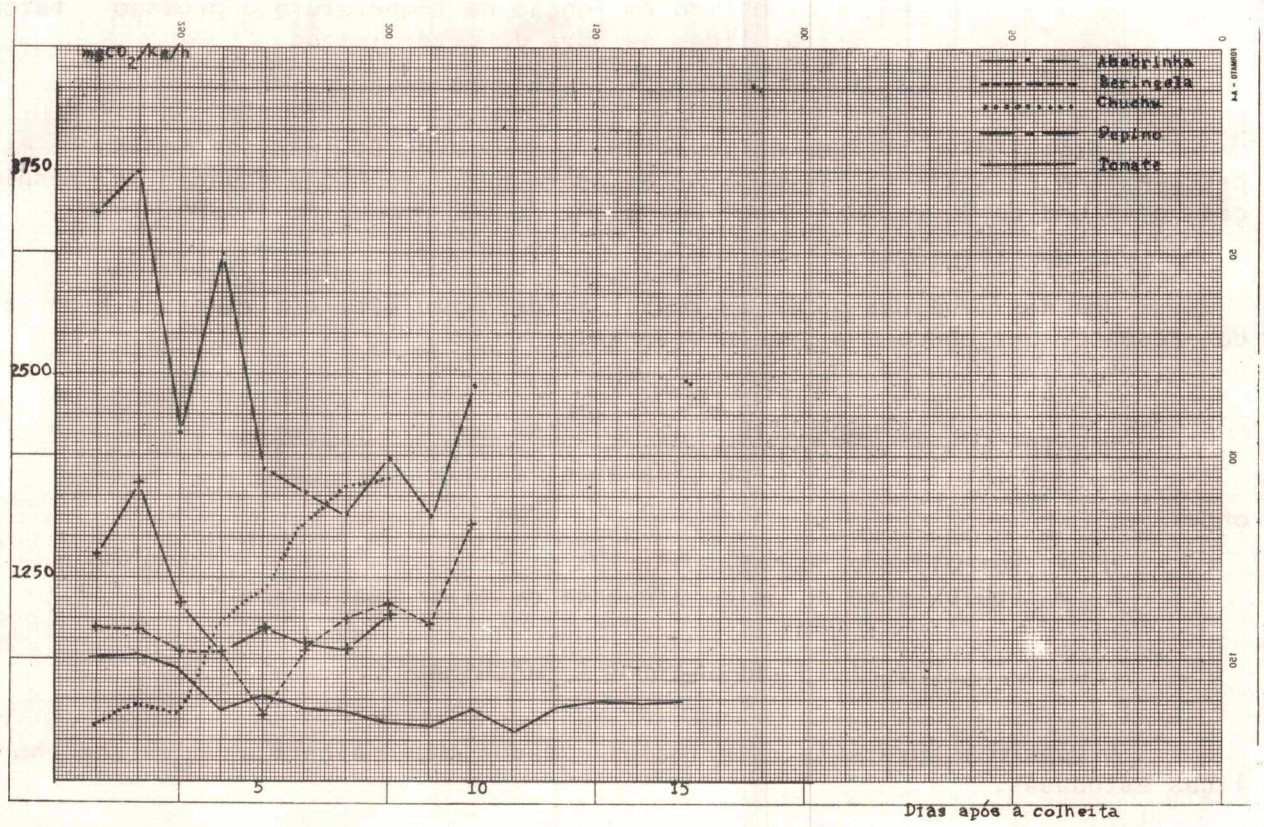


FIGURA 1 - Variações médias de respiração das hortaliças estudadas à temperatura ambiente.

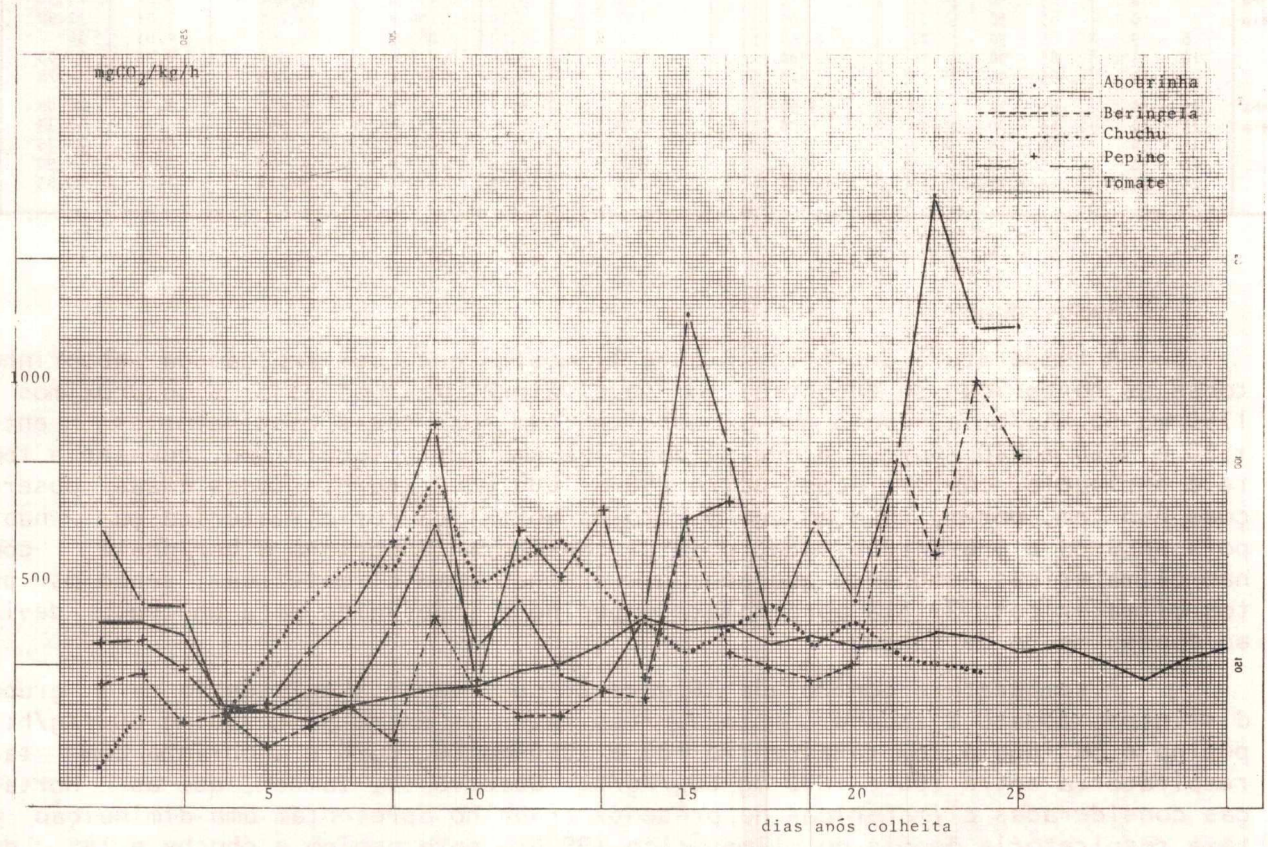


FIGURA 2 - Variações médias de respiração das hortaliças estudadas à temperatura controlada.

Essa observação é válida também para temperatura ambiente, com exceção de chuchu onde, como citado anteriormente, houve aparecimento de fungos; nessa temperatura o aumento de taxa respiratória para as hortaliças não climatéricas iniciou a partir do 5º dia. Ainda à temperatura controlada, observa-se que de maneira geral, as hortaliças diminuem suas taxas respiratórias nos primeiros 4 dias para, depois, aumentar; isto pode ser explicado devido à ambientação das hortaliças numa temperatura mais baixa do que a de seu ambiente de origem.

Peso e Peso Específico:

Na Figura 3 (temperatura ambiente) observa-se que até o 5º dia, a ordem crescente de perda de peso foi: tomate, beringela, chuchu, abobrinha e pepino nos últimos dias, tem-se que beringela perde menos que tomate e abobrinha menos que chuchu.

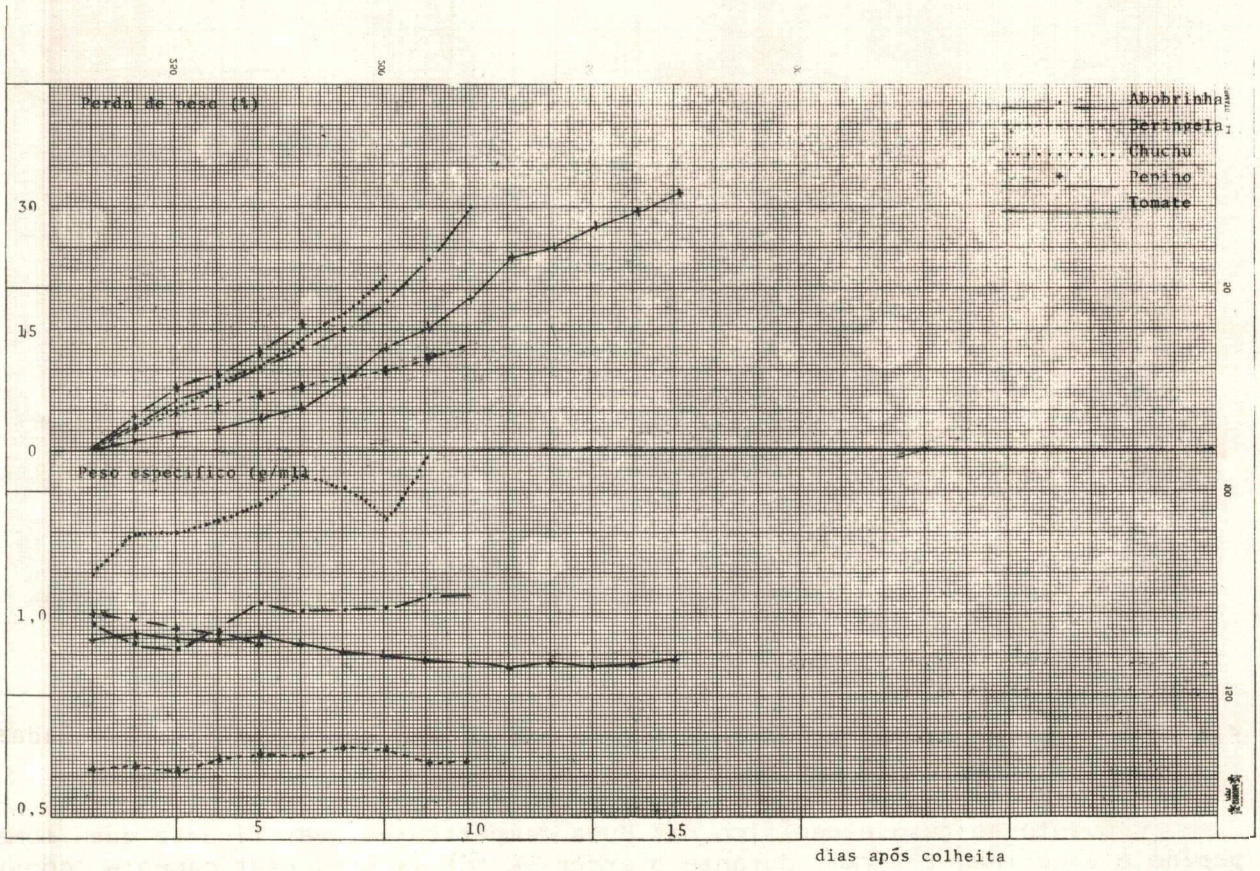


FIGURA 3 - Variações médias de peso e peso específico das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

À temperatura de refrigeração (Figura 4) a ordem crescente de perda de peso até o 10º dia foi: tomate, beringela, chuchu, abobrinha e pepino; a partir desse dia abobrinha perde menos que chuchu.

A perda de peso, além de estar relacionada com a taxa respiratória, está relacionada, também, com a impermeabilidade da casca de cada hortaliça; tanto beringela como tomate possuem cascas altamente impermeáveis, enquanto que as outras hortaliças possuem cascas mais porosas, a porosidade independe da espessura pois o chuchu, que possui casca mais espessa, teve uma das maiores taxas de perda de peso. A maior porosidade permite uma maior perda de água por transpiração e consequente perda de peso. Em qualquer uma das hortaliças estudadas foi verificada maior perda de peso à temperatura ambiente do que à temperatura de refrigeração, isto pode ser explicado se levarmos em conta que, durante a respiração, há produção de energia com elevação da temperatura, para poder manter o equilíbrio térmico as hortaliças perdem água e, consequentemente, peso; portanto, ao se diminuir a taxa respiratória (temperatura de refrigeração), diminiu-se também a perda de peso.

O fator predominante da redução de perda de peso a 10°C é a umidade relativa controlada (85 - 90%) pois a causa imediata da perde de água e portanto peso, é devido a um gradiente de pressão de vapor de água entre a atmosfera externa e interna próxima à superfície do produto. Como a atmosfera interna se encontra normalmente saturada, ao se controlar a umidade relativa a 85 - 90% diminiu-se sensivelmente a perda de peso, DUCKWORTH (1968).

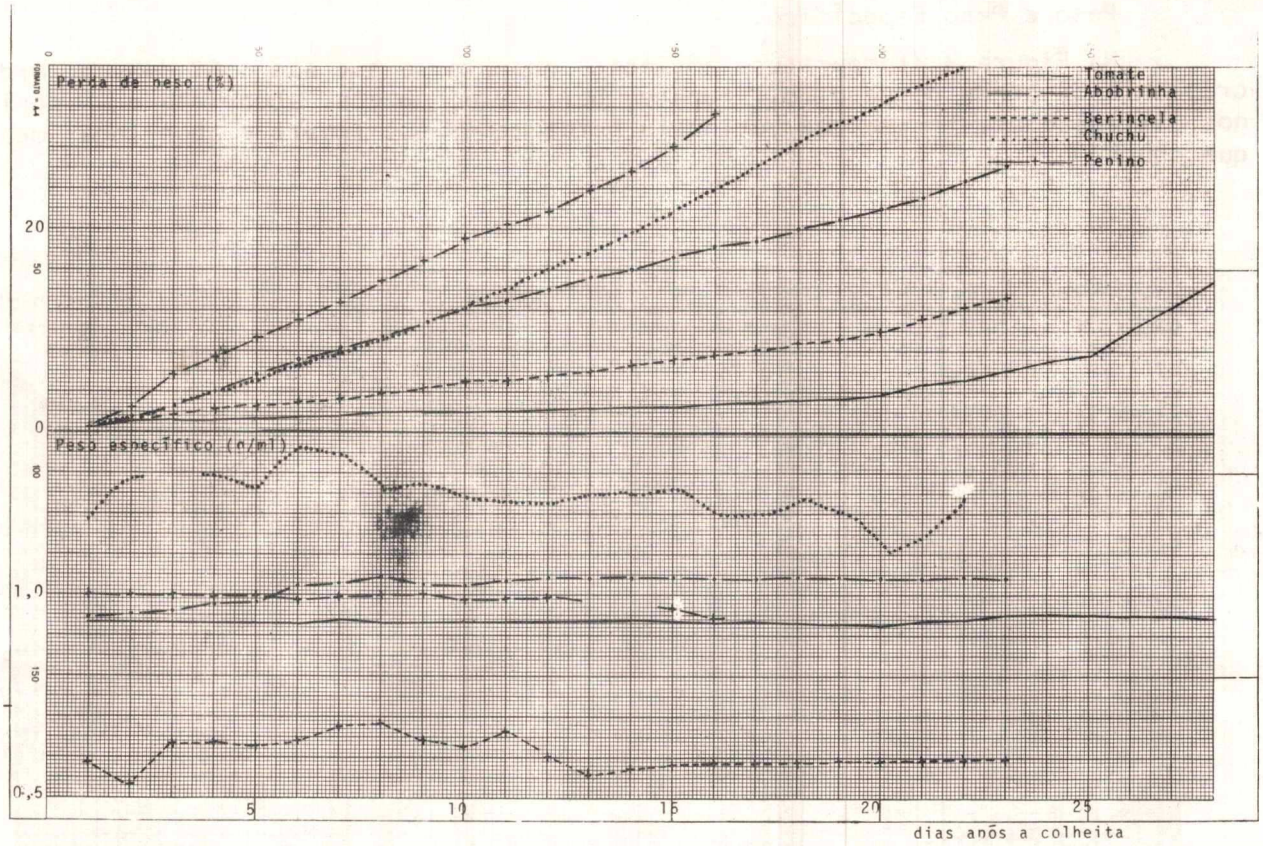


FIGURA 4 - Variações médias de peso a peso específico das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

Quanto ao peso específico nas duas temperaturas, verifica-se que tomate pepino e abobrinha tiveram, durante o experimento, valores praticamente constantes entre 0,9 e 1,0 g/ml; enquanto que chuchu e beringela tiveram variações maiores, o primeiro entre 1,1 e 1,4 g/ml e o segundo entre 0,5 e 0,7 g/ml.

A variação do peso específico tão acentuada para beringela e chuchu em comparação às outras hortaliças, deve-se ao fato de uma maior diminuição no volume, independente da perda de peso. A variação do volume foi pequena e praticamente a mesma para tomate, pepino e abobrinha, sendo maior para a beringela e bem bem maior para chuchu; pode-se concluir, então, que a variação de volume sendo maior que a variação de peso, concorre para uma maior variação de peso específico.

Análises Químicas:

Quanto à acidez (Figuras 5 e 6) tem-se dois grupos de variações: de 0 a 0,2% para chuchu, abobrinha, pepino e beringela, e de 0,2 a 0,4% para tomate. O ácido mais comum presente no primeiro grupo é o ácido málico (DAVIES e KEMPTON 1976) e JOSLYN (1970) e, no segundo grupo, é o ácido cítrico (JOSLYN, 1970); isto pode ser a explicação para a variação observada, pois o ácido cítrico possui constantes de ionização maiores que as do ácido málico, ou seja, é um ácido um pouco mais forte que o ácido málico; assim sendo, durante a titulação se gasta mais base para neutralizá-lo, como a acidez é calculada em função do número de equivalentes de base gastos, temos, assim, uma maior acidez. A ordem crescente de acidez para as hortaliças estudadas é: chuchu ($\overline{pH}$ = 6,72), abobrinha ($\overline{pH}$ =

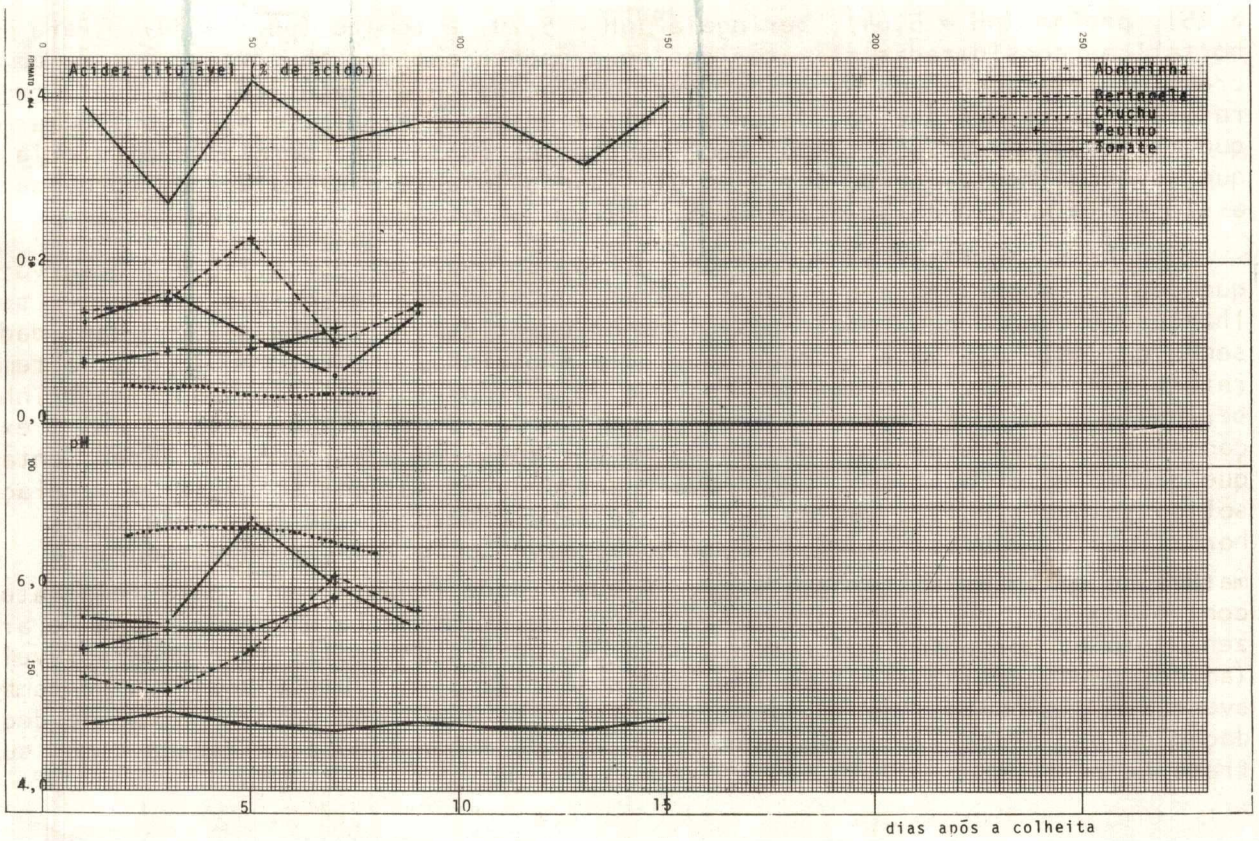


FIGURA 5 - Variações médias de acidez e pH das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

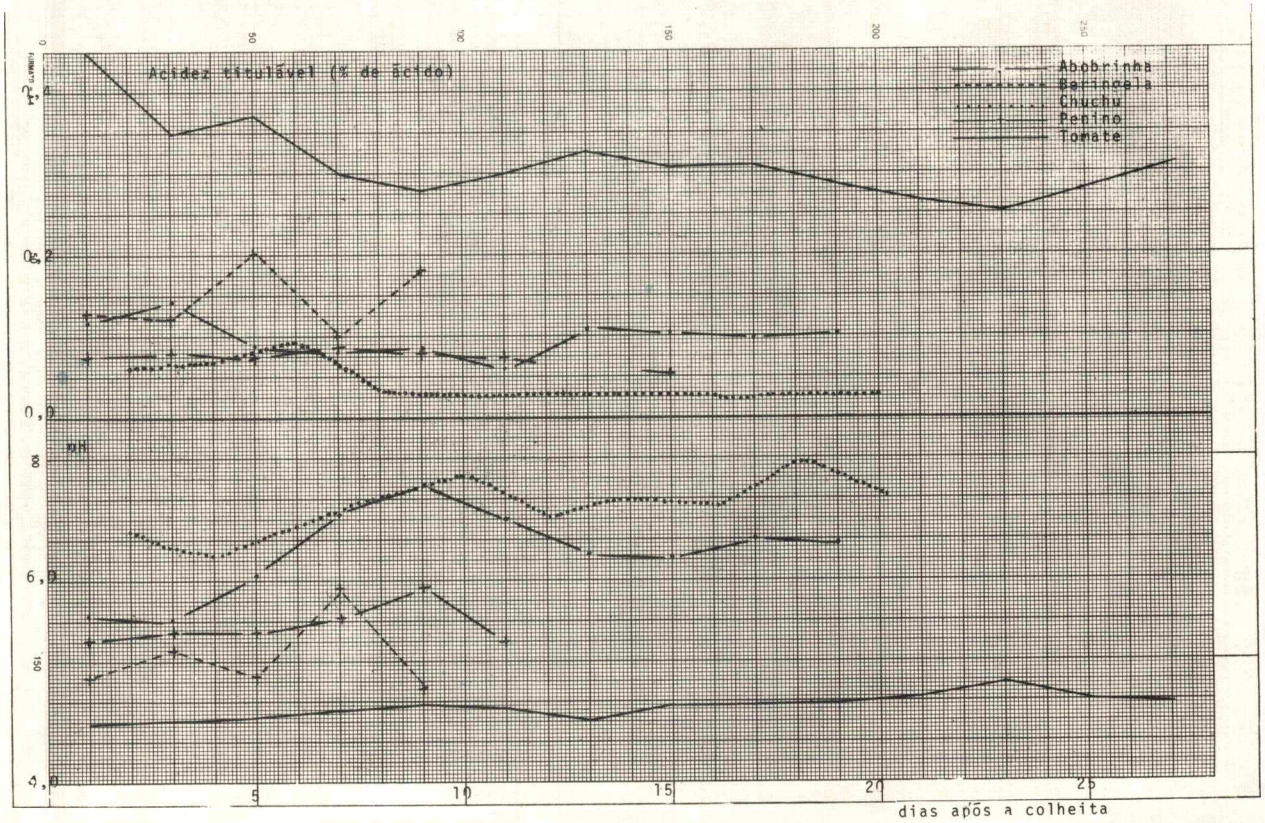


FIGURA 6 - Variações médias de acidez e pH das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

6,25), pepino (pH = 5,64), beringela ($\overline{pH}$ = 5,20) e tomate ($\overline{pH}$ = 4,80). Para as hortaliças consideradas climatéricas no presente estudo, observa-se que há um decréscimo mais acentuado da acidez nas imediações do climatérico, nas duas temperaturas. Este decréscimo, durante o climatérico, é explicado se considerarmos que os ácidos orgânicos também são importantes fontes de energia respiratória e que, eventualmente, podem ter sido utilizados durante o climatérico, provocando assim a diminuição da acidez (HULME, 1971).

Ao se analisar as curvas de sólidos solúveis (Figuras 7 e 8), observa-se que pepino, abobrinha e beringela possuem quantidades de sólidos solúveis semelhantes, enquanto que tomate possui menor quantidade e chuchu maior quantidade, sendo que este último é ultrapassado pela abobrinha, a partir do 7º dia, à temperatura controlada. A ordem decrescente de sólidos solúveis (chuchu, abobrinha, beringela, pepino e tomate) coincide com a ordem crescente de acidez, com exceção de beringela e pepino, que estão em posições trocadas; pode-se dizer, então, que quanto maior a acidez, menor é a quantidade de sólidos solúveis; a relação sólido solúveis/acidez nos dá exatamente isso. Observou-se que, para todas as hortaliças estudadas, houve um aumento sensível de sólidos solúveis durante a maturação em ambas as temperaturas. A quantidade final é maior para temperatura controlada que, para ambiente, isto porque na primeira há um maior tempo de armazenamento e, portanto, maior tempo para degradação dos polissacarídeos solúveis, (amido, protopectina etc.) em mono e dissacarídeos solúveis. Verifica-se também eventuais diminuições de sólidos solúveis, fato explicado pelo fenômeno de degradação de polissacarídeos não suprir, às vezes, a quantidade utilizada como substrato na respiração (HULME, 1971).

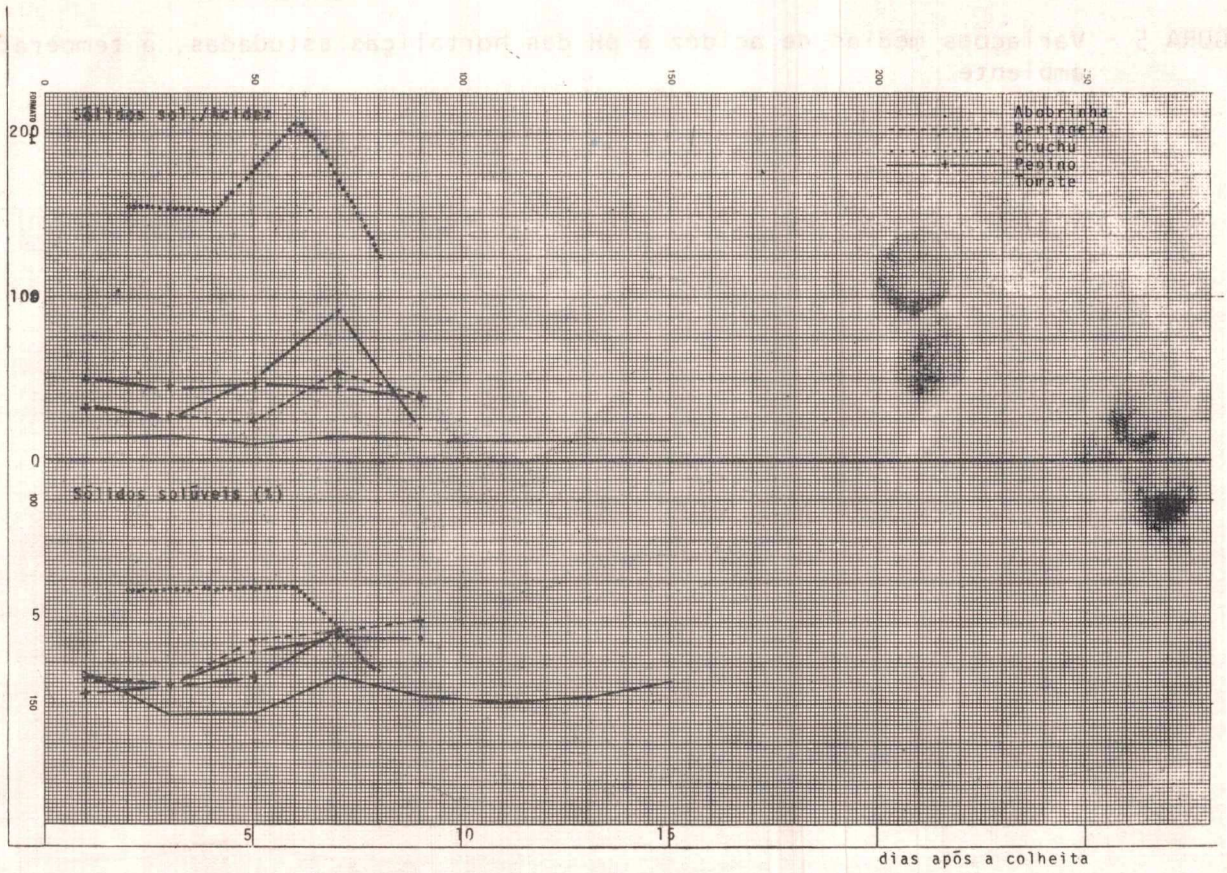


FIGURA 7 - Variações médias de sólidos solúveis e relação sólidos-sol./ acidez, das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

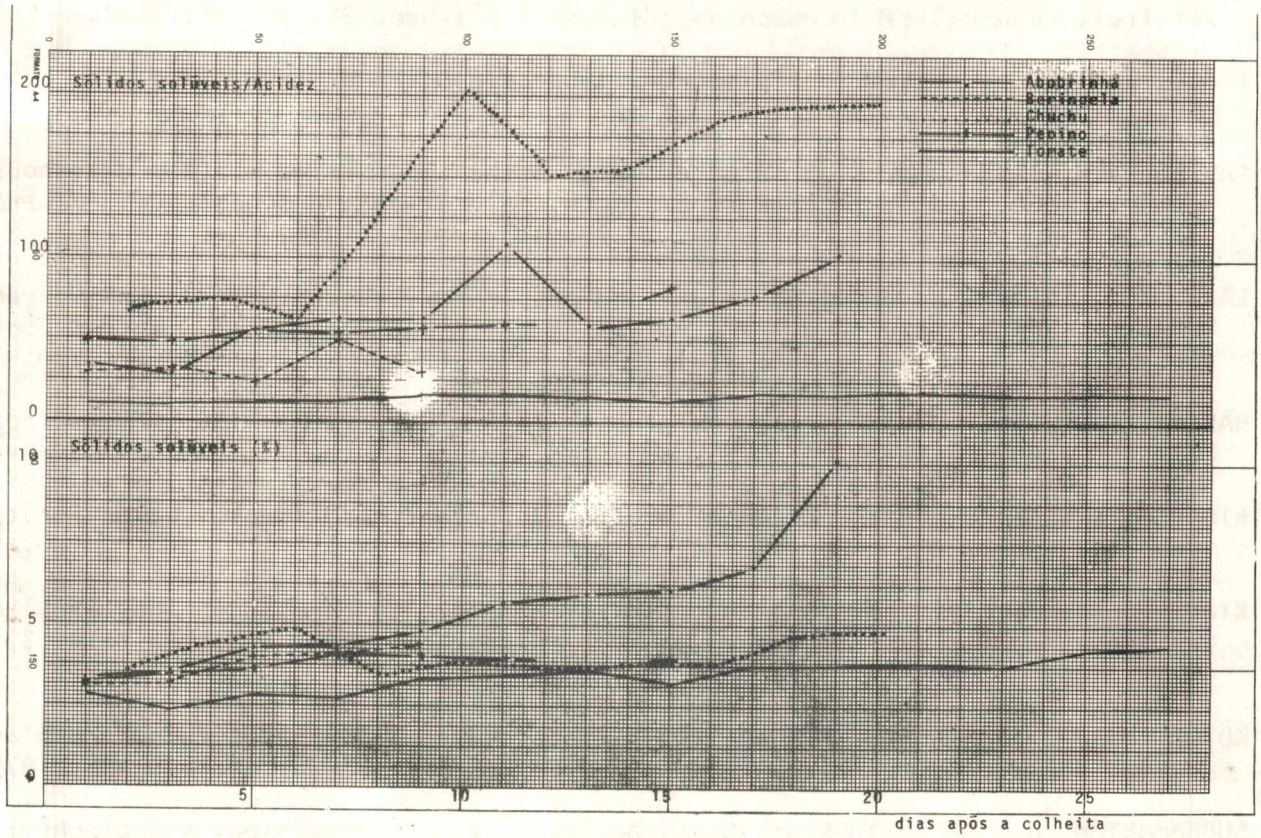


FIGURA 8 - Variações médias de sólidos solúveis e relação sólidos-sol./ acidez, das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

CONCLUSÕES

São hortaliças climatérias: tomate, pepino e chuchu, devendo ser conservadas a 10°C, 10-13°C e 8-9°C, respectivamente, para que possam ter uma maior vida de armazenamento; abaixo dessa temperatura as mesmas sofrem injúrias pelo frio e seu tempo de conservação é diminuído.

As hortaliças não climatéricas (abobrinha e beringela) sofrem um aumento na taxa de respiração durante o armazenamento, enquanto as climatéricas decrescem suas taxas após o climatérico. Há, também, uma diminuição de acidez nas imediações do climatérico.

O valor das taxas respiratórias não é diretamente relaciona com o fato da hortaliça ser ou não climatérica.

As hortaliças cujo ácido orgânica predominante é o málico, são menos ácidas do que as que têm ácido cítrico como predominante.

A variação de peso específico durante a maturação está relacionada mais diretamente com a variação de volume do que de peso.

Quanto maior a taxa respiratória (maior temperatura de conservação) e menor a umidade, maior é a perda de peso.

LITERATURA CITADA

AKAMINE, E.K. & GOO, T. Respiration and enthyllene production during ontogeny of fruit. *Journal of American Horticultural Science*. 98: 381-383. 1973.

BIALE, J.B. Respiration fo fruits. *Encyclopaedia of Plant Physiology*. 12: 536 - 592. 1960.

DAVIES, J.N. & KEMPTON, R.J. Some changes in the composition of the glasshouse cucumber (Cucumis sativus) during growth, maturation and senescence. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 27: 413 - 418. 1976.

EAKS, I.L. Ripening, chilling injury and respiratory response of "hass" and "fuerte" avocado fruits at 20°C following chilling. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 101: 538 - 540. 1976.

HANSEN, E. Postharvest physiology of fruits. *Annual Review of Plant Physiology*. 17: 459 - 480. 1966.

KIDD, F. & WEST, C. Respiration of fruits. Report of food investigation for the year 1924.*Great Britain*. 17 - 25. 1922.

KIDD, F. & WEST, C. The course of respiratory activity throughout the life of an apple. *Report of food investigation for the year* 1924. Great Britain. 27 - 34. 1925.

KOTOB, M.A. & SCHWABE, W.W. Respiration rate and activity in parthenocarpic and seeded conference pears. *Journan of Horticultural Sciense*. 50: 435-445. 1975.

SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S. & PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. *Advances in Food Research*. 21: 223 - 305. 1975.

WANG, C. Y. & HANSEN, E. Differential response to ethylene in respiration and ripening of inmature anjou pears. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 95:314 - 315. 1970.

DUCKWORT, R.B. Frutas y verduras. 1968. *Editora Acribia*. Zaragoza. 1968.

HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. 1971. *Academic Press*. New York. 1971.

JOSLYN, M.A. Methodos in food analysis. 1973. *Academic Press*. New York. 1970.

LUIZ, M. J. & HANDENBURG, R.E. The commercial storage of fruits, vegetable and florist and nursery stocks. 1968. *United States Departament of Agriculture*. Washington. 1968.

PANTASTICO, E.B. Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. 1975. *The AVI publishing Company. Inc*. Westport. 1975.

ROCHA, J.L.V. Fisiologia de maturação pós-colheita de manga c.v. Haden e goiaba c.v.s. vermelho e branco. Tese (Documento). *Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola*. UNICAMP. Campinas.

AVALIAÇÃO DE COLETOR ARMAZENADOR INFLÁVEL DE ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE AR*

Roberto Sinício**
G. Roa***

RESUMO

Construiu-se, para futura avaliação matemática, um coletor armazenador inflável de energia solar, através de balanços de energia.

Apresenta-se alguns resultados experimentais mostrando viabilidades econômicas e tecnológicas de sua construção.

SUMMARY

An inflate storage-collector of solar energy has been developed for a future mathematical evaluation through balances of energy.

This paper presents soma experimental data, showing technological and economical viability of its construction and utilization.

INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo a maior parte dos grãos é seca na própria planta ou terreiro. Embora este processo cause grandes perdas devido à deterioração do produto, mostra-se econômicamente viável, em virtude das condições climáticas médias serem satisfatórias.

A produção agrícola cresceu bastante nos últimos anos; no entanto, não se observa igual crescimento na infra-estrutura de secagem e armazenamento dos produtos na própria fazenda.

O uso de secador contínuo, para grande quantidade de produtos, tem sido usado como, por exemplo, nos entre-postos graneleiros, apesar de possuir baixa eficiência na secagem e rendimento na queima do óleo combustível.

Devido às possibilidades de esgotamento dos combustíveis derivados de petróleo, tem-se intensificado, nos últimos anos, as pesquisas de aproveitamento da energia solar.

Estudos experimentais e teóricos mostram que uma das aplicações da energia solar mais viáveis a curto prazo seria no aquecimento do ar para secagem de diversos produtos biológicos, especialmente no caso de grãos, devido ao enorme volume produzido no Brasil.

O uso de coletor solar, numa tentativa de minimizar tais problemas, apresenta inúmeras vantagens, como: a) Simplicidade de construção e baixo custo; b) Pequenas quantidades de aumento de energia requeridos; c) Consumo mínimo de energia; e d) Uniformidade de aquecimento dispensável.

(*) Contribuição do Departamento de Engenharia Agrícola, FEA, da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas - SP.
(**) Engº de Alimentos, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas - SP.
(***) Chefe de Pesquisas do Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, CENTREINAR - Campus Universidade Federal de Viçosa - Viçosa - MG.

O presente trabalho objetiva:

a) Apresentar, preliminarmente, um coletor armazenador inflável de energia solar.

b) Apresentar modelamento matemático para posterior avaliação do coletor.

MATERIAIS E MÉTODOS

A. EXPERIMENTO

O coletor armazenador inflável, mostrado na Figura 1, possui comprimento de 12.0m por 1.7m de largura ($20m^2$).

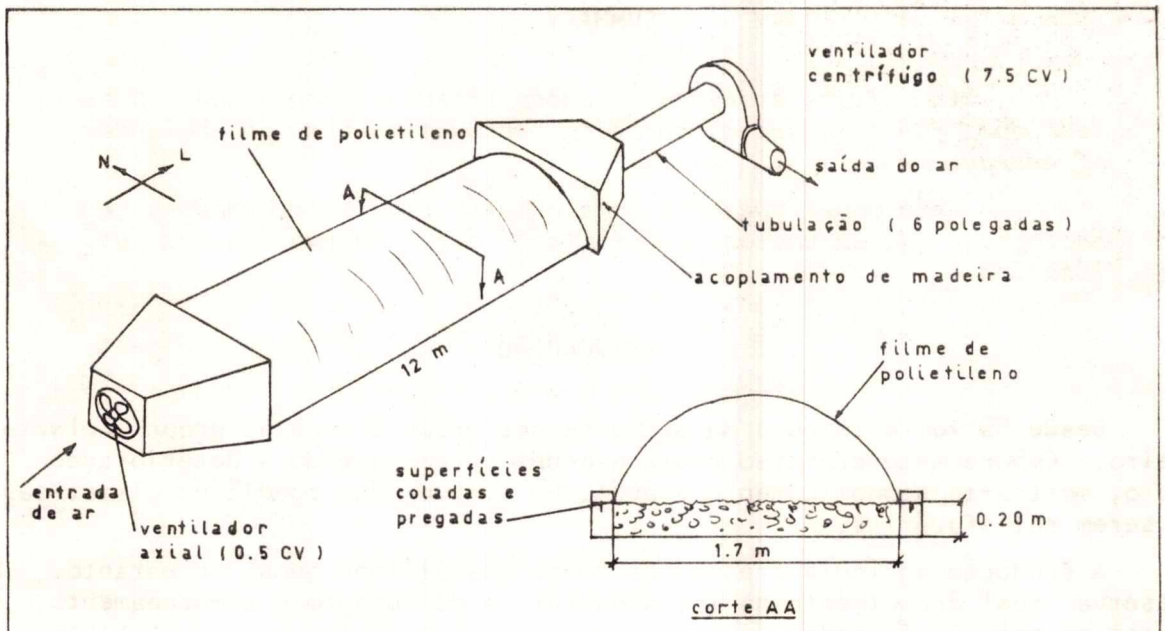


FIGURA 1 - Coletor Armazenador Inflável de Energia Solar para aquecimento de Ar Acoplado aos ventiladores.

Para sua construção, fez-se um leito na terra, orientado na direção leste-oeste, de aproximadamente 20 cm de profundidade.

Fixou-se caibros de madeira nas laterais do leite e se colocou, no mesmo uma camada de pedra britada nº 2, de 20 cm de altura. A superfície exposta das pedras foi pintada de preto fosco para, assim, conseguir maior absorvitividade da radiação solar. Pregou-se nos caibros, juntamente com cola, um filme de polietileno de 2m de largura, que cobria todo o leito de pedra.

Foram acoplados dois ventiladores no coletor por meio de dutos de madeira. Um ventilador axial de 0,5 CV na entrada de ar do coletor, e o outro, um ventilador centrífugo de 7,5 CV na saíde de ar do coletor. O diâmetro da tubulação utilizada é de 6 polegadas.

Para medições de temperatura ambiente e no coletor, utilizou-se um medidor registrador "Speedomax W" que fornecia as temperaturas em quatro secções do coletor (X = 0, X = L/3, X = 2/3L e X = L) para a temperatura do ar e também nas mesmas secções, as temperaturas da camada de pedras em diferentes alturas (Z = 0

Z = Z0/2 e Z = Z0), conforme vemos na Figura 2.

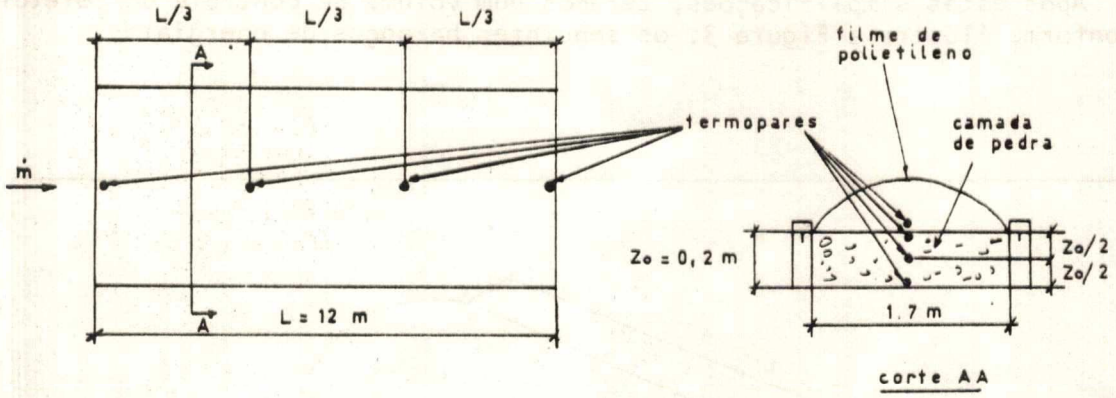


FIGURA 2 - Esquema do Coletor Solar Indicando os Pontos de Medições de Temperatura Durante o Experimento.

Foi instalada na tubulação uma válvula borboleta, entre o ventilador centrífugo e o acoplamento do coletor, que permitia variar a vazão até o máximo de 46.2m^3/min.

Na mesma tubulação foi colocado um orifício previamente calibrado, mediante leituras de pressão de velocidade, através de um tubo de pitot colocado em diferentes posições para diferentes fluxos de ar. Assim, com o uso de uma coluna de água em "U" e da curva característica do ventilador, podia-se medir o fluxo de ar durante o experimento. Os dados de radiação solar foram obtidos de estação metereológica local. A velocidade do vento foi medida durante os experimentos com um aerômetro de pás.

A construção do coletor foi um trabalho simples, não necessitando de mão de-obra especializada. Os materiais utilizados são de baixo custo e facilmente encontrados em uma fazenda.

O custo atual desse coletor solar está em torno de CR$500,00/$m^2$ inclusive com o ventilador axial, enquanto que um coletor metálico custa CR$2.500,00/$m^2$

O coletor inflável apresenta uma grande vantagem, que é a economia de espaço, pois pode ser desmontado facilmente no término da safra.

B. ANÁLISE MATEMÁTICA

A análise matemática do coletor tem, como objetivo, a obtenção de equações que nos possibilitem predizer o comportamento do coletor solar (aumento de temperatura em qualquer posição, armazenamento de energia e eficiência térmica) para qualquer conjunto de variáveis independentes, como radiação solar, temperatura ambiente e vazão de ar.

Para a construção do modelo matemático, conforme resultados obtidos com

sucesso por SANTOS et alii (1978), podemos fazer algumas simplificações sem que seja alterada a situação real.

Estas simplificações são:

a) O fenômeno ocorre em regime permanente

b) Existe uma queda desprezível de temperatura através da cobertura de plástico.

c) Os efeitos de poeira sobre o coletor são desprezados.

d) As perdas por emissão da pedra foram linearizadas e incluídas nas perdas através do plástico, por convecção.

Após estas simplificações, teremos num volume de controle do coletor solar, conforme ilustra a Figura 3, os seguintes balanços de energia.

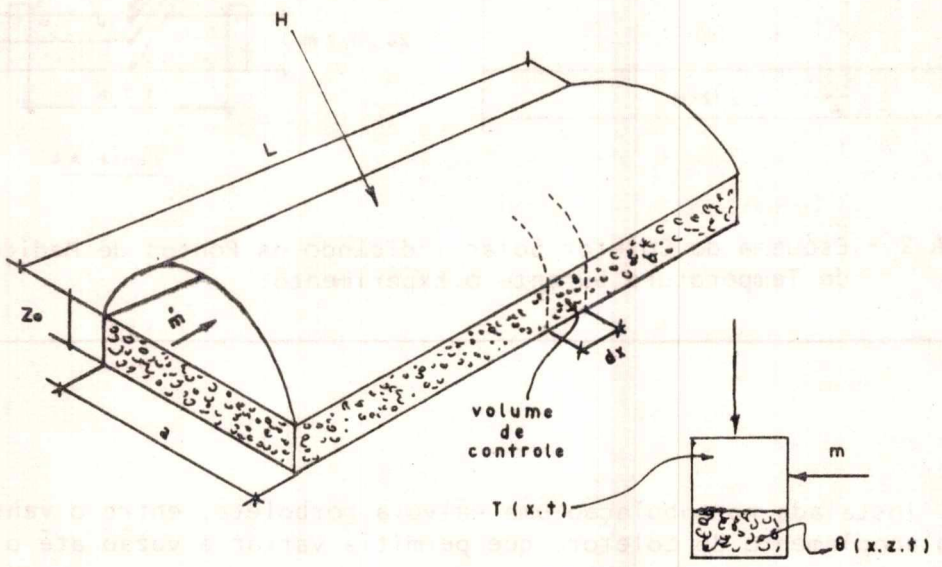


FIGURA 3 - Esquema do Coletor Solar para Efeito de Balanços matemáticos.

Energia absorvida pelas pedras = Energia cedida aos blocos por condução + Energia cedida ao ar por convecção.

MATEMATICAMENTE, TEREMOS:

$$H\alpha\zeta(adx) = -K(adx)\frac{\partial\theta}{\partial_z}(x.o.t) + U_2(adx)\{\theta(x.o.t) - T(x.t)\} \qquad (1)$$

onde:

H = Radiação solar incidente no plano coletor, watt/m^2

α = Absortividade da pedra, adimensional

ζ = Transmissividade do plástico, adimensional

a = Largura do coletor solar, metros

dx = Elemento infinitesimal de comprimento do coletor, metros

K = Condutividade térmica aparente do conjunto pedra e ar intersticial

watt/m^{0}C

$\Theta(x.z.t)$ = Temperatura da pedra como função da posição e do tempo, ^{0}C

$T(x,t)$ = Temperatura do ar como função do comprimento e do tempo, ^{0}C

Energia cedida ao ar por convecção = Aumento da energia interna do ar + Perdas por convecção para o ambiente, através do plástico.

MATEMATICAMENTE, TEREMOS:

$$U_2(adx)\ \{\Theta(x.o.t) - T(x,t)\} = m\,C\,a\,r\ \frac{\partial T}{\partial X}\ (x,t)\ dx + (adx)\ U_1\ \ T\ (x,t) - T\infty) \quad (2)$$

onde:

U_2 = Coeficiente global de transmissão de calor entre pedra e ar, watt/m^2 ^{0}C.

m = Fluxo máximo de ar, Kg/s

Car = Calor específico do ar, J/Kg ^{0}C.

U_1 = Coeficiente global de transmissão do calor entre o plástico e o ambiente, Watt/m^2 ^{0}C.

$T\infty$ = Temperatura ambiente, ^{0}C.

A difusão de energia através da camada de pedra, KREITH (1969) é dada por:

$$\frac{\partial\Theta}{\partial}\ (x,z,t) = \frac{D\ \partial^2\Theta}{\partial z^2}\ (x.z.t) \quad (3)$$

$$\frac{\partial\Theta}{\partial t}\ (x.z_0.t) = 0 \quad (4)$$

$$\Theta(x.z.0) = \Theta_0 \quad (5)$$

$$T(o.t) = T\infty \quad (6)$$

onde:

D = Difusividade térmica aparente do conjunto pedra e ar intersticial, m^2/h.

Θ_o = Temperatura da pedra em qualquer posição do coletor solar, no instante t = o, ^{0}C.

Algumas aproximações foram efetuadas nas equações acima, CARNAHAN et ali (1969).

$$\frac{\partial\Theta}{\Theta z}\ (x.o.t) = \frac{\Theta(x,\Delta z.t) - \Theta(x.o.t)}{\Delta z} \quad (7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x}\ (x.t) = \frac{T(x+\Delta x,t) - T(x.t)}{\Delta x} \quad (8)$$

$$\frac{\partial\Theta}{\partial z}\ (x,z_o.t) = \frac{\Theta(x,z_o - \Delta z.t) - \Theta(x.z_o.t)}{\Delta_Z} \quad (9)$$

$$\frac{\partial\Theta}{\partial t}\ (x.z.t) = \frac{\Theta(x.z.t + \Delta t) - \Theta(x.z.t)}{\Delta t} \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial z^2}(x.z.t) = \frac{\Theta(x.z-\Delta z.t) - 2\Theta(x.z.t) + \Theta(x.z.+\Delta z.t)}{(\Delta z)^2} \qquad (11)$$

Substituindo as equações (7), (8), (9), (10) e (11) nas equações (1) a (6), obteremos três equações que nos fornecem a temperatura da pedra e do ar, como função de parâmetros conhecidos. As equações resultantes são:

$$\Theta(x.o.t) = C_1 + C_2\ \Theta(x.\Delta z.t) + C_3\ (I)\ T(x,t) \qquad (12)$$

onde:

$$C_1 = \frac{K}{K+U_2\ \Delta z}$$

$$C_2 = \frac{U_2\ \Delta z}{K + U_2\ \Delta z}$$

$$C_3 = \frac{H\alpha\zeta\ \Delta z}{K + U_2\ \Delta z}$$

O parâmetro (I) constitui apenas um índice da constante $C_3(I)$ pois, dependendo do valor da radiação incidente (H), a constante $C_3(I)$ assume um valor diferente.

A segunda equação obtida é dada por:

$$T(x + \Delta x,\ t) = B_5\Theta(x,o,t) + B_4\ T(x,t) + B_6(I) \qquad (13)$$

onde:

$$B_4 = \frac{mCar - aU_2\Delta x - aU_1\Delta x}{m\ Car}$$

$$B_5 = \frac{aU_2\ \Delta x}{m\ Car}$$

$$B_6(I) = \frac{aU_1\Delta x\ T\infty}{m\ Car}$$

O parâmetro (I), como foi dito anteriormente, constitui apenas um índice da constante $B_6(I)$, pois esta é função da temperatura ambiente ($T\infty$).

A terceira equação é dada por:

$$\Theta(x.z.t.+\Delta t) = \Theta(x.z.t)\left[1-2B_t\right] + B_7\left[\Theta(x.z-\Delta z.t) - \Theta(x.z+\Delta z.t)\right] \qquad (14)$$

onde:

$$B_7 = \frac{D\ .\ t}{(\Delta z)^2}$$

Uma vez obtidas as equações (12) a (14) numa forma apropriada à programação, desenvolveu-se um algoritmo para o cálculo da Temperatura do ar e da pedra em qualquer posição do coletor e em qualquer instante t. Este algoritmo foi programado em FORTRAN IV, Mc CRAKEN et al. (1966), para ser executado num computador PDP-10/ da UNICAMP.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Variando a razão de ar no coletor, realizamos cinco experiências, em dias consecutivos.

Nos Quadros 1 e 2 estão apresentados os resultados de dois experimentos fornecendo as temperaturas ambientes e na saída do coletor e radiação solar, no tempo.

Nas Figuras 4 e 5 mostram-se as curvas de radiação solar, temperatura ambiente e temperatura do ar na saída do coletor, para os mesmos experimentos.

No cálculo da eficiência do coletor (definida como sendo o aumento de entalpia do ar dividido pela radiação incidente no plano do coletor solar) encontramos 68,5% e 54,5%. Os acréscimos médios da temperatura do ar foram 9.2°C e 9.5°C acima da temperatura ambiente para vazões de ar 45.5 e 35.0 m^3/min, respectivamente.

Observa-se, na Figura 4, dada a descontinuidade das curvas de radiação solar, a atuação do leito de pedras no armazenamento de energia, atenuando os picos de temperatura.

QUADRO 1 - Resultados de radiação solar, temperatura ambiente e temperatura na saída do coletor durante o primeiro experimento.

TEMPO (hs)	RADIAÇÃO (Kcal/m^2)	TEMPERATURA AMBIENTE AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA NA SAÍDA DO COLETOR (°C)
0.5	330	20.8	26.0
1.0	420	21.1	27.3
1.5	260	21.9	30.4
2.0	500	21.4	29.9
2.5	350	22.1	32.5
3.0	310	21.8	32.3
3.5	160	22.9	33.9
4.0	250	23.4	34.4
4.5	210	22.9	32.2
MÉDIA		22.0	31.2

Fluxo = 45.5 m^3/min

Eficiência = 68.0%

Acréscimo médio na temperatura do ar = 9,2°C

DIA: 10.07.79

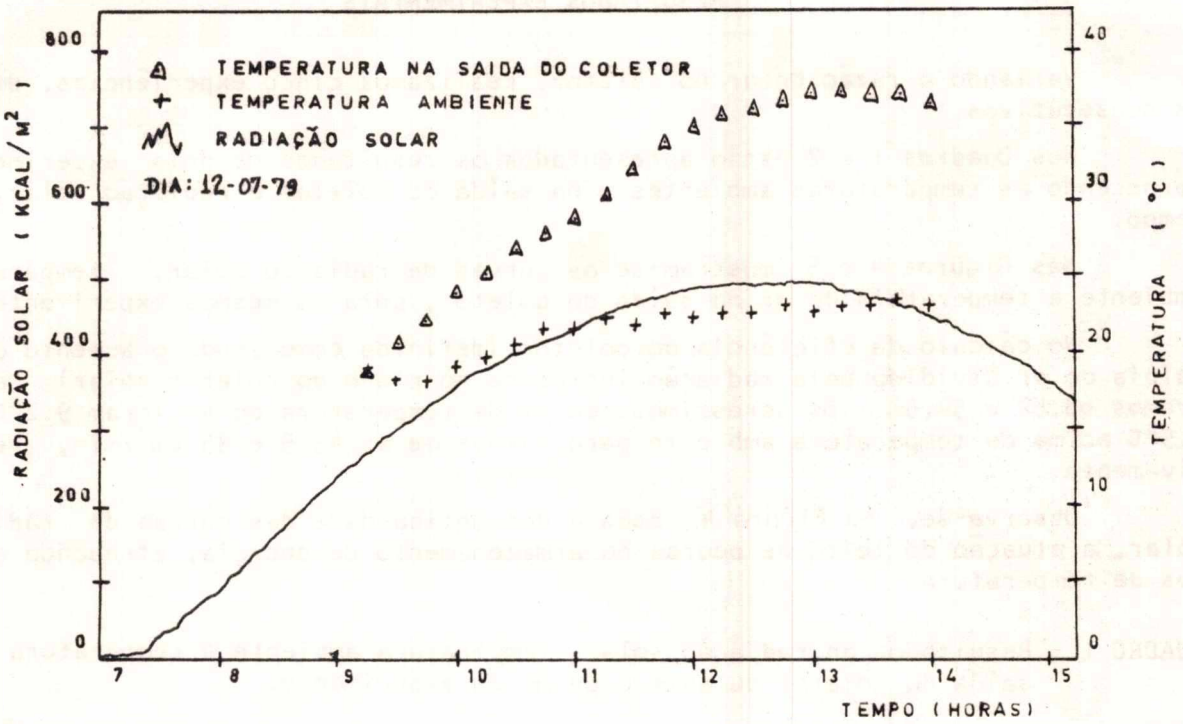


FIGURA 4 - Curva de radiação incidente, temperatura ambiente, temperatura do ar na saida do coletor versus tempo para o primeiro experimento com o coletor solar.

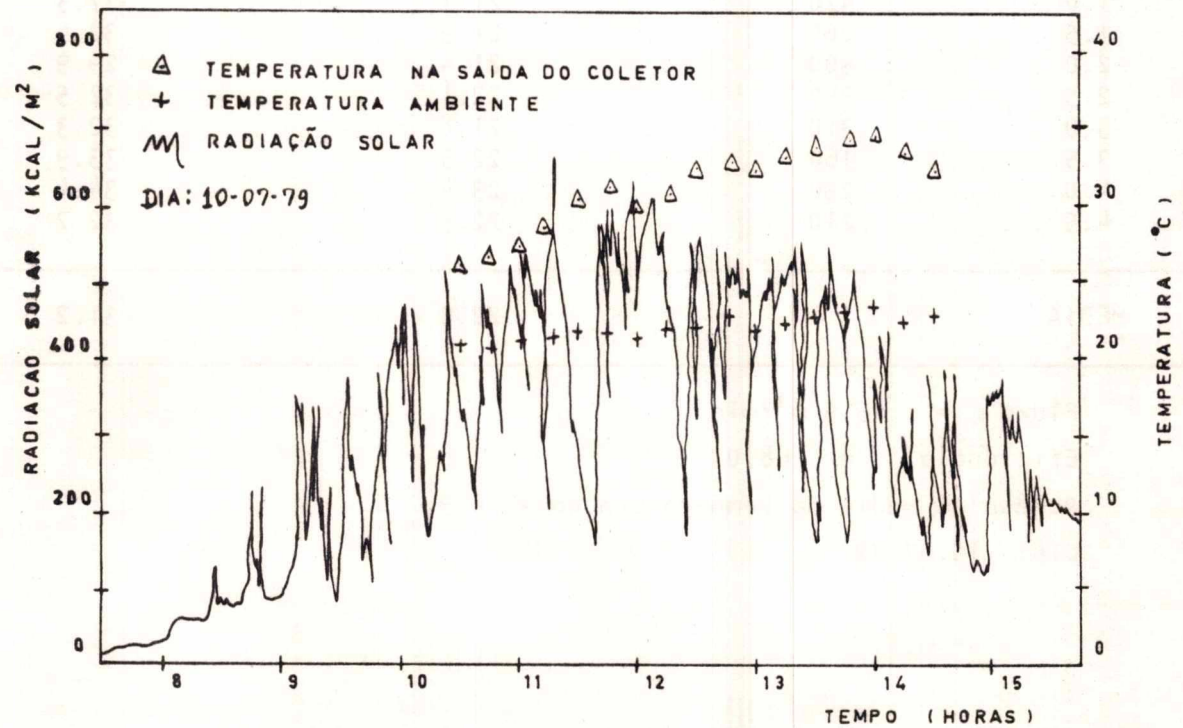


FIGURA 5 - Curva de radiação incidente, temperatura ambiente, temperatura do ar na saida do coletor versus tempo para o segundo experimento com o coletor.

QUADRO 2 - Resultados de radiação solar, temperatura ambiente e temperatura na saída do coletor durante o segundo experimento.

TEMPO (hs)	RADIAÇÃO (Kcal/m^2)	TEMPERATURA AMBIENTE AMBIENTE (^{0}C)	TEMPERATURA NA SAÍDA DO COLETOR (^{0}C)
0.5	300	18.1	20.9
1.0	360	19.1	23.9
1.5	400	20.6	26.8
2.0	432	21.6	29.1
2.5	465	21.9	32.0
3.0	475	22.4	35.0
3.5	490	22.6	36.2
4.0	490	22.9	37.1
4.5	471	23.1	37.1
5.0	450	23.1	36.3
MÉDIA		21.7	31.2

Fluxo = 35.0 m^3/min.

Eficiência = 54.5%

Acréscimo médio na temperatura do ar = 9.5

DIA: 12.07.79

CONCLUSÕES

- Construiu-se um coletor armazenador inflável de energia solar, de custo reduzido, com materiais facilmente disponíveis numa fazenda (pedra, madeira e plástico).

- Faremos a avaliação matemática do coletor solar para que o modelo simule a temperatura do ar na saída do coletor, mostrando, com isto, ser possível sua utilização para simulação de novos coletores em regiões diferentes daquela onde foi realizado o experimento.

- A massa de pedras atua como armazenador de energia e propicia a diminuição dos picos de temperaturas, fator este importante na secagem de produtos biológicos, pois evita, deste modo, o ressecamento do produto, causado geralmente por coletores metálicos.

- O coletor pode ser empregado na secagem de diversos produtos agro-pecuários, e tem a vantagem de se poder desmontá-lo no término de sua utilização, desocupando área para outros fins.

LITERATURA CITADA

CARNAHAN, B., LUTHER H. A., WILKES J.O. *Applied Numerical Methods*. John Willey & Sons, Inc. 1969.

KREITH, F. *Principles of Heat Transfer*, 2nd Edition. International Textbook Company. 1969.

Mc CRAKEN D. and DORN W. *Numerical Methods and FORTRAN Programming*. A Willey International Edition. Londres 1966.

SANTOS, LUIZ A; ROA, GONZALO E VILLA, LUIZ GABRIEL *Avaliação de um coletor armazenador de energia solar empregado para aquecimento de ar na secagem de soja em silos*. Trabalho apresentado no III Seminário Nacional de Armazenagem, Curitiba - PR. 1978.

DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA APARENTE DE AMÊNDOAS DE CACAU*

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

RESUMO

O trabalho teve, por objetivos, determinar a difusividade térmica aparente de amêndoas de cacau, e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais em função do teor de umidade e de massa específica aparente.

A difusividade térmica foi determinada utilizando-se os dados experimentais de condutividade térmica aparente, calor específico a pressão constante e massa específica aparente, obtidos com amêndoas de cacau em fase final de fermentação, cedidas pela Estação Experimental Filogônio Peixoto, da CEPLAC, Linhares - ES.

Os testes foram conduzidos no interior de uma câmara climática, com temperatura de 18°C e umidade relativa de 40%, usando se amêndoas, com teor de umidade de 0,8%; 2,8%; 7,6%; 14,7%: 20,8%; 23,0; 25,0; 34,4%; 43,3%; 74,3% e 205,4% (b.s.).

Os resultados obtidos permitem concluir que a difusividade térmica aparente de amêndoas de cacau é função quadrática, tanto com teor de umidade, quanto com a massa específica aparente, com mínimo em 48% de umidade (b.s.).

SUMMARY

The present work had a twicefold objective: a) to determine the apparent thermal diffusivity of cocoa beans and b) to ajust mathematical models to experimental data in function of the moisture contet and the bulk density of cocoa beans.

The thermal diffusivity was determined by using experimental data of apparent thermal conductivity, specific heat at constant pressure and bulk density. All the information was obtained on cocoa beans in their final stage of fermentation given by the "Filogônio Peixoto" Experimental Station, CEPLAC, Linhares - ES.

The test were conducted in an environmental controlled chamber at temperature of 18°C and relative humidity of 40%. The cocoa beans had initially moisture contents 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.)

It was observed that the apparent thermal diffusivity of the cocoa beans is a quadratic function of the moisture content and bulk density.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades térmicas de produtos agrícolas é essencial para pesquisadores e projetistas, no campo da Tecnologia e da Engenha

---

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

ria de Alimentos para vários fins, podendo-se enumerar taxas de secagem ou distribuição de temperatura no interior de alimentos de composição e geometria variadas, quando submetidos a diferentes condições de secagem e resfriamento, e dispositivos de desidratação e esterilização. 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.

Em face da crescente demanda de alimentos e das condições favoráveis do mercado internacional, a secagem artificial de produtos agrícolas, vem se tornando um dos objetivos primordiais da política agrária brasileira. Embora o Brasil seja um dos principais produtores e exportadores mundiais de cacau - segundo dados publicados pela FAO (1977) e pela ONU (1977) - a secagem artificial desse produto constitui, ainda, um setor de experimentação, em fase de desenvolvimento Além de não constarem da literatura relatos definitivos sobre as condições limites de secagem, os poucos trabalhos divulgados são, ainda, contraditórios. Segundo MARAVALHAS (1976) estudos sobre as propriedades físicas das amêndoas de cacau, antes e depois da fermentação, nunca foram executados. O presente estudo teve por objetivos: a) determinar a difusividade térmica aparente de cacau em amêndoas para diversos teores de umidade, 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

KAZARIAN e HALL (1965)* estudaram a difusividade térmica de milho e de trigo, pelo método transitório, usando uma caixa metálica retangular cheia de grãos. Observaram que os resultados obtidos por este processo são ligeiramente inferiores aos que calcularam, usando os valores de condutividade térmica, calor específico e massa específica aparente. NIX et alii (1967) usaram o método transitório para estudar a difusividade térmica de materiais amorfos, utilizando uma fonte linear de calor. Afirmaram que a técnica, além de possibilitar a obtenção de medidas rápidas e precisas das propriedades térmicas dos materiais, conduz à determinação direta da difusividade térmica, independente do calor específico e da massa específica.

WRATTEN et alii (1969) estudaram a difusividade térmica aparente de grãos de arroz no intervalo de umidade de 12% a 20% b.u., utilizando dados experimentais de condutividade térmica, massa específica aparente e calor específico. Obtiveram uma relação linear entre a difusividade térmica e o teor de umidade.

QUADRO 1 - Difusividade Térmica de Produtos Vegetais e Animais (m^2/s)

PRODUTO	Faixa de Teor de Umidade	Faixa de Temperatura	Valor ou Expressão	Referência
Abóbora	733 - 1567	25	$1,47 \times 10^{-7}$ - $1,63 \times 10^{-7}$	9
Alfafa	88,6 - 141	20 - 80	$2,84 \times 10^{-4}$ - $4,14 \times 10^{-4}$	4
Alfafa	890	29,4 - 46,1	$6,01 \times 10^{-7}$ - $2,1 \times 10^{-8}$	8
Amendoim moído	8	7,2 - 37,8	$2,05 \times 10^{-7}$ - $1,579 \times 10^{-9}$ T	10
Arroz	13,7 - 25	-	$1,35 \times 10^{-7}$ - $2,49 \times 10^{-7}$ U	12
Batata	-	24,4	$1,632 \times 10^{7}$ - $2,905 \times 10^{-9}$ D*	6
Batata branca	456	25	$1,65 \times 10^{-7}$ - $1,84 \times 10^{-7}$	9

(*) Os resultados apresentados pela literatura são encontrados no Quadro 1

*D = Período de Armazenagem (horas)

QUADRO 1 - Difusividade Térmica de Produtos Vegetais e Animais (m^2/s)

Continuação

PRODUTO	Faixa de Teor de Umidade	Faixa de Temperatura	Valor ou Expressão	Referência
Batata doce sólida	-	Ambiente	$1,290 \times 10^{-7}$	1
Carne de galinha .	-	76,7	$1,51 \times 10^{-7}$	3
Colza granular	1 - 25	- 26	$1,035 \times 10^{-7} - 9,78 \times 10^{-8}$	7
Colza granular	1 - 25	19	$9,96 \times 10^{-8} - 9,60 \times 10^{-8}$	7
Milho	1 - 43	20,8 - 52,6	$1,02 \times 10^{-7} - 9,2 \times 10^{-8}$	5
Purê de batata	-	Ambiente	$1,388 \times 10^{-7}$	1
Salada de batata	-	1,7 - 71,1	$1,46 \times 10^{-7}$	2
Soja	8,7 - 67	20 - 50	$4,5 \times 10^{-8}$	11
Trigo	1 - 43	21 - 44,1	$9,0 \times 10^{-8} - 8,0 \times 10^{-8}$	5

A difusividade térmica de amendoim em casca, amêndoas e casca de amendoim moídas, foi determinada por SUTTER et alii (1975), pelo método transitório, independentemente do calor específico e da massa específica. Para amostras condicionadas às temperaturas de 4°C, 10°C, 16°C e 21°C, os resultados indicam que difusividade térmica decresce, linearmente, com o aumento de temperatura e apresentam menor valor para amendoim em casca e maior para amêndoas moídas. WATTS e BILANSKI (1973) realizaram estudos para determinação direta da difusividade térmica de grãos de soja, pelo método transitório. Determinaram a difusividade térmica de 90 grãos individuais, com o teor de umidade variando de 8% a 40%, b.u. Observaram que os resultados são, praticamente, independentes do teor de umidade e da temperatura. MOYSEY et alii (1977) usaram o método transitório para determinar a difusividade térmica de grãos de colza. O teor de umidade das amostras variou de 1% a 20%, b.u., e a temperatura de -26°C a 19°C. Os resultados obtidos são ligeiramente inferiores à difusividade térmica de milho e de trigo, e decrescem com o aumento do teor de umidade a uma temperatura fixa.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas amêndoas de cacau em fase final de fermentação, procedentes da Estação Experimental "Filogônio Peixoto", da CEPLAC, Linhares - ES.

A difusividade térmica foi determinada utilizando-se os valores experimentais de condutividade térmica aparente, calor específico a pressão constante e massa específica aparente. Os testes foram realizados no interior de uma câmara climática, à temperatura ambiente de 18°C e umidade relativa de 40%. Usaram-se amêndoas com teor de umidade de 0,8%; 2,8%; 7,6%; 20,8%; 23,0; 25,0%; 34,4% 43,3%; 74,3 e 105,4% (b.s.); estes teores de umidade foram obtidos por remoção de umidade do material em estufa ventilada, a 105°C ± 1°C a partir da umidade inicial (105,4%, b.s.). Após resfriamento em dessecadores, as amostras de cada nível de umidade foram acondicionadas em sacos plásticos dentro da câmara climática, durante 24 horas, a fim de entrar em equilíbrio térmico com o ambiente para as posteriores determinações.

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°C ± 1°C durante 72 horas, com 4 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para a difusividade térmica aparente da massa granu

lar de cacau, são mostrados no Quadro 2. Observa-se que a difusividade térmica decresce com o aumento do teor de umidade, até o ponto correspondente a 43% (b. s.); a partir deste ponto, a difusividade térmica cresce com o teor de umidade.

QUADRO 2 - Difusividade Térmica Aparente das Amêndoas de Cacau*

Teor de Umidade (%,b.s.)	α (10^{-8} $\frac{m^2}{s}$)	s (10^{-9} $\frac{m^2}{s}$)	CV (%)	S_N (10^{-9} $\frac{m^2}{s}$)	Limites de Confiança para a Média ($10^{-8} m^2/s$)	
					Li	Ls
0,8	11,3	7,0	6,2	2,1	10,8	11,8
2,8	10,2	8,8	8,6	2,6	9,6	10,8
7,6	9,35	4,6	4,9	1,3	9,06	9,64
14,7	9,01	7,3	8,1	2,1	8,54	9,48
20,8	8,53	4,6	5,4	1,5	8,19	8,87
23,0	8,31	5,1	6,1	1,5	7,97	8,65
25,0	8,16	5,1	6,3	1,6	7,80	8,52
34,4	7,87	4,4	5,7	1,4	7,55	8,19
43,3	7,093	5,0	7,0	1,6	6,731	7,455
74,3	7,746	5,2	6,7	1,6	7,38	8,11
105,4	8,859	3,2	3,6	1,0	8,633	9,085

*α = Média, com 10 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 relação entre a difusividade térmica e o teor de umidade foi determinada por análise de regressão. A equação ajustada foi:

$$\alpha = 1,112 \times 10^{-7} - 2,216 \times 10^{-7} U + 3,41 \times 10^{-7} U^2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,94$$

$$s = 3,1 \times 10^{-9}$$

onde:

α = Difusividade térmica aparente (m^2/s)

R^2 = Coeficiente de determinação (adimensional)

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

s = Desvio padrão da regressão (m^2/s)

A equação 1 tem ponto de mínimo em 32,5% de umidade (b.u.); os parâmetros são significativos ao nível de 1% de probabilidade. KAZARIAN e HALL (1965) obtiveram relações semelhantes para milho e trigo. Todavia, WRATTEN et alii (no ano de 1969) obtiveram relações lineares para arroz.

A relação entre a difusividade térmica e o teor de umidade é mostrada na Figura 1.

A expressão que relaciona a difusividade térmica aparente das amêndoas de cacau com sua massa específica aparente, é, também, uma função quadrática, com ponto de mínimo em 48,8% de umidade (b.s.), idêntico ao da equação 1. A equação ajustada foi:

$$\alpha = 8,531 \times 10^{-7} - 3,208 \times 10^{-9} \rho + 3,3 \times 10^{-12} \rho^2 \quad (2)$$

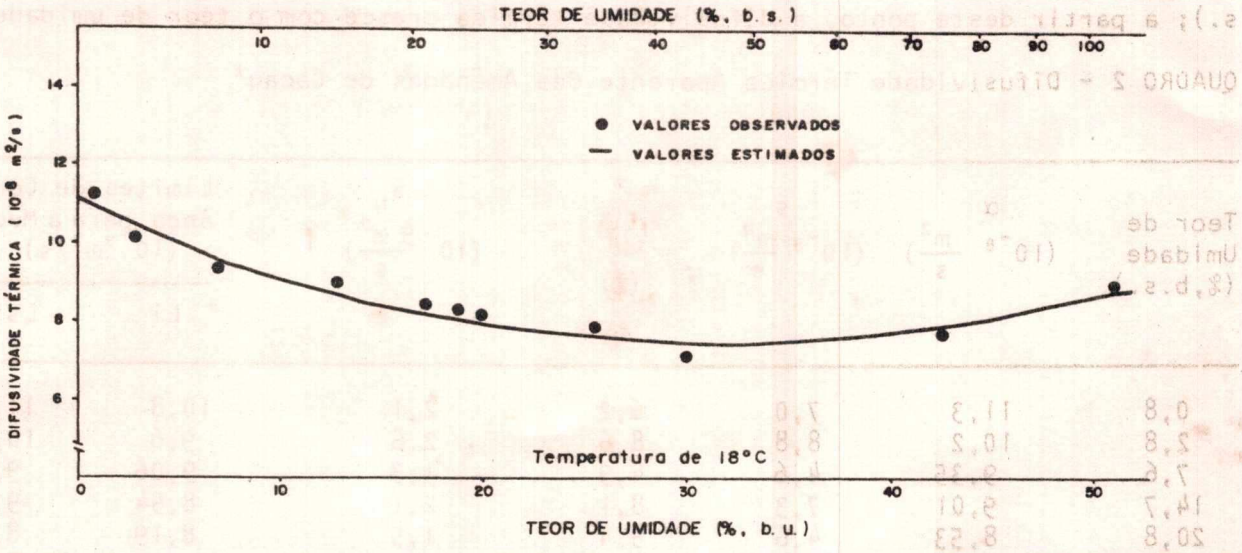


FIGURA 1 - Variação da difusividade térmica aparente das amêndoas de cacau, com o teor de umidade.

R^2 = 0,88

s = 6×10^{-9}

onde:

α = Difusividade térmica aparente (m^2/s)

R^2 = Coeficiente de determinação (adimensional)

s = Desvio padrão da regressão (m^2/s)

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

Os parâmetros da equação 2 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a difusividade térmica aparente de amêndoas de cacau é função quadrática, tanto com o teor de umidade, quanto com a massa específica aparente, com mínimo em 48% de umidade (b.s)

LISTA DE SÍMBOLOS

b.s. = Base seca

b.u. = Base úmida

R^2 = Coeficiente de determinação (adimensional)

T = Temperatura (^0C)

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

α = Difusividade térmica aparente ($\frac{m^2}{s}$)

ρ = Massa específica aparente ($\frac{kg}{m^3}$)

LITERATURA CITADA

CRUMPTON, W.R. & THREADGILL, E.D. Thermal diffusivity of sweet potatoes. *Transactions of the ASAE*, 20(3): 589-592. 1977.

DICKERSON, Jr. R.W. An apparatus for the measurement of hermal diffusivity of foods. *Food Technology*, 19:880-886. 1965.

DICKERSON, Jr. R.W. & REED, Jr. R.B. Calculation and measurement of heat transfer in foods. *Food Technology*, 22: 1533-1535 e 1547-1548. 1968.

FAO. *Fao production yearbook* 1976. Rome, v. 30 1977.

FORD, R.M. & BILANSKI, W.K. Thermal diffusivity of alfalfa stems. *Transactions of the ASAE*, 12 (2): 249-251. 1969.

KAZARIAN, E.A. & HAL, C.W. Thermal properties fo grain. *Transactions of the ASAE*, 8 (1): 33-38. 1965.

MARAVILHAS, N. Novo tipo de conjunto secador para cacau fermentado. *cacau atualidades*, 13(3): 6-9. 1976.

MATTHEWS, Jr. F.V. & HALL, C.W. Method of finite differences used to relate changes in thermal and physical properties of potatoes. *Transaction of the ASAE*, 11(4): 558-562 e 565. 1968.

MOYSEY, E.B.; SHAW, J.T. & LAMPMAN, W.P. The effect of temperature and moisture on the thermal properties of rapeseed. *Transactions of the ASAE*, 24(4): 768-771. 1977.

NIX, G. H.; LOWERY, G.W.; VACHON, R.I. & TANGER, G.E. Direct determination of thermal diffusivity and conductivity with a refined limesource technique, In: Progress in Aeronautics and Astronautics. *Thermophysics of spacecraft and planetary bodies*, Academic Press, New York. v. 20 p. 865-878. 1967.

ONU, Department of Economic and Social Affairs. *Yearbook of international trade statistics* 1976. New York, v. 2. 1977.

OTT, L.E. & HURLBUT, L.W. *Thermal diffisivity of compressed alfalfa hay*. ASAE, 8 p. (Paper nº 64-817, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agriculrural Engineers, 1967). 1964.

RAO, M. A.; BARNARD, J. & KENNY, J. F. Thermal conductivity of process variety squash and sweet potatoes. *Transactions of the ASAE*, 18(6): 1188-1192. 1975.

SUTTER, D.A.; AGRAMAL, K.K. & CLARY, B.L. Thermal properties of peanut pods, hulls and kernels. *Transactions of the ASAE*, 18(2): 370-375. 1975.

WATIS, K.C. & BILANSKI, W.K. Method for estimation the themal diffusivity of whole soybeans. *Transactions of the ASE*, 16(6): 1143-1145. 1973.

WRATTEN, F.T.; POOLE, W.D.; CHESNESS, J.L.; BAL, S. & BARNARD, V. Physical and thermal properties of rough rice. *Transactions of the ASAE*, 12(6): 801-803. - 1969.

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°C ± 1°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 decresce 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 Storge 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 pososity and to fit mathematical models to experimental data wn function of their moisture content and bulk density.

Cocoa beans in their final stage of fermentation, obteined 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 comparision pycnometer.

For the conditions under which the experiment was conducted it was observed thal the porosity of the cocoa beans decreased linearly with their moisture content an 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:

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

onde:

P = Porosidade (decimal)

ρ = Mass específica aparente (kg/m^3)

ρ_r = Massa específica real (kg/m^3)

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 cm^3 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++	-	-	$101,23 - 4,944 \times 10^{-2}\rho$	5
Cacau	9,63 - 114,50	80	$54,0655\ (0,9981)^{U}S$	4
Milho	1 - 37	Ambiente	$101 - 7,8 \times 10^{-2}\rho$	1
Milho+	9 - 52	-	$94,92 - 4,64 \times 10^{-2}\rho$	3
Trigo	1	Ambiente	$90 - 5,8 \times 10^{-2}\rho$	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°C ± 1°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°C ± 1°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.

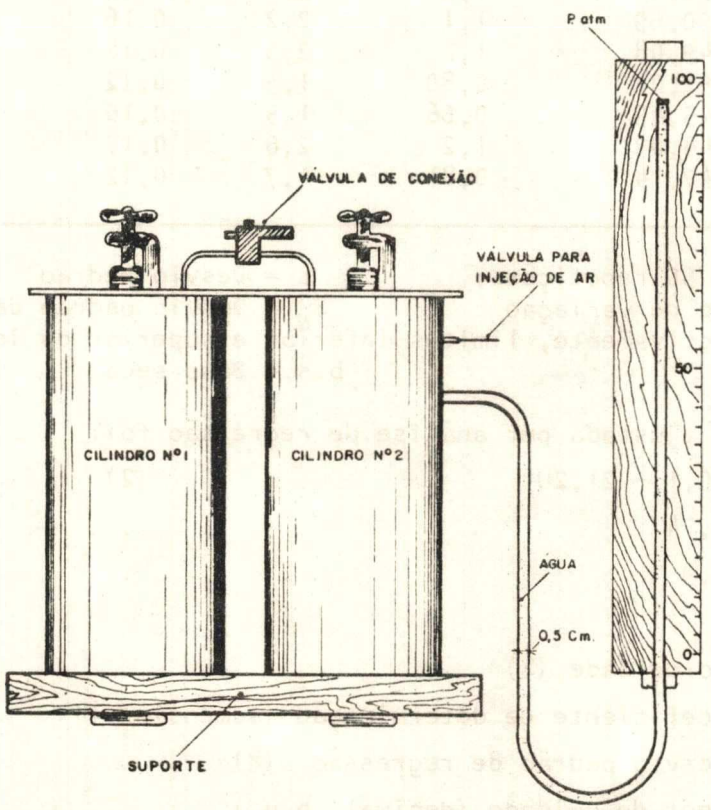


FIGURA 1 - Esquema do picnômetro.

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	P	s	CV	SN	Limites de Confiança para a Média (%)	
(% b.s.)	(%)	(%)	(%)	(%)	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:

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

$$R^2 = 0,74$$

$$s = 1,9$$

onde:

P = Porosidade (%)

R^2 = Coeficiente de determinação (admensional)

s = Desvio padrão de regressão (%)

U = 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). E 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.

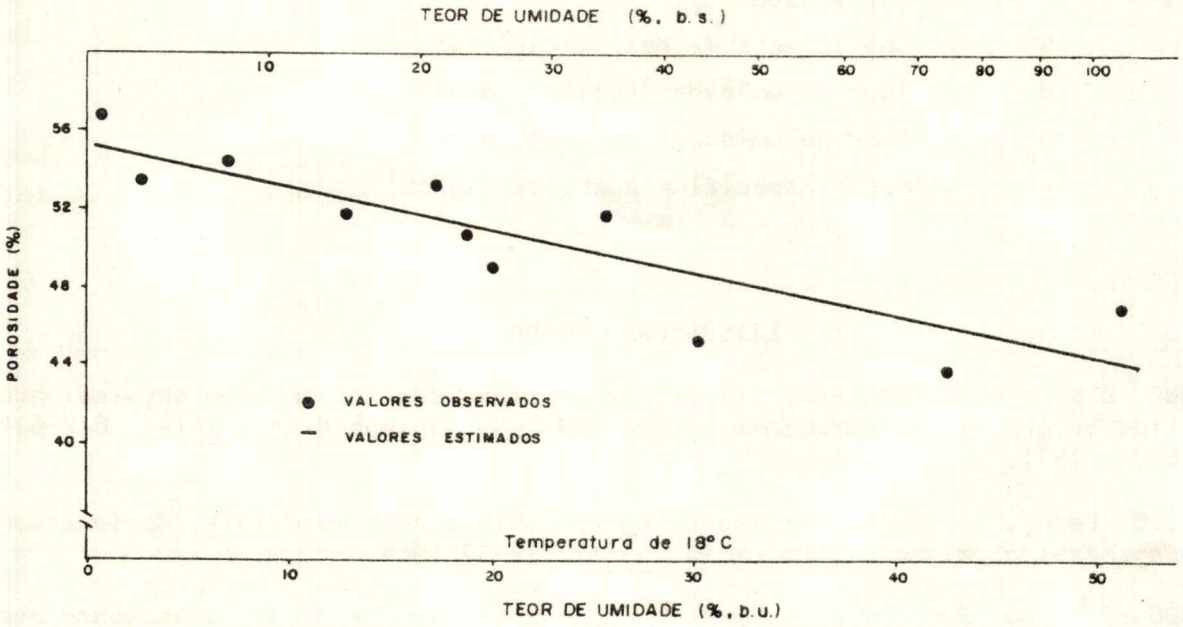


FIGURA 2 - Variação da porosidade da massa granular de amêdoas de cacau, com o teor de umidade.

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

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

$$R^2 = 0,88$$

$$s = 1,3$$

onde:

P = Porosidade (%)

R^2 = Coeficiente de determinação (admensional)

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 = Coeficiente 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 Célsius e variação da posoridade durante o processamente*. 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 comparision 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.

ÍNDICE GERAL DOS AUTORES

Almeida, B.V. de, 600, 606
Alvarenga, L.C., 537, 544
Alves,E.J., 42
Andrade, D.S., 383, 393

Barros, L.C.G., 52
Bastos, M.V., 191
Beduschi, L.C., 274, 283, 293, 301
Benez, S.H., 328, 334, 342, 353, 361, 366, 374
Bernardi, J.A., 214
Bernardo, S., 15,117
Berto, P.N.A., 317
Bezerra Sathler, M.G., 519
Borges, E.A., 107, 124
Braga, J.M., 117
Brandini, A., 408
Braunbeck, O., 527

Caixeta, T.J., 15, 33
Caldas, R.C., 42
Carrijo, O.A., 27, 43
Casali, W.D.C., 15
Cavalcante, L.F., 124
Cavalcanti Mata, M.E.R.M., 504
Chang, C.S., 214, 255
Christofoletti, J.C., 433, 442
Condé, A.R., 117, 465
Corrêa, A.A.M., 206
Corrêa, H.G., 198, 348
Costa, E.F.S. da, 224
Costa, G.J. da, 420
Costa, N.P., 261
Cunha, J., 488

Fava, J.F.M., 169, 191
Felinto, J., 107
Fenz, E., 255
Fernández, B., 58,107,124
Finch, E.O. 408, 414
Fontes, P.C.R., 33
Fontes, R.R., 27
Fortes, M., 600, 606
Freire, E.S., 551
Freire, W.J., 353, 374

Galli, U.F., 458
Gamero, C.A., 328, 334, 342
Gervini, I.S., 453, 458
Gomide, R.L., 33
Graziano, J.R., 420
Guedes, W.B., 224, 317

Halpern, I., 458
Hancock, J.K., 52
Hara, T., 475, 482, 600, 606
Honda, A.I., 159, 169, 179, 184

Leopoldo, P.R., 85
Ma, M.T., 537, 544
Magalhães Filho, O.R., 458
Marinato, R., 33
Martyn, P.J., 537
Matsui, E., 85
Mattos, P.C., 328
Maziero, J.V.G., 198, 214
Mc Donald, C.R., 551
Mello, I.S., 238
Mesquita, C.M., 261
Mialhe, L.G., 224, 238, 317
Millar, A.A., 117
Monteiro, M.V. de M., 433, 442

Neto, D.E.S., 224
Neves, E.G.C., 453, 458

Olitta, A.F.L., 27
Oliveira, C.A. da S., 27

Oliveira, F.A. de, 48, 80, 100, 145
Oliveira, L.M. de, 15
Oliveira, S.L. de, 42

Pereira, J.L., 184
Piedade, G.C.R., 361, 366
Piedade Jr. C., 334, 342, 353, 361, 366, 374
Pinheiro Filho, J.B., 465, 475, 482, 504, 519, 600, 606
Porto, E.R., 52
Prado, E.P. do, 475, 482, 566

Queiroz, E.F., 261
Quintero, J.E., 134

Reis, N.V.B. dos, 27
Ripoli, T.C., 238
Roa, G., 527, 591
Rocha, J.L.C., 580
Rochedo, P.R.C., 151, 458

Saglietti, J.R.C., 544
Salati, E., 85
Sant'Anna, J.A., 447
Santos, J.F. dos, 58
Santos, N.C., 274, 283, 293, 301
Sartori, S., 159, 169, 179, 184,191
Sediyama, G.C., 465
Serôdio, R. 566
Silva, A.T. da, 01
Silva, J.J.S. e, 80
Silva, J.N. da, 465, 544
Silva, M.A., 580
Silva, M.J. da, 117
Silva, W.L.C., 43
Sinicio, R., 591
Sousa, A.P., 85
Sousa Costa, J.A., 255

Thiébaut, J.T.L., 475, 482

Vallderuten, R., 134
Vieira, J.V., 43
Vieira, O.J., 383, 393
Villa, L.G., 527

PARTICIPANTES DO IX CONBEA

PARTICIPANTES DO IX CONBEA

01. ABIGAIL DE CARVALHO SILVA - UFPb - Campina Grande,Paraíba
02. ADALBERTO ARAGÃO DE ALBUQUERQUE - Projeto Sertanejo - Campina Grande,Paraíba
03. ADHEMAR BRANDINI - EMBRAPA - Brasília - DF
04. AÉCIO GERMANO DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
05. AGENOR QUEIROZ BARBOSA - DNOCS - Souza,Paraíba
06. AIRTON DOS SANTOS ALONSO - Pelotas, Rio Grande do Sul
07. ALBERTO DA MATTA RIBEIRO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
08. ALBERTO JORGE DE ARAÚJO CAVALCANTE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
09. ALDÍZIO MELO SIQUEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
10. ALEXANDRE ANTONIO GONÇALVES CHEGÃO - União dos Palmares, Alagoas
11. ALEXANDRE CESAR DE BARROS LIMA - UFPb - Campina Grande,Paraíba
12. ALFONSO SANTIAGO DE LOS REYES Y VIDAL - BENTONITA - Campina Grande,Paraíba
13. ALTIR ALVES MARTINS CORRÊA - Rio de Janeiro-RJ
14. ALUIZIO TEIXEIRA DA SILVA - UFRRJ - Antiga Estrada Rio-São Paulo
15. ÁLVARO GOMES DE FIGUEIREDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
16. ANA ALESANDRINA GAMA DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
17. ANA MARIA DE ANDRADE FEITOSA - Fortaleza, Ceará
18. ANA MARIA TAVARES DE ANDRADE - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
19. ANA MARIA VILAR CAMPOS CATÃO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
20. ANA MIRTES DE SOUSA TRINDADE - EMATER - Guanambi, Bahia
21. ANANIAS JUSTINO FERREIRA NETO - São Luis, Maranhão
22. ANA PAULA FRASSINETTI CHAVES DE LIMA SIPAÚBA - UFMa - São Luiz, Maranhão
23. ANA REGINA MANFREDINI GAMEIRO - CNPq - Campinas,São Paulo
24. ANIVALDO PEDRO COBRA - Ministério da Agricultura - Brasilia-DF
25. ANSELMO ALVES PEREIRA - Caruaru, Pernambuco
26. ANTÔNIO APARECIDO BARBOSA - EMATER - Euclides da Cunha, Bahia
27. ANTÔNIO BARBOSA TOSCANO - UFPb - Queimadas, Paraíba
28. ANTÔNIO BERNARDO PINHEIRO LOBO - BRADESCO - São Luis, Maranhão
29. ANTÔNIO CALDAS DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
30. ANTÔNIO CARLOS GUIMARÃES DE LIMA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
31. ANTÔNIO CARLOS NIEMCZEWSKI - Pelotas, Rio Grande do Sul
32. ANTÔNIO DE ALMEIDA SORIANO FILHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
33. ANTÔNIO DE PÁDUA GUEDES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
34. ANTÔNIO FERNANDO ALVES SOARES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
35. ANTÔNIO FERNANDO DE HOLANDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
36. ANTÔNIO FERNANDO MEDEIROS DE VASCONCELOS - UFPb - Areia, Paraíba
37. ANTÔNIO GONÇALVES DE ARAÚJO - Patos de Minas, Minas Gerais
38. ANTÔNIO HYBERNON DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
39. ANTÔNIO JOSÉ SARMENTO TOLEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
40. ANTÔNIO LAZZARINI SEGALLA - IAA - Planalsucar - Campinas,São Paulo
41. ANTÔNIO LIBERALINO SOBRINHO - Patos, Paraíba
42. ANTÔNIO PEREIRA - SAA/Pb - João Pessoa, Paraíba
43. ANTÔNIO NERI AZEVEDO RODRIGUES - UFPb - João Pessoa, Paraíba
44. ARIJALDO JOSÉ DE CARVALHO - Vitória de Santo Antão, Pernambuco
45. ARNALD CARLOS KUNZLER DE LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas
46. ARTUR ELIAS SANTOS RAMOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
47. ARTUR JOSÉ ROCHA FRASSY - Maceió, Alagoas
48. ASCÂNIO FERRÁRIO DE ALMEIDA JÚNIOR - UFAL - Maceió, Alagoas
49. AURELIR NOBRE BARRETO - Morada Nova, Ceará

50. BALDUÍNO PEREIRA DA COSTA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
51. BENEDITO AUGUSTO DA SILVA - Campinas-SP
52. BENEDITO DO NASCIMENTO - UFPb - Areia, Paraíba
53. BENTO VILAR DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

54. CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA - UFPb, Campina Grande, Paraíba
55. CARLOS ALBERTO GANGANA - Itaguaí, Rio de Janeiro
56. CARLOS ALBERTO LOPES - UFPb - Campina Grande, Paraíba

57. CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
58. CARLOS ANTÔNIO FARIAS DE SOUZA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
59. CARLOS ANTÔNIO VILAR CAMPOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
60. CARLOS CESAR PEREIRA NOGUEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
61. CARLOS FERNANDO SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
62. CARLOS MANUEL PEREIRA DA COSTA - UFPb - Esperança, Paraíba
63. CARLOS SOARES VIANNA - Pelotas, Rio Grande do Sul
64. CÉLIA MARIA BISPO TAVARES - Fortaleza, Ceará
65. CÉSIO DE MEDEIROS PAULO - Patos, Paraíba
66. CEZAR DE MELLO MESQUITA - EMBRAPA - Londrina, Paraná
67. CEZAR PIEDADE JR. - UNESP - Botucatu, São Paulo
68. CHAKIB ARISTIDES HAMAD TIMANI - UFPb - Campina Grande, Paraíba
69. CHEU-SHANG CHANG - UNICAMP - FEAA - Campinas, São Paulo
70. CÍCERO ANDRADE SILVA - UFAL - Maceió, Alagoas
71. CÍCERO MARTINS BARRETO - UFPb - Remigio, Paraíba
72. CIRILO LUIZ DE LIMA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
73. CLÁUDIO FERREIRA DO AMARAL - UNICAMP - Campinas, São Paulo
74. CLEBER BRITO DE SOUZA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
75. CLIVE RICHARD McDONALD - CEPLAC - Itabuna, Bahia
76. COMAQ - Comércio de Máquinas Agrícolas Ltda - Campina Grande, Paraíba
    - Ademar Borges da Costa
    - Aderaldo Pinheiro
    - Francisco de Assis Lacerda
    - José Borges da Costa
77. CPATSA - EMBRAPA - Petrolina - Pernambuco
    - Paulo Cesar Farias
    - Péricles Ferreira Nunes
    - Otávio Pessoa Aragão

78. DAILTON BARROS WANDERLEY - UFPb - Campina Grande, Paraíba
79. DANIEL DELFINO DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
80. DAN METAL IRRIGAÇÃO LTDA - Recife, Pernambuco
    - Leonildo Alves da Silva
    - Jacó Vilar Correia Lima
81. DARCI BARNECK CAMPANI - UFRS - DEMEG - Porto Alegre, Rio Grande do Sul
82. DARLAN DE MEDEIROS DANTAS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
83. DAVID DE SOUZA ANDRADE - ESAL - Lavras, Minas Gerais
84. DELMAR ANTÔNIO BANDEIRA MARCHETTI - CPAC/EMBRAPA - Brasilia, DF
85. DEMÉTRIO DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
86. DINARTE AÉDA DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
87. DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO - IAA/PLANALSUCAR, Recife, Pernambuco
88. DOMINGOS SÁVIO DE BRITO PACHECO - São Luis, Maranhão
89. DOUGLAS CABRAL DE VASCONCELOS - SAA/Pb - João Pessoa, Paraíba

90. EDIMAR LIRA AGUIAR - Fortaleza, Ceará
91. EDISON PIRES DO PRADO - CEPLAC - Ilhéus, Bahia
92. EDIVALDO FERREIRA LEAL - UFPb - Ingá, Paraíba
93. EDMILSON FREIRE DE SANTANA - UFPb - João Pessoa, Paraíba
94. EDSON DOS SANTOS OLIVEIRA - UFPb - João Pessoa, Paraíba
95. EDSON SOUSA DOS SANTOS - São Luis, Maranhão
96. EDUARDO FERNANDO SOBRAL DA COSTA - IAA/PLANALSUCAR, Recife, Pernambuco
97. EDUARDO FERREIRA SALES - UFV - Viçosa, Minas Gerais
98. EDUARDO JOSÉ GERALDO ARAÚJO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
99. EDUARDO KANAAN DA SILVA - Pelotas, Rio Grande do Sul
100. EDUARDO SARMENTO TENÓRIO - Maceió, Alagoas
101. EDVALDO PEREIRA DA SILVA - UFPb - Santa Rita, Paraíba
102. EDWIN ORVILLE FINCH - EMBRAPA - Sete Lagoas, Minas Gerais
103. EGBERTO GONÇALVES CATÃO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
104. ÉLCIO AZEVEDO - Ministério da Agricultura - Brasilia, DF
105. ÉLCIO LINS DE OLIVEIRA - UFAL - Maceió, Alagoas
106. ELENICE LUCAS DI PACE - UFPb - Campina Grande, Paraíba

107. ELIECER CASTRO CASTRO - UNICAMP - Campinas, São Paulo
108. ELILSON BANDEIRA LUZ - UFPb - Campina Grande, Paraíba
109. ELMAR WAGNER - CPAC/EMBRAPA - Brasilia, DF
110. EMIRTON DA SILVA LIMA - Fortaleza, Ceará
111. EPITÁCIO LEAL NETO - Monteiro, Paraíba
112. ERASMO JOSÉ DE ALMEIDA - CODEVASF - Brasilia, DF
113. ERIBERTO JOSÉ RODRIGUES - UFPb - João Pessoa, Paraíba
114. ERIBERTO LIMA GONDIM - UFPb - Campina Grande, Paraíba
115. ERNESTO FEIO BOULHOSA - UFPb - Areia, Paraíba
116. EÚDE BATISTA DE MOURA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
117. EUFLADÍSIO DE LIMA LACERDA - UFPb - João Pessoa, Paraíba
118. EUFRÁSIO FRANCISCO BARBOSA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
119. EUTER PANIAGO JÚNIOR - UFV - Viçosa, Minas Gerais
120. EVANDRO CARNEIRO MARTINS FILHO - UFC/CCA - Fortaleza, Ceará
121. EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI - UFV - Viçosa, Minas Gerais
122. EVERALDO ROCHA PORTO - EMBRAPA - Penedo, Alagoas
123. EWERTON ALEXANDRE PINHEIRO - EMBRAER - São José dos Campos, São Paulo
124. EZIEL PEREIRA DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

125. FÁBIO ANTÔNIO PESSOA DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
126. FÁBIO CESAR - EMATER - Campina Grande, Paraíba
127. FÁBIO ROBERTO BRAGA DA ROCHA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
128. FAUSTULINA ALVES DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
129. FELIPE GUEDES BARROCA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
130. FERNANDO A. MARINHO PEREIRA - EMBRAPA - UEPAE - Areia, Paraíba
131. FERNANDO ANTÔNIO MORAES SILVA - SAA/Núcleo Regional - Patos, Paraíba
132. FERNANDO DUARTE VIANNA - Juazeiro, Bahia
133. FERNANDO RIBEIRO TOLEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
134. FERNÃO DIAS PAES - UFV - Viçosa, Minas Gerais
135. FILEMON ALVES CAMBOIM - PLANALSUCAR/EECAC - Recife, Pernambuco
136. FLÁVIO ADOLFO MARQUEZ ARTERO - Campina Grande, Paraíba
137. FLÁVIO ROBERTO FERNANDES DE SOUSA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
138. FLÁVIO SARAIVA DA SILVA - Maceió, Alagoas
139. FLÁVIO TORRES DE MOURA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
140. FLORIANO JOSÉ MONTEIRO JÚNIOR - São Luis, Maranhão
141. FRANCISCO ALDONI DOS SANTOS - UFPb, Campina Grande, Paraíba
142. FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA - EMBRAPA - Bananeiras, Paraíba
143. FRANCISCO BERNHARD VERVLOET - UFES - Vitória, Espirito Santo
144. FRANCISCO BRAGA - UFPb - Campina Grande, Pb
145. FRANCISCO CASSIANO SOBRINHO - UNESP - Ilha Solteira, São Paulo
146. FRANCISCO DAS CHAGAS NOGUEIRA - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
147. FRANCISCO DAS CHAGAS ROCHA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
148. FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA - UFPb - Esperança, Paraíba
149. FRANCISCO DE ASSIS PERAZZO - UFPb - Areia, Paraíba
150. FRANCISCO DE ASSIS RODRIGUES - EMATER/Pe - Ibimirim, Pernambuco
151. FRANCISCO FIGUEIREDO DE MORAIS - SUPLAN - Patos, Paraíba
152. FRANCISCO GAUZER NETO - Goiânia, Goiás
153. FRANCISCO HEITOR DE LAVOR VIANA - DNOCS - Fortaleza, Ceará
154. FRANCISCO JOSÉ CAVALCANTI GONÇALVES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
155. FRANCISCO JOSÉ DE O. CAVALCANTI - UFPb - Campina Grande, Paraíba
156. FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES SAMPAIO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
157. FRANCISCO VITORIANO DE ABREU - UFPb - Campina Grande, Paraíba
158. FRANCO SCHENARDI - UNICAMP - Campinas, São Paulo

159. GEDEILDA MORAIS BRAZ - Projeto Sertanejo/Taperoá - Campina Grande, Paraíba
160. GEORGE WASHINGTON DA COSTA RAMOS - UFPb - Esperança, Paraíba
161. GERALDA FELIX COUTINHO - UFPb, Esperança, Paraíba
162. GERALDO PEREIRA DOS SANTOS - UFAL - Maceió, Alagoas
163. GERALDO ROLIM MACIEL - Brejo Santo, Ceará
164. GERMANO MARQUES DE AZEVEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
165. GILDETT DE MARILLAC BARBOSA DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

166. GILVAN MARTINS DE SOUZA - UFPb - João Pessoa, Paraíba
167. GLEDSNELI MARIA DE LIMA LINS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
168. GOMERCINDO GASPAR MARTINS MARQUES - UFSM - Santa Maria, Rio Grande do Sul
169. GONZALO ROA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
170. GRACO AURÉLIO CÂMARA DE MELO VIANA - UFRN - Natal, Rio Grando do Norte
171. GUIDO LESSA WANDERLEY - UFPb - Campina Grande, Paraíba
172. GUILHERME ALFREDO VIELMAN ARÉVALO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
173. GUTEMBERG SALGADO BANDEIRA - UFPb - Areia, Paraiba

174. HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
175. HANS RAJ GHEYI - UFPb - Campina Grande, Paraíba
176. HÉLIO ANDRADE VANDERLEI - UFPb - Campina Grande, Paraíba
177. HÉLIO ANTÔNIO MAIA - Patos de Minas, Minas Gerais
178. HÉLIO SOARES GOMES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
179. HERCILIO CAVALCANTI DE ANDRADE JÚNIOR - UFPb - Campina Grande, Paraíba
180. HERMANO ALBUQUERQUE RAMOS - Campina Grande, Paraíba
181. HERMANO JOSÉ DE AMORIM - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
182. HERMES GERALDO CORREA - Instituto Agronômico - Jundiaí, São Paulo
183. HEYDER PINTO NOVAES - IAA/PLANALSUCAR - Maceió, Alagoas
184. HILDEBRANDO RIBEIRO NETO - Campina Grande, Paraíba
185. HOMERO D'ÁVILA DE MIRANDA LINS - DNOCS - Natal, Rio Grande do Norte
186. HOMERO SILVA FILIZOLA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
187. HOSANA TAVARES MEDEIROS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
188. HUGO DE ALMEIDA LEME - Valmet do Brasil - Piracicaba, São Paulo
189. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

190. ILDENICE SANTANA FIGUEIREDO FERNANDES - São Luis, Maranhão
191. IRACEMA AUGUSTO DE ARAÚJO - Patos, Paraíba
192. ISABEL CRISTINA DE OLIVEIRA - Petrolina, Pernambuco
193. ISABEL MARIA CABRAL PAIVA - Rio de Janeiro-RJ
194. ISACK RYVJU MONOWA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
195. ISIDORO HALPERN - UFPEL - Pelotas, Rio Grande do Sul
196. ISSAO KUMAGAI - UNICAMP - Campinas, São Paulo
197. ITAMAR SOARES DE MELO - UFAL - Maceió, Alagoas
198. IVAN EDUARDO FERREIRA SALUSTINO - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
199. IVAN SEVERINO DE MELO - MINAGRI - Brasilia-DF
200. IVAN SOARES GERVINI - UFPEL - Pelotas, Rio Grande do Sul
201. IVAN TRINDADE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
202. IVANDRO TRIGUEIRO BEZERRA - EMATER - João Pessoa, Paraíba
203. IVANILDO SOARES DE LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas

204. JADIR NOGUEIRA DA SILVA - UFV - Viçosa, Minas Gerais
205. JAIRO CUNHA - CEPLAC - Ilhéus, Bahia
206. JANETE CORREIA LEITÃO - Recife, Pernambuco
207. JANIRO COSTA REGO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
208. JEFFERSON LEITE CALIXTRATO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
209. JOÃO AURÉLIO LAGES CALADO - UFAL - Maceió, Alagoas
210. JOÃO BATISTA DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
211. JOÃO BATISTA MULATINHO - CODEVASF - Brasilia, DF
212. JOÃO BOSCO VIEIRA MARINHO - SAA/Pb - João Pessoa, Paraíba
213. JOÃO DE OLIVEIRA MAIA - DNOCS - Campina Grande, Paraíba
214. JOÃO EDUARDO DOS SANTOS MORAIS - Máquinas Agrícolas Jacto S.A. - Jaboatão-Pe
215. JOÃO FELINTO DOS SANTOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
216. JOÃO GONÇALVES DE AMORIM SOBRINHO - UFPb - João Pessoa, Paraíba
217. JOÃO MARINO JÚNIOR - CIBRAZEM - Brasilia, DF
218. JOÃO MOURA DE ARAÚJO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
219. JOÃO PONTES MOTA - DNOCS - Fortaleza, Ceará
220. JOAQUIM AMARO FILHO - Maceió, Alagoas
221. JOAQUIM MENDES FERNANDES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
222. JOAQUIM ODILON PEREIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

223. JOMERI CORREIA RODRIGUES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
224. JORGE EMIGDIO QUINTERO PINTO - UNICAMP - Campinas, São Paulo
225. JORGE VELIS MARQUES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
226. JORGE VILAR DE ARAÚJO - UFPb - Bananeiras, Paraíba
227. JOSÉ ADAIL PAULINO DE BRITO - UFPb - Cajazeiras, Paraíba
228. JOSÉ ADALBERTO SAMPAIO SANTOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
229. JOSÉ AFRÂNIO MARQUES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
230. JOSÉ AILTON FERREIRA PACHECO - UFAL - Maceió, Alagoas
231. JOSÉ ALBOS RODRIGUES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
232. JOSÉ ALVES DE OLIVEIRA FILHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
233. JOSÉ ANSELMO LIMA COSTA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
234. JOSÉ ARIMATÉIA DE MATOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
235. JOSÉ BARROS DA COSTA NETO - Maceió, Alagoas
236. JOSÉ BELTRÃO DE CASTRO FILHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
237. JOSÉ CARLOS CHRISTOFOLETTI - AVAL - Botucatu, São Paulo
238. JOSÉ CARLOS MACHADO DE SOUZA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
239. JOSÉ CAVALCANTI DE FIQUEIREDO - DNOCS - Campina Grande, Paraíba
240. JOSÉ CORREIA GUEDES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
241. JOSÉ DANTAS NETO - UFV - Viçosa, Minas Gerais
242. JOSÉ DE LIMA ACCIOLY - Brasilia, DF
243. JOSÉ DO PATROCINIO TOMAZ ALBUQUERQUE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
244. JOSÉ EDSON FIGUEIREDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
245. JOSÉ EDUARDO VERÍSSIMO GADELHA - DNOCS - Fortaleza, Ceará
246. JOSÉ ELENILDO QUEIROZ - UFPb - Campina Grande, Paraíba
247. JOSÉ ESTEVAM NETO - Fortaleza, Ceará
248. JOSÉ EVERARDO BARBOSA DA SILVA - UFPb - Mamanguape, Paraíba
249. JOSÉ FERNANDO SAMPAIO - Fortaleza, Ceará
250. JOSÉ FERNANDO WANDERLEY FERNANDES LIMA - PLANALSUCAR - Recife, Pernambuco
251. JOSÉ FELIX DE SANTANA - Carpina, Pernambuco
252. JOSÉ FERREIRA DA COSTA FILHO - UFPb - Areia, Paraíba
253. JOSÉ FERREIRA DE VASCONCELOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
254. JOSÉ FIGUEIREDO DA SILVA SOBRINHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
255. JOSÉ FLÁVIO HOLANDA CURVELO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
256. JOSÉ FRANCISCO ALVES FERREIRA - São Luis, Maranhão
257. JOSÉ FRANCISCO GAMA DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
258. JOSÉ GERALDO FERNANDES FILHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
259. JOSÉ GOMES DA SILVA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
260. JOSÉ GONZALEZ GARCIA - UFCE - Fortaleza, Ceará
261. JOSÉ HAMURABI NÓBREGA DE MEDEIROS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
262. JOSÉ HELSON A. CAVALCANTI - UFAL - Maceió, Alagoas
263. JOSÉ IVANILDO ALVES DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
264. JOSÉ JOAQUIM SANTANA E SILVA - UFPb - Bananeiras, Paraíba
265. JOSÉ LAÉCIO MENDES CAMPOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
266. JOSÉ LEONALDO DE SOUZA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
267. JOSÉ LINS ALBUQUERQUE - ABID - Brasilia, DF
268. JOSÉ LINS MACIEL - UFPb - Campina Grande, Paraíba
269. JOSÉ LUIZ DE SOUZA - UFPb - Areia, Paraíba
270. JOSÉ MAMEDE TORRES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
271. JOSÉ MAURICIO DE SOUZA PÁDUA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
272. JOSÉ OLIVEIRA - Montes Claros, Minas Gerais
273. JOSÉ OSCAR TEIXEIRA PRIMO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
274. JOSÉ OSÓRIO DE CAMPOS ALMEIDA - Lençois Paulistas, São Paulo
275. JOSÉ OSVALDO PONTES - DNOCS - Fortaleza, Ceará
276. JOSÉ PEREIRA GONÇALVES - UFPb - Remigio, Paraíba
277. JOSÉ REINALDO DE SÁ FALCÃO - UFAL - Maceió, Alagoas
278. JOSÉ ROBERTO GRAZIANO - DAEE - São Paulo
279. JOSÉ ROBERTO NOVAES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
280. JOSÉ ROMERO NEVES DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
281. JOSÉ ROMILDO DE ARAÚJO MELO - Maceió, Alagoas
282. JOSÉ STANLEY SILVA ARRUDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
283. JOSIVALDO XAVIER DE MEDEIROS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
284. JUAREZ CAVALCANTI DOS SANTOS - UFPb - Campina Grande, Paraíba

285. KATIA VIRGÍNIA KATER - Recife, Pernambuco

286. LAFAIETE FERNANDES DE OLIVEIRA - UFV - Viçosa, Minas Gerais
287. LAURO MARINHO DO REGO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
288. LEDA RITA D'ANTONINO - CENTREINAR - Viçosa, Minas Gerais
289. LEOBERTO DE ALCÂNTARA FORMIGA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
290. LEONÍLIA MOREIRA AMARO - Maceió, Alagoas
291. LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE - UFPb - Areia, Paraíba
292. LÚCIA DE FÁTIMA BATISTA DE ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
293. LUIS ANTÔNIO DIAS PAES - UFV - Viçosa, Minas Gerais
294. LUIS ANTONIO PAES BARRETO - Maceió, Alagoas
295. LUIS ANTÔNIO QUINTERO GABALHERO - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
296. LUIS NAPOLEÃO CASADO ARNAUD NETO - Rio Largo, Alagoas
297. LUIS ORLANDO BARRIENTOS MARTINEZ - UFPb - Campina Grande, Paraíba
298. LUIZ ALBERTO SILVEIRA MARQUES - Guarabira, Paraíba
299. LUIZ CARLOS BEDUSCHI - FCAVJ - Jaboticabal, São Paulo
300. LUIZ CARLOS DE CARVALHO FERREIRA - EMATER - Iguatu, Ceará
301. LUIZ EDUARDO MARTINS NOLF - Jundiaí, São Paulo
302. LUIZ FELIPE KLEIN - Curitiba, Paraná
303. LUIZ FERNANDO STONE - CNPAF-EMBRAPA - Goiânia, Goiás
304. LUIZ FREIRE DE MENEZES - IBDF - João Pessoa, Paraíba
305. LUIZ GERALDO MIALHE - ESALQ/USP - Piracicaba, São Paulo
306. LUIZ GONZAGA FERNANDES - MINAGRI - Brasilia,DF
307. LUIZ HENRIQUE SOUSA TRAVASSOS - São Luis, Maranhão
308. LUIZ ROBERTO LOPES - UNESP - Jaboticabal, São Paulo
309. LUIZ ROBERTO SOARES - UFAL - Maceió, Alagoas
310. LUIZ NÓBREGA DE ARRUDA CÂMARA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
311. LUIZA TEIXEIRA DE LIMA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

312. MA MING TSONG - UFV - Viçosa, Minas Gerais
313. MALONE SOARES DE CASTRO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
314. MANOEL A. VIANNA - Projeto Sertanejo - Picuí, Paraíba
315. MANOEL CLEMENTINO DO NASCIMENTO - UFPb - Guarabira, Paraíba
316. MANOEL GOMES DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
317. MANOEL MARIA HENRIQUE NAVA JÚNIOR - Santa Quiteria, Ceará
318. MANOEL REGO FILHO - Caruaru, Pernambuco
319. MARCELO ANTONIO ROCHA LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas
320. MARCELO MAHON DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
321. MARCELO RICARDO VASCONCELOS LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas
322. MARCIO FERNANDES DE ALBUQUERQUE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
323. MÁRCIO PUCCI FERREIRA BRANDÃO - UNICAMP - Campinas, São Paulo
324. MARCONDES DO NASCIMENTO PINTO - São Luis, Maranhão
325. MARCONE CESAR MENDONÇA DAS CHAGAS - Natal, Rio Grande do Norte
326. MARCONE JOSÉ DIAS SALES - CIDAGRO - João Pessoa, Paraíba
327. MARCOS ANTONIO DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
328. MARCOS ANTONIO DE MENEZES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
329. MARCOS ANTONIO PEREIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
330. MARCOS CUNHA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
331. MARCOS VILELA DE MAGALHÃES MONTEIRO - TEMAL - Bauru, São Paulo
332. MARCUS ASSIS PANIAGO - UFV - Viçosa, Minas Gerais
333. MARIA APARECIDA DE ARAÚJO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
334. MARIA APARECIDA FERREIRA MAGALHÃES - UFAL - Maceió, Alagoas
335. MARIA APARECIDA SILVA - UNICAMP - Campinas, São Paulo
336. MARIA DA SALETE SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
337. MARIA DAS DORES ALMEIDA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
338. MARIA DAS GRAÇAS BEZERRA SATHER - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
339. MARIA DAS GRAÇAS KATER - INPS - Recife, Pernambuco
340. MARIA DAS GRAÇAS NASSAU - UFPb - Campina Grande, Paraíba
341. MARIA DAS GRAÇAS RIBEIRO NUNES - Juazeiro, Bahia
342. MARIA DE FÁTIMA MEDEIROS BRANDÃO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
343. MARIA DE LOURDES MENDES - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte

344. MARIA DO SOCORRO AQUINO - Campina Grande, Paraíba
345. MARIA DO SOCORRO BRITO SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
346. MARIA DO SOCORRO FARIAS FERREIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
347. MARIA DO SOCORRO FERREIRA LIMA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
348. MARIA DO SOCORRO RIBEIRO NUNES - Juazeiro, Bahia
349. MARIA DO SOCORRO SOUTO MAIOR - UFPb - Campina Grande, Paraíba
350. MARIA DOMERINA MONTEIRO TRAJANO - Sumé, Paraíba
351. MARIA GUADALUPE VENTURA CRISPIM - UFPb - Campina Grande, Paraíba
352. MARIA JOSÉ DA SILVA - EMBRAPA - Campina Grande, Paraíba
353. MARIA LÚCIA VENTURA CRISPIM - UFPb - Campina Grande, Paraíba
354. MARIA ZÉLIA DA SILVA HENRIQUES - São Luiz, Maranhão
355. MARILIA HENRIETTE GUILLAUMON - UNICAMP - Marilia, São Paulo
356. MARINALDO ELIAS BATISTA - UFPb - Esperança, Paraíba
357. MARINALDO JOSÉ MOREIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
358. MARINÉSIO M. FREITAS - Projeto Sertanejo - Santa Luzia, Paraíba
359. MÁRIO ALBERTO PIMENTEL DE PAIVA - UFAL - Maceió, Alagoas
360. MÁRIO ARTURO FLORES SALMERÓN - UFPb - Campina Grande, Paraíba
361. MÁRIO BARBOSA DA FONSECA - Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais
362. MÁRIO CALHEIROS DE LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas
363. MÁRIO EDUARDO R.M.C. MATA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
364. MARLON JORGE SOCAL DE OLIVEIRA - UFAL - Maceió, Alagoas
365. MASSAMITSU GONDO - UNICAMP - Campinas, SP
366. MAURICIO FERNANDO NUNES NOGUEIRA - Serra Talhada, Pernambuco
367. MAURICIO REGO - Caruaru, Pernambuco
368. MAURICIO TENÓRIO WANDERLEY - UFAL - Maceió, Alagoas
369. MAURICIO VIANNA TUDE - Salvador, Bahia
370. MAURO PEREIRA DA CUNHA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
371. MIGUEL FÉLIX DA CUNHA - Catolé do Rocha, Paraíba
372. MILTON SANTOS CAMPELO DA SILVA - São Luis, Maranhão
373. MOISÉS JUCÍDIO DE LIMA - UFV - Viçosa, Minas Gerais

374. NADJA MALTA PESSOA - Patos, Paraíba
375. NELSON EDGARDO LOPEL GUARDADO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
376. NELSON LUIS CAPPELLI - UNICAMP - Campinas, São Paulo
377. NEWTON DE LUCENA COSTA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
378. NEWTON MOREIRA DE SOUZA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
379. NEY BARROS DA COSTA - DNOCS - Fortaleza, Ceará
380. NILSON DE SOUSA SATHER - ESAM - Mossoró, Rio Grande do Norte
381. NILTON NOBUHIRO IMAL - Pindamonhangaba, São Paulo
382. NORMA CÉSAR DE AZEVEDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba

383. ODILON RENY R.F. DA SILVA - Campina Grande, Paraíba
384. OLIVEIRO JOSÉ VIEIRA - ESAL - Lavras, Minas Gerais
385. ORLANDO REGO MAGALHÃES FILHO - UFPEL - Pelotas, Rio Grande do Sul
386. OSVALDO JOSÉ GOMES DE PAIVA - São Luis, Maranhão
387. OSWALDO BARROS MANGUEIRA - Coremas, Paraíba

388. PAUL MARKUS ANGST - UNICAMP - Santos, São Paulo
389. PAULO ADEMAR MARTINS LEAL - UNICAMP - São Paulo
390. PAULO BASTOS SILVA FILHO - UFAL - Maceió, Alagoas
391. PAULO CESAR DA SILVA - Rio de Janeiro
392. PAULO CESAR DE SOUZA MARTINS - UFRRJ - Rio de Janeiro
393. PAULO FERNANDO CALDAS - Pelotas, Rio Grande do Sul
394. PAULO LEONARDO CORREIA GUEDES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
395. PAULO NEWTON DE PAIVA GONÇALVES - União dos Palmares, Alagoas
396. PAULO RODOLFO LEOPOLDO - Botucatu, São Paulo
397. PAULO ROGÉRIO COUTO ROCHEDO - UFPEL - Pelotas, Rio Grande do Sul
398. PAULO SÉRGIO DA FONSECA CORREIA - Natal, Rio Grande do Norte
399. PAULO SHIMADE - UNESP - Ilha Solteira, São Paulo
400. PAULO VICENTE F. REIS - Bia Fortes, Minas Gerais
401. PEDRO ALBERTO RODRIGUES MORETTI - AITEC - Recife, Pernambuco

402. PEDRO DANTAS FERNANDES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
403. PEDRO FERNANDES DA SILVA FILHO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
404. PEDRO NILSON ALVES BRITO - IAA/PLANALSUCAR - Campos, Rio de Janeiro
405. PEDRO ROBERTO GOUVEIA MAIA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

406. RAIMUNDO FRANÇA DE MORAIS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
407. RAIMUNDO LUCENA DE SÁ - UFPb - Campina Grande, Paraíba
408. RAIMUNDO MARIANO DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
409. RAMIRO BEZERRA NETO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
410. REGINA LÚCIA MARTINS SANTOS - UFAL - Maceió, Alagoas
411. RENATO FONSECA ARAGÃO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
412. RICARDO AMADEU ARANHA COSTA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
413. RICARDO AUTO TEÓFILO - UFAL - Maceió, Alagoas
414. RICARDO GONÇALVES DE MENEZES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
415. ROBERTO DE ALENCAR SILVEIRA LIMA - UFAL - Maceió, Alagoas
416. ROBERTO DENIS OMENA BARBOSA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
417. ROBERTO ELIAS DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
418. ROBERTO JORGE CHAVES DE BARROS - UFAL - Maceió, Alagoas
419. ROBERTO PEQUENO DE SOUSA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
420. ROBERTO SINÍCIO - UNICAMP - Campinas, São Paulo
421. ROBERTO VIEIRA PORDEUS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
422. ROBERTO WAGNER CAVALCANTI RAPOSO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
423. ROBERVAL SANTOS PAULA LIMA - Bauru, São Paulo
424. ROGÉRIO DOS SANTOS SERÔDIO - CEPLAC Ilhéus, Bahia
425. ROGÉRIO LUIZ RODRIGUES PEREIRA - São Luis, Maranhão
426. ROGÉRIO VERAS DE OLIVEIRA - UFAL - Maceió, Alagoas
427. ROMEU FIOREZE - UFPb - João Pessoa, Paraíba
428. RONALDO SCHENTAL - UNICAMP - Campinas, São Paulo
429. RUBEM BORGES DOURADO - UFPb - Campina Grande, Paraíba

430. SANDOVAL GONÇALVES FELIX - DNOCS - Salvador Bahia
431. SANDOVAL FERNANDES DE MEDEIROS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
432. SEBASTIÃO GOMES PEREIRA - UFPb - Areia, Paraíba
433. SERGIO HUGO BENEZ - Botucatu, São Paulo
434. SÉRGIO MAURO FOLLE - EMBRAPA/CEPLAC - Brasilia, DF
435. SERGIO SARTORI - Pompéia, São Paulo
436. SEVERINO A. MACEDO JÚNIOR - UFPb - Campina Grande, Paraíba
437. SEVERINO DE SOUZA GOMES - DFA/PB - João Pessoa, Paraíba
438. SEVERINO DOS RAMOS RODRIGUES - UFPb - Itabaiana, Paraíba
439. SEVERINO FRANCISCO DE ASSIS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
440. SEVERINO IRINEU DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
441. SEVERINO RAMOS DA SILVA - UFPb - Areia, Paraíba
442. SEVERINO SABINO DE OLIVEIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
443. SILVANA DE OLIVEIRA ARRUDA - Paulo Afonso, Bahia
444. SILVANDO CARLOS DA SILVA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
445. SILVIO LIBERATO DE MOURA - DNOCS - Salvador, Bahia
446. SILVIO JOSÉ ROSSI - UNICAMP - Campinas, São Paulo
447. SIZERNANDO LUIZ DE OLIVEIRA - EMBRAPA - Cruz das Almas, Bahia

448. TARCISIO ARAGÃO DE ALBUQERQUE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
449. TARCISO JOSÉ CAIXETA - EPAMIG - Viçosa, Minas Gerais
450. TARCISO TORRES DE MOURA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
451. TELMO MANOEL ARLINDO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
452. TELMO SILVA DE ARAÚJO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
453. TEODIMAR GAMBARRA - Projeto Sertanejo - Taperoá, Paraíba
454. TEREZA NEUMA SANTA CRUZ QUIRINO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
455. TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI - PLANALSUCAR - Piracicaba, São Paulo

456. VALDECI SILVA ASSUNÇÃO - São Luis, Maranhão
457. VALDECIR MESTRI DA SILVA - Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco

458. VALDEMIR RIBEIRO CAVALCANTE - UFPb - Campina Grande, Paraíba
459. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA - UFPb - Campina Grande, Paraíba
460. VERA MARTA DE ARAÚJO - UFPb - Campina Grande, Paraíba
461. VERA REGINA RAPOSO RABELO - São Luis, Maranhão
462. VICENTE DE PAULO SILVA - URFPe - Recife, Pernambuco
463. VICENTE IGNÁCIO GOMES PARENTE - UNICAMP - São Paulo

464. WALTER FRANÇO PRADO - UFAL - Maceió, Alagoas
465. WALTER TOMÉ SOARES - UFPb - Campina Grande, Paraíba
466. WASHINGTON LUIZ DE CARVALHO E SILVA - EMBRAPA/UEPAE - Brasilia,DF
467. WELLIGTON DA SILVA CORREIA - UFPb - João Pessoa, Paraíba
468. WILLIAM BARROS MARTINS - UFPb - Campina Grande, Paraíba
469. WILSON DA SILVA LIRA - UFPb - Campina Grande, Paraíba

470. ZARAH BEZERRA DE MELO SOUSA - Campina Grande, Paraíba

COMISSÃO ORGANIZADORA DO 9º CONBEA

DA ESQUERDA PARA DIREITA

Prof. Ivan Trindade
Prof. Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio
Prof. Hans Raj Gheyi
Profª Norma Cesar de Azevedo
Prof. Hamilton Medeiros de Azevedo (Presidente)
Prof. Bento Vilar de Almeida
Prof. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Prof. Pedro Dantas Fernandes
Estudante Antonio Carlos Guimarães de Lima
Bel.Adm. Ruth de Morais Melo

AUSENTES:
Profª Ana Maria Vilar Campos Catão
Prof. Hugo Carvalho Guerra
Comunicólogo Raimundo Cavalcante Rodrigues

EPGRAF-Equipe Gráfica Ind.Com.Ltda
Campina Grande - Paraiba