



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO E
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

SECAGEM SOLAR E CONVENCIONAL DE GRÃOS DE ABÓBORA

ADELINO DE MELO GUIMARÃES DIÓGENES

**Campina Grande, Paraíba
FEVEREIRO – 2010**

SECAGEM SOLAR E CONVENCIONAL DE GRÃOS DE ABÓBORA

ADELINO DE MELO GUIMARÃES DIÓGENES

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Campina Grande, Paraíba

FEVEREIRO – 2010





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

- D591s Diógenes, Adelino de Melo Guimarães.
Secagem solar e convencional de grãos de abóbora / Adelino de Melo Guimarães Diógenes. — Campina Grande, 2010.
155 f.: il.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de M. Queiroz, Prof.ª Dr.ª Rossana Maria F. de Figueiredo.
Referências.
1. *Curcubita Moschata*. 2. Grãos. 3. Secagem . 4. Secador solar. I. Título.

CDU – 631.563.2(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

ADELINO DE MELO GUIMARÃES DIÓGENES

SECAGEM SOLAR E CONVENCIONAL DE GRÃOS DE ABÓBORA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Alexandre S M Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Orientador

APROVADA

Rossana Mª F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – Orientador

Aprovado

Renato Fonseca Aragão
Dr. Renato Fonseca Aragão – Examinador

Aprovado

Kátia Cristina de Oliveira Gurjão
Dra. Kátia Cristina de Oliveira Gurjão – Examinadora

APROVADO

FEVEREIRO - 2010

*“... Assim que, se alguém está em Cristo, nova criatura é; as coisas velhas já passaram;
eis que tudo se fez novo” (II Cor.5:17)*

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, pela oportunidade, perseverança, fé e coragem.

A meus pais, Francisco Guimarães Diógenes e Maria Gorete de Melo, e a minha tia Maria Socorro Guimarães, pelos ensinamentos, exemplos, dedicação e base educacional que me fizeram chegar até aqui.

Aos professores orientadores Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo pelos conhecimentos, pela paciência aos meus questionamentos e pelo auxílio sempre disponível e amizade.

A professora Dr^a. Josivanda Palmeira e ao Dr. Renato, por estarem sempre acessíveis quando precisei.

A meu irmão Guimarães Júnior e aos meus amigos Ronaldo Pessoa, Pedro Henrique Viana, José Sarto e Ana Charles Diógenes que, mesmo à distância, colaboraram para a realização deste projeto.

Aos amigos Livia Lisboa, Sales Júnior, Ana Lúcia Silva, Paulo de Tarso, Paulo Moraes, Karla Melo, Vanessa Santiago, Flávio Gurjão, Tânila Kassimura, Hermeval Dantas, José Carlos, Victor Linhares, Débora Rafaelly, Denise Amaral, Alison Bruno, Wolia Costa, Adalberto, Danilo e Poliana, pela ajuda sempre disponível neste trabalho de dissertação, pelo compartilhamento de conhecimentos adquiridos e, principalmente, pela amizade sincera.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Ao Instituto CENTEC, pelo afastamento das minhas atribuições profissionais para cursar este Mestrado.

Minha amizade e respeito estarão sempre com vocês.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	2
1.1.1 – Objetivos específicos	2
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Abóbora	4
2.1.1 – Semente de abóbora	5
2.2 – Secagem	8
2.2.1 – Teorias de secagem	11
2.2.2 – Cinética de secagem	13
2.2.2.1 – Modelos matemáticas de secagem em camada fina	13
2.2.2.1.1 – Modelo de Aproximação da Difusão	15
2.2.2.1.2 – Modelo de Exponencial Dois Termos	15
2.2.2.1.3 – Modelo Henderson & Pabis	16
2.2.2.1.4 – Modelo Logarítmico	16
2.2.2.1.5 – Modelo Page	17
2.2.3 – Secagem solar	17
2.2.3.1. – Secagem natural e em secadores solar	18
2.2.4 – Secagem artificial	19
2.3 – Secadores	20
2.3.1 – Secadores de leito fixo	21
2.3.2 – Secadores solar	21
3 – MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 – Local de realização	23
3.2 – Matéria-prima	23
3.3 – Processamento das abóboras	23
3.4 – Preparo de amostras	24
3.5 – Secagem	25

3.5.1 – Secagem em estufa	27
3.5.2 – Secagem utilizando energia solar	27
3.5.2.1 – Secadores	27
3.5.2.1.1– Secador solar para uso diurno	27
3.5.2.1.2 – Secador acumulador de energia solar para secagem no período noturno (ACSN)	28
3.5.2.1.2.1 – Descrição das partes do secador ACSN	29
3.5.2.1.2.2 – Montagem e funcionamento do secador ACSN	32
3.5.2.2 – Secagem por exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN	33
3.5.2.3 – Secagem por exposição direta ao sol durante o dia e à noite em abrigo	34
3.5.2.4 – Secagem em secador solar de uso diurno combinado com o secador ACSN	34
3.5.2.5 – Secagem em secador solar durante o dia, e à noite, em abrigo	35
3.6 – Cinética de secagem	35
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 – Secagem em estufa	37
4.1.1 – Grãos inteiros (GI)	37
4.1.2 – Grãos sem tegumento (GST)	41
4.1.3 – Farinha de grãos (FG)	45
4.2 – Secagem solar	48
4.2.1 – Secagem por exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN ou abrigo no período noturno	49
4.2.2 – Secagem em secador solar combinada com o secador ACSN ou abrigo no período noturno	59
4.2.3 – Comparação entre a secagem em estufa e a secagem no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol	70
4.2.4 – Comparação entre a secagem em estufa e a secagem no secador ACSN combinado com o secador solar	73

5 – CONCLUSÕES	76
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE A	96
APÊNDICE B	120
APÊNDICE C	127
APÊNDICE D	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Frutos de abóbora (<i>C. moschata</i> Duchesne) variedade jacarezinho ..	4
Figura 2.2 - Semente de abóbora (<i>C. moschata</i> Duchesne var. jacarezinho)	5
Figura 3.1 - Fluxograma do processamento dos grãos de abóbora	24
Figura 3.2 - Grãos inteiros de abóbora (GI)	24
Figura 3.3 - Grão sem tegumento de abóbora (GST)	25
Figura 3.4 - Farinha de grãos de abóbora (FG)	25
Figura 3.5 - Fluxograma geral dos processos de secagem para diferentes tratamentos	26
Figura 3.6 - Secador solar para uso diurno	28
Figura 3.7 - Secador ACSN	28
Figura 3.8 - Coletores solares	29
Figura 3.9 - Reservatório térmico	30
Figura 3.10 - Câmara de secagem: parte externa (a) e parte interna (b)	31
Figura 3.11 - Bomba d'água e painel fotovoltaico	31
Figura 3.12 - Sistema completo de secador ACSN	33
Figura 3.13 - Secagem em exposição direta ao sol	34
Figura 3.14 - Secagem em secador solar de uso diurno	35
Figura 4.1 - Curvas de secagem em estufa de grãos inteiros (GI) de abóbora nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C	37
Figura 4.2 - Modelo Aproximação da Difusão ajustado à cinética de secagem em estufa de grãos inteiros (GI) de abóbora nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C	40
Figura 4.3 - Curvas de secagem em estufa de grãos sem tegumento (GST) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.....	41
Figura 4.4 - Modelo Aproximação da Difusão ajustado à cinética de secagem em estufa dos grãos sem tegumento (GST) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.....	44
Figura 4.5 - Curvas de secagem em estufa da farinha de grãos de abóbora (FG) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C	45

Figura 4.6 - Modelo Logarítmico ajustado à cinética de secagem em estufa da farinha de grãos de abóbora (FG) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C	48
Figura 4.7 - Secagem de grãos inteiros (GI) de abóbora por exposição direta ao sol, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada no abrigo (testemunha) durante o período noturno	52
Figura 4.8 - Secagem de grãos de abóbora sem tegumento (GST) por exposição direta ao sol combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados no abrigo (testemunha) durante o período noturno	53
Figura 4.9 - Secagem de farinha de grãos (FG) de abóbora por exposição direta ao sol combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada ao abrigo (testemunha) durante o período noturno	54
Figura 4.10 - Secagem de grãos inteiros (GI) de abóbora em secador solar combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada no abrigo (testemunha) durante o período noturno	63
Figura 4.11 - Secagem de grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados no abrigo (testemunha) durante o período noturno	64
Figura 4.12 - Secagem de farinhas de grãos (FG) de abóbora em secador solar, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada ao abrigo (testemunha) durante o período noturno	65
Figura 4.13 - Curvas de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	72
Figura 4.14 - Curvas de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	72
Figura 4.15 - Curvas de secagem da farinha dos grãos (FG) de abóbora em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	73
Figura 4.16 - Curvas de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	74

Figura 4.17 - Curvas de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST), em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	74
Figura 4.18 - Curvas de secagem da farinha dos grãos (FG) de abóbora, em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	75
Figura B.1 - Curvas de cinética de secagem em estufa, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos	121
Figura B.2 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo Henderson & Pabis	121
Figura B.3 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo Logarítmico	122
Figura B.4 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo de Page	122
Figura B.5 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos	123
Figura B.6 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Henderson & Pabis	123
Figura B.7 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Logarítmico	124
Figura B.8 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Page	124
Figura B.9 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão	125

Figura B.10 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos	125
Figura B.11 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo Handerson & Pabis	126
Figura B.12 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo de Page	126
Figura D.1 - Curva de cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	132
Figura D.2 - Curva de cinética de secagem dos grãos sem tegumento (GST) em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	132
Figura D.3 - Curva de cinética de secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) sob em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	133
Figura D.4 - Curvas de cinética de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	133
Figura D.5 -Curvas de cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	134
Figura D.6 - Curvas de cinética de secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição centesimal e teor de fibra alimentar da semente de abóbora (<i>Cucurbita pepo</i>) cultivada em Santo Amaro da Imperatriz, SC	7
Tabela 2.2 - Composição química das farinhas de semente de abóbora (<i>C. maxima</i>), proveniente da Central de Abastecimento do Rio de Janeiro.....	7
Tabela 2.3 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos dos grãos de abóbora (<i>Curcubita moschata</i>) <i>in natura</i>	8
Tabela 4.1 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem em estufa dos grãos inteiros de abóbora (GI)	39
Tabela 4.2 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem em estufa dos grãos sem tegumento (GST)	43
Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem em estufa da farinha dos grãos de abóbora (FG)	47
Tabela 4.4 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem dos produtos de grãos de abóbora com exposição direta ao sol combinada com secagem no secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado	50

Tabela 4.5 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na primeira etapa da secagem (1ª noite) no secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha) no primeiro período noturno	55
Tabela 4.6 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na segunda etapa de secagem: amostras colocadas sob exposição direta ao sol (período diurno), oriundas do secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha)	57
Tabela 4.7 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na terceira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno, oriundas da secagem por exposição direta ao sol	58
Tabela 4.8 - Teores de água inicial e final das amostras GI na quarta (secagem por exposição direta ao sol – período diurno) e quinta (secador ACSN - tratamento; e abrigo - testemunha) etapas de secagem	59
Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem dos produtos de grãos de abóbora utilizando o secador solar de uso diurno combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado	61
Tabela 4.10 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na primeira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno	67
Tabela 4.11 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na segunda etapa de secagem: amostras colocadas no secador solar (período diurno), oriundas do secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha)	68
Tabela 4.12 - Teores de água inicial e final das amostras GI e GST na terceira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno, oriundas do secador solar	69

Tabela 4.13 - Teores de água inicial e final das amostras GI na quarta (secador solar – período diurno) e na quinta (secador ACSN - tratamento; e abrigo - testemunha) etapas de secagem	69
Tabela A.1 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 80 °C	97
Tabela A.2 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora (GIA) em estufa a 70 °C	98
Tabela A.3 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 60 °C	99
Tabela A.4 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 50 °C	100
Tabela A.5 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 40 °C	101
Tabela A.6 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 80 °C	102
Tabela A.7 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 70 °C	103
Tabela A.8 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 60 °C	104
Tabela A.9 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 50 °C	105
Tabela A.10 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 40 °C	106
Tabela A.11 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 80 °C	107
Tabela A.12 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 70 °C	108
Tabela A.13 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 60 °C	109
Tabela A.14 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 50 °C	110
Tabela A.15 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 40 °C	111

Tabela A.16 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN	112
Tabela A.17 - Dados experimentais da cinética de secagem de grãos sem tegumento em exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN	113
Tabela A.18 - Dados experimentais da cinética de secagem de farinha de grãos em exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN	113
Tabela A.19 - Dados experimentais da cinética de secagem de grãos inteiros (GI) em secador solar combinada com o secador ACSN	114
Tabela A.20 - Dados experimentais da cinética de secagem de grãos sem tegumento (GST) em secador solar combinada com o secador ACSN	115
Tabela A.21 - Dados experimentais da cinética de secagem de farinha de grãos (FG) em secador solar combinada com o secador ACSN	115
Tabela A.22 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)	116
Tabela A.23 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)	117
Tabela A.24 - Dados experimentais da cinética de secagem da farinha dos grãos (FG) de abóbora sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)	117
Tabela A.25 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)	118
Tabela A.26 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)	118
Tabela A.27 - Dados experimentais da cinética de secagem da farinha de grãos de abóbora (FG) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)	119

Tabela C.1 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	128
Tabela C.2 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	128
Tabela C.3 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	128
Tabela C.4 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	128
Tabela C.5 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	129
Tabela C.6 - Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)	129
Tabela C.7 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora inteiros (GI)	129
Tabela C.8 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada com a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora sem tegumento (GST)	129

Tabela C.9 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para a farinha dos grãos de abóbora (FG)	130
Tabela C.10 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora inteiros (GI)	130
Tabela C.11 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora sem tegumento (GST)	130
Tabela C.12 - Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para a farinha dos grãos de abóbora (FG)	130

RESUMO

No intuito de diminuir perdas e desperdícios de resíduos, alimentos não convencionais tem sido incorporados à alimentação como fonte alternativa de nutrientes, razão pela qual folhas, cascas e grãos, entre estes, grãos de abóbora, são incorporados a preparados alimentícios como as “multimisturas”. Neste trabalho estudou-se a secagem de grãos de abóbora em secador solar e em estufa. Foram estudados grãos inteiros, grãos sem tegumento e farinhas de grãos de abóbora. A secagem em estufa com circulação de ar foi realizada nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Para a secagem com energia solar foram utilizados dois secadores, um para secagem durante o dia e outro para secagem noturna. O secador solar para uso diurno consiste de uma caixa quadrada, em chapa de zinco revestida internamente com lâminas de isopor pintadas de preto, tendo por cobertura uma placa de vidro plano. O secador para uso noturno (ACSN) é composto de dois sistemas de circulação de água independentes, dotados de registros a fim de se controlar a circulação da água entre os coletores solares e o reservatório térmico e deste para a câmara de secagem. Durante o dia funcionava o circuito formado pelos coletores solares e o reservatório, com a circulação da água incrementada por uma bomba acionada por energia fotovoltaica. No período noturno este circuito era interrompido, sendo então aberto o circuito integrado pelo reservatório térmico e a câmara de secagem, cuja circulação da água era propiciada pelo princípio do sifão térmico. O secador solar para uso noturno foi montado de forma que a água aquecida durante o dia, armazenada em um reservatório térmico, circulava em um trocador de calor durante a noite de maneira a fornecer calor para a câmara de secagem. A adaptação de uma bomba ligada a um painel fotovoltaico ao circuito de aquecimento de água diurno aumentou a eficiência da secagem do secador ACSN, o qual atingiu temperatura máxima de 65 °C. As secagens em secador solar e em exposição ao sol, associadas ao secador ACSN, tiveram desempenho semelhante aos das secagens a 40 °C e entre 40 e 50 °C em estufa, respectivamente. A utilização do secador noturno resultou em uma secagem mais rápida, superando a perda de água da testemunha. Os modelos difusional, exponencial a dois termos, Henderson & Pabis, logarítmico e de Page, foram ajustados aos dados das cinéticas de secagem das amostras em estufa e nos secadores solar de uso diurno e noturno, em que todos os modelos utilizados foram satisfatórios, destacando-se o difusional e o logarítmico.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata*, grãos, secagem, secador solar

ABSTRACT

Intending to reduce the losses and wastes of residues, no conventional food has been added to the alimentation as alternative source of nutrients, that's the reason why leaves, peels and grains, among the ones, pumpkin seeds, are incorporated to alimentary preparations as "multimixtures". In this work, it has studied the drying of pumpkins seeds in sun dryer and stove. The drying in stove with air circulation was done at 40, 50, 60, 70 and 80 °C. For drying with sun energy two driers were used, one for drying during the day and another one for the nocturne drying. The sun dryer for the diurnal use consists of a quadrature box, in a zinc metal sheet, revested in the internal part with polystyrene sheet painted in black, and the box was covered with a plain glass plate. The dryer for the nocturnal use (ACSN) is composed of two independent systems of water circulation with stop valves to control the water circulation between the solar collectors and the thermic water tank and from this one to the drying chamber. During the day, the circuit formed by the solar collectors was functioning and the water tank, with the water circulation increased by a pump put to action by photovoltaic energy. In the nocturnal period, this circuit was interrupted, and then, the circuit integrated by the hot water tank and the drying chamber were opened, and the circulation of water was provided by the principle of thermal siphon. The sun dryer for the nocturnal use was set in a way that the water warming during the day, stored in a hot water tank, could circulate in a heat exchanger for the whole night to provide heat to the drying chamber. The adaptation of the pump connected to a photovoltaic panel to the diurnal water warming increased the efficiency of the drying of the ACSN dryer that reached the maximum temperature of 65 °C. Dryings in the solar dryer and the exposures to the sun, associated to the ACSN dryer, provided almost the same results as the ones done at a temperature of 40 °C and between 40 and 50 °C in stove, respectively. The use of nocturnal dryer resulted in a more rapid drying, topping the loss of water of the landmarks. The difusional, exponential to two terms, Henderson & Pabis, logarithmic and Page models were fitted to the data of the drying kinetics of the samples in stove and in the sun driers of diurnal and nocturnal use, where all the models used were satisfactory, especially the difusional and the logarithmic ones.

Keywords: *Cucurbita moschata*, grains, drying, sun dryer

1 - INTRODUÇÃO

A manutenção da qualidade dos produtos agrícolas depende da coordenação e da integração cuidadosa de várias etapas do seu manuseio; da colheita até o consumo. Durante a execução das operações do manuseio podem ocorrer vários problemas que reduzem a disponibilidade e a qualidade desses produtos, como processos fisiológicos (transpiração, respiração), doenças e danos mecânicos, entre outros, além do descarte de alimentos não convencionais (CHITARRA & CHITARRA, 2005; CONAB, 2005).

No intuito de diminuir essas perdas, alimentos alternativos, como farelo de cereais, folhas verde-escuro, sementes e casca de frutas, têm sido introduzidos como forma de enriquecer a dieta habitual (SANT'ANA et al., 2005). Isto faz com que sementes ou grãos de várias espécies vegetais se tornem fontes alternativas de proteínas para a alimentação humana como, por exemplo, as de abóbora (CERLETTI et al., 1978; HOLFFMANN, 1995).

A produção de abóbora no Vale do São Francisco foi de 15,6 toneladas em 269,8 ha plantados (NOBREGA, 2004); já em Minas Gerais esta produção ultrapassou 59 toneladas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA, 2004). E de acordo com BEE & BARROS (1999), o Brasil produziu 26 toneladas anuais de sementes de abóbora (*Curcubita pepo* L.) var. melopepo. A abóbora é um fruto que poderia ser melhor contemplado na alimentação pois, de acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF), o consumo per capita deste fruto aumentou de 1,4 kg para 4,6 kg no Brasil, entre os anos de 2002 e 2003 (POF/IBGE, 2004). Trata-se de um fruto bastante difundido na culinária do Nordeste e conhecido regionalmente como “jerimun”, e pode ser consumido de várias formas, em virtude de sua versatilidade e variedade.

Assim como os frutos, os grãos de abóbora podem ser consumidos torrados inteiros, na forma de farinha, na produção de óleo e como ingrediente culinário. Além do gosto agradável são ricos em nutrientes, especialmente ferro (10,9 mg/100 g), proteínas (320 g/kg) e óleo (450 g/kg), sendo incorporados mundialmente à conhecida “multimistura”, além possuírem um componente chamado curcubitacina, que combate a infestação de vermes nas pessoas (BRASIL, 2005; DVORKIN & SONG, 2002; EL-ADAWY & TAHA, 2001; EL-SOUKKARY, 2001).

Como qualquer outra semente ou grão, a exploração comercial dos grãos de abóbora exige conhecimentos sobre a armazenabilidade e comportamento na secagem para

garantir a qualidade do produto. Segundo SILVA (1995), a inadequação da armazenagem de sementes acarreta perdas superiores a 20% do total armazenado.

A secagem é uma forma de minimizar essas perdas, possibilitando o transporte, o armazenamento e aumentando a vida útil, garantindo a viabilidade econômica e segurança microbiológica pela eliminação da água do material, através da evaporação. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais se tem: facilidade na conservação do produto, estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente por longos períodos de tempo, proteção contra degradação enzimática e oxidativa, redução do seu peso e economia de energia (PARK et al., 2001).

A secagem de produtos agrícolas pode ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem natural emprega a radiação solar para aumentar o potencial de secagem do ar e pode ser realizada com o produto ainda na planta, em terreiros ou em painel solar (ALMEIDA et al., 1997; SILVA, 2004).

O painel solar ou secador solar, envolve o aproveitamento da energia solar, que é gratuita e renovável. Além disso, apresenta baixo custo operacional, não necessita de mão-de-obra especializada, podendo ser construído na própria fazenda atendendo, assim, ao pequeno produtor, além de proteger contra os insetos e a poeira (MARTINS et al., 2002; TOŠRUL & PEHLIVAN, 2002).

Considerando a importância da redução do desperdício de alimentos e o aproveitamento dos grãos de abóbora, ressalta-se a necessidade de se estudar métodos de conservação dos mesmos através de uma energia não poluente utilizando-se para isto, secadores a energia solar.

1.1 - Objetivo geral

Secar grãos de abóbora (*Cucurbita moschata* Duschene) em secadores solar e convencional.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Secar grãos de abóbora pelo método convencional (estufa) em temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C;
- Secar grãos de abóbora sob exposição direta ao sol e em secador solar;

- Combinar as secagens dos grãos de abóbora por exposição direta ao sol e em secador solar com as secagens noturnas em secador acumulador de calor (ACSN);
- Comparar as secagens dos grãos de abóbora em estufa com as secagens, utilizando-se energia solar;
- Ajustar os modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados experimentais de secagem dos grãos de abóbora.

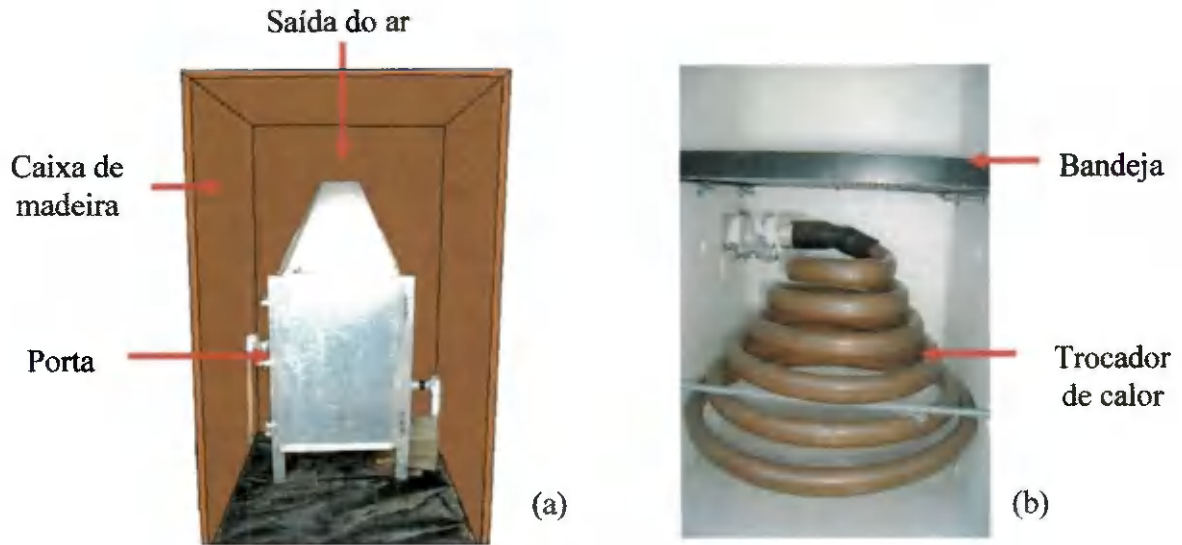


Figura 3.10 – Câmara de secagem: parte externa (a) e parte interna (b)

Bomba d'água e painel fotovoltaico

Com o intuito de aumentar a circulação da água pela tubulação montada baseada no princípio de circulação por sifão térmico e por meio de uma derivação (“by-pass”) incorporou-se um sistema de bombeamento auxiliar movido com energia fotovoltaica. A alimentação elétrica da bomba foi realizada diretamente na saída do painel fotovoltaico (Figura 3.11), sem uso de acumuladores. Desta forma, o bombeamento de água funcionou de forma mais eficiente, promovendo um incremento de circulação nos momentos de maior radiação solar. Em momentos de cobertura parcial por nuvens, o calor residual dos coletores ainda provoca aquecimento na água e, nessas ocasiões, prepondera a circulação por sifão térmico, com tempos de residência maiores.

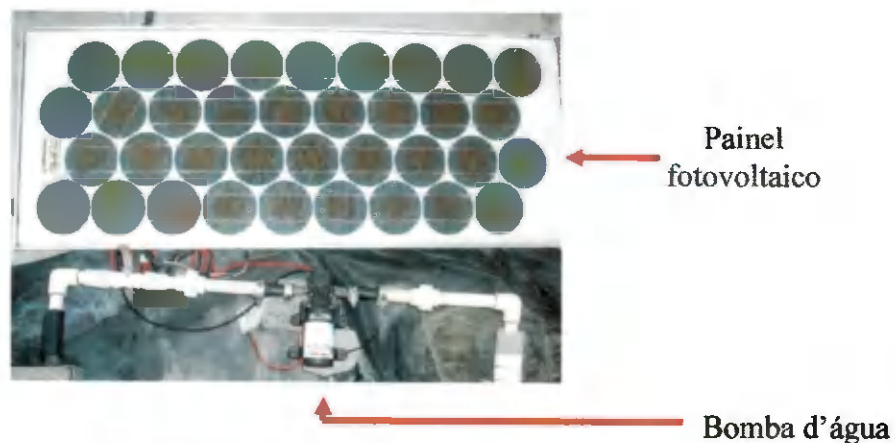


Figura 3.11 - Bomba d'água e painel fotovoltaico

3.5.2.1.2.2 – Montagem e funcionamento do secador solar ACSN

A montagem do secador ACSN (Figura 3.12) foi realizada com os quatro componentes (coletores solares, reservatório térmico, câmara de secagem e bomba d'água com painel fotovoltaico) trabalhando em alturas diferentes, de tal forma que a água circulava em dois circuitos independentes, conforme fosse dia ou noite. Durante o dia, por meio dos registros, a água tinha circulação restrita ao circuito coletores/reservatório térmico; no período noturno, visando à realização das secagens, a circulação neste circuito era interrompida sendo então liberada a circulação no circuito reservatório/câmara de secagem.

A circulação da água entre os coletores e o reservatório (circulação diurna) é levada a efeito com base no princípio do sifão térmico. Para isto, a água aquecida nos coletores percorre uma tubulação necessariamente ascendente, desde a saída superior do coletor, localizado na posição mais alta em relação aos demais, até a entrada do reservatório, localizada na posição mais alta de todo o circuito. Ao ascender pelo efeito convectivo produzido pelo aquecimento, cria-se um sifão térmico que succiona a água fria da parte inferior do reservatório em direção à entrada do coletor localizado na posição mais baixa em relação aos demais, promovendo, assim, a circulação. Para acelerar o movimento da água foi introduzida uma bomba d'água movida a energia fotovoltaica, um sistema de circulação forçada de água, proporcionando um aquecimento mais rápido da água nos coletores solares, com menores tempos de residência, com conseqüente melhoria no aproveitamento dos eventos de sol aberto.

A circulação da água entre o reservatório térmico e a câmara de secagem (circulação noturna) também se baseia no princípio do sifão térmico mas, ao contrário do circuito coletores/reservatório, a circulação é levada a efeito pelo resfriamento da água no trocador de calor localizado na câmara de secagem. Ao ser resfriada no trocador de calor, fornecendo calor para a secagem, a água tem aumentada sua massa específica tendendo a ocupar posições mais baixas. Como o trocador de calor dentro da câmara de secagem é construído em forma de espiral, a água resfriada desce pela tubulação necessariamente descendente, que vai da parte mais baixa da espiral até a entrada inferior do reservatório térmico, criando um sifão que succiona a água quente da parte superior do reservatório em direção ao trocador de calor, completando a circulação neste circuito.

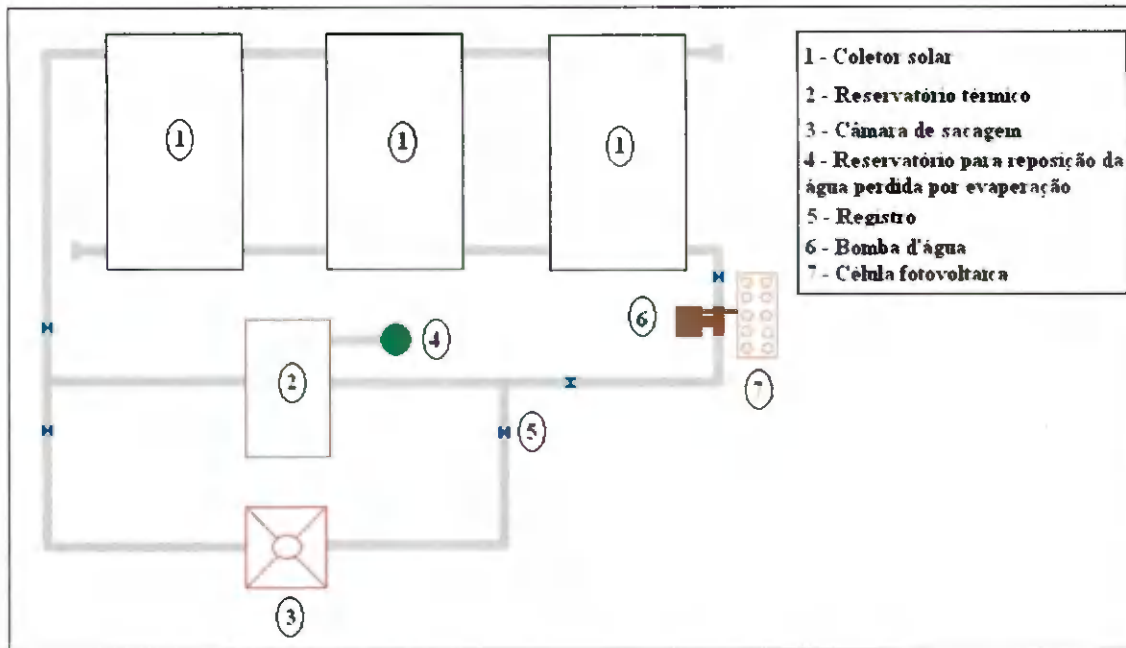


Figura 3.12 – Sistema completo do secador ACSN

3.5.2.2 – Secagem por exposição direta ao sol eombinada com o secador ACSN

A secagem por exposição direta ao sol era iniciada às 8 h colocando-se as amostras dispostas em 8 bandejas (18 x 14 cm) sob exposição direta ao sol (Figura 3.13), isto é, em terreno recoberto com lona preta. Nas amostras secadas desta forma, houve a necessidade de se colocar um tecido conhecido como filó, com a finalidade de não se perder amostra levada pelo vento. A perda de água das amostras foi acompanhada por meio de pesagens periódicas das bandejas realizadas em intervalos já mencionados. Metade das amostras era colocada no secador ACSN, iniciando-se a secagem no período noturno, às 17 h e encerrada às 8 h da manhã seguinte, quando então as amostras voltavam para exposição direta ao sol até as 17 h, caso as amostras não atingissem massa constante (final da secagem). Após este horário as amostras voltavam para o secador ACSN, retornando-se então aos procedimentos de secagem no período noturno, tal como na noite anterior.



Figura 3.13 – Secagem em exposição direta ao sol

Durante o processo de secagem no secador ACSN, em intervalos regulares de tempo, eram registrados a temperatura no interior da câmara de secagem, a temperatura ambiente e a temperatura da água na entrada e saída do reservatório térmico, com uso de termopares, no momento em que eram medidas as massas das amostras.

3.5.2.3 – Secagem por exposição direta ao sol durante o dia e à noite em abrigo

A partir das 17 h a outra metade das amostras mencionada no item anterior (3.5.2.2), era transferida para a bancada do laboratório, onde permanecia durante toda a noite expostas às condições de temperatura e umidade relativa do ambiente, a fim de servir de testemunha em relação à outra metade, que era colocada no secador ACSN, permanecendo até as 8 h do dia seguinte. Às 8 h, essas amostras voltavam para exposição direta ao sol até as 17 h.

3.5.2.4 – Secagem em secador solar de uso diurno combinado com o secador ACSN

A partir das 17 h, 4 bandejas (metade) iam para o secador noturno (ACSN), seguindo-se com as pesagens das bandejas durante toda a noite; às 8 h, as amostras eram colocadas no secador de uso diurno (Figura 3.14), e a secagem prosseguia, com as pesagens sendo realizadas a partir de então. Caso as amostras não entrassem em equilíbrio (teor de água constante), às 17 h elas voltariam novamente ao secador ACSN e se repetia o procedimento da noite anterior.



Figura 3.14 - Secagem em secador solar de uso diurno

3.5.2.5 - Secagem em secador solar durante o dia e, à noite, em abrigo

A partir das 17 h a outra metade das amostras mencionadas no item anterior 3.5.2.4 era recolhida para a bancada do laboratório (abrigo) onde permanecia, a fim de servir de testemunha em relação à outra metade, que era levada ao secador ACSN, até as 8 h do dia seguinte; a partir deste horário, as amostras voltavam ao secador solar de uso diurno.

3.6 – Cinética de secagem

A partir dos dados de perda de massa das amostras durante as secagens e dos teores de água de equilíbrio determinados no final, foram calculadas as razões de água (Equação 2.2) e construídas as curvas de razão de água, em função do tempo de secagem.

Após traçadas as curvas de cinética de secagem dos três diferentes produtos (G1, FG, GST), para os diferentes tratamentos, os seguintes modelos matemáticos foram ajustados aos dados obtidos: Aproximação da Difusão (2.3), Exponencial Dois Termos (2.4), Henderson & Pabis (2.5), Logarítmico (2.6) e Page (2.7), aos dados experimentais.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais utilizou-se o programa computacional STATISTICA 5.0 por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton, para as amostras secadas em estufa e com energia solar. Para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais, utilizaram-se, como critério, a análise do coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM), Equação 3.1.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum (\text{RX}_{\text{pred}} - \text{RX}_{\text{exp}})^2}{n}} \quad (3.1)$$

em que:

DQM – desvio quadrático médio

RX_{pred} – razão de água predito pelo modelo

RX_{exp} – razão de água experimental

n – número de observações

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Secagem em estufa

4.1.1 - Grãos inteiros (GI)

Nas Tabelas A.1 a A.15 (Apêndice A) se encontram os dados experimentais médios das razões de água em função do tempo de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, das amostras de grãos inteiros (GI), grãos sem tegumento (GST) e farinha de grãos (FG).

Apresentam-se, na Figura 4.1, os pontos experimentais da secagem dos grãos de abóbora inteiros (GI) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, expressos pela razão de água em função do tempo de secagem.

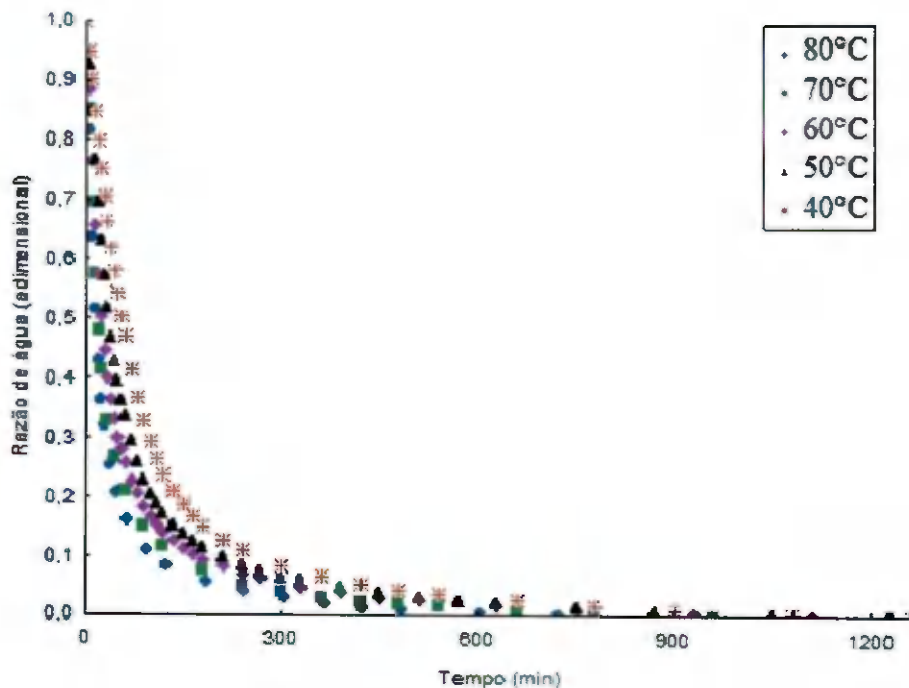


Figura 4.1 - Curvas de secagem em estufa de grãos inteiros (GI) de abóbora nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

Pode-se observar a relação da velocidade de secagem com a temperatura do ar, com maior taxa de remoção de água do produto nas maiores temperaturas, fato normalmente observado por pesquisadores, em produtos agrícolas (BABALIS & BELESSIOTIS, 2004; LAHSASNI et al., 2004; MOHAPATRA & RAO, 2005).

Os tempos decorridos para a cinética de secagem dos GI, foram de 21 h (1260 min); 20,5 h (1230 min); 18,5 h (1110 min); 16 h (960 min) e 12,08 h (725 min) para as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente e o valor médio do teor de água inicial foi de $24,79 \pm 0,02\%$ b.u. (32,99% b.s.) e o teor médio de água final, de $2,80 \pm 0,01\%$ b.u. (2,94% b.s.).

A velocidade de secagem varia principalmente em função do teor de água inicial e final, do tipo e espécie das sementes, do tipo e tamanho do secador, da temperatura e umidade relativo ar de secagem, entre outros fatores (BORSATO et al., 1999; TIWARI et al., 1994; VILLELA & SILVA, 1992).

Tempos de secagem inferiores aos obtidos no presente trabalho, os quais variaram entre 1,7 h e 3,83 h, foram verificados por CORRÊA et al. (2001), ao secarem, em camada fina, grãos de milho-pipoca, com teores de água inicial de 23,5% b.s., nas temperatura de 40, 50 e 60 °C e velocidade do ar de secagem de 1 m s^{-1} . Estas diferenças nos tempos de secagem podem estar relacionadas com as características físicas e químicas dos produtos.

KOYUNCU et al. (2004) desidrataram castanhas (*Castanea sativa* Mill.) em camada fina em secador de fluxo paralelo, encontrando o menor tempo de secagem em 43 h, na temperatura de 70 °C e velocidade do ar de $1,0 \text{ m s}^{-1}$; tempo superior ao deste trabalho para a mesma temperatura e velocidade do ar; desta forma fica evidente que as características do produto influenciam muito no tempo de secagem.

BATISTA et al. (2007) secaram vagens de algaroba nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, em secador de bandejas convectivo, com a velocidade do ar de secagem de 6 m s^{-1} , obtendo tempos de secagem aproximados de 600, 550 e 450 min. e teores de água finais de 16,2; 24,0; e 17,9% b.s., respectivamente, tempos esses inferiores aos do presente trabalho, nas mesmas temperaturas de estudo; entretanto, deve-se ressaltar que o teor de água final médio para os grãos de abóbora (GI) foi muito inferior.

Na Tabela 4.1 estão os parâmetros de ajuste dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page aos dados da cinética de secagem em estufa dos grãos inteiros de abóbora (GI), os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Observa-se que todos os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais de secagem, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,96, podendo todos os modelos serem usados na predição da cinética de secagem dos grãos inteiros de abóbora.

O melhor modelo matemático foi definido como aquele que possui os maiores valores de R^2 e os menores DQM; assim, o modelo Aproximação da Difusão foi

considerado o melhor para estimar as curvas de cinética de secagem de GI em todas temperaturas, por ter apresentado os menores DQM e os maiores coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 4.1 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem, em estufa dos grãos inteiros de abóbora (GI)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	b		
Aproximação da Difusão	80	0,7745	0,0583	0,1239	0,9995	0,0073
	70	0,7678	0,0492	0,1185	0,9993	0,0081
	60	0,7725	0,0369	0,1259	0,9994	0,0061
	50	0,8266	0,0234	0,1404	0,9990	0,0089
	40	0,8950	0,0139	0,1430	0,9986	0,0118
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	b			
Exponencial Dois Termos	80	0,2712	0,1011	0,9896	0,0292	
	70	0,2737	0,0825	0,9883	0,0321	
	60	0,2771	0,0607	0,9819	0,0348	
	50	0,3258	0,0372	0,9914	0,0262	
	40	0,0062	1,8765	0,9937	0,0246	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	k			
Henderson & Pabis	80	0,9518	0,0353	0,9805	0,0399	
	70	0,9569	0,0296	0,9798	0,0422	
	60	0,9267	0,0207	0,9678	0,0465	
	50	0,9677	0,0163	0,9832	0,0366	
	40	0,9983	0,0117	0,9937	0,0246	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	c		
Logarítmico	80	0,9301	0,0397	0,0388	0,9890	0,0299
	70	0,9352	0,0334	0,0389	0,9885	0,0319
	60	0,9097	0,0258	0,0574	0,9860	0,0306
	50	0,9480	0,0189	0,0458	0,9929	0,0237
	40	0,9768	0,0129	0,0356	0,9974	0,0159
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		k	n			
Page	80	0,0878	0,7350	0,9922	0,0253	
	70	0,0754	0,7339	0,9906	0,0288	
	60	0,0663	0,7186	0,9880	0,0284	
	50	0,0346	0,8227	0,9902	0,0280	
	40	0,0152	0,9396	0,9945	0,0230	

Valores semelhantes de $R^2 > 0,99$ e de $DQM < 0,002$ para o modelo Aproximação da Difusão, foram observados por CORRÊA et al. (2007) para descrição do processo de secagem de feijão em camada delgada.

O parâmetro “k” dos modelos Aproximação da Difusão, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aumentou com o aumento da temperatura de secagem, comportamento também verificado por DOYMAZ (2005), para a secagem em camada fina de feijão verde 50, 60 e 70 °C, e por CORRÊA et al. (2001) secando milho-pipoca nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. Segundo CORRÊA et al. (2007) a constante de secagem (k) para o modelo de Page representa o efeito das condições externas de secagem e a constante “n” reflete a resistência interna do produto à secagem. Ante tais informações, constata-se que as maiores resistências dos grãos inteiros à secagem ocorreram nas temperaturas de 40 e 50 °C; já a influência externa da temperatura na secagem foi maior nas maiores temperaturas (70 e 80 °C), contribuindo para uma secagem mais rápida.

Na Figura 4.2 estão representados os ajustes do modelo matemático Aproximação da Difusão aos dados experimentais da cinética de secagem em estufa de GI para as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Este modelo foi considerado o melhor para estimar as curvas de cinética de secagem em estufa de GI e sua representação na Figura 4.2 demonstra a dispersão dos dados estimados em relação aos dados experimentais.

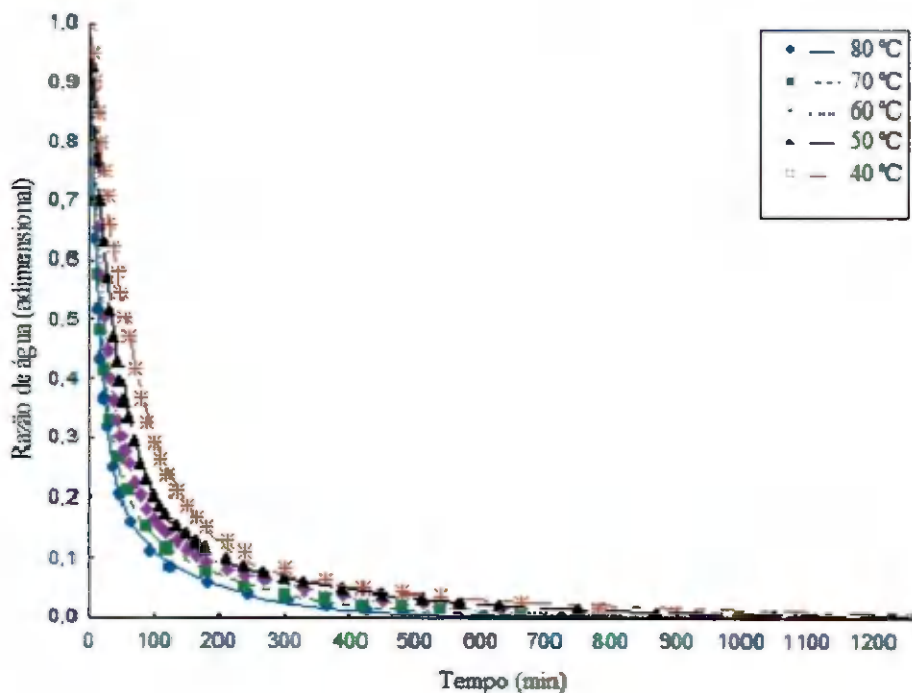


Figura 4.2 – Modelo Aproximação da Difusão ajustado à cinética de secagem em estufa de grãos inteiros (GI) de abóbora, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

No Apêndice B, Figuras B.1 a B.4, tem-se a representação gráfica dos ajustes dos modelos de Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados experimentais.

Observa-se, na Figura 4.2, que as curvas ajustadas com o modelo Aproximação da Difusão estão muito próximas dos dados experimentais, como ficou demonstrado pelos maiores valores de R^2 e menores DQM.

4.1.2 – Grãos sem tegumento (GST)

Na Figura 4.3 tem-se os pontos experimentais médios da secagem em estufa de GST nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, expressos pela razão de água em função do tempo de secagem.

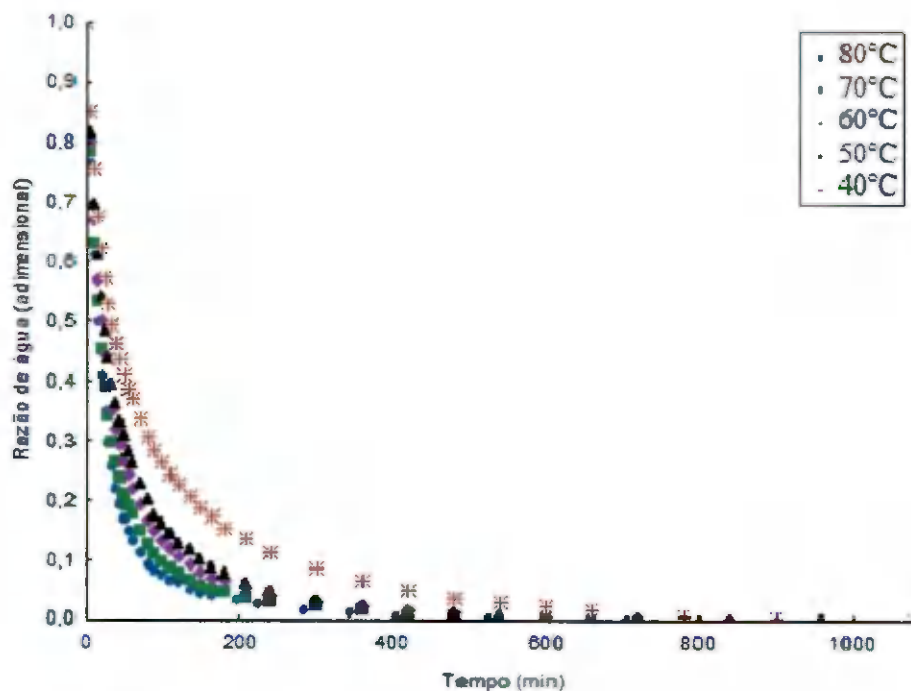


Figura 4.3 - Curvas de secagem em estufa de grãos sem tegumento (GST) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

Verifica-se que a razão de água tende a um valor constante mais rapidamente quanto maior for a temperatura de secagem e que as curvas são mais acentuadas quanto maior é a temperatura utilizada na secagem, o que pode ser constatado observando-se o tempo decorrido na cinética de secagem de GST, onde a retirada do tegumento fez com que as secagens fossem realizadas em 18 h (1080 min), 16 h (960 min), 14 h (840 min), 13

h (780 min) e 11,75 h (705 min) para as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente, onde o valor médio do teor de água inicial foi de $21,48 \pm 0,02\%$ b.u. (27,34% b.s.) e o do teor médio de água final, de $2,55 \pm 0,01\%$ b.u. (2,64% b.s.). Constatase que os tempos de secagem das amostras GST foram inferiores aos das amostras GI, quando comparados na mesma temperatura de secagem, ficando evidente que a retirada do tegumento facilitou a transferência de massa, acelerando a perda de água.

CARLESSO et al. (2007) estudando a secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo, também notaram que o teor de água e o tempo de secagem diminuem consideravelmente com o aumento da temperatura de secagem. Semelhantemente, ALMEIDA et al. (2006) também constataram, para a cinética de secagem da semente de girassol, que a mesma foi fortemente influenciada pela temperatura, sendo reduzido significativamente o tempo de secagem nas temperaturas mais elevadas.

MELO et al. (2008) observaram, durante a secagem em secador de bandejas, tempos de secagem das sementes de acerola de 11,5; 6,0; 4,2; 2,3 e 1,6 h, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente, constatando que o tempo de secagem diminui com o aumento de temperatura, confirmando a dependência da temperatura de secagem.

SILVA & MARSAIOLI JÚNIOR (2004) secaram amêndoas de castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), em secador convencional, com velocidade do ar de $1,5 \text{ m s}^{-1}$, na temperatura de 55 °C obtendo um tempo de secagem de 16 h, semelhante ao obtido no presente trabalho, para a temperatura de 50 °C.

CARNEIRO et. al. (2005) estudaram a secagem de grãos de trigo comum (IAC 289), colhido com teor de água inicial de 23,4% b.u., em secador de bandejas com velocidade do fluxo de ar de $20 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$ nas temperaturas do ar de secagem de 40 e 60 °C, obtendo tempos de secagem de 5 h e 2 h, respectivamente, e teor de água final de 13,1% b.u..

Apresentam-se, na Tabela 4.2, os parâmetros de ajuste dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados experimentais da cinética de secagem GST, os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Observa-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o da Aproximação da Difusão, em razão de ter apresentado os maiores valores de R^2 ($> 0,99$) e os menores valores de DQM ($< 0,009$). Constatase ainda que todos os outros modelos testados (Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page), também podem ser usados para estimar as curvas de cinética de secagem das amostras GST. A

capacidade do modelo em descrever com fidelidade o processo físico é inversamente proporcional ao valor do DQM (ANDRADE et al., 2006).

Tabela 4.2 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem em estufa dos grãos sem tegumento (GST)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	b		
Aproximação da Difusão	80	0,7589	0,0624	0,1824	0,9994	0,0062
	70	0,6790	0,0627	0,1828	0,9992	0,0070
	60	0,6071	0,0613	0,1697	0,9989	0,0081
	50	0,5402	0,0603	0,1698	0,9991	0,0076
	40	0,5175	0,0484	0,1243	0,9990	0,0084
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	b			
Exponencial Dois Termos	80	0,2707	0,1197	0,9911	0,0229	
	70	0,2550	0,1004	0,9876	0,0272	
	60	0,2405	0,0881	0,9834	0,0317	
	50	0,2315	0,0793	0,9848	0,0311	
	40	0,2123	0,0575	0,9697	0,0451	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	k			
Henderson & Pabis	80	0,9270	0,0360	0,9809	0,0335	
	70	0,9086	0,0300	0,9758	0,0380	
	60	0,8870	0,0238	0,9717	0,0414	
	50	0,8797	0,0203	0,9746	0,0402	
	40	0,8441	0,0123	0,9635	0,0495	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	e		
Logarítmico	80	0,9141	0,0417	0,0383	0,9916	0,0222
	70	0,8953	0,0356	0,0438	0,9885	0,0261
	60	0,8738	0,0286	0,0459	0,9844	0,0308
	50	0,8666	0,0238	0,0413	0,9837	0,0323
	40	0,8230	0,0152	0,0541	0,9752	0,0407
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		k	n			
Page	80	0,0952	0,7379	0,9959	0,0155	
	70	0,0945	0,7057	0,9963	0,0148	
	60	0,0906	0,6774	0,9971	0,0133	
	50	0,0807	0,6798	0,9984	0,0101	
	40	0,0747	0,6238	0,9981	0,0114	

SILVA et al. (2008) obtiveram bons ajustados, ao ajustarem o modelo Aproximação da Difusão às curvas de cinética de secagem do feijão sempre-verde nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, obtendo valores de $R^2 > 0,99$.

Em geral, o parâmetro “k” representa o efeito das condições externas de secagem enquanto os parâmetros “a”, “b”, “c” e “n” refletem a extensão da resistência interna do produto à secagem, para determinadas condições externas (BROOKER, 1992). Constatase que os valores de “k” aumentaram com o aumento da temperatura em todos os modelos avaliados, assim como os valores de “a” e “n”; no entanto, os valores de “b” e “c” não tiveram o mesmo comportamento. KINGSLY & SINGH (2007), NISHIYAMA et al. (2006), RAO et al. (2007) e TARIGAN et al. (2007) também constataram que os valores de “k” aumentaram com o aumento da temperatura, apontando a temperatura como o principal fator de influência na cinética de secagem de sementes de romã, trigo, arroz e nozes, respectivamente.

Na Figura 4.4, tem-se os pontos experimentais das cinéticas de secagem das amostras GST nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, com ajustes pelo melhor modelo, que foi o de Aproximação da Difusão. No Apêndice B, Figura B.5 a B.8, tem-se os gráficos da cinética de secagem das amostras GST com ajustes pelos modelos de Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, Constatando-se que nas temperaturas mais altas os tempos de secagem foram menores.

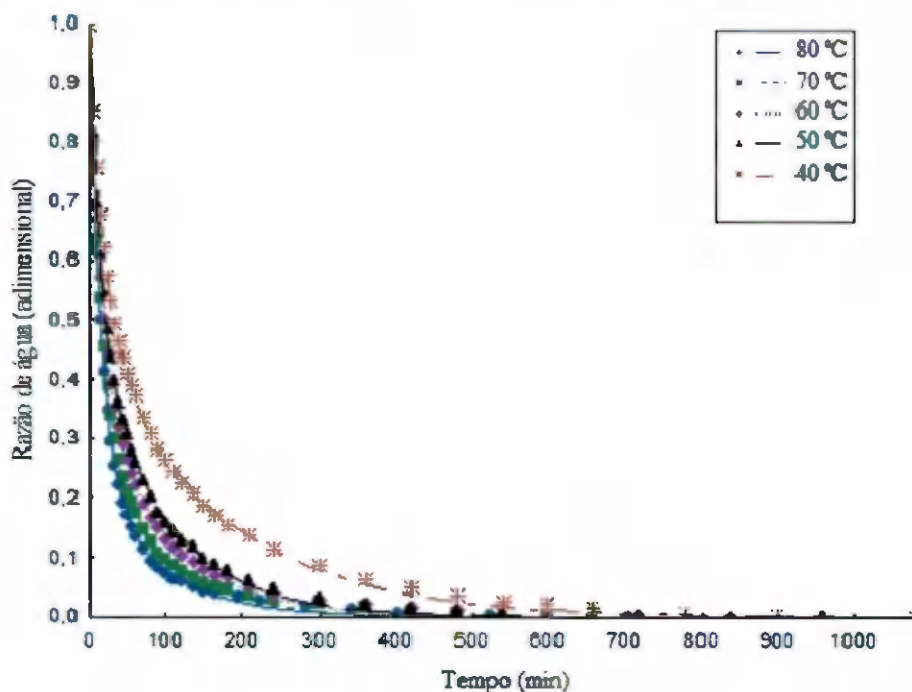


Figura 4.4 – Modelo Aproximação da Difusão ajustado à cinética de secagem em estufa dos grãos sem tegumento (GST) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

Os dados experimentais da cinética de secagem em estufa das amostras GST foram melhor representados pelo modelo Aproximação da Difusão, fato também verificado para as amostras GI.

4.1.3 - Farinha de grãos (FG)

Na Figura 4.5 são apresentados os pontos experimentais médios da razão de água, em função do tempo de secagem em estufa das amostras FG nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

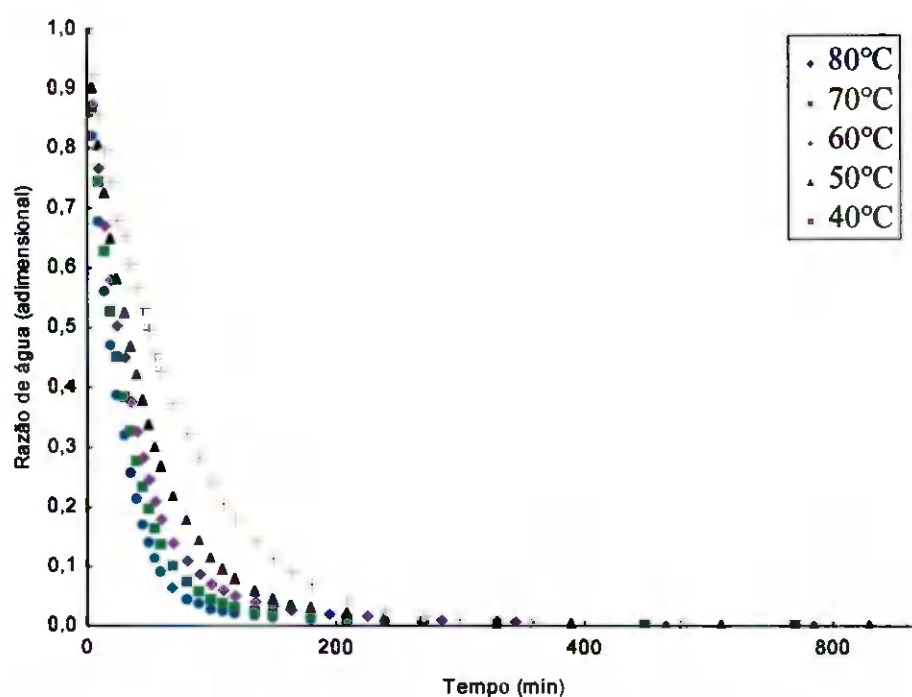


Figura 4.5 - Curvas de secagem em estufa da farinha de grãos de abóbora (FG) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

Observa-se diminuição da razão de água com o aumento da temperatura. O maior efeito da diferença de temperatura é constatado entre 40 e 50 °C, enquanto entre 60 e 70 °C o efeito do aumento de temperatura é menos expressivo, tornando-se graficamente imperceptível na primeira hora de secagem; o mesmo resultado foi verificado por DANTAS (2007) para a secagem da farinha de grãos de jaca.

No final da determinação da cinética de secagem das amostras FG, encerrada quando as amostras atingiram massa constante, os teores médios de água finais encontrados foram de $0,76 \pm 0,03\%$; $1,6 \pm 0,02\%$; $1,64 \pm 0,03\%$; $2,28 \pm 0,04\%$; e $3,76 \pm$

0,04% b.s., atingidos nos tempos de 11 h (660 min), 10,5 h (630 min), 9,75 h (585 min), 9,5 h (570 min) e 8 h (480 min), nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Verifica-se redução nos tempos de secagem com aumento da temperatura cujos resultados estão de acordo com estudos realizados anteriormente para a secagem de feijão e trigo (ALMEIDA et al., 2009; MOHAPATRA & RAO, 2005). Intervalo de tempo inferior foi reportado por LUZ et al. (2006) para a cinética de secagem de farelo de soja secado em secador rotativo com temperatura de 50 °C e velocidade do ar de secagem de 1,1 m s⁻¹ obtendo-se um tempo de secagem de 16 min para reduzir o teor de água inicial de 24,0% b.s. para o teor de água final de 16% b.s.

Apresentam-se, na Tabela 4.3, os parâmetros de ajuste dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados da cinética de secagem em estufa das amostras FG, os respectivos coeficientes de determinação (R²) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Dentre os modelos testados constata-se que o modelo Logarítmico foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem em estufa de FG, apresentando os maiores valores de R² e os menores DQM para todas as temperaturas, exceto para a temperatura de 50 °C, em que o modelo Aproximação da Difusão foi o melhor em razão de ter apresentado um valor de DQM menor, apesar dos coeficientes de determinação serem idênticos para os dois modelos.

Verifica-se ainda que todos os outros modelos (Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis e de Page) podem ser utilizados para prever as curvas de cinética de secagem das amostras FG, nas cinco temperaturas avaliadas, em razão dos mesmos terem resultado em ajustes com coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,99.

Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e de Page, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem em estufa da farinha dos grãos de abóbora (FG)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	b		
Aproximação da Difusão	80	-0,0156	0,0866	0,4505	0,9995	0,0060
	70	-0,0218	0,2917	0,1121	0,9996	0,0060
	60	-0,0091	0,3138	0,0886	0,9989	0,0094
	50	0,9885	0,0222	0,1045	0,9999	0,0024
	40	0,0109	0,3787	0,0372	0,9997	0,0055
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	b			
Exponencial Dois Termos	80	0,8519	0,0396	0,9995	0,0061	
	70	1,0000	0,0320	0,9994	0,0069	
	60	0,0001	255,2103	0,9989	0,0095	
	50	0,0001	204,1650	0,9998	0,0043	
	40	0,0103	1,3717	0,9997	0,0055	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	k			
Henderson & Pabis	80	0,9994	0,0386	0,9995	0,0061	
	70	1,0087	0,0323	0,9995	0,0065	
	60	1,0041	0,0276	0,9989	0,0094	
	50	1,0004	0,0217	0,9998	0,0043	
	40	0,9926	0,0142	0,9997	0,0057	
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	c		
Logarítmico	80	0,9966	0,0392	0,0051	0,9996	0,0052
	70	1,0052	0,0328	0,0061	0,9996	0,0054
	60	0,9979	0,0286	0,0112	0,9994	0,0068
	50	0,9970	0,0221	0,0061	0,9999	0,0026
	40	0,9953	0,0140	-0,0042	0,9997	0,0054
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2	DQM	
		k	n			
Page	80	0,0383	1,0024	0,9995	0,0061	
	70	0,0297	1,0206	0,9995	0,0064	
	60	0,0274	1,0007	0,9989	0,0095	
	50	0,0222	0,9941	0,9998	0,0042	
	40	0,0147	0,9928	0,9996	0,0062	

SOUSA et al. (2006) obtiveram os maiores valores R^2 e os menores valores DQM ao ajustarem o modelo de Page às curvas de secagem do farelo de mamona, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Na Figura 4.6 tem-se os dados experimentais médios das cinéticas de secagem das amostras FG nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, com ajustes pelo modelo Logarítmico, considerado o melhor modelo. No Apêndice B, Figuras B.9 a B.12, tem-se os gráficos das cinéticas de secagem com ajustes pelos outros modelos testados.

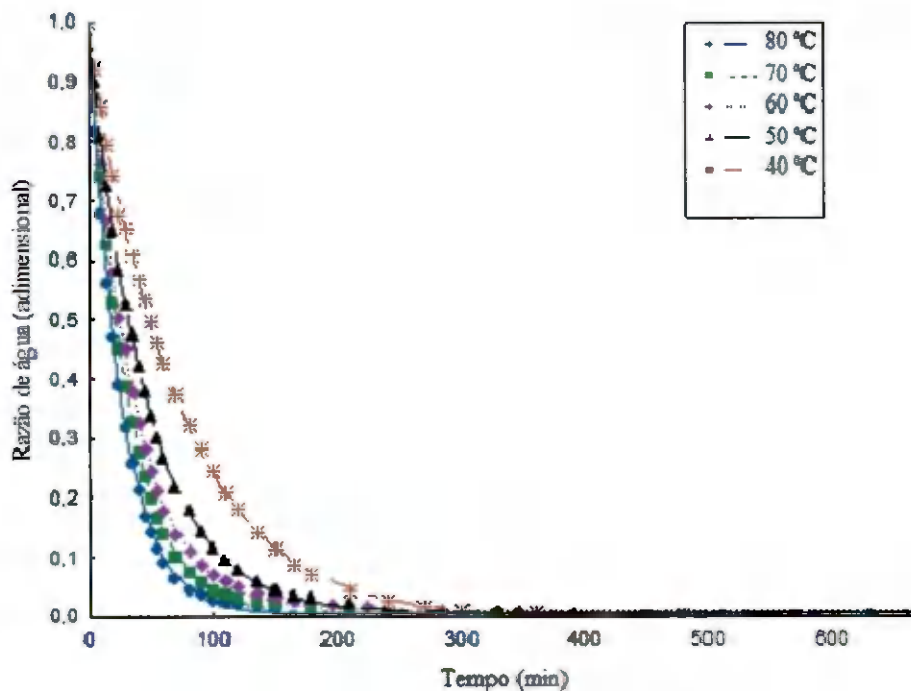


Figura 4.6 – Modelo Logarítmico ajustado à cinética de secagem em estufa da farinha de grãos de abóbora (FG) nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C

Observa-se, na Figura 4.6, que a taxa de secagem se acentua com o aumento da temperatura, concordando com os inúmeros resultados relatados na literatura referentes a este tema de investigação, tais como para semente de amaranto, feijão e pistache (ABALONE et al., 2006; CALOMENI et al., 2005; KASHANINEJAD et al., 2007; NITZ & TARANTO, 2007).

4.2 - Secagem solar

Na Tabela A.16 a A.21 (Apêndice A) se encontram os dados experimentais das razões de água em função do tempo de secagem das diferentes amostras (GI, GST e FG) secadas por exposição direta ao sol, associadas com a secagem no secador ACSN, e secadas no secador diurno, em associação com o secador ACSN.

4.2.1 – Secagem por exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN ou no abrigo no período noturno

Nas Figuras D.1 a D.3 (Apêndice D) tem-se a representação gráfica dos dados experimentais das cinéticas de secagem dos três produtos (GI, GST e FG), com exposição direta ao sol, combinada com o secador ACSN ou no abrigo no período noturno, e as curvas ajustadas pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page.

Na Tabela 4.4 se mostram os parâmetros de ajuste dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados experimentais das cinéticas de secagem dos três produtos (GI, GST, FG) em exposição direta ao sol, combinada com o secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado no período noturno, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM). A letra “T” colocada após a identificação de cada tratamento, indica a testemunha, ou seja, amostra que durante a noite foi mantida fora do secador ACSN, em ambiente abrigado.

Observa-se que o modelo Aproximação da Difusão foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das amostras GI, GST e FG para sua secagem em exposição direta ao sol, em associação com o secador ACSN, em razão de ter apresentado os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios. Para as amostras GI/T e FG/T, o modelo que melhor se ajustou às curvas experimentais, foi o Logarítmico e, para a amostra GST/T, foi o modelo Aproximação da Difusão.

Constata-se que todos os modelos testados apresentaram $R^2 > 0,80$ para as diferentes amostras, podendo ser usados na predição da cinética de secagem das mesmas; resultados semelhantes foram encontrados por DANTAS (2007) para os modelos Logarítmico, de Page e de Henderson & Pabis, ajustados às curvas de secagem por exposição direta ao sol de arândoas de jaca, com $R^2 > 0,96$.

Tabela 4.4 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem dos produtos de grãos de abóbora com exposição direta ao sol combinada com secagem no secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado

Modelo	Prodnto	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	b		
Aproximação da Difusão	GI	0,8412	0,0064	0,1258	0,9975	0,0146
	GI/T	0,0776	0,0360	0,0386	0,9439	0,0783
	GST	0,6539	0,0252	0,500	0,9878	0,0292
	GST/T	0,3473	0,0210	0,0441	0,9580	0,0531
	FG	0,9491	0,0160	0,0460	0,9973	0,0146
	FG/T	-185,6081	0,0021	0,9954	0,8857	0,1126
Modelo	Prodnto	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	b			
Exponencial Dois Termos	GI	0,3094	0,0109	0,9887	0,0309	
	GI/T	0,0697	0,0203	0,9434	0,0787	
	GST	0,2344	0,0253	0,8467	0,1034	
	GST/T	0,1580	0,0092	0,8513	0,1000	
	FG	0,0426	0,3151	0,9904	0,0276	
	FG/T	0,0034	0,2932	0,8486	0,1296	
Modelo	Produto	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	k			
Henderson & Pabis	GI	0,9716	0,0045	0,9826	0,0384	
	GI/T	0,9535	0,0015	0,9422	0,0795	
	GST	0,8241	0,0054	0,8292	0,1091	
	GST/T	0,8166	0,0013	0,8846	0,0881	
	FG	0,9943	0,0141	0,9902	0,0278	
	FG/T	1,0307	0,0011	0,8518	0,1282	
Modelo	Produto	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	c		
Logarítmico	GI	0,9485	0,0051	0,0390	0,9925	0,0252
	GI/T	0,9201	0,0017	0,0485	0,9476	0,0757
	GST	0,8357	0,0127	0,1233	0,9288	0,0704
	GST/T	-40,6911	0,0000	41,4110	0,8083	0,1136
	FG	0,9752	0,0154	0,0282	0,9965	0,0166
	FG/T	8,7729	0,0001	-7,7903	0,9095	0,1002
Modelo	Prodnto	Parâmetro		R^2	DQM	
		k	n			
Page	GI	0,0146	0,7858	0,9891	0,0303	
	GI/T	0,0034	0,8796	0,9421	0,0796	
	GST	0,1242	0,4303	0,9726	0,0437	
	GST/T	0,0345	0,5333	0,9419	0,0625	
	FG	0,0223	0,8935	0,9915	0,0259	
	FG/T	0,0000	1,4534	0,8902	0,1104	

T = testemunha

Tem-se, nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9, os pontos experimentais das curvas de secagem dos três produtos (GI, GST e FG) com exposição direta ao sol no período diurno, combinada com o secador ACSN no período noturno ou colocada em abrigo (testemunha).

A secagem de todos os produtos iniciou-se no período noturno, com a finalidade de se observar a remoção de água, que é maior nas primeiras horas de secagem. Os valores médios dos parâmetros termodinâmicos (temperatura, velocidade do vento, pressão atmosférica e umidade relativa) do ambiente externo durante a secagem de todos os produtos nos períodos noturno e diurno, estão apresentados nas Tabelas C.1, C.2 e C.3 (Apêndice C).

Nas Tabelas C.7, C.8 e C.9 (Apêndice C) são apresentadas as médias das temperaturas internas no secador ACSN comparada com a temperatura externa durante a secagem de todos os produtos.

Na Figura 4.7 se apresenta a dispersão dos pontos experimentais do produto GI durante a secagem com exposição direta ao sol no período diurno, combinada com o secador ACSN no período noturno ou colocada em abrigo (testemunha). As temperaturas médias do ambiente externo durante o período noturno, foi de 23 °C e, no período diurno, de 31 °C. A temperatura média do ar de secagem dentro do secador ACSN, foi de 48,17 °C. O teor de água inicial das amostras foi de $33,61 \pm 0,00\%$ b.s. (25,27% b.u.) e, ao final da secagem, seu teor de água diminuiu para $5,55 \pm 0,003\%$ b.s. (5,26% b.u.).

Ao final do primeiro período de secagem noturna (900 min), pode-se notar que as amostras GI, que estavam no secador ACSN, sofreram diminuição da sua razão de água (0,1022) maior do que as amostras que estavam expostas a temperatura ambiente - testemunha (0,4196). Ao terminar a secagem noturna, os produtos foram colocados em exposição direta ao sol durante todo o dia, em que as amostras que vieram do secador ACSN continuaram a perder peso; já as amostras que vinham do abrigo tiveram sua diminuição da razão de água apenas nas três primeiras horas de secagem, aumentando o valor das suas razões de água (RX) no decorrer do dia, fato devido à rápida perda de água e posterior tentativa de equilíbrio com o meio. Ao terminar a secagem diurna (1440 min) sob exposição direta ao sol, as amostras que iniciaram a secagem no secador ACSN, a ele retornaram e continuaram a perder massa (redução de RX), enquanto as amostras que iniciaram a secagem sob a bancada (testemunha) após a exposição direta ao sol, seguiram para a bancada do laboratório (2º período noturno – até 2400 min), podendo-se observar um aumento das suas razões de água, em virtude da alta umidade relativa do ambiente; na manhã seguinte, realizou-se o mesmo procedimento da secagem do dia anterior, em que as

amostras oriundas do secador ACSN tiveram redução dos seus teores de água enquanto as vindas da bancada perderam, inicialmente, água, e a seguir tiveram suas razões de água aumentadas; na 3ª noite de secagem a testemunha apresentou o mesmo comportamento da 2ª noite e absorveu água em relação ao período diurno enquanto as amostras que estavam no secador ACSN continuaram a perder água, atingindo peso constante encerrando assim, a secagem, aos 3600 min.

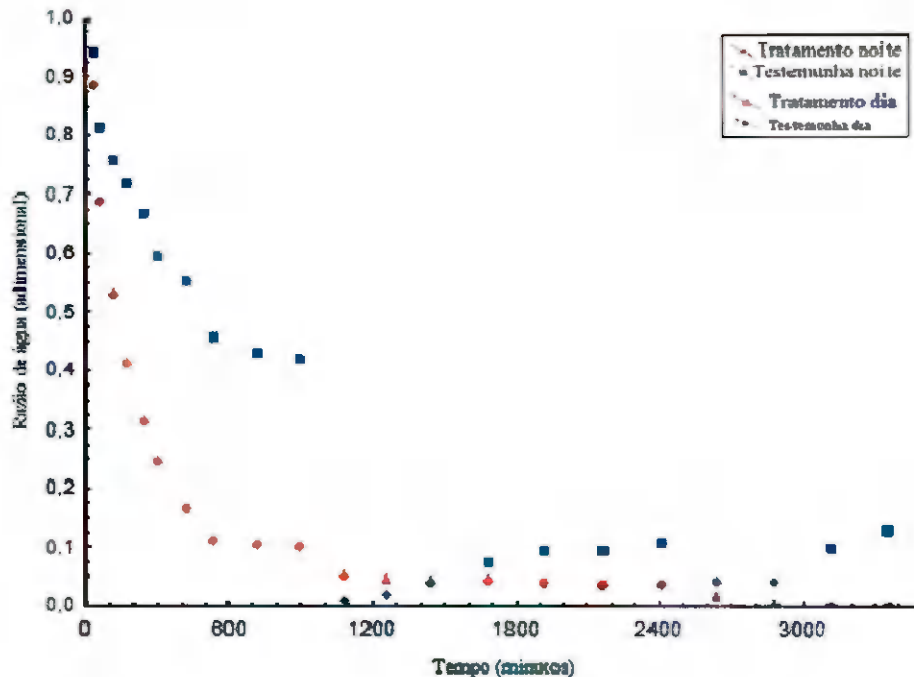


Figura 4.7 – Secagem de grãos inteiros (GI) de abóbora por exposição direta ao sol, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada no abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Figura 4.8 tem-se a cinética de secagem do produto GST por exposição direta ao sol no período diurno, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocado em abrigo (testemunha) no período noturno e diurno e em abrigo. As temperaturas médias do ambiente externo durante a noite, foi de 25 °C e, durante o dia, de 32,7 °C. A temperatura média do ar de secagem dentro do secador ACSN, foi de 54,4 °C; o teor de água inicial das amostras foi de $14,57 \pm 0,001\%$ b.s. (12,72% b.u.) e, ao final da secagem, seu teor de água médio diminuiu para $1,53 \pm 0,002\%$ b.s. (1,51% b.u.).

Ao saírem do secador ACSN (900 min), as amostras de GST tiveram, no primeiro período de secagem noturna, o valor da sua razão de água reduzido para 0,1504, enquanto

as testemunhas que estavam na bancada do laboratório, tiveram sua razão de água reduzida para 0,4091. O mesmo comportamento ocorrido para a cinética de secagem de GI no 1º dia de secagem diurna (exposição ao sol), de 990 até 1440 min, foi observado na secagem de GST; no 2º período de secagem noturna as amostras GST atingiram peso constante dentro do secador ACSN (1680 min).

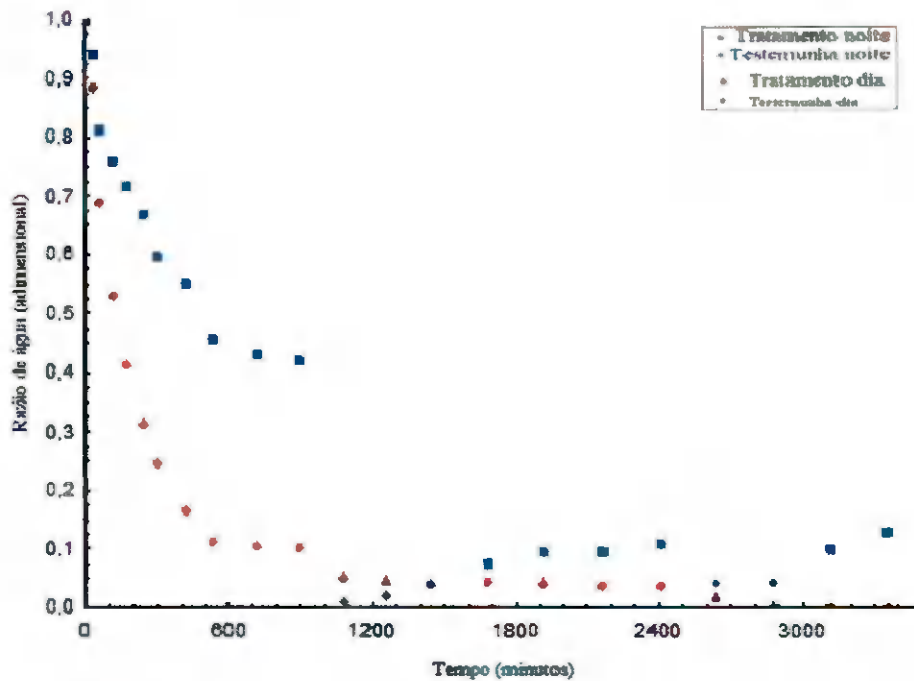


Figura 4.8 – Secagem de grãos de abóbora sem tegumento (GST) por exposição direta ao sol, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados no abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Figura 4.9 se acha a cinética de secagem das amostras FG por exposição direta ao sol no período diurno e secadas no secador ACSN ou colocadas em abrigo (testemunha), no período noturno. As temperaturas médias do ambiente externo no período noturno foram de 24,7 °C e, no período diurno, de 29 °C. A temperatura média do ar de secagem dentro do secador ACSN foi de 51,62 °C. O teor de água inicial das amostras foi de $29,29 \pm 0,003\%$ b.s. (22,65% b.u.) e, ao final da secagem, seu teor de água diminuiu para $3,66 \pm 0,003\%$ b.s. (3,53% b.u.).

As amostras de FG, ao saírem do secador ACSN (900 min) no primeiro período de secagem noturna, tiveram o valor da razão de água (RX) reduzido para 0,0257, enquanto as testemunhas que estavam na bancada do laboratório, tiveram RX diminuído para 0,6402. O

mesmo comportamento observado na cinética de secagem de GI e GST para o primeiro dia de secagem por exposição direta ao sol, ocorreu para a secagem de FG, em relação à testemunha. Para as amostras que saíram do secador ACSN nas três primeiras horas expostas ao sol, seus valores de razão de água aumentaram devido à alta umidade do ar, voltando a diminuir no decorrer do dia; no 2º período de secagem noturna as amostras FG atingiram peso constante dentro do secador ACSN, repetindo o mesmo comportamento do produto GST.

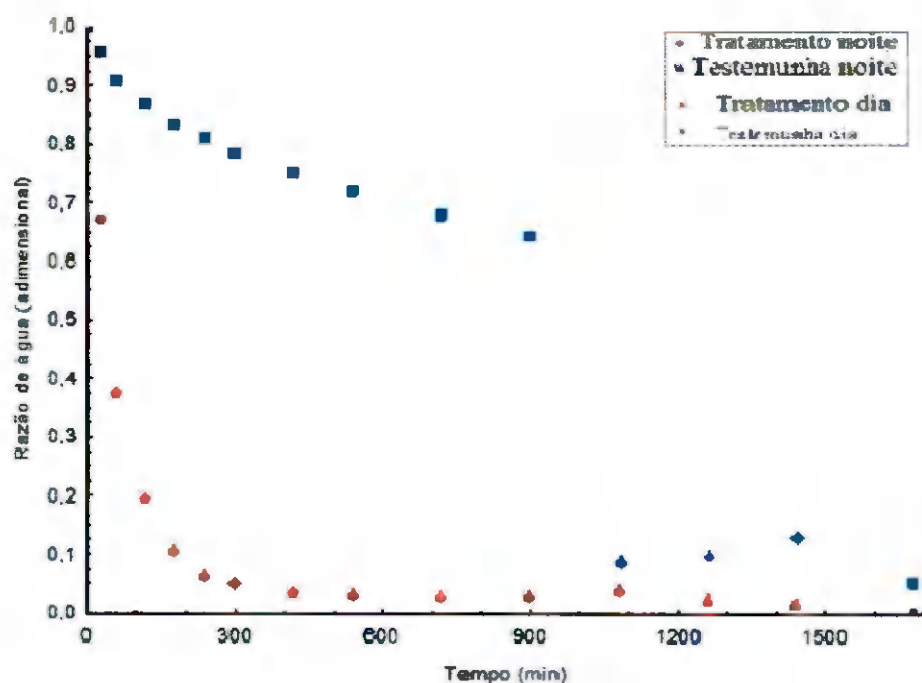


Figura 4.9 – Secagem de farinha de grãos (FG) de abóbora por exposição direta ao sol, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada ao abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Tabela 4.5 tem-se os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, GST e FG, referentes ao primeiro período de secagem no secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas sob bancada (testemunha) no período noturno.

Tabela 4.5 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na primeira etapa da secagem (1ª noite) no secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha) no primeiro período noturno

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	33,61	8,59	74,44	30,87	17,77	42,44
GST	14,57	3,50	75,98	13,88	7,33	47,19
FG	29,29	4,27	85,42	28,81	21,09	26,80

Observa-se que as amostras GI iniciaram a secagem no secador ACSN no período noturno com um teor de água de 33,61% (b.s.) e ao final tinham 8,59% (b.s.) de teor de água enquanto as amostras neste mesmo período colocadas sob a bancada do laboratório (testemunha) tiveram seu teor de água inicial reduzido de um valor médio de 30,87% (b.s.) para 17,77%, indicando que as amostras no secador ACSN sofreram perda no teor de água, de 74,44%, enquanto a testemunha teve apenas uma perda de água, de apenas 42,44%. Desta forma, ficou demonstrada a eficiência do secador ACSN em relação à testemunha. As amostras GST para o tratamento, iniciaram a secagem noturna no secador ACSN com o teor de água em 14,57% (b.s.), o qual foi reduzido, ao final do período, para 3,50% (b.s.); ao passo que as amostras testemunha, que estavam no abrigo, tinham um teor de água inicial de 13,88% (b.s.), passaram a 7,33% (b.s.) no fim do mesmo período, comportamento semelhante ao verificado para as amostras GI, em que as amostras GST também perderam mais água quando colocadas no secador ACSN (75,98%) em comparação com as amostras colocadas nas bancadas do laboratório (47,19%). Para as amostras do tratamento FG, o teor de água inicial médio era de 29,29% (b.s.) sendo que, ao final da secagem noturna, estava em 4,27% (b.s.); já as amostras testemunha se encontravam com valores de teor de água inicial de 28,81% (b.s.) e, ao fim do mesmo período, apresentaram teor de água médio de 21,09% (b.s.).

Constata-se que todas as amostras submetidas a secagem no secador ACSN tiveram perda percentual no teor de água superior a 70% enquanto as amostras testemunha colocadas em abrigo, tiveram o teor de água reduzido abaixo de 50%, ficando evidente a maior capacidade de retirar água das amostras no secador ACSN. Esta superioridade no secador ACSN se deve principalmente à alta temperatura atingida dentro do mesmo, que

variou entre 40-63 °C enquanto a temperatura neste mesmo período no ambiente variou entre 22-31 °C. A retirada do tegumento (GST) e a moagem (FG) dos grãos de abóbora influenciaram diretamente na secagem, havendo nessas amostras, uma redução maior no teor de água inicial provocado, provavelmente, pela maior área superficial das amostras FG e do componente fibroso do tegumento eliminado, o qual é responsável pela redução do processo de transferência de calor e massa.

Observa-se que, após esta primeira etapa de secagem, as amostras GST e FG submetidas ao secador ACSN estavam com teor de água final inferior a 6% que, geralmente, é o teor de água para produtos oleaginosos considerado seguro para se armazenar; já para as testemunhas, nenhuma amostra ficou com valor inferior a 6%. GALLALI et al. (2000), estudaram a preservação de frutas e vegetais fazendo um comparativo entre secagem natural (exposição direta ao sol), com a solar (secador solar), onde a secagem solar de uvas resultou em um teor de água final menor do que a secagem natural (2,95% e 12,1%, respectivamente).

Vários pesquisadores avaliaram a secagem de produtos agrícolas utilizando energia solar. MIDILLI & KUCUK (2003), secando grãos de pistache sob exposição direta ao sol com uma temperatura ambiente variando de 21 a 32 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 75%, verificaram uma perda de água de aproximadamente 73,8%, reduzindo o teor de água inicial de 29% para 7,6% no final da secagem,. Este percentual de perda de água é próximo ao avaliado no presente trabalho para a amostra GI (tratamento) secada na primeira noite, no secador ACSN. Tempos superiores de secagem ao das amostras dos tratamentos, verificados na primeira noite no secador ACSN, suficiente para atingir teores de água inferiores a 10%, foram observados por MAGALHÃES (1991), na secagem de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Sweick. sob exposição direta ao sol, com temperatura variando entre 21 a 33 °C, sendo necessários 2 dias para que as sementes atingissem um teor de água final de 9,8%; e de 4 dias quando colocadas à sombra, em uma faixa de temperatura entre 20 a 32 °C, para obterem um teor de água final de 10,6%,. FERNANDES & ROSOLEM (1998), no intuito de verificar o efeito da secagem ao sol nos grãos de amendoim, conseguiram reduzir teores de água inicial entre 24,7% a 35,9%, até atingir 10% de teor de água.

ALMEIDA et al. (1999), verificaram que as sementes de gergelim necessitaram de 35 dias de exposição direta ao sol para reduzir o teor de água inicial de 25,15% (b.u.) para 6% (b.u.), teor recomendado para o armazenamento de sementes oleaginosas.

DANTAS (2007), secando amêndoas de jaca em exposição direta ao sol e em concomitância com um secador semelhante noturno, verificou que as amostras, tidas como tratamento, apresentaram uma taxa de secagem mais rápida do que as das testemunhas no período noturno e o inverso ocorreu no período diurno; o autor observou, ainda, que a retirada do endocarpo e o corte da amêndoa influenciaram diretamente na secagem com diminuição das razões de água em tempos semelhantes, fato também constatado no presente trabalho.

Na Tabela 4.6 tem-se os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, GST e FG, referentes a segunda etapa de secagem, ocorrida durante o período diurno sob exposição direta ao sol, após as amostras terem passado a noite no secador ACSN (tratamento) e sob a bancada (testemunha) do laboratório. Como as amostras ainda não tinham atingindo massa constante na primeira etapa, deu-se continuidade ao processo de secagem. Observa-se que as amostras dos tratamentos perderam menos água do que as amostras testemunhas em razão de, na etapa anterior, terem perdido mais água e daí o processo se torna mais lento. Nota-se que a amostra GI (tratamento) ainda permaneceu ao final desta etapa com teor de água superior a 6%, entretanto, todas as amostras testemunhas atingiram valores inferiores a este nível.

Tabela 4.6 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na segunda etapa de secagem: amostras colocadas sob exposição direta ao sol (período diurno), oriundas do secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha)

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	8,59	6,99	18,63	17,77	5,41	69,56
GST	3,50	1,71	51,14	7,33	2,14	70,80
FG	4,27	4,07	4,68	21,09	4,56	78,38

Na Tabela 4.7 estão os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, GST e FG, referentes à terceira etapa de secagem ocorrida durante o período noturno no secador ACSN (tratamento) e em bancada (testemunha) do laboratório. Verifica-se que todas as amostras tratamento no secador ACSN (tratamento) continuaram a perder água,

etapa em que as amostras GST e FG (tratamento) atingiram massa constante dando como concluída a cinética de secagem com teores de água final de 1,54 e 3,61% b.s.. Com relação às amostras GI, GST e FG testemunhas, observou-se que as mesmas absorveram água durante a noite.

Tabela 4.7 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na terceira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno, oriundas da secagem por exposição direta ao sol

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	6,99	6,78	3,00	5,41	9,21	-
GST	1,71	1,54	9,94	2,14	3,81	-
FG	4,07	3,61	11,30	4,56	7,33	-

Na Tabela 4.8 tem-se os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, referentes a quarta e quinta etapas de secagem, ocorridas durante o período diurno por exposição direta ao sol e no período noturno no secador ACSN (tratamento) e sob bancada (testemunha) do laboratório, respectivamente. Na quarta etapa a amostra GI do tratamento continuou a perder água, atingindo o percentual de perda de água de 13,57% e a testemunha voltou a perder água, atingindo o percentual de 36,05%; já na quinta etapa de secagem a amostra GI do tratamento perdeu 2,56%, atingindo massa constante e a amostra GI testemunha voltou a absorver água no período noturno.

Tabela 4.8 - Teores de água inicial e final das amostras GI na quarta (secagem por exposição direta ao sol – período diurno) e quinta (secador ACSN - tratamento e abrigo - testemunha) etapas de secagem

Etapa	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
Quarta (secador solar)	6,78	5,86	13,57	9,21	5,89	36,05
Quinta (secador ACSN)	5,86	5,71	2,56	5,89	8,31	-

Resumindo, o comportamento das amostras tratamento GI, GST e FG durante a secagem observou-se que apenas uma noite de secagem no secador ACSN foi suficiente para atingir teor de água inferior a 6% para as amostras GST e FG, e para a mostra GI foram necessários duas noites no secador ACSN e dois dias sob exposição direta ao sol, para atingir este nível. Para as amostras testemunha apenas um dia sob exposição direta ao sol foi suficiente para atingir teor de água menor que 6%.

As curvas de cinética de secagem foram dadas como finalizadas para as amostras GI, GST e FG, combinando os dois sistemas (ACSN e exposição direta ao sol) em 3360, 1680 e 1680 min, respectivamente.

4.2.2 - Secagem em secador solar combinada com o secador ACSN ou em abrigo no período noturno

Nas Figuras D.4 a D.6 (Apêndice D) tem-se a representação gráfica dos dados experimentais das cinéticas de secagem dos três produtos (GI, GST e FG), com secagem em secador solar combinada com o secador ACSN ou no abrigo no período noturno, e as curvas ajustadas pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page.

Na Tabela 4.9 se mostram os parâmetros de ajuste dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page, aos dados das cinéticas de secagem dos três produtos (GI, GST, FG) no secador solar de uso diurno, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado no período noturno, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM); o “T” colocado após a identificação de cada tratamento indica

a testemunha, ou seja, amostra que durante a noite foi mantida fora do secador ACSN, em ambiente abrigado.

O modelo Aproximação da Difusão foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das diferentes amostras, apresentando os maiores valores dos coeficientes de determinação superiores a 0,74 e os menores desvios quadráticos médios, exceto para a amostra GST/T, que foi o modelo Logarítmico, podendo esses modelos serem usados na predição das curvas de cinética de secagem das amostras. Constata-se, para a amostra FG/T, que todos os modelos resultaram em ajustes com valores de R^2 baixos, variando entre 0,6345 e 0,7437 significando que, como a secagem foi feita em duas etapas sob a bancada do laboratório e no secador solar, interferiu diretamente no resultado dos ajustes em virtude dessas amostras terem mudado abruptamente a quantidade de água evaporada, quando passou de uma etapa para outra. Observa-se que os demais modelos (Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page) também podem ser usados na estimativa das curvas de secagem em razão de terem apresentado $R^2 > 0,78$, exceto para a amostra FG/T. BAHNASAWY & SHENANA (2004), obtiveram coeficiente de determinação superior a 0,97 utilizando o modelo ARPPE, secando cereais fermentados em secador solar.

Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética de secagem dos produtos de grãos de abóbora utilizando o secador solar de uso diurno combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados em ambiente abrigado

Modelo	Produto	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	b		
Aproximação da Difusão	GI	0,7369	0,0069	0,1294	0,9962	0,0179
	GI/T	-145,3440	0,0023	0,9954	0,9317	0,0942
	GST	0,6978	0,0247	0,0575	0,9838	0,0347
	GST/T	0,1263	0,0892	0,0112	0,8189	0,1213
	FG	0,9303	0,0110	0,0983	0,9994	0,0077
	FG/T	-44,0226	0,0022	0,9733	0,7437	0,1611
Modelo	Produto	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	b			
Exponencial Dois Termos	GI	0,2655	0,0108	0,9773	0,0437	
	GI/T	0,0001	14,2917	0,9229	0,1001	
	GST	0,2456	0,0299	0,8855	0,0922	
	GST/T	0,0693	0,0161	0,7977	0,1282	
	FG	0,0642	0,1358	0,9950	0,0216	
	FG/T	0,0003	2,7891	0,6345	0,1924	
Modelo	Produto	Parâmetro		R^2	DQM	
		a	k			
Henderson & Pabis	GI	0,9406	0,0036	0,9651	0,0542	
	GI/T	1,0114	0,0013	0,9231	0,1000	
	GST	0,8997	0,0085	0,8633	0,1007	
	GST/T	0,9071	0,0011	0,8079	0,1249	
	FG	0,9831	0,0093	0,9942	0,0235	
	FG/T	1,0766	0,0009	0,6551	0,1869	
Modelo	Produto	Parâmetro			R^2	DQM
		a	k	e		
Logarítmico	GI	0,9122	0,0045	0,0608	0,9853	0,0352
	GI/T	1,0091	0,0013	0,0030	0,9231	0,1000
	GST	0,8665	0,0145	0,1082	0,9443	0,0643
	GST/T	9,1259	0,0001	-8,2567	0,8459	0,1119
	FG	0,9630	0,0102	0,0306	0,9987	0,0110
	FG/T	4,7106	0,0002	-3,6344	0,7402	0,1622
Modelo	Produto	Parâmetro		R^2	DQM	
		k	n			
Page	GI	0,0219	0,6857	0,9859	0,0344	
	GI/T	0,0002	1,2767	0,9303	0,0952	
	GST	0,1220	0,4536	0,9672	0,0493	
	GST/T	0,0046	0,8014	0,7873	0,1314	
	FG	0,0157	0,8922	0,9958	0,0199	
	FG/T	0,0001	1,2586	0,6938	0,1761	

T = testemunha

Nas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12, tem-se os pontos experimentais das curvas de secagem das amostras GI, GST e FG, respectivamente, em secador solar no período diurno, combinada com o secador ACSN ou colocada em abrigo (testemunha) no período noturno. A secagem dos produtos, tal como na exposição direta ao sol, também se iniciou no período noturno, com a finalidade de observar a remoção de água, que é maior nas primeiras horas de secagem. Os valores médios dos parâmetros termodinâmicos (temperatura, velocidade do vento, pressão atmosférica e umidade relativa) do ambiente externo, durante a secagem de todos os produtos nos períodos noturno e diurno, estão apresentados nas Tabelas C.4, C.5 e C.6 (Apêndice C).

Nas Tabelas C.10, C.11 e C.12 (Apêndice C) tem-se as médias das temperaturas no interior do secador ACSN, comparadas com a temperatura externa durante a secagem de todos os produtos

Na Figura 4.10 observa-se a cinética de secagem da amostra GI no decorrer da secagem no secador ACSN, no período noturno ou colocada em abrigo (testemunha) combinada com a secagem em secador solar no período diurno. As temperaturas médias do ambiente foram de 25,5 °C e de 32 °C, nos períodos noturno e diurno, respectivamente. As temperaturas médias do ar de secagem dentro do secador ACSN foram de 47 °C e no secador solar de uso diurno, de 57,7 °C. O teor de água inicial das amostras foi de 33,30 ± 0,005% b.s. (24,98% b.u.) e ao final da secagem seu teor de água diminuiu para 2,40 ± 0,005% b.s. (2,84% b.u.).

Quando as amostras foram retiradas do secador ACSN no final do primeiro período de secagem noturna (840 min), nota-se que as amostras GI tiveram o valor da razão de água diminuído para 0,1607, sendo redução esta maior que para as amostras expostas a temperatura ambiente (testemunha) neste mesmo período, que teve seu valor médio de RX reduzido para 0,5129.

Ao terminar a secagem noturna, os produtos GI foram colocados no secador solar durante todo o dia, no qual as amostras que vieram do secador ACSN continuaram a perder massa; já as amostras que provenientes do abrigo, tiveram sua diminuição da razão de água apenas nas três primeiras horas de secagem, aumentando o valor das suas razões de água (RX) no decorrer do dia, fato ocorrido devido à rápida perda de água e posterior tentativa de equilíbrio com o meio. Ao terminar a secagem diurna (1380 min) no secador solar as amostras que iniciaram a secagem no secador ACSN, retornaram a este, onde continuaram a perder massa (redução de RX), e as amostras que iniciaram a secagem sob a bancada (testemunha) após a secagem solar, seguiram para a bancada do laboratório (2º período

noturno – até 2340 min), podendo-se observar redução de RX nas 4 primeiras horas e logo após um aumento das suas razões de água, em virtude da alta umidade relativa do ambiente; na manhã seguinte, realizou-se o mesmo procedimento da secagem do dia anterior, quando então as amostras oriundas do secador ACSN e da bancada tiveram redução das razões de água; na 3ª noite de secagem a testemunha e as amostras que estavam no secador ACSN continuaram a perder água, atingindo peso constante e encerrando, assim, a secagem, aos 3060 min.

No decorrer da secagem as amostras GI tiveram comportamento semelhante ao observado para o mesmo produto no tratamento combinando exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN.

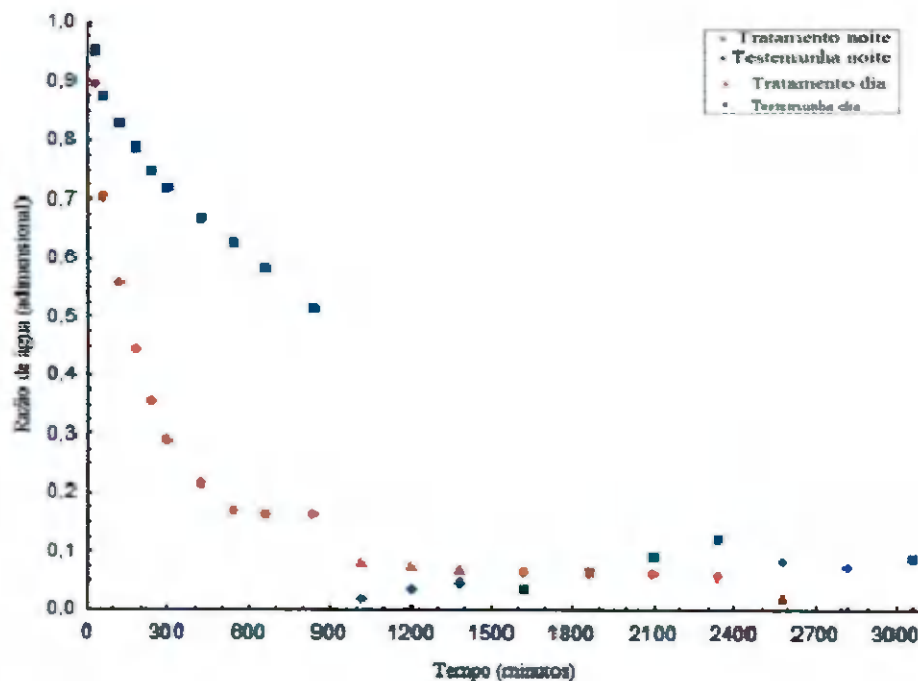


Figura 4.10 – Secagem de grãos inteiros (GI) de abóbora em secador solar, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada no abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Figura 4.11 tem-se a cinética de secagem do produto GST, no decorrer da secagem no secador ACSN ou colocado em abrigo (testemunha) no período noturno, combinada com a secagem no secador solar no período diurno. As temperaturas médias do ambiente externo no período noturno foi de 22,7 °C e no período diurno, de 30,5 °C; as temperaturas médias do ar de secagem dentro do secador ACSN no período noturno foram de 53,2 °C e no secador solar no período diurno, de 51,7 °C; o teor de água inicial das

amostras foi de $15,22 \pm 0,002\%$ em b.s. (13,21% b.u.) e ao final da secagem seu teor de água diminuiu para $2,40 \pm 0,002\%$ b.s. (2,34% b.u.).

As amostras GST, ao saírem do secador ACSN (900 min) no primeiro período de secagem noturna, tiveram o valor da razão de água (RX) reduzido para 0,1323 enquanto nas testemunhas que estavam na bancada do laboratório, o valor de RX foi reduzido apenas para apenas 0,5815; as amostras GST tiveram o mesmo comportamento na sua cinética de secagem em comparação com o tratamento em exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN, com o tempo de secagem menor cerca de 1440 min.

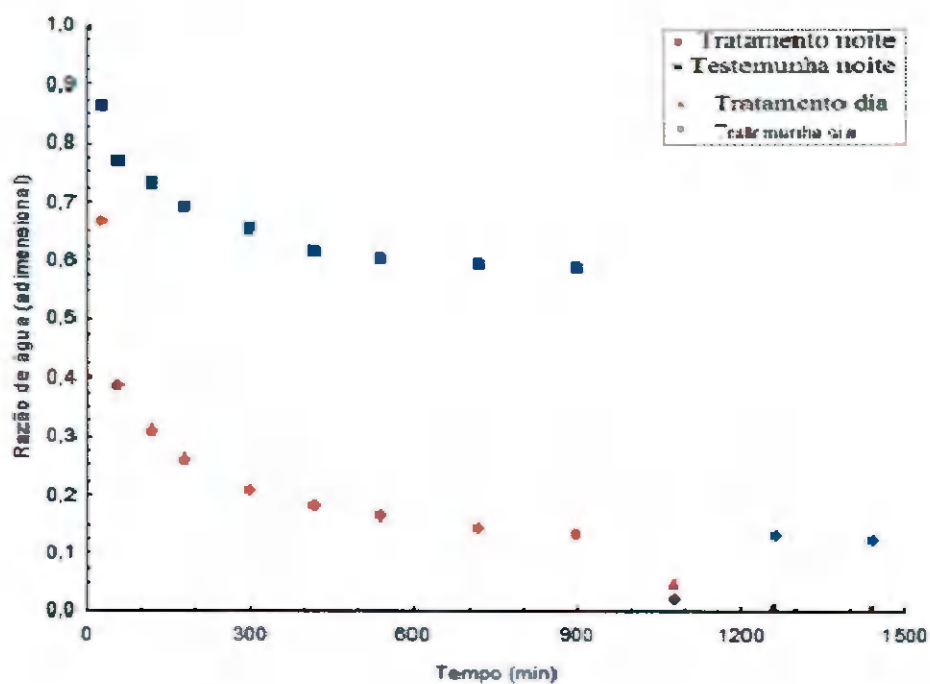


Figura 4.11 – Secagem de grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocados no abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Figura 4.12 se encontra a cinética de secagem do produto FG, no decorrer da secagem no secador ACSN ou colocado em abrigo (testemunha) no período noturno combinada com a secagem no secador solar no período diurno. As temperaturas médias do ambiente externo no período noturno foram de 23 °C e, no período diurno foi de 29 °C ; as temperaturas médias do ar de secagem dentro do secador ACSN foram de $52,4\text{ °C}$ e no secador solar diurno, de $51,5\text{ °C}$; o teor de água inicial das amostras foi de $39,77 \pm 0,01\%$

b.s. (28,45% b.u.) e, ao final da secagem, seu teor de água diminuiu para $2,76 \pm 0,002\%$ b.s. (3,38% b.u.).

Ao saírem do secador ACSN (900 min), no primeiro período de secagem noturna, as amostras FG, tiveram um valor da sua razão de água (RX) reduzido para 0,0400 enquanto nas testemunhas que estavam na baneada do laboratório, o valor de RX diminuiu para 0,7863; ao serem colocadas no secador solar de uso diurno, na manhã seguinte, estas continuaram a perder peso até massa constante encerrando, desta forma, a secagem em 1260 min.

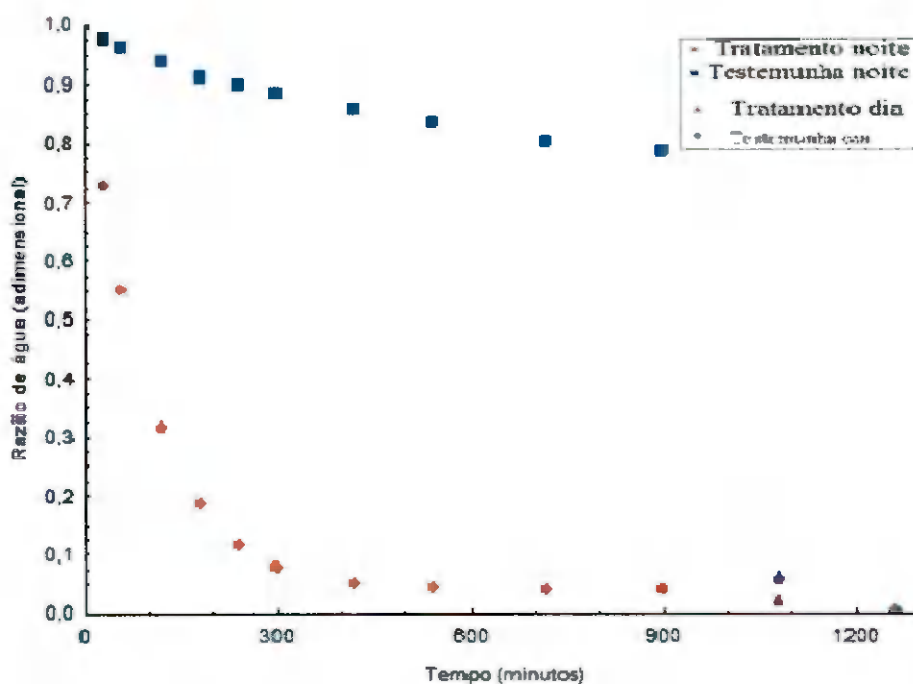


Figura 4.12 – Secagem de farinha de grãos (FG) de abóbora em secador solar, combinada com a secagem no secador ACSN ou colocada ao abrigo (testemunha) durante o período noturno

Na Tabela 4.10 se tem os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, GST e FG, referentes ao primeiro período de secagem no secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas sob bancada (testemunha) no período noturno.

As amostras GI, tanto para o tratamento como para a testemunha, iniciaram a secagem com teores de água iniciais próximos (33,30 e 30,64% b.s., respectivamente) sendo que, ao final do período noturno, os teores de água eram bem distintos, 7,37 e 17,10% b.s., respectivamente, resultando em percentuais de perda de água de 77,87 (tratamento) e 44,19% (testemunha). Este comportamento indica que o secador ACSN foi

mais eficiente na retirada de água das amostras do que quando as mesmas eram expostas às condições ambientais do laboratório, o que se deve sobretudo à temperatura média dentro do secador que foi de 47 °C, enquanto a do ambiente era de apenas 25,5 °C. EL-BELTAGY et al. (2007) verificaram, dentro de um secador solar de aquecimento indireto durante a secagem de morangos, temperatura máxima do ar de secagem de 46,8 °C enquanto no presente trabalho a média no secador ACSN foi próxima a este valor. DANTAS (2007) trabalhando também com o secador ACSN mas sem o sistema de circulação forçada de água, obteve a temperatura máxima dentro da câmara de secagem de apenas 47 °C, significando que o sistema de circulação aumentou a temperatura média.

Tempos superiores de secagem foram necessários para a secagem de café utilizando-se um secador com energia solar para reduzir o teor de água dos grãos de 54,8% para valores inferiores a 13% b.u., realizada em 2 dias, com temperaturas de até 70,4 °C, ao invés dos 5 a 7 dias utilizados na secagem direta ao sol (MWITHIGA & KIGO, 2006).

Os teores iniciais de água para o tratamento (secador ACSN) e a testemunha (abrigo) nas amostras GST se iniciaram com 15,22 e 13,91% b.s., respectivamente, e foram reduzidos, ao final do período noturno, para 4,10 e 9,34% b.s, demonstrando percentuais de perda de água de 73,06 (tratamento) e 32,85% (testemunha), evidenciando mais uma vez a eficácia do secador ACSN.

Para as amostras do tratamento FG, o teor de água inicial se encontrava praticamente igual ao das amostras testemunha, 39,77 e 40,58% b.s., respectivamente, sendo que, ao final da secagem do período noturno, as amostras do tratamento estavam com teor de água em torno de 4,81% b.s. e a testemunha com 32,50% b.s. Os percentuais de perda de água do tratamento e da testemunha das amostras FG no final do período noturno foram de 87,93 e de 19,91% b.s.

Constata-se que a retirada do tegumento na amostra GST e a extração do tegumento e a moagem para a amostra FG, influenciaram diretamente na secagem, proporcionando o aumento da transferência de calor e massa e, conseqüentemente, retirada da água com maior facilidade.

Verifica-se que todas as amostras submetidas a secagem no secador ACSN sofreram perda percentual no teor de água superior a 70%, enquanto as amostras testemunhas colocadas em abrigo tiveram o teor de água reduzido abaixo de 50%, ficando evidente a maior capacidade de retirar água das amostras no secador ACSN. Apesar da baixa perda de água das testemunhas, ocorreu o processo de dessorção em razão das condições favoráveis de temperatura e umidade relativa do ambiente, o que nem sempre é

conseguido, como foi evidenciado por PUERTAS (2005) ao ter verificado, para a maioria das amostras de resíduos industriais de azeite de oliva (*orujo*, *alperujo* e *alpechín*), que houve ganho da umidade nos períodos noturnos.

Observa-se que, após esta primeira etapa de secagem, as amostras GST e FG submetidas ao secador ACSN estavam com teor de água final inferior a 6% que é, geralmente, o teor de água para produtos oleaginosos considerado seguro para se armazenar; já para a amostra GI e para as testemunhas, nenhuma amostra ficou com valor inferior a 6%.

Os teores de água iniciais e finais nesta etapa de secagem no período noturno foram semelhantes aos da mesma etapa realizada com o lote de amostras que em seguida foram submetidas a secagem por exposição direta ao sol (Tabela 4.5).

Tabela 4.10 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na primeira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	33,30	7,37	77,87	30,64	17,10	44,19
GST	15,22	4,10	73,06	13,91	9,34	32,85
FG	39,77	4,81	87,93	40,58	32,50	19,91

Na Tabela 4.11 tem-se os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, GST e FG, referentes à segunda etapa de secagem, ocorrida durante o período diurno no secador solar, após as amostras terem passado a noite no secador ACSN (tratamento) e sob bancada (testemunha) do laboratório.

Verifica-se que, como as amostras dos tratamentos iniciaram a secagem no secador solar com teores de água inferiores a 8% os percentuais de perda de água foram inferiores a 40% em razão de, neste nível, a superfície do produto já não se encontrar coberta por uma camada fina de água e a resistência interna ao transporte de água se tornar maior que a resistência externa, diminuindo acentuadamente a perda de água, refletindo diretamente também nos valores de razão de água. Para as amostras testemunha, como o percentual de

perda de água na etapa anterior foi pequeno nesta etapa (secagem em secador solar) o percentual de perda foi grande, sendo superior a 90% em todas as amostras.

Constata-se que, após esta etapa, todas as amostras (tratamento e testemunha) ficaram com teores de água inferiores a 6%. Entretanto, como as amostras GI e GST não tinham atingido massa constante deu-se prosseguimento com a cinética de secagem para referidas amostras e se finalizou a secagem das amostras FG.

Tabela 4.11 - Teores de água inicial e final das amostras GI, GST e FG na segunda etapa de secagem: amostras colocadas no secador solar (período diurno), oriundas do secador ACSN (tratamento) e das amostras colocadas em abrigo (testemunha)

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	7,37	4,54	38,40	17,10	1,47	91,40
GST	4,10	2,40	41,46	9,34	1,65	82,33
FG	4,81	3,35	30,35	32,50	2,76	91,51

Na Tabela 4.12 tem-se os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI e GST, referentes à terceira etapa de secagem, ocorrida durante o período noturno, no secador ACSN (tratamento) e sob bancada (testemunha) do laboratório. Verifica-se que a amostra GI no secador ACSN (tratamento) continuou a perder água mas de forma lenta, atingindo o percentual de apenas 7,71% após uma noite inteira neste secador, enquanto para a amostra GST (tratamento) se confirmou que a mesma tinha atingido massa constante dando, como concluída, a cinética de secagem com teor de água final de 2,40% b.s.. Com relação às amostras GI e GST testemunhas, observou-se que as mesmas absorveram água durante a noite.

Tabela 4.12 - Teores de água inicial e final das amostras GI e GST na terceira etapa de secagem: amostras colocadas no secador ACSN (tratamento) e em abrigo (testemunha) no período noturno, oriundas do secador solar

Produto	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
GI	4,54	4,19	7,71	1,47	6,19	-
GST	2,40	2,40	-	1,65	2,99	-

Na Tabela 4.13 se encontram os teores de água no início e no final das secagens das amostras GI, referentes às quarta e quinta etapas de secagem, ocorridas durante o período diurno no secador solar e no período noturno no secador ACSN (tratamento) e sob bancada (testemunha) do laboratório, respectivamente. Observa-se, na quarta etapa, que a amostra GI do tratamento continuou a perder água atingindo um percentual de perda de água de 41,52% e a testemunha voltou a perder água, atingindo o percentual de 85,46%; já na quinta etapa de secagem a amostra GI do tratamento perdeu 2,04% atingindo massa constante e a amostra GI testemunha voltou a absorver água no período noturno.

Tabela 4.13 - Teores de água inicial e final das amostras GI na quarta (secador solar – período diurno) e quinta (secador ACSN - tratamento e abrigo - testemunha) etapas de secagem

Etapa	Teor de água (% b.s.)					
	Tratamento			Testemunha		
	Inicial	Final	Perda de água (%)	Inicial	Final	Perda de água (%)
Quarta (secador solar)	4,19	2,45	41,52	6,19	0,90	85,46
Quinta (secador ACSN)	2,45	2,40	2,04	0,90	2,82	-

Observou-se, em relação ao comportamento das amostras tratamento GI, GST e FG durante a secagem, que apenas uma noite de secagem no secador ACSN foi suficiente para atingir teor de água inferior a 6% para as amostras GST e FG, semelhante ao experimento realizado da combinação do secador ACSN e por exposição direta ao sol; para a amostra

GI, foram necessários uma noite no secador ACSN e um dia no secador solar, para atingir este nível, sendo metade do tempo necessário para a combinação secador ACSN e exposição direta ao sol. Verifica-se, então, que a combinação dos sistemas de secagem pode ajudar a diminuir o tempo de secagem das amostras; para as amostras testemunha apenas um dia no secador solar foi suficiente para atingir teor de água menor que 6%.

As curvas de cinética de secagem foram dadas como finalizadas para as amostras GI, GST e FG, combinando os dois sistemas (ACSN e secador solar) em 3060, 1440 e 1260 min, respectivamente, tempos esses foram inferiores aos determinados para a secagem combinada do secador ACSN e exposição direta ao sol.

BRAGA et al. (2005) também verificaram redução no tempo de secagem ao utilizarem um secador com aquecimento solar, tipo barçaça, com sistema mecânico de descarregamento, na secagem de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), os quais constataram em comparação com o sistema tradicional (secagem em terreiro), reduções de: 83% no tempo de secagem, 76% na área necessária à operação e 95% no tempo de descarregamento do secador e enchimento do silo respectivo.

Sistemas assistidos por energia solar foram avaliados por SANTOS (1980) na secagem de soja e por SANTOS (2004) na secagem de milho, em silo com pré-aquecimento do ar através de um coletor solar e com aquecimento complementar com fonte energética convencional (GLP ou lenha) obtendo-se uma economia de 31% na energia demandada para o aquecimento de ar, demonstrando, com isto, com isso, a viabilidade econômica da conversão de sistemas que utilizam GLP como fonte energética para sistemas com energia solar.

DANTAS (2007) utilizou secadores à base de energia solar para secar amêndoas de jaca até teor de água inferior a 13% (b.u.) em cerca de 2160 min.

4.2.3 – Comparação entre a secagem em estufa e a secagem no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol

Nas Figuras 4.13, 4.14 e 4.15 estão representadas as curvas de secagem em estufa, para as amostras GI, GST e FG, com ajuste pelo modelo Aproximação da Difusão, comparadas com as amostras secadas no secador ACSN combinado com exposição direta ao sol.

As amostras GI e GST tiveram, nas primeiras horas (90 minutos) da secagem noturna (ACSN) desempenho semelhante ao da secagem em estufa na temperatura de 40

°C, enquanto a amostra FG obteve desempenho semelhante a da secagem entre 40 e 50 °C, nos primeiros 180 minutos. DANTAS (2007), secando amêndoas de jaca com diversos tipos de preparo, também observou que as secagens em período noturno em secador ACSN corresponderam às primeiras horas de ensaio na secagem em estufa, nas temperaturas de 40 e 50 °C.

Com base nesses resultados, constata-se que a possibilidade, durante o período de chuvas em que a secagem com energia solar fica comprometida, de se fazer uso de estufa na secagem dos grãos de abóbora obtendo-se comportamento semelhante.

Combinações usando diferentes tipos de secagem e fontes de energia foi avaliado por BORSATO et al. (1999) na secagem de sementes de milho, inicialmente usando um secador comercial, com diferentes temperaturas do ar de secagem (60, 75 e 90 °C), e posteriormente realizando uma secagem complementar diretamente ao sol, em sacos de aniagem, até as sementes atingirem teor de água final próximo de 13%.

Comparação entre a secagem natural em terreiro de cimento e a secagem artificial em estufa a 40, 50 e 60 °C e fluxo de ar variando entre 0,40 e 0,49 m³/min, foi avaliada por ARAÚJO et al. (1984) sobre a qualidade das vagens de sementes de feijão, cultivar 'Costa Rica' que demonstraram que não houve efeito da secagem a 40 °C (estufa), sobre a germinação e o vigor das sementes.

Em alguns casos a secagem utilizando energia solar não é suficiente para atingir o teor de água desejado, o que não foi necessário no presente trabalho. Este tipo de problemática foi verificado por MORAES NETO et al. (1998) ao secarem bananas (*Musa* sp.) maduras por exposição direta ao sol, sendo conveniente fazer uma secagem adicional em estufa a 60 °C a fim de atingir o ponto ideal para produção de farinha.

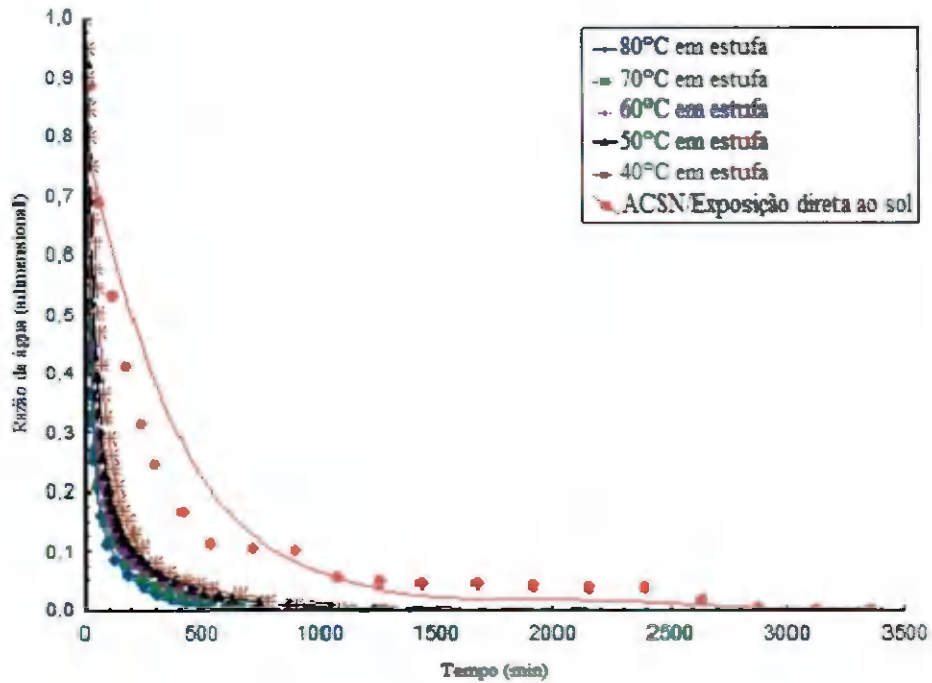


Figura 4.13 – Curvas de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

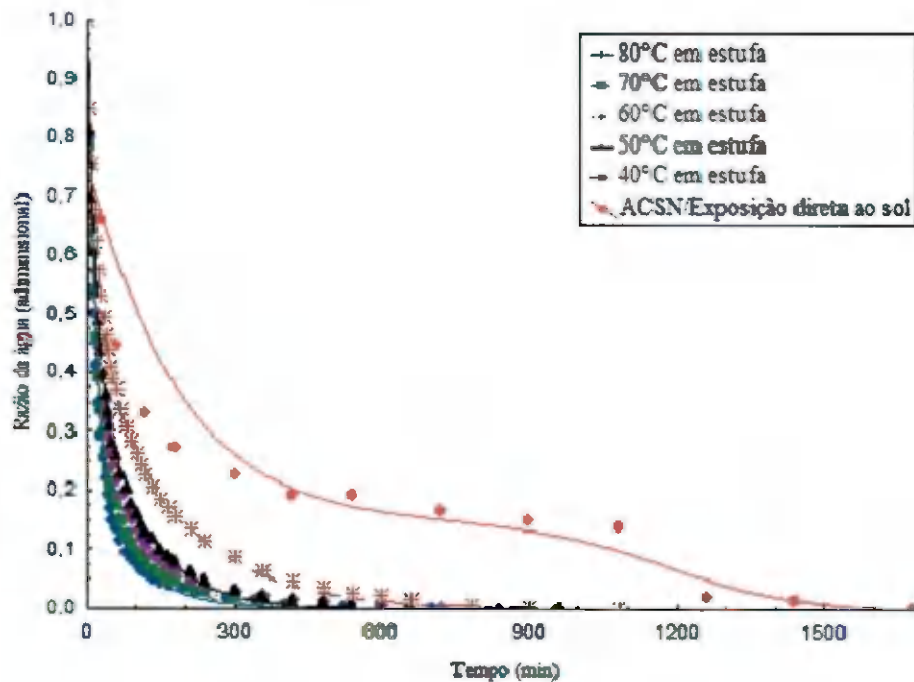


Figura 4.14 - Curvas de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

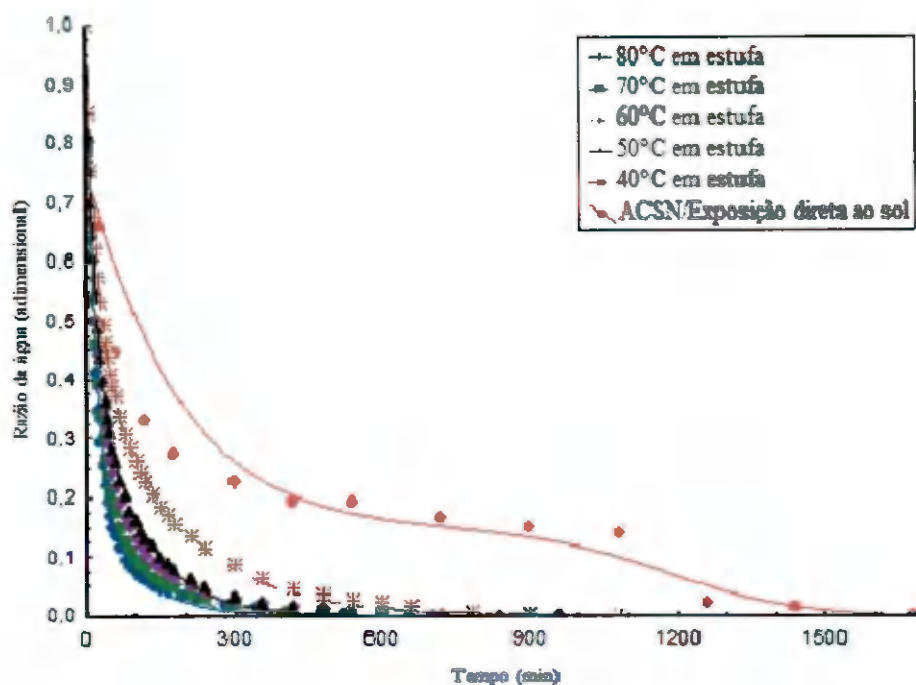


Figura 4.15 - Curvas de secagem da farinha dos grãos (FG) de abóbora em estufa e no secador ACSN combinado com a exposição direta ao sol com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

4.2.4 - Comparação entre a secagem em estufa e a secagem no secador ACSN combinado com o secador solar

Nas Figuras 4.16, 4.17 e 4.18 estão representadas as curvas de secagem em estufa, para as amostras de GI, GST e FG, com ajuste pelo modelo Aproximação da Difusão, comparadas com as secagens no secador ACSN combinado com o secador solar.

Todas as amostras apresentaram desempenho semelhante ao da secagem em estufa na temperatura de 40 °C, nas primeiras horas (90 minutos). DANTAS (2007) secando amêndoas de jaca no secador ACSN combinado com o secador solar de uso diurno e em estufa, observou que as temperaturas de 40 °C e 70 °C apresentaram desempenho de secagem aproximado ao das secagens, utilizando o tipo de tratamento mencionado.

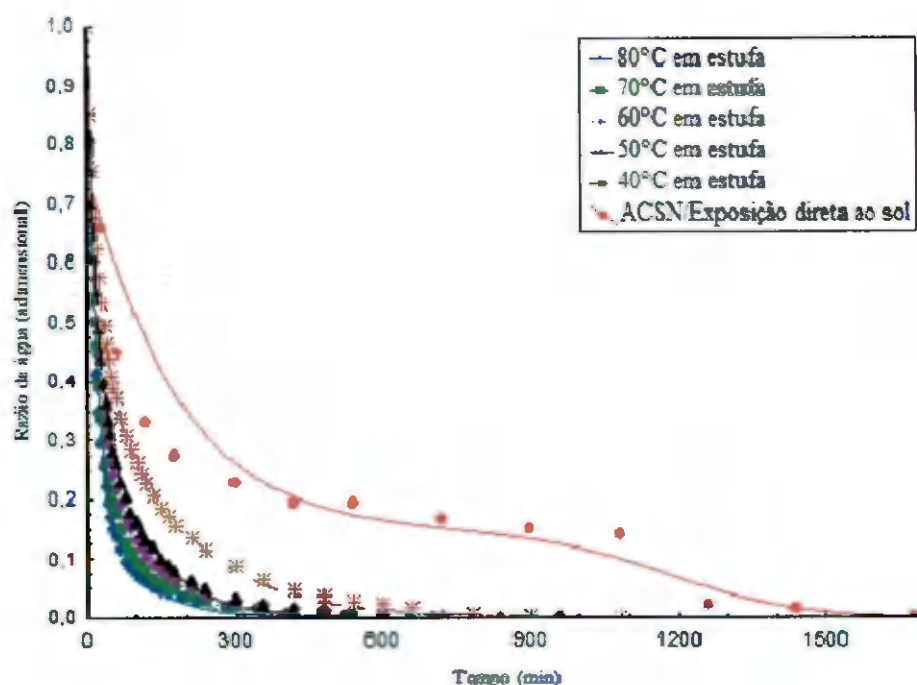


Figura 4.16 - Curvas de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora, em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

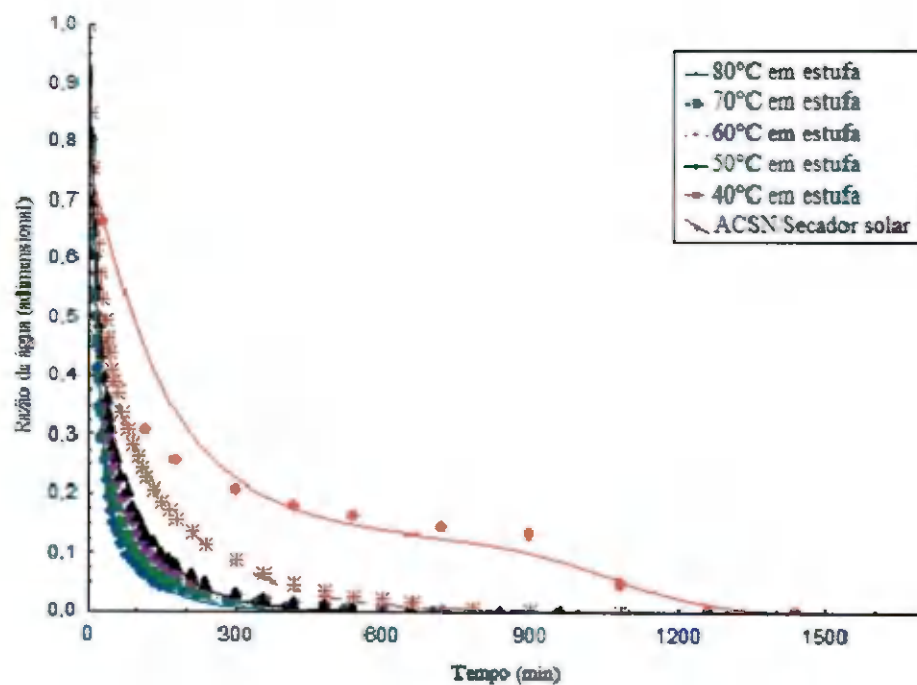


Figura 4.17 - Curvas de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST), em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

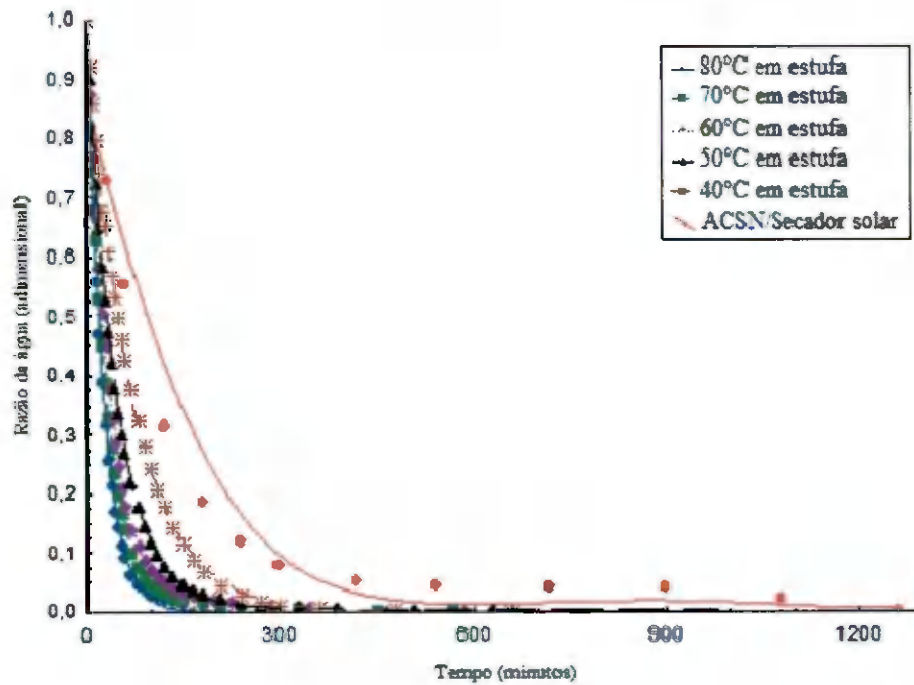


Figura 4.18 - Curvas de secagem da farinha de grãos (FG) de abóbora, em estufa e no secador ACSN combinado com o secador solar, com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

Apesar de no secador ACSN a temperatura ter ficado acima dos 50 °C, houve deficiência na exaustão do ar úmido de secagem, ficando o mesmo saturado, o que explica o fato da secagem, apesar de usado o secador ACSN não ter apresentado o mesmo comportamento da secagem em estufa a 50 °C, evento também observado para todas as amostras e em todos os tratamentos.

5 – CONCLUSÕES

- A utilização do secador ACSN reduziu o teor de água das amostras em tempos mais curtos que a testemunha, assim como evitou a absorção de água pelas amostras, durante a noite;
- Para o tratamento em estufa o modelo Aproximação da Difusão foi o que melhor representou a cinética de secagem, em todas as temperaturas, para os grãos de abóbora inteiros (GI) e para os grãos sem tegumento (GST);
- Para as amostras de farinha de grãos de abóbora (FG) o modelo Logarítmico foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para a secagem em estufa nas temperaturas de 40, 60, 70 e 80 °C e o modelo Aproximação da Difusão representou melhor a curva de secagem a 50 °C;
- Para os tratamentos “secagem no secador ACSN combinado com a secagem em exposição direta ao sol” e “secagem no secador ACSN combinado com a secagem no secador solar”, o modelo Aproximação da Difusão foi o que representou melhor a cinética de secagem para todas as amostras de grãos inteiros, grãos sem tegumento e farinha de grãos;
- A secagem utilizando o tratamento em “secagem no secador ACSN associado com a secagem em exposição direta ao sol” apresentou desempenho semelhante ao da secagem em estufa, apenas nas primeiras horas, em temperaturas de 40 °C para as amostras de grãos inteiros e grãos sem tegumento, e entre de 40 °C e 50 °C para a amostra de farinha de grãos;
- A secagem utilizando o tratamento em “secagem no secador ACSN associado com a secagem no secador solar”, apresentou desempenho semelhante ao da secagem em estufa apenas nas primeiras horas, em temperaturas de 40 °C para todas as amostras.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALONE, R.; GASTÓN, A.; CASSINERA, A.; LARA, M. A. Thin layer drying of amaranth seeds. **Biosystems Engineering**, London, v. 93, n. 2, p. 179–188, 2006.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para a descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 349-353, 1999.

AHRENS, D. C.; LOLLATO, M. A. Secagem ao sol e artificial de sementes de feijão: curvas de secagem e efeitos sobre a qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 1, p. 22-27. 1997.

AKPINAR, E. K.; BICER, Y. Mathematical modelling and experimental study on thin layer drying of strawberry. **International Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 2, n. 1, 2006.

ALMEIDA, C. A.; GOMES, J. P.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C.; SILVA, A. S.; MELO, K. S.; ALVES, N. M. C. Estudo da cinética de secagem do girassol em secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. CD-ROM.

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; MENDES, U. C.; SALES, J. de F. Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Global Science and Technology**, Greenbelt, v. 2, n. 1, p. 72-83, 2009.

ALMEIDA, F. de A. C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. de. Secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.343-348, 1999.

ALMEIDA, F. A. C.; HARA, T.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. 1.ed. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. 291 p.

ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; J. E.; VILLAMIL, J. M. P.; SILVA, M. M. Secagem natural e artificial de vagens de algaroba. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 48-57, 2002.

ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. Métodos de seleção de secadores. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 208-216, 2005.

ALONSO, L. F. T. **Algoritmos de seleção e dimensionamento de secadores**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ALVES, D. G. **Avaliação do nível de aflatoxina em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenado após secagem natural e artificial**. 1995. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANDRADE, E. T.; CORRÊA, P. C.; TEIXEIRA, L. P.; PEREIRA, R. G.; CALOMENI, J. de F. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.

ARAÚJO, E. F.; SILVA, R. F.; SILVA, J. S.; SEDIYAMA, C. S. Influência da secagem das vagens na germinação e no vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 6, n. 2, p. 97-110, 1984

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 76, n. 4, p. 562-567, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA. Produção de abóbora deve crescer 4,75%. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/News/Default.asp?id=4322>> Acesso em: 1º de abril de 2010.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargill, 1998. 236 p.

BABALIS, S. J.; VELESSIOTIS, V. G. Influence conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004.

BAHNASAWY, A. H.; SHENANA, M. E. A mathematical model of direct sun and solar drying of some fermented dairy products (Kishk). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 61, n.5, p. 309-319, 2004.

BATISTA, M. B.; EL-AOUAR, A. A.; SILVA, C. G.; CARVALHO, J. C.; GOUVEIA, C. Q. Aspectos tecnológicos de obtenção da farinha Integral de algaroba para uso em produtos de Panificação. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2007, Bananeiras. **Anais... Bananeiras: UFPB, 2007. CD-ROM.**

BEE, R. A.; BARROS, A. C. S. A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 120-126, 1999.

BELMIRO, T. M. C. **Processamento e armazenamento de grãos de abóbora.** 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

BENAMOUN, L.; BELHAMRI, A. Numerical simulation of drying under variable external conditions: Application to solar drying of seedless grapes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 76, n. 2, p. 179-187, 2006.

BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M.; FONSECA, M. E. N. 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolors com valor ornamental e aptidão para consumo verde. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 103-106, 2007.

BORSATO, A. V.; AHRENS, D. C.; BARROS, A. S. R.; RAUPP, D. S. Efeito da secagem intermitente lenta na qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 240-247, 1999.

BRAGA, C. A. S.; MOREIRA, C. A.; PECHE FILHO, A.; BERNARDI, J. A.; MELLO, R. C.; STORINO, M.; LINO, A. C. L. Desenvolvimento e avaliação de um secador solar

para grãos, associado a silo subterrâneo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 666-670, 2005.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da saúde, 2005. 1017 p.

BROD, F. P. R. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. 2003. 336 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying cereal grains**. 3 ed. Westport: AVI Publishing, 1981. 256 p.

CALOMENI, J. F.; ANDRADE, E. T.; CORRÊA, P. C. Cinética de secagem de sementes de feijão colhidas em diferentes teores de água. In: SEMINÁRIO FLUMINENSE DE ENGENHARIA, 4., 2005, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 2005. v. 1. p. 1-6.

CARAMEZ, S. M. B.; STEFANI, M.; MEDEIROS, J. D.; VIEIRA, M. A.; BRÜSKE, G. R.; FRANCISCO, A.; AMANTE, E. R. Softening of pumpkin seeds (*Cucurbita moschata*) by alkaline maceration. **Journal of Food Process Engineering**, v. 31, n. 4, p. 431-442, 2008.

CARDOSO, A. I. I. Seleção para aumento de produtividade e qualidade de frutos em abobrinha 'Piramoita' comparando dois métodos de melhoramento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 397-402, 2007a.

CARDOSO, A. I. I. Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 143-148, 2007b.

CARLESSO, V. O.; BERBERI, P. A.; SILVA, R. F.; DEIMANN, E. Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 29, n. 2, p.28-37, 2007.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 127-137, 2005.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Secagem em nível de produtor. In: HARA, T.; ALMEIDA, F. de A. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 2, p. 52-133.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. 1996. 85 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CERLETTI, P.; FUMAGALLI, A.; VENTURINI, D. Protein composition of seed of *Pupinus albus*. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 1409-1414, 1978.

CERQUEIRA, P. M.; FREITAS, M. C. J.; PUMAR, M. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 129-136, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB: **Armazenagem Agrícola no Brasil**. Brasília. 2005. 48 p.

CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. de. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 134-142, 2001.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; NOGUEIRA, B. L. Determinação do coeficiente de difusão líquida dos grãos de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 117-126, 2006.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2 ed. Oxford: Clarendon Press, 1975. 414 p.

DALBELLO, O. **Eficiência do processo de secagem do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. 1995. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DANTAS, H. J. **Secagem solar e convencional de amêndoas de jaca**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

DAUDIN, J. D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 3, n. 1, p. 1-36, 1983.

DEL-VECHIO, G.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita spp.*) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, 2005.

DIAMANTE, L. M.; MUNRO, P. A. Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices **Solar energy**, Oxford, v. 51, n. 4, p. 271-276, 1993.

DOYMAZ, I. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 359-364, 2004.

DOYMAZ, I. Drying behaviour of green beans. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 69, n. 2, p. 161-165, 2005.

DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 243-248, 2007.

DVORKIN, L., SONG, K. Y. Herbs for benign prostatic hyperplasia. **Annals of Pharmacotherapy**, v. 36, n. 9, p. 1443-1452, 2002.

EL-ADAWY, T.; TAHA, K.M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin and paprika seed oils and flours. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 3, p.1253-59, 2001.

EL-AQUAR, Â. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.

EL-BELTAGY, A.; GAMEA, G. R.; ESSA, A. H. A. Solar drying characteristics of strawberry. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 78, n. 2, p. 456-464, 2007.

EL-SOUKKARY, F. A. Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. **Plant Foods Human Nutrition**, Springer, v. 56, n. 4, p. 365-84, 2001.

ELIAS, R. N.; BARBOSA, A. L. S.; MANCINI, M. C. Secagem de grão de bico em leito fixo. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 113-119, 2002. (Série Ciências Exatas e da Terra).

ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 349-359, 2004.

ESUOSO K.; LUTZ H.; KUTUBUDDIN M.; BAYER E. Chemical composition and potential of some underutilized tropical biomass: I: fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 4, p. 487-92. 1998.

FARONI, L. R. A.; CORDEIRO, I. C.; ALENCAR, E. R.; ROZADO, A. F.; ALVES, W. M. Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 148–154, 2006.

FERNANDES, E. M.; ROSOLEM, C. A. Ácidos graxos e proteínas em grãos de amendoim em função da calagem e do método de secagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 140-147, 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa. UFV, 2003. 412 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO: 2006. **Production/crops primary**. 106p.

FREGOLENTE, L. V.; SANTOS, O. A. A. JORGE, L. M. M. Estimativa das propriedades térmicas efetivas de grãos em um secador de leito fixo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 270-276, 2004.

GALLALI, Y. M., ABUJNAH, Y. S.; BANNANI, F. K. Preservation of fruits and vegetables using solar drier: a comparative study of natural and solar drying, III. Chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples (grapes, figs, tomatoes and onions). **Renewable Energy**, Zaragoza, v. 19, n. 1-2, p. 203–212, 2000.

GARCIA, D. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKER, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GARCIA, C. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 82, n. 3, p. 284-291, 2007.

GONÇALVES, E. M.; PINHEIRO, J.; ABREU, M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of

pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 4, p. 693-701, 2007.

GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; MURR, F. E. X. Estudo da difusividade e do encolhimento do gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 1, n.1, p. 51-58, 1999.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* l.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory: I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineers Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

HOLFFMAN, R. Pobreza, insegurança alimentar e desnutrição no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 9, n. 24, p. 1-15, 1995.

JAYARAMAN, K. S.; GUPTA, D. K. Drying of fruits and vegetable. In: DEKKER, M.; MUJUMDAR, A. S. **Handhook of industrial drying**. 3. ed. New York, 2006. cap. 25, p 627-655.

JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S.; PABIS, S.; MUIR, W. E. Review of thin-layer drying end witting equations. **Drying Technology**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 551-558, 1991.

KALLUF, V. H. **Desidratação da polpa de abóbora (*Curcubita moschata*) e seus teores de beta-caroteno**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

KOYUNCU, T.; SERDAR, U.; TOSUN, I. Drying characteristics and energy requirement for dehydration of chestnuts (*Castanea sativa Mill.*). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 62, n. 2, p. 165-168, 2004.

KINGSLEY, A. R. P.; SINGH, D. B. Drying kinetics of pomegranate arils. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 2, p. 741-744, 2007.

KREYGER, J. Practical observations on the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 645-670, 1973.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; JAOUHARI, J. T. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, London, v. 61, n. 3, p. 173- 179, 2004.

LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 17-45, 1978.

LAWLAND, T. A. Agricultural and other low temperature applications of solar energy. In: KREIDER, J. F.; KREITH, F. **Solar energy handbook**. New York: McGraw-Hill, 1981. cap. 1, p. 5-18.

LIMA, A. G. B.; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. Aspectos científicos e tecnológicos da banana **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2000.

LUENGO R. F. A; PARMAGNANI, R. M; PARENTE M. R; LIMA M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília. EMBRAPA Hortaliças, 2000. 4 p.

LUZ, G. R.; ANDRADE, C. M. G.; JORGE, L. M. de M.; PARAÍSO, P. R. Análise energética da secagem de farelo de soja em secador rotativo indireto. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 173-180, 2006

MAGALHÃES, P. M. **Secagem ao sol e a sombra, de sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick., e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica, durante o**

armazenamento. 1991. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas.

MANNHEIM, C. H.; LIU, J. X.; GILBERT, S. G. Control of water in foods during storage. **Journal of Food Engineering**, New Jersey, v. 1, n. 22, p. 509-532, 1994.

MANSOUR, E. H. Pumpkin and canola seed protein and bread quality. **Acta Alimentaria**, v. 28, p. 59-70, 1999.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; MELO, E. C.; BARBOSA, F. F. Difusividade efetiva em folhas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf submetidas à secagem com diferentes comprimentos de corte e temperaturas do ar. **Revista Brasileiras de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 68-72, 2007a.

MARTINAZZO, A. P.; CORREA, P. C.; RESENDE, Osvaldo. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007b.

MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. R. O.; GOMES, P. A. M.; FRANZOZI, J. F. S.; PORTO, C. D. Secador de grãos com uso de energia solar. **Revista Agrocológica e Desenvolvimento Rural Snsntentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 29-35, 2002.

MAYOR, L.; MOREIRA, R.; CHENLO, F.; SERENO, A.M. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. **Jornnal of Food Engineering**, Oxford, v. 74, n. 2, p. 253-262, 2006.

MAYOR, L.; PISSARRA, J.; SERENO, A. M. Microstructural changes during osmotic dehydration of parenchymatic pumpkin tissue **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 85, n. 3, p. 326-339, 2008.

McMINN, W. A. M. Thin-layer modeling of the convective,microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder. **Jornnal of Food Engineering**, Oxford, v. 72, n. 4, p. 113-123, 2006.

MEDEIROS, U. K. L. **Estudo da secagem do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp): análise experimental do processo combinado leito fixo/leito de jorro**. 2004. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MELO, J. C. S.; FEITOSA, R. M.; GOMES, W. C.; HOLANDA, V. B.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M. Estudo da cinética de secagem da semente de acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA), 37., 2008 Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. CD Rom.

MELLO, R. M.; DAL'COL LUCIO, A.; STORCK, L. Size and form of plots for the culture of the Italian pumpkin in plastic greenhouse. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 457-461, 2004.

MENGES, H. O.; ERTEKIN, C. Thin layer drying model for treated and untreated Stanley plums. **Energy Conversion and Management**, Nottingham, v. 47, n. 15-16, p. 2337-2348, 2006.

MIDILLI, A.; KUCUK, H. Mathematical modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy **Energy Conversion and Management**, Nottingham, v. 44, n. 7, p. 1111-1122, 2003.

MIRANDA, L. C.; SILVA, W. R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar: I. Monitoramento físico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2097-2108, 1999.

MOHAPATA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MONTE, J. E. C.; MARTINS, J. H.; MONTEIRO, P. M. de B.; PINTO, P. M. Sistema de controle de secagem de grãos em camada fina usando instrumentos digitais endereçáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** SBEA: Jaboticabal. CD-ROM.

MONTERO PUERTAS, I. **Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos**. 2005. 286 f. Tese (Doctorado en Ingeniería Industrial) - Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.

MORAES, M. L. B. **Comportamento da pressão estática e da frente de secagem em uma coluna de sementes de arroz**. 2000. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MORAES NETO, J. M.; CIRNE, L. E. M. R.; PEDROZA, J. P.; SILVA, M. G. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp.*) obtida por meio de secagem natural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 316-318, 1998.

MURKOVIC, M.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A. M.; KRAUSHOFER, T.; SONTAG, G. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: non-volatile compounds). **Food Chemistry**, Reading, v. 84, n. 3, p. 359-365, 2004.

MURKOVIC, M.; PFANNHAUSER, W. Stability of pumpkin seed oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 102, n. 10, p. 607-611, 2000.

MWITHIGA, G.; KIGO, S. N. Performance of a solar dryer with limited sun tracking capability. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 74, n. 2, p. 247-252, 2006.

MWITHIGA, G.; OLWAL, J. O. The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 71, n. 4, p. 373-378. 2005.

NISHIYAMA, Y.; CAO, W.; LI, B. Grain intermittent drying characteristics analyzed by a simplified model. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 76, n. 3, p. 272-279, 2006.

NITZ, M.; TARANTO, O. P. Drying of beans in a pulsed fluid bed dryer: drying kinetics, fluid-dynamic study and comparisons with conventional fluidization. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 80, n. 1, p. 249-256, 2007.

NÓBREGA, I. N. S. F. **Creseimento e desenvolvimento da fruticultura irrigada no Vale do São Francisco**. 2004. 59 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Departamento de Economia e Administração, Universidade Católica de Pernambuco, Recife.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Eugenharía Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin-layer**. 1949. Dissertation (M. Sc.) – Purdue University, Indiana, USA.

PAKSOY, M.; AYDIN, C. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 65, n. 2, p. 225-231, 2004.

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2001.

PANGAVHANE, D. R.; SAWHNEY, R. L.; SARSAVADIA, P. N. Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer. **Energy Conversion and Management**, Nottingham, v. 27, n. 6, p. 579-590, 2002.

PARK, K. J. **Estudo comparativo de coeficiente de difusão sem e com encolhimento**. 1987. 54 f. Tese (Livre Docência em Fenômenos de Transporte) - Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n.1, p.73-77, 2001.

PARK, K. J.; TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Estudo da secagem de caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.

PARK, K. J.; VOHNIKOZA, Z.; BROND, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2002.

PERIĆIN, D.; RADULOVIĆ, L.; TRIVIĆ, S.; DIMIĆ, E. Evaluation of solubility of pumpkin seed globulins by response surface method. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 84, n. 4, p. 591-594, 2008.

PESQUISA DE ORÇAMENTO FAMILIAR 2002-2003: aquisição alimentar domiciliar per capita Brasil e grandes regiões. 2002-2003. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 276 p.

PORTO, A. L. F.; SARUBBO, L. A.; MOREIRA, K. A. Recovery of ascorbic oxidoreductase from crude extract with an aqueous two-phase system in a perforated rotating disc contactor. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 5, p. 821-826, 2004.

PRADO, M. M. **Secagem em leito fixo de sementes com mucilagem.** 2004. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PRADO, M.E.T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para a obtenção de tâmara passa.** 1998. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PUERTAS, I. M. **Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos.** 2005. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Badajoz, España.

QUEIROZ, D. M.; PEREIRA, J. A. M.; MELO, E. C. **Modelos matemáticos de simulação de secagem de grãos.** Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1985. 59 p.

RAMOS, S. R. R. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro.** [S.I.], v. 1, 1999.

RAO, P. S.; BAL, S.; GOSWAMI, T. K. Modelling and optimization of drying variables in thin layer drying of parboiled paddy. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 78, n. 2, p. 480-487, 2007.

REINATO, H. R.; BORÉM, F. M.; VILLELA, R.; MEIRELLES, P. C. Consumo de energia e custo de secagem de café cereja em propriedades agrícolas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 112-116, 2002.

ROBINSON, R.W. **Cucurbits**. British Library: London. 1997, 217 p.

ROMERO-PEÑA, L. M.; KIECKBUSCH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 69-76, 2003.

SACILIK, K. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 23-30, 2007.

SANT'ANNA, L. C. **Avaliação da composição química da semente de abóbora (*Cucurbita pepo*) e do efeito do seu consumo sobre o dano oxidativo hepático de ratos (*Rattus norvegicus*)**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, B. M. **Metodologia de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para secagem de produtos agrícolas**. 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia de Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, I. J.; COUTO, S. M.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem em camada fina do malte verde de cevada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 53-59, 2001.

SANTOS, L. A. **Construção e avaliação de um coletor armazeuador de energia solar, não convencional, para aquecimento de ar na secagem de produtos agrícolas.** 1980. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SIEGMUND, B.; MURKOVIC, M. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil: Part 2 - volatile compounds. **Food Chemistry**, Reading, v. 84, n. 3, p. 367-374, 2004.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI JÚNIOR, A. estudo comparativo da conservação de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) seca por microondas e convencionalmente. **Boletim do Centro de Pesquisas de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 387-404, 2004.

SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas.** 19 ed. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 500 p.

SILVA, J. S.; PINTO, F. A. C. Secagem e armazenagem de grãos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. v. 2, p. 1141-1157.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. **Revista Grãos do Brasil: da semente ao consumo**, Maringá, v. 3, n. 14, p. 10-14, 2004.

SILVA, W. P.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; SILVA, C. D. P. S.; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. Determinação da difusividade e da energia de ativação para feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) walp.), variedade sempre-verde, com base no comportamento da secagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 325-333, 2008.

SIMAL, S.; GARAU, C.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ, C. Drying of red pepper (*Capsicum Annuum*): water desorption and quality. **Internatioual Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 1, n. 4, p. 1-14, 2005.

SODHA, M. S.; BANSAL, N. K.; KUMAR, A.; BANSAL, P. K.; MALIK, M. A. S. **Solar crop drying**. Boca Raton: CRC Press, 1987. v.1. 141p. 1 CD-ROM.

SOUSA, M. B.; PEDROZA, J. P.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVARINO, L. S.; DANTAS, F. P. Cinética de secagem do farelo de mamona. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 139-146, 2006.

SOUZA, C. M. A.; RODRIGUES, E.; RAFULL, L. Z. L.; SILVA, J. N. Programa computacional para simular a secagem de abacaxi em secador de leito fixo. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 9., Y DEL MERCOSUR, 1., 2007, Córdoba. **Anais... La ingeniería rural y el cambio climático**, 2007. v. 1, p. 1-10.

SOUZA, C. M. A., QUEIROZ, D. M., LACERDA FILHO, A. F. Simulação do processo de secagem de sementes de milho em camada fixa. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 653-660, 2002.

TARIGAN, E.; PRATEEPCHAIKUL, G.; YAMSAENGSUNG, R.; SIRICHOTE, A.; TEKASAKUL, P. Drying characteristics of unshelled kernels of candle nuts. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 3, p. 828-823, 2007.

TIWARI, G. N.; SINGH, A. K.; BATHIA, P. S. Experimental simulation of a grain system. **Energy Conversion and Management**, Nottingham, v. 35, n. 5, p. 453-458, 1994.

TOŠRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. **Jourual of Food Engineering**, Oxford, v. 65, n. 2, p. 413-425, 2004a.

TOŠRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Influence conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004b.

TOŠRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 209-216, 2002.

VAGENAS, G. K.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of apricots. **Drying Technology**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 735-752, 1991.

VEGA, A.; FITO, P.; ANDRÉS, A.; LEMUS, R. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 1460-1466, 2007.

VIEIRA, M. A. **Estudo de sistemas de aquecimento de água por energia solar**. 1984. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VILLELA, F. A.; SILVA, W. R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 145-153, 1992.

YANES, C. V.; OROZCO, A.; ROJAS, M.; SÁNCHEZ, E. M.; CERVANTES, V. **La reproducción de las plantas: semillas y meristemas**. 1. ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1997. 95 p.

ZITTER, T.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. **Compendium of cucurbit diseases**. Minnesota, 1998. 120 p.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 80 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3429	0,2553	1,0000	0,0115
5	0,2852	0,2219	0,8153	0,0120
10	0,2254	0,1840	0,6353	0,0078
15	0,1862	0,1570	0,5172	0,0057
20	0,1577	0,1362	0,4314	0,0044
25	0,1355	0,1193	0,3646	0,0030
30	0,1203	0,1074	0,3192	0,0022
40	0,0981	0,0894	0,2524	0,0016
50	0,0826	0,0763	0,2057	0,0010
65	0,0672	0,0630	0,1595	0,0005
95	0,0513	0,0488	0,1114	0,0003
125	0,0418	0,0402	0,0831	0,0001
185	0,0329	0,0319	0,0563	0,0001
245	0,0277	0,0270	0,0406	0,0001
305	0,0238	0,0232	0,0288	0,0000
365	0,0211	0,0207	0,0209	0,0000
425	0,0189	0,0186	0,0142	0,0000
485	0,0171	0,0169	0,0088	0,0000
605	0,0158	0,0155	0,0048	0,0000
725	0,0142	0,0140	0,0000	0,0000
905	0,0142	0,0140	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.2 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora (GIA) em estufa a 70 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3279	0,2469	1	0,0090
5	0,2829	0,2205	0,8538	0,0097
10	0,2346	0,1899	0,6967	0,0075
15	0,1969	0,1645	0,5744	0,0057
20	0,1682	0,1439	0,4813	0,0042
25	0,1474	0,1285	0,4140	0,0026
35	0,1210	0,1079	0,3282	0,0019
45	0,1024	0,0929	0,2680	0,0012
60	0,0848	0,0781	0,2108	0,0006
90	0,0659	0,0618	0,1497	0,0004
120	0,0553	0,0524	0,1153	0,0002
180	0,0436	0,0418	0,0773	0,0001
240	0,0356	0,0344	0,0515	0,0001
300	0,0317	0,0307	0,0387	0,0000
360	0,0292	0,0284	0,0307	0,0000
420	0,0265	0,0258	0,0220	0,0000
480	0,0256	0,0250	0,0190	0,0000
540	0,0246	0,0240	0,0158	0,0000
660	0,0221	0,0217	0,0078	0,0000
780	0,0207	0,0203	0,0032	0,0000
960	0,0197	0,0194	0,0000	0,0000
1140	0,0197	0,0194	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.3 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 60 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2979	0,2295	1	0,0061
5	0,2674	0,2110	0,8884	0,0067
10	0,2337	0,1894	0,7652	0,0060
15	0,2037	0,1692	0,6556	0,0046
20	0,1810	0,1532	0,5725	0,0038
25	0,1620	0,1394	0,5032	0,0031
30	0,1464	0,1277	0,4463	0,0026
35	0,1335	0,1178	0,3992	0,0020
40	0,1234	0,1098	0,3621	0,0018
45	0,1143	0,1026	0,3291	0,0016
50	0,1065	0,0963	0,3006	0,0011
55	0,1009	0,0916	0,2800	0,0012
60	0,0947	0,0865	0,2573	0,0009
70	0,0861	0,0793	0,2260	0,0006
80	0,0806	0,0746	0,2059	0,0006
90	0,0743	0,0692	0,1830	0,0005
100	0,0695	0,0650	0,1656	0,0004
110	0,0660	0,0619	0,1527	0,0003
120	0,0628	0,0591	0,1409	0,0002
135	0,0591	0,0558	0,1276	0,0003
150	0,0551	0,0522	0,1127	0,0002
165	0,0524	0,0498	0,1028	0,0002
180	0,0499	0,0475	0,0937	0,0001
210	0,0467	0,0446	0,0822	0,0001
240	0,0436	0,0418	0,0708	0,0001
270	0,0417	0,0400	0,0638	0,0001
330	0,0371	0,0358	0,0471	0,0000
390	0,0349	0,0337	0,0391	0,0000
450	0,0324	0,0314	0,0299	0,0000
510	0,0319	0,0309	0,0279	0,0000
630	0,0291	0,0282	0,0176	0,0000
750	0,0273	0,0266	0,0113	0,0000
930	0,0255	0,0249	0,0048	0,0000
1110	0,0242	0,0237	0,0000	0,0000
1290	0,0242	0,0237	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.4 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 50 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3312	0,2488	1	0,0043
5	0,3098	0,2365	0,9268	0,0046
10	0,2870	0,2229	0,8491	0,0047
15	0,2633	0,2084	0,7683	0,0042
20	0,2423	0,1950	0,6967	0,0040
25	0,2225	0,1819	0,6291	0,0036
30	0,2047	0,1699	0,5685	0,0031
35	0,1890	0,1590	0,5152	0,0028
40	0,1749	0,1488	0,4670	0,0023
45	0,1632	0,1403	0,4272	0,0021
50	0,1530	0,1326	0,3922	0,0019
55	0,1436	0,1256	0,3604	0,0017
60	0,1353	0,1191	0,3320	0,0012
70	0,1237	0,1101	0,2926	0,0011
80	0,1127	0,1013	0,2553	0,0008
90	0,1045	0,0946	0,2270	0,0007
100	0,0975	0,0888	0,2032	0,0005
110	0,0925	0,0847	0,1863	0,0005
120	0,0880	0,0809	0,1708	0,0004
135	0,0822	0,0759	0,1510	0,0003
150	0,0783	0,0726	0,1378	0,0003
165	0,0740	0,0689	0,1233	0,0002
180	0,0712	0,0665	0,1137	0,0002
210	0,0663	0,0622	0,0970	0,0001
240	0,0624	0,0588	0,0837	0,0001
270	0,0595	0,0562	0,0738	0,0001
300	0,0567	0,0537	0,0642	0,0001
330	0,0550	0,0521	0,0584	0,0001
390	0,0518	0,0492	0,0473	0,0001
450	0,0487	0,0464	0,0369	0,0000
510	0,0468	0,0447	0,0304	0,0000
570	0,0447	0,0428	0,0232	0,0000
630	0,0442	0,0423	0,0215	0,0000
750	0,0418	0,0401	0,0133	0,0000
870	0,0404	0,0388	0,0084	0,0000
1050	0,0386	0,0372	0,0024	0,0000
1230	0,0379	0,0365	0,0000	0,0000
1410	0,0379	0,0365	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.5 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em estufa a 40 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3498	0,2591	1	0,0030
5	0,3347	0,2508	0,9501	0,0029
10	0,3202	0,2426	0,9020	0,0032
15	0,3042	0,2333	0,8489	0,0029
20	0,2896	0,2245	0,8000	0,0029
25	0,2753	0,2159	0,7527	0,0027
30	0,2616	0,2073	0,7072	0,0027
35	0,2483	0,1989	0,6629	0,0025
40	0,2356	0,1907	0,6207	0,0025
45	0,2232	0,1824	0,5795	0,0022
50	0,2121	0,1750	0,5426	0,0023
55	0,2004	0,1670	0,5040	0,0020
60	0,1903	0,1599	0,4704	0,0017
70	0,1736	0,1479	0,4149	0,0015
80	0,1587	0,1370	0,3654	0,0012
90	0,1471	0,1282	0,3268	0,0010
100	0,1366	0,1202	0,2920	0,0008
110	0,1283	0,1137	0,2642	0,0008
120	0,1205	0,1075	0,2384	0,0006
135	0,1122	0,1009	0,2108	0,0005
150	0,1049	0,0949	0,1865	0,0004
165	0,0993	0,0903	0,1679	0,0003
180	0,0941	0,0860	0,1505	0,0002
210	0,0870	0,0800	0,1270	0,0002
240	0,0817	0,0755	0,1093	0,0001
300	0,0736	0,0686	0,0827	0,0001
360	0,0684	0,0640	0,0653	0,0001
420	0,0644	0,0605	0,0519	0,0000
480	0,0615	0,0579	0,0424	0,0000
540	0,0602	0,0567	0,0379	0,0001
660	0,0571	0,0540	0,0276	0,0000
780	0,0541	0,0513	0,0179	0,0000
900	0,0523	0,0497	0,0117	0,0000
1080	0,0500	0,0477	0,0043	0,0000
1260	0,0488	0,0465	0,0000	0,0000
1500	0,0488	0,0465	0,0000	0,0002

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.6 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 80 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2799	0,2187	1	0,0120
5	0,2200	0,1803	0,7654	0,0082
10	0,1788	0,1517	0,6126	0,0061
15	0,1481	0,1290	0,4985	0,0047
20	0,1247	0,1109	0,4117	0,0034
25	0,1079	0,0974	0,3493	0,0029
30	0,0934	0,0855	0,2955	0,0021
35	0,0828	0,0764	0,2559	0,0019
40	0,0733	0,0683	0,2208	0,0015
45	0,0656	0,0616	0,1922	0,0012
50	0,0599	0,0565	0,1708	0,0011
55	0,0544	0,0516	0,1503	0,0008
60	0,0502	0,0478	0,1349	0,0006
70	0,0445	0,0426	0,1136	0,0005
80	0,0394	0,0379	0,0947	0,0003
90	0,0365	0,0352	0,0839	0,0002
100	0,0342	0,0331	0,0755	0,0003
110	0,0315	0,0306	0,0654	0,0001
120	0,0306	0,0297	0,0621	0,0002
135	0,0272	0,0264	0,0493	0,0001
150	0,0257	0,0250	0,0437	0,0001
165	0,0246	0,0241	0,0399	0,0001
195	0,0227	0,0222	0,0329	0,0001
225	0,0208	0,0204	0,0258	0,0000
285	0,0189	0,0185	0,0185	0,0000
345	0,0173	0,0170	0,0126	0,0000
405	0,0161	0,0158	0,0081	0,0000
525	0,0147	0,0145	0,0030	0,0000
705	0,0139	0,0137	0,0000	0,0000
885	0,0139	0,0137	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.7 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 70 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2664	0,2103	1	0,0106
5	0,2135	0,1759	0,7858	0,0075
10	0,1759	0,1496	0,6338	0,0050
15	0,1509	0,1311	0,5325	0,0038
20	0,1317	0,1163	0,4546	0,0031
25	0,1159	0,1038	0,3909	0,0025
30	0,1033	0,0936	0,3396	0,0021
35	0,0929	0,0850	0,2977	0,0017
40	0,0845	0,0779	0,2636	0,0014
45	0,0776	0,0720	0,2359	0,0013
50	0,0714	0,0666	0,2105	0,0010
55	0,0664	0,0623	0,1907	0,0007
60	0,0627	0,0590	0,1757	0,0007
70	0,0562	0,0532	0,1492	0,0006
80	0,0506	0,0482	0,1266	0,0004
90	0,0463	0,0443	0,1092	0,0003
100	0,0431	0,0413	0,0961	0,0002
110	0,0406	0,0390	0,0861	0,0002
120	0,0382	0,0368	0,0762	0,0002
135	0,0356	0,0344	0,0659	0,0001
150	0,0335	0,0324	0,0575	0,0001
165	0,0321	0,0311	0,0515	0,0001
180	0,0308	0,0299	0,0463	0,0001
210	0,0286	0,0278	0,0373	0,0000
240	0,0271	0,0264	0,0313	0,0000
300	0,0248	0,0242	0,0221	0,0000
360	0,0235	0,0230	0,0169	0,0000
480	0,0213	0,0208	0,0079	0,0000
600	0,0201	0,0197	0,0030	0,0000
780	0,0193	0,0190	0,0000	0,0000
960	0,0193	0,0190	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.8 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 60 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2674	0,2109	1	0,0096
5	0,2197	0,1801	0,8032	0,0064
10	0,1875	0,1579	0,6699	0,0048
15	0,1633	0,1403	0,5698	0,0033
20	0,1468	0,1280	0,5015	0,0028
25	0,1327	0,1171	0,4432	0,0024
30	0,1206	0,1076	0,3933	0,0020
35	0,1106	0,0995	0,3518	0,0015
40	0,1029	0,0933	0,3201	0,0014
45	0,0961	0,0877	0,2920	0,0014
50	0,0893	0,0820	0,2637	0,0010
55	0,0842	0,0777	0,2426	0,0011
60	0,0790	0,0732	0,2208	0,0007
70	0,0722	0,0674	0,1928	0,0006
80	0,0663	0,0622	0,1683	0,0004
90	0,0622	0,0585	0,1512	0,0005
100	0,0576	0,0545	0,1323	0,0003
110	0,0543	0,0515	0,1186	0,0003
120	0,0512	0,0487	0,1057	0,0002
135	0,0481	0,0459	0,0927	0,0002
150	0,0451	0,0431	0,0803	0,0001
165	0,0429	0,0412	0,0713	0,0001
180	0,0416	0,0399	0,0658	0,0001
210	0,0383	0,0369	0,0523	0,0001
240	0,0356	0,0344	0,0409	0,0000
300	0,0333	0,0322	0,0313	0,0000
360	0,0313	0,0303	0,0229	0,0000
420	0,0301	0,0292	0,0182	0,0000
480	0,0292	0,0283	0,0143	0,0000
600	0,0274	0,0266	0,0067	0,0000
720	0,0262	0,0255	0,0019	0,0000
840	0,0257	0,0251	0,0000	0,0000
1020	0,0257	0,0251	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.9 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 50 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3001	0,2308	1,0000	0,0099
5	0,2506	0,2003	0,8154	0,0065
10	0,2182	0,1791	0,6953	0,0046
15	0,1952	0,1633	0,6095	0,0037
20	0,1766	0,1501	0,5401	0,0030
25	0,1618	0,1393	0,4850	0,0026
30	0,1490	0,1297	0,4373	0,0023
35	0,1376	0,1209	0,3945	0,0018
40	0,1285	0,1139	0,3607	0,0016
45	0,1203	0,1074	0,3300	0,0013
50	0,1139	0,1022	0,3060	0,0014
55	0,1067	0,0964	0,2792	0,0011
60	0,1014	0,0920	0,2594	0,0008
70	0,0930	0,0851	0,2282	0,0007
80	0,0858	0,0790	0,2014	0,0007
90	0,0788	0,0730	0,1750	0,0004
100	0,0743	0,0692	0,1585	0,0004
110	0,0700	0,0654	0,1423	0,0004
120	0,0661	0,0620	0,1278	0,0002
135	0,0636	0,0598	0,1185	0,0003
150	0,0583	0,0551	0,0987	0,0002
165	0,0551	0,0522	0,0866	0,0002
180	0,0524	0,0498	0,0765	0,0001
210	0,0480	0,0458	0,0600	0,0001
240	0,0448	0,0429	0,0484	0,0001
300	0,0400	0,0385	0,0303	0,0000
360	0,0377	0,0364	0,0218	0,0000
420	0,0359	0,0346	0,0148	0,0000
480	0,0345	0,0333	0,0096	0,0000
540	0,0337	0,0326	0,0068	0,0000
660	0,0329	0,0318	0,0036	0,0000
780	0,0329	0,0318	0,0036	0,0000
960	0,0319	0,0309	0,0000	0,0000
1140	0,0319	0,0309	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.10 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em estufa a 40 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2553	0,2033	1	0,0062
5	0,2243	0,1831	0,8526	0,0040
10	0,2042	0,1695	0,7572	0,0033
15	0,1875	0,1579	0,6779	0,0024
20	0,1757	0,1494	0,6219	0,0020
25	0,1658	0,1422	0,5751	0,0019
30	0,1564	0,1352	0,5304	0,0015
35	0,1489	0,1295	0,4946	0,0013
40	0,1424	0,1246	0,4635	0,0011
45	0,1369	0,1204	0,4379	0,0012
50	0,1309	0,1157	0,4094	0,0009
55	0,1264	0,1122	0,3878	0,0007
60	0,1229	0,1094	0,3711	0,0007
70	0,1156	0,1036	0,3366	0,0006
80	0,1095	0,0987	0,3077	0,0005
90	0,1042	0,0943	0,2823	0,0004
100	0,1004	0,0912	0,2643	0,0004
110	0,0961	0,0876	0,2440	0,0004
120	0,0923	0,0845	0,2260	0,0003
135	0,0885	0,0813	0,2079	0,0003
150	0,0841	0,0775	0,1870	0,0002
165	0,0811	0,0750	0,1727	0,0002
180	0,0773	0,0718	0,1550	0,0001
210	0,0735	0,0684	0,1366	0,0002
240	0,0689	0,0645	0,1150	0,0001
300	0,0630	0,0593	0,0872	0,0001
360	0,0585	0,0553	0,0656	0,0001
420	0,0550	0,0522	0,0491	0,0000
480	0,0524	0,0498	0,0367	0,0000
540	0,0507	0,0482	0,0285	0,0000
600	0,0496	0,0473	0,0235	0,0000
660	0,0480	0,0458	0,0155	0,0000
780	0,0464	0,0444	0,0082	0,0000
900	0,0454	0,0434	0,0032	0,0000
1080	0,0447	0,0428	0,0000	0,0000
1320	0,0447	0,0428	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.11 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 80 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2602	0,2064	1	0,0088
5	0,2163	0,1777	0,8266	0,0073
10	0,1800	0,1524	0,6836	0,0061
15	0,1495	0,1300	0,5634	0,0045
20	0,1268	0,1124	0,4739	0,0042
25	0,1057	0,0955	0,3907	0,0035
30	0,0881	0,0809	0,3215	0,0031
35	0,0724	0,0675	0,2600	0,0023
40	0,0607	0,0572	0,2137	0,0022
45	0,0496	0,0473	0,1703	0,0014
50	0,0425	0,0408	0,1423	0,0015
55	0,0352	0,0339	0,1134	0,0011
60	0,0296	0,0287	0,0916	0,0007
70	0,0222	0,0217	0,0627	0,0005
80	0,0174	0,0171	0,0440	0,0002
90	0,0154	0,0152	0,0362	0,0002
100	0,0134	0,0132	0,0280	0,0001
110	0,0119	0,0118	0,0224	0,0001
120	0,0113	0,0112	0,0200	0,0001
135	0,0102	0,0101	0,0155	0,0000
150	0,0095	0,0094	0,0130	0,0000
180	0,0089	0,0088	0,0103	0,0000
240	0,0080	0,0079	0,0068	0,0000
360	0,0068	0,0067	0,0021	0,0000
480	0,0063	0,0062	0,0000	0,0000
660	0,0063	0,0062	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.12 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 70 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2720	0,2138	1	0,0071
5	0,2365	0,1912	0,8598	0,0060
10	0,2065	0,1711	0,7420	0,0059
15	0,1770	0,1503	0,6260	0,0050
20	0,1521	0,1320	0,5281	0,0040
25	0,1322	0,1167	0,4499	0,0033
30	0,1156	0,1036	0,3845	0,0029
35	0,1010	0,0917	0,3272	0,0026
40	0,0882	0,0810	0,2767	0,0022
45	0,0772	0,0716	0,2335	0,0019
50	0,0679	0,0635	0,1968	0,0016
55	0,0598	0,0564	0,1651	0,0014
60	0,0531	0,0504	0,1384	0,0010
70	0,0433	0,0414	0,0998	0,0007
80	0,0366	0,0352	0,0733	0,0004
90	0,0326	0,0316	0,0579	0,0003
100	0,0293	0,0284	0,0444	0,0002
110	0,0272	0,0265	0,0364	0,0002
120	0,0254	0,0248	0,0292	0,0001
135	0,0243	0,0237	0,0246	0,0001
150	0,0233	0,0227	0,0206	0,0000
180	0,0220	0,0216	0,0158	0,0000
210	0,0210	0,0205	0,0115	0,0000
270	0,0196	0,0192	0,0059	0,0000
330	0,0191	0,0188	0,0043	0,0000
450	0,0183	0,0179	0,0008	0,0000
570	0,0181	0,0177	0,0000	0,0000
750	0,0181	0,0177	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.13 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 60 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2265	0,1846	1	0,0053
5	0,2000	0,1666	0,8749	0,0046
10	0,1770	0,1503	0,7657	0,0041
15	0,1565	0,1352	0,6686	0,0037
20	0,1379	0,1211	0,5805	0,0032
25	0,1219	0,1085	0,5045	0,0023
30	0,1103	0,0991	0,4487	0,0031
35	0,0948	0,0864	0,3761	0,0021
40	0,0841	0,0775	0,3258	0,0018
45	0,0750	0,0696	0,2826	0,0016
50	0,0671	0,0628	0,2454	0,0015
55	0,0598	0,0563	0,2109	0,0013
60	0,0531	0,0503	0,1793	0,0009
70	0,0444	0,0424	0,1385	0,0006
80	0,0383	0,0368	0,1101	0,0005
90	0,0336	0,0324	0,0878	0,0004
100	0,0300	0,0291	0,0715	0,0003
110	0,0275	0,0267	0,0597	0,0002
120	0,0255	0,0249	0,0507	0,0001
135	0,0233	0,0228	0,0404	0,0001
150	0,0215	0,0211	0,0322	0,0001
165	0,0206	0,0202	0,0281	0,0001
195	0,0188	0,0185	0,0198	0,0000
225	0,0183	0,0179	0,0171	0,0000
285	0,0168	0,0165	0,0104	0,0000
345	0,0162	0,0159	0,0073	0,0000
465	0,0149	0,0147	0,0015	0,0000
585	0,0146	0,0144	0,0000	0,0000
765	0,0146	0,0144	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX -- taxa de secagem

Tabela A.14 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 50 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,2799	0,2187	1	0,0051
5	0,2545	0,2029	0,9003	0,0049
10	0,2302	0,1871	0,8050	0,0041
15	0,2095	0,1732	0,7239	0,0039
20	0,1902	0,1598	0,6482	0,0034
25	0,1731	0,1475	0,5812	0,0030
30	0,1581	0,1364	0,5223	0,0027
35	0,1443	0,1261	0,4684	0,0025
40	0,1318	0,1164	0,4193	0,0022
45	0,1207	0,1076	0,3758	0,0021
50	0,1104	0,0994	0,3355	0,0019
55	0,1010	0,0917	0,2987	0,0016
60	0,0929	0,0849	0,2667	0,0013
70	0,0799	0,0739	0,2160	0,0010
80	0,0701	0,0654	0,1773	0,0009
90	0,0612	0,0576	0,1426	0,0007
100	0,0541	0,0512	0,1146	0,0005
110	0,0491	0,0468	0,0951	0,0005
120	0,0443	0,0423	0,0762	0,0003
135	0,0394	0,0379	0,0569	0,0002
150	0,0360	0,0347	0,0436	0,0001
165	0,0338	0,0327	0,0350	0,0001
180	0,0322	0,0312	0,0289	0,0001
210	0,0301	0,0292	0,0203	0,0000
240	0,0286	0,0278	0,0147	0,0000
270	0,0277	0,0269	0,0110	0,0000
330	0,0264	0,0257	0,0059	0,0000
390	0,0259	0,0252	0,0037	0,0000
510	0,0253	0,0247	0,0016	0,0000
630	0,0249	0,0243	0,0000	0,0000
810	0,0249	0,0243	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.15 - Dados experimentais da cinética de secagem farinha dos grãos de abóbora (FG) em estufa a 40 °C

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3197	0,2422	1	0,0043
5	0,2980	0,2296	0,9231	0,0037
10	0,2797	0,2185	0,8577	0,0034
15	0,2625	0,2079	0,7966	0,0030
20	0,2476	0,1984	0,7438	0,0036
25	0,2295	0,1866	0,6790	0,0016
30	0,2224	0,1819	0,6542	0,0027
35	0,2090	0,1728	0,6067	0,0022
40	0,1979	0,1652	0,5673	0,0020
45	0,1880	0,1582	0,5322	0,0020
50	0,1778	0,1509	0,4958	0,0021
55	0,1672	0,1432	0,4582	0,0019
60	0,1579	0,1363	0,4253	0,0015
70	0,1434	0,1254	0,3738	0,0014
80	0,1292	0,1144	0,3235	0,0012
90	0,1175	0,1051	0,2819	0,0011
100	0,1067	0,0964	0,2436	0,0010
110	0,0965	0,0880	0,2075	0,0008
120	0,0887	0,0814	0,1797	0,0007
135	0,0783	0,0726	0,1428	0,0005
150	0,0701	0,0654	0,1137	0,0005
165	0,0631	0,0593	0,0888	0,0004
180	0,0575	0,0544	0,0691	0,0002
210	0,0503	0,0479	0,0433	0,0002
240	0,0454	0,0434	0,0258	0,0000
270	0,0428	0,0411	0,0165	0,0000
300	0,0414	0,0397	0,0112	0,0000
360	0,0403	0,0387	0,0075	0,0000
480	0,0393	0,0378	0,0037	0,0000
660	0,0382	0,0368	0,0000	0,0000
900	0,0382	0,0368	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.16 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora em exposição direta ao sol combinada com o secador ACSN

Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
0	0,3382	0,2527	1	0,1059
30	0,3064	0,2345	0,8869	0,0793
60	0,2509	0,2006	0,6892	0,0449
120	0,2061	0,1708	0,5295	0,0330
180	0,1730	0,1475	0,4120	0,0272
240	0,1459	0,1273	0,3157	0,0195
300	0,1263	0,1121	0,2459	0,0114
420	0,1035	0,0937	0,1647	0,0072
540	0,0891	0,0817	0,1133	0,0008
720	0,0867	0,0797	0,1049	0,0003
900	0,0859	0,0791	0,1022	0,0047
1080	0,0720	0,0671	0,0526	0,0005
1260	0,0705	0,0659	0,0475	0,0002
1440	0,0699	0,0653	0,0452	0,0001
1680	0,0694	0,0649	0,0435	0,0002
1920	0,0686	0,0642	0,0408	0,0001
2160	0,0681	0,0637	0,0388	0,0001
2400	0,0678	0,0635	0,0377	0,0015
2640	0,0619	0,0583	0,0169	0,0008
2880	0,0586	0,0553	0,0050	0,0003
3120	0,0575	0,0544	0,0013	0,0001
3360	0,0571	0,0541	0,0000	0,0000
3600	0,0571	0,0541	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.19 - Dados experimentais da cinética de secagem de grãos inteiros (GI) em secador solar combinada com o secador ACSN

Periodo/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
Noturno (secador ACSN)	0	0,3330	0,2498	1	0,1090
	30	0,3003	0,2309	0,8941	0,0823
	60	0,2427	0,1953	0,7074	0,0468
	120	0,1959	0,1638	0,5560	0,0334
	180	0,1625	0,1397	0,4476	0,0280
	240	0,1345	0,1185	0,3574	0,0201
	300	0,1144	0,1026	0,2921	0,0116
	420	0,0912	0,0836	0,2172	0,0072
	540	0,0768	0,0712	0,1704	0,0011
	660	0,0745	0,0693	0,1631	0,0003
	840	0,0737	0,0686	0,1607	0,0082
Diurno (secador solar)	1020	0,0492	0,0469	0,0816	0,0009
	1200	0,0467	0,0446	0,0733	0,0004
	1380	0,0454	0,0434	0,0691	0,0004
Noturno (secador ACSN)	1620	0,0437	0,0418	0,0635	0,0001
	1860	0,0432	0,0414	0,0620	0,0002
	2100	0,0424	0,0407	0,0595	0,0001
	2340	0,0419	0,0402	0,0577	0,0029
Diurno (secador solar)	2580	0,0302	0,0293	0,0202	0,0014
	2820	0,0245	0,0239	0,0015	0,0001
Noturno (secador ACSN)	3060	0,0240	0,0234	0,0000	0,0000
	3300	0,0240	0,0234	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.20 - Dados experimentais da cinética de secagem de grãos sem tegumento (GST) em secador solar combinada com o secador ACSN

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
Noturno (secador ACSN)	0	0,1522	0,1321	1	0,1440
	30	0,1090	0,0983	0,6631	0,0509
	60	0,0734	0,0683	0,3850	0,0100
	120	0,0634	0,0596	0,3071	0,0063
	180	0,0571	0,0540	0,2580	0,0033
	300	0,0505	0,0481	0,2062	0,0016
	420	0,0472	0,0451	0,1808	0,0012
	540	0,0448	0,0429	0,1617	0,0008
	720	0,0422	0,0405	0,1419	0,0004
	900	0,0410	0,0394	0,1323	0,0036
Diurno (secador solar)	1080	0,0303	0,0294	0,0487	0,0023
	1260	0,0234	0,0228	0,0051	0,0002
	1440	0,0240	0,0235	0,0000	0,0000
Noturno (secador ACSN)	1680	0,0240	0,0235	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.21 - Dados experimentais da cinética de secagem de farinha de grãos (FG) em secador solar combinada com o secador ACSN

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	TX
Noturno (secador ACSN)	0	0,3977	0,2845	1	0,3273
	30	0,2995	0,2304	0,7303	0,0919
	60	0,2352	0,1903	0,5536	0,0873
	120	0,1479	0,1287	0,3139	0,0462
	180	0,1017	0,0921	0,1871	0,0256
	240	0,0762	0,0706	0,1169	0,0140
	300	0,0622	0,0585	0,0786	0,0052
	420	0,0518	0,0492	0,0501	0,0008
	540	0,0501	0,0477	0,0454	0,0004
	720	0,0488	0,0465	0,0419	0,0002
	900	0,0481	0,0459	0,0400	0,0024
Diurno (secador solar)	1080	0,0408	0,0392	0,0201	0,0024
	1260	0,0335	0,0324	0,0000	0,0000
	1440	0,0335	0,0324	0,0000	0,0000

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.22 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (mín)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	Tx
Noturno (abrigo)	0	0,3087	0,2359	1,0000	0,0423
	30	0,2960	0,2284	0,9440	0,0417
	60	0,2668	0,2106	0,8144	0,0124
	120	0,2544	0,2028	0,7595	0,0092
	180	0,2452	0,1969	0,7188	0,0110
	240	0,2342	0,1898	0,6700	0,0167
	300	0,2175	0,1787	0,5960	0,0052
	420	0,2071	0,1716	0,5497	0,0106
	540	0,1858	0,1567	0,4553	0,0020
	720	0,1797	0,1523	0,4282	0,0006
	900	0,1777	0,1509	0,4196	0,0389
Diurno (exposição ao sol)	1080	0,0609	0,0574	0,0087	0,0019
	1260	0,0616	0,0580	0,0191	0,0025
	1440	0,0541	0,0513	0,0401	0,0050
Noturno (abrigo)	1680	0,0740	0,0689	0,0753	0,0018
	1920	0,0811	0,0750	0,0944	0,0016
	2160	0,0874	0,0804	0,0949	0,0012
	2400	0,0921	0,0843	0,1073	0,0076
Diurno (exposição ao sol)	2640	0,0618	0,0582	0,0395	0,0007
	2880	0,0589	0,0556	0,0401	0,0018
Noturno (abrigo)	3120	0,0661	0,0620	0,0982	0,0020
	3360	0,0742	0,0690	0,1284	0,0022
	3600	0,0831	0,0767	0,0000	0,0014

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.23 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	Tx
	0	0,1389	0,1219	1,0000	0,0552
	30	0,1223	0,1090	0,8410	0,0189
	60	0,1091	0,0983	0,7090	0,0107
	120	0,0984	0,0895	0,6014	0,0064
Noturno (abrigo)	180	0,0919	0,0842	0,5370	0,0037
	300	0,0846	0,0780	0,4634	0,0013
	420	0,0820	0,0758	0,4383	0,0006
	540	0,0807	0,0747	0,4257	0,0004
	720	0,0796	0,0737	0,4140	0,0002
	900	0,0791	0,0733	0,4091	0,0091
	Diurno (exposição ao sol)	1080	0,0519	0,0494	0,1372
1260		0,0234	0,0228	0,1486	0,0006
1440		0,0214	0,0210	0,1678	0,0015
Noturno (abrigo)	1680	0,0273	0,0265	0,1078	0,0027
	1920	0,0381	0,0367	0,0000	0,0012

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.24 - Dados experimentais da cinética de secagem da farinha dos grãos (FG) de abóbora sob exposição direta ao sol e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	Tx
	0	0,2881	0,2237	1	0,0311
	30	0,2788	0,2180	0,9566	0,0149
	60	0,2684	0,2116	0,9081	0,0087
	120	0,2597	0,2062	0,8677	0,0069
Noturno (abrigo)	180	0,2528	0,2018	0,8354	0,0057
	240	0,2471	0,1982	0,8091	0,0053
	300	0,2418	0,1947	0,7844	0,0035
	420	0,2348	0,1901	0,7516	0,0036
	540	0,2276	0,1854	0,7180	0,0029
	720	0,2190	0,1796	0,6781	0,0027
	900	0,2109	0,1741	0,6402	0,0396
Diurno (exposição ao sol)	1080	0,0921	0,0843	0,0874	0,0132
	1260	0,0525	0,0499	0,0970	0,0023
	1440	0,0456	0,0437	0,1289	0,0042
Noturno (abrigo)	1680	0,0624	0,0587	0,0510	0,0027
	1920	0,0733	0,0683	0,0000	0,0023

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.25 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	Tx
Noturno (abrigo)	0	0,3065	0,2345	1,0000	0,0435
	30	0,2934	0,2268	0,9531	0,0303
	60	0,2722	0,2139	0,8768	0,0131
	120	0,2591	0,2058	0,8299	0,0112
	180	0,2479	0,1986	0,7896	0,0108
	240	0,2371	0,1916	0,7506	0,0089
	300	0,2282	0,1858	0,7186	0,0069
	420	0,2144	0,1765	0,6690	0,0063
	540	0,2019	0,1679	0,6241	0,0062
	660	0,1896	0,1593	0,5798	0,0062
	840	0,1710	0,1460	0,5129	0,0485
Diurno (secador solar)	1020	0,0256	0,0249	0,0217	0,0027
	1200	0,0175	0,0172	0,0388	0,0009
	1380	0,0147	0,0145	0,0487	0,0059
Noturno (abrigo)	1620	0,0383	0,0368	0,0358	0,0020
	1860	0,0463	0,0442	0,0648	0,0020
	2100	0,0542	0,0514	0,0930	0,0019
	2340	0,0619	0,0582	0,1206	0,0140
Diurno (secador solar)	2580	0,0057	0,0057	0,0809	0,0012
	2820	0,0090	0,0089	0,0694	0,0022
Noturno (abrigo)	3060	0,0176	0,0173	0,0384	0,0027
	3300	0,0282	0,0275	0,0000	0,0028

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.26 - Dados experimentais da cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	Tx
Noturno (abrigo)	0	0,1391	0,1221	1,0000	0,0495
	30	0,1243	0,1105	0,8639	0,0148
	60	0,1139	0,1023	0,7692	0,0040
	120	0,1099	0,0990	0,7323	0,0044
	180	0,1055	0,0954	0,6917	0,0021
	300	0,1013	0,0920	0,6541	0,0023
	420	0,0968	0,0883	0,6126	0,0007
	540	0,0954	0,0871	0,6001	0,0003
	720	0,0945	0,0863	0,5912	0,0003
	900	0,0934	0,0854	0,5815	0,0220
Diurno (secador solar)	1080	0,0275	0,0268	0,0213	0,0040
	1260	0,0154	0,0152	0,1323	0,0004
	1440	0,0165	0,0163	0,1220	0,0033
Noturno (abrigo)	1680	0,0299	0,0290	0,0000	0,0011

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

Tabela A.27 - Dados experimentais da cinética de secagem da farinha de grãos de abóbora (FG) em secador solar diurno e ao abrigo à noite (testemunha)

Período/Local	Tempo (min)	X (b.s.)	X (b.u.)	RX	T _x
Noturno (abrigo)	0	0,4058	0,2887	1	0,0276
	30	0,3976	0,2845	0,9781	0,0088
	60	0,3914	0,2813	0,9618	0,0091
	120	0,3823	0,2766	0,9378	0,0096
	180	0,3728	0,2715	0,9125	0,0047
	240	0,3681	0,2690	0,9001	0,0059
	300	0,3622	0,2659	0,8846	0,0049
	420	0,3524	0,2606	0,8588	0,0045
	540	0,3434	0,2556	0,8348	0,0039
	720	0,3318	0,2491	0,8042	0,0023
	900	0,3250	0,2453	0,7863	0,0917
Diurno (secador solar)	1080	0,0499	0,0475	0,0590	0,0069
	1260	0,0293	0,0285	0,0045	0,0006
	1440	0,0276	0,0269	0,0000	0,0011

Em que: X – teor de água; RX - razão de água; TX – taxa de secagem

APÊNDICE B

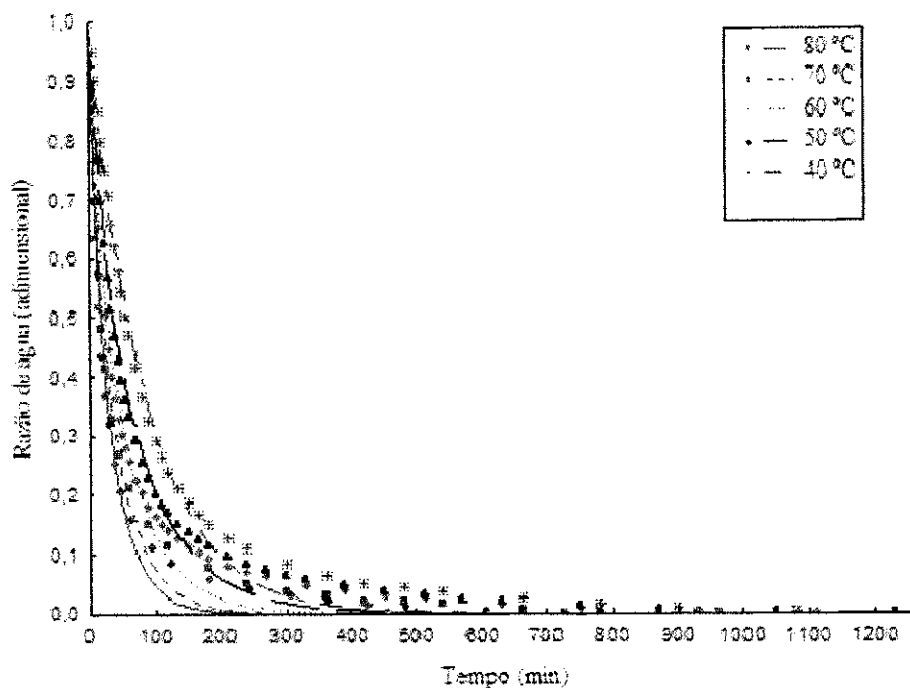


Figura B.1 – Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos

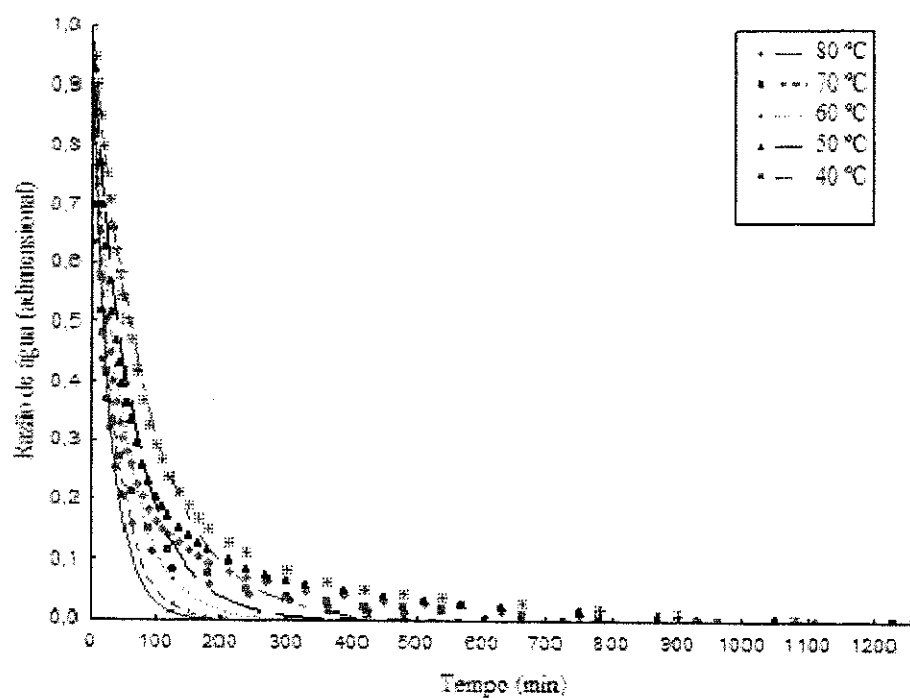


Figura B.2 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

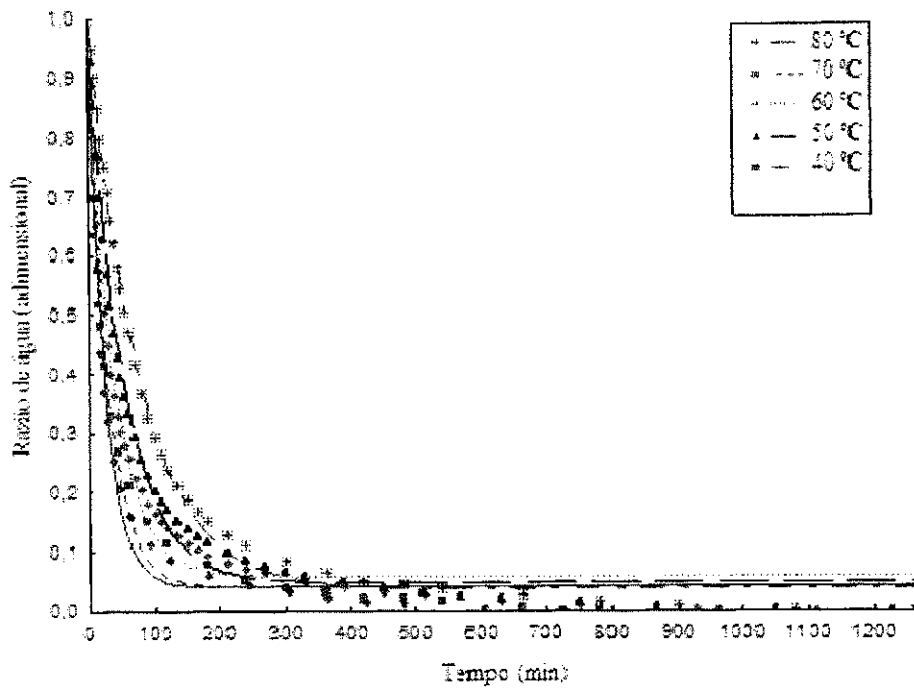


Figura B.3 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo Logarítmico

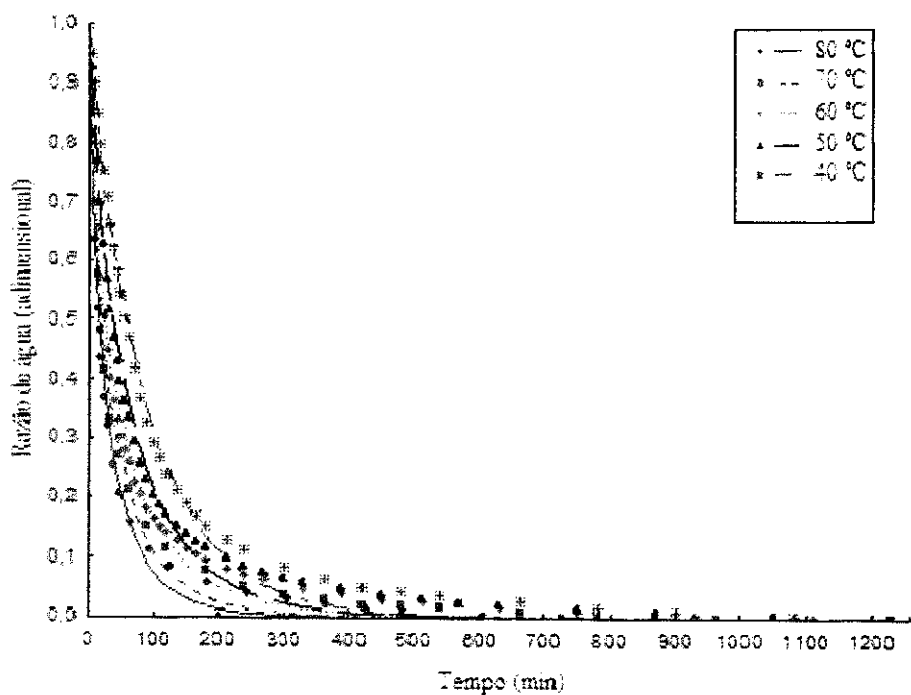


Figura B.4 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora inteiros (GI) com ajustes pelo modelo de Page

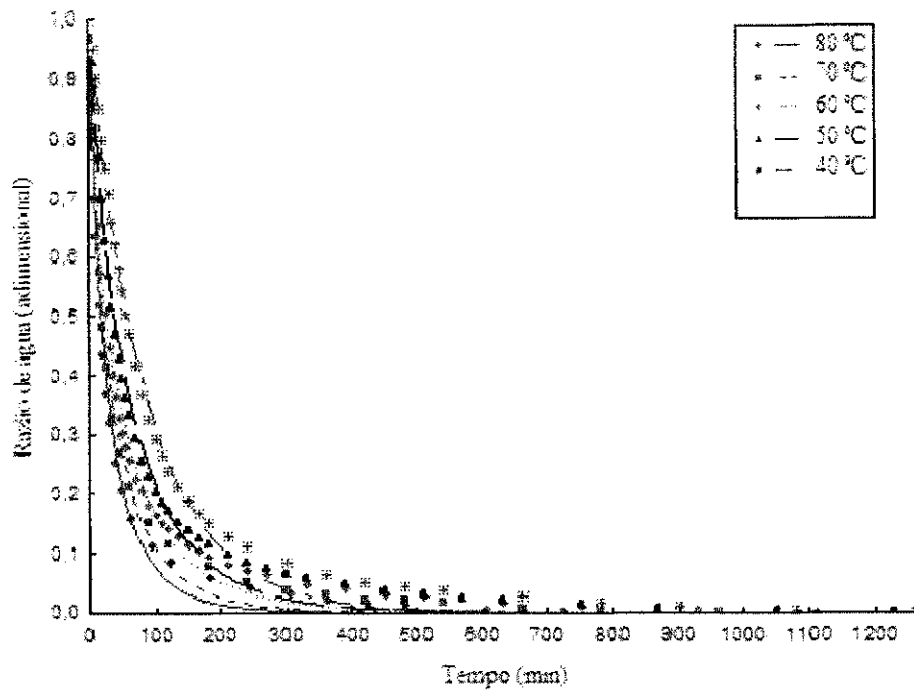


Figura B.5 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos

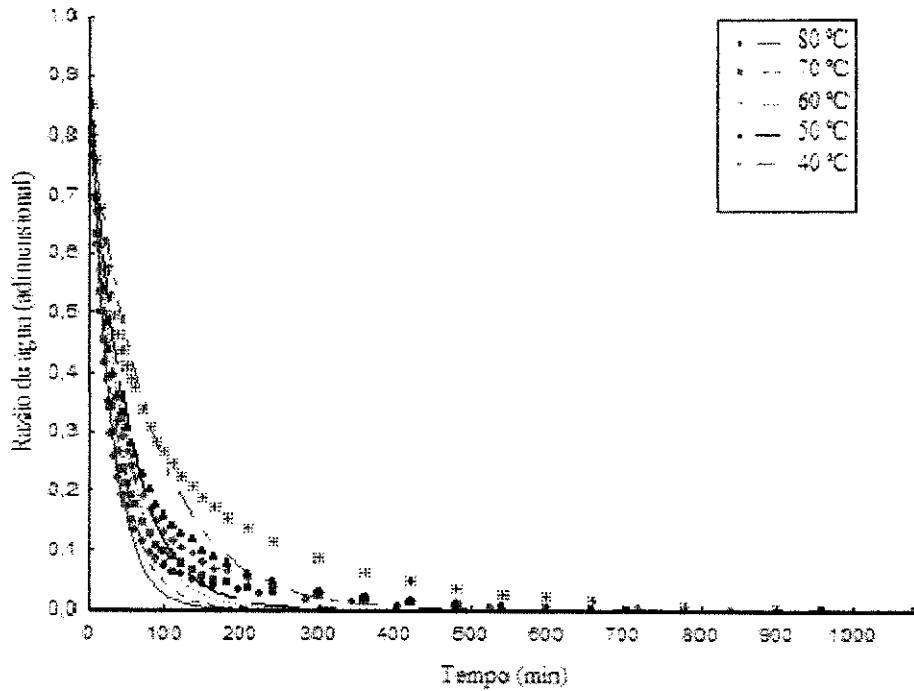


Figura B.6 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

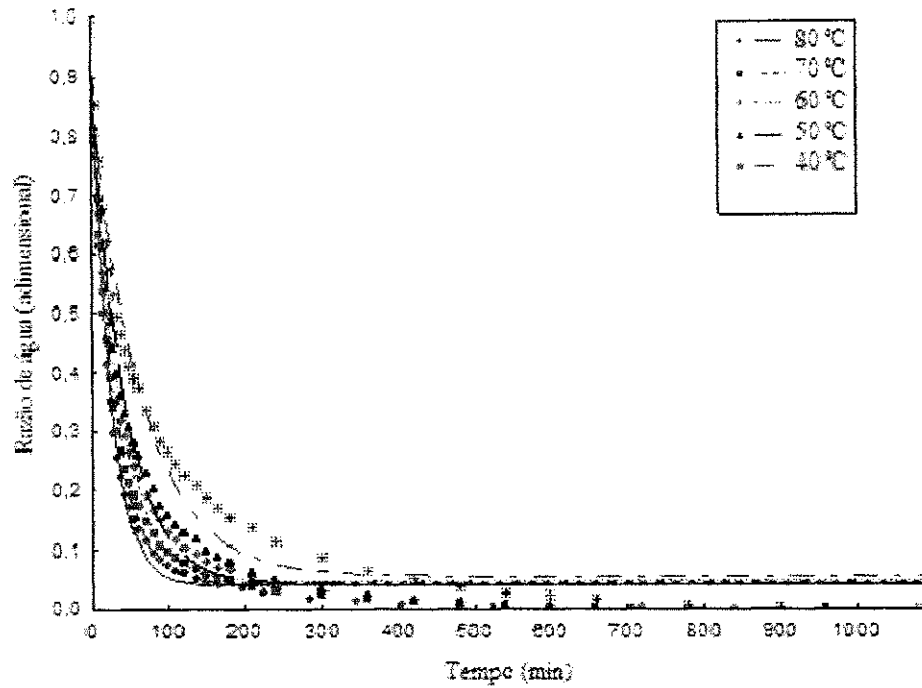


Figura B.7 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo Logarítmico

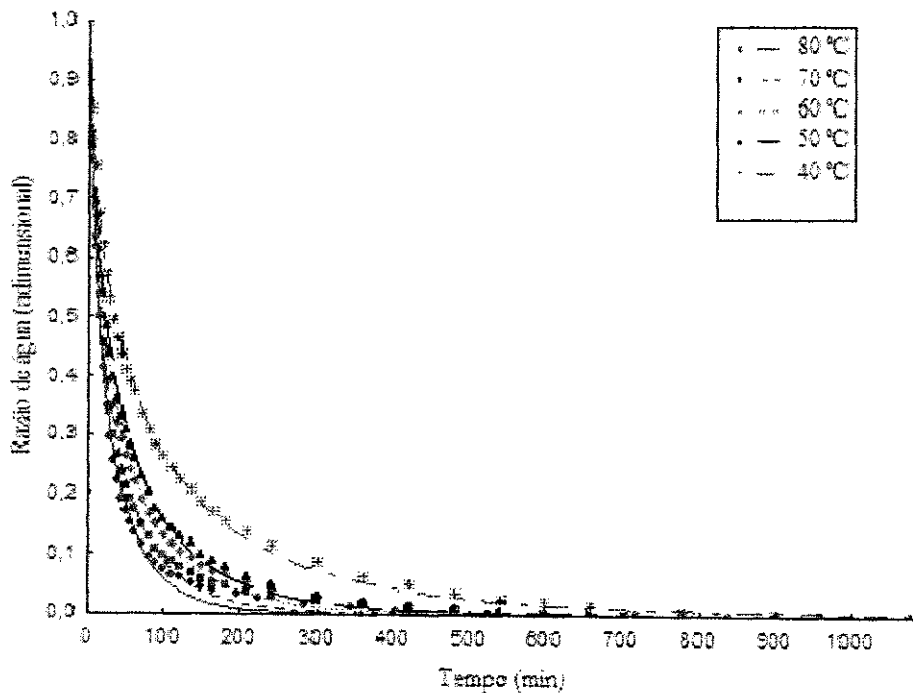


Figura B.8 - Curvas de cinética de secagem em estufa, nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) com ajustes pelo modelo de Page

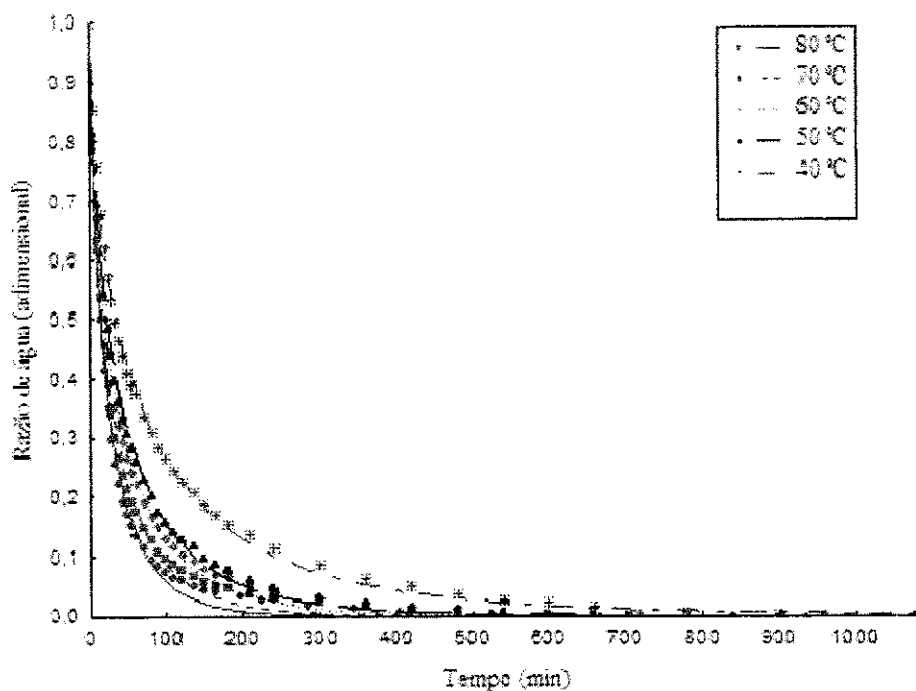


Figura B.9 – Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo Aproximação da Difusão

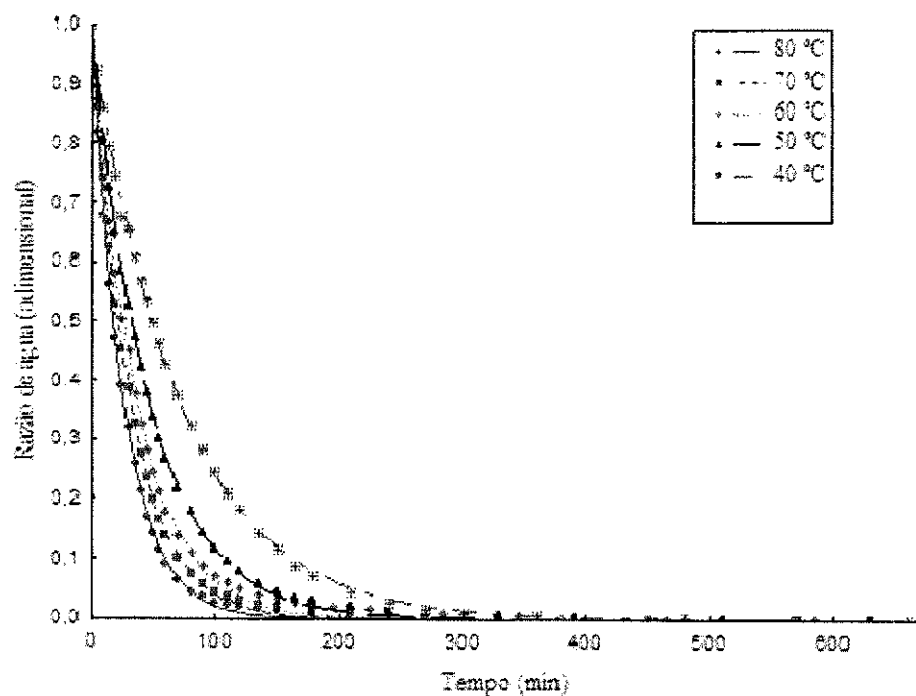


Figura B.10 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo Exponencial Dois Termos

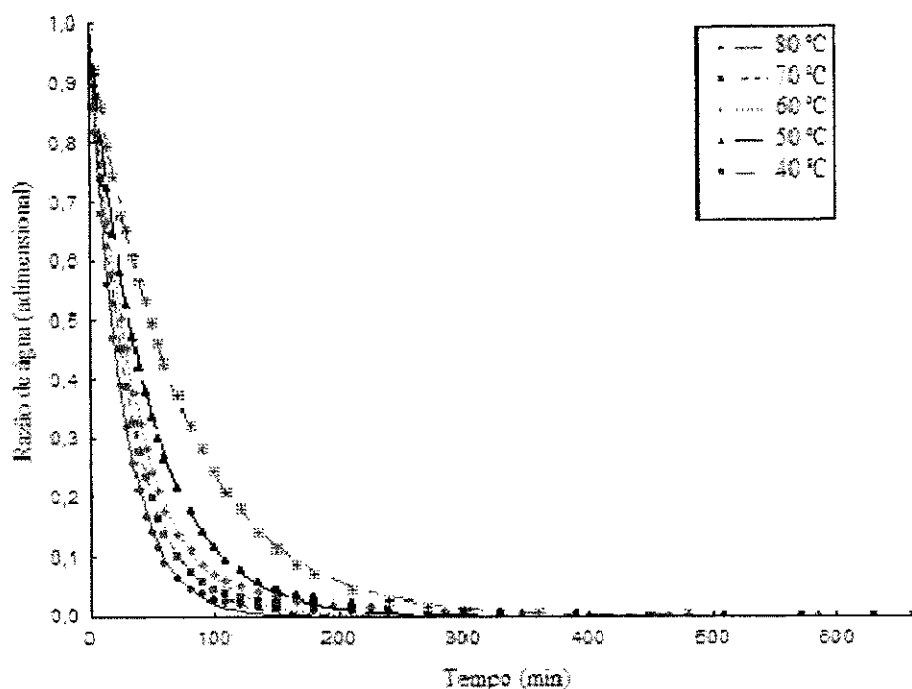


Figura B.11 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

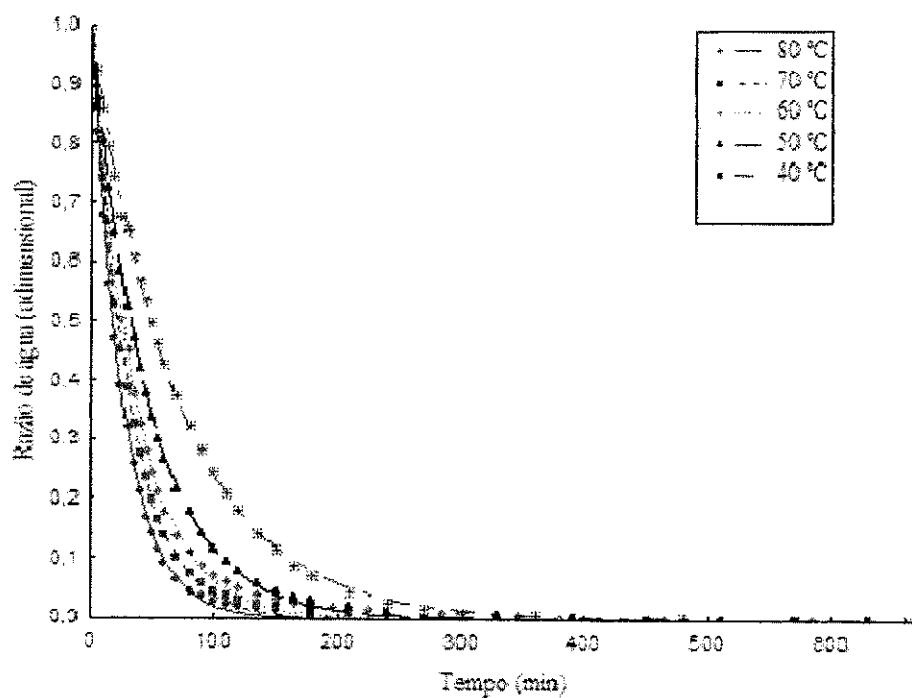


Figura B.12 - Curvas de cinética de secagem em estufa nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, da farinha dos grãos de abóbora (FG) com ajustes pelo modelo de Page

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 01/12/2009	Noite	Dia
Temperatura (°C)	23	31
Vento (SSW km/h)	14	22
Pressão (hPa)	1014	1013
Umidade (%)	84	45

Tabela C.2 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 09/12/2009	Noite	Dia
Temperatura (°C)	25,00	32,70
Vento (SSW km/h)	16	23
Pressão (hPa)	1015	1015
Umidade (%)	74,50	48,70

Tabela C.3 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) sob exposição direta ao sol (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 12/12/2009	Noite	Dia (*)
Temperatura (°C)	24,70	29,00
Vento (SSW km/h)	15,86	18
Pressão (hPa)	1014	1013
Umidade (%)	78,40	50,00

* - Nublado

Tabela C.4 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos inteiros (GI) de abóbora no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 04/12/2009	Noite	Dia
Temperatura (°C)	25,5	32
Vento (SSW km/h)	14	21
Pressão (hPa)	1014	1014
Umidade (%)	80	45

Tabela C.5 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 15/12/2009	Noite	Dia (*)
Temperatura (°C)	22,70	30,50
Vento (SSW km/h)	13,5	22
Pressão (hPa)	1015	1016
Umidade (%)	88,50	56,00

* - Nublado

Tabela C.6 – Valores médios das condições termodinâmicas do ambiente externo durante a secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) no secador solar (período diurno) combinada com a secagem no secador ACSN (período noturno)

Data - 17/12/2009	Noite	Dia (*)
Temperatura (°C)	23,00	29,00
Vento (SSW km/h)	16	20
Pressão (hPa)	1014	1014
Umidade (%)	80,10	51,00

* - Nublado

Tabela C.7 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora inteiros (GI)

Data - 01/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	51,00	41,40	48,17
Ambiente (noite)	24,00	22,00	23,00

Tabela C.8 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora sem tegumento (GST)

Data - 09/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	63,00	45,00	54,40
Ambiente (noite)	31,00	22,00	25,00

Tabela C.9 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem sob exposição direta ao sol combinado com o secador ACSN para a farinha dos grãos de abóbora (FG)

Data - 12/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	55,00	48,10	51,62
Ambiente (noite)	27,00	22,00	24,70

Tabela C.10 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora inteiros (GI)

Data - 04/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	51,10	40,10	47,00
Ambiente (noite)	31,00	22,00	25,50
Secador solar	74,00	45,00	57,70

Tabela C.11 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para os grãos de abóbora sem tegumento (GST)

Data - 15/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	60,00	47,00	53,20
Ambiente (noite)	26,00	22,00	23,40
Secador solar	61,00	36,00	51,70

Tabela C.12 – Temperaturas de secagem no secador ACSN comparada a temperatura ambiente, durante o tratamento de secagem no secador solar combinado com o secador ACSN para a farinha dos grãos de abóbora (FG)

Data - 17/12/2009	Temperatura (°C)		
	Max.	Mín.	Média
Secador ACSN	54,40	50,50	52,45
Ambiente (noite)	24,00	22,00	23,00
Secador solar	65,00	38,00	51,50

APÊNDICE D

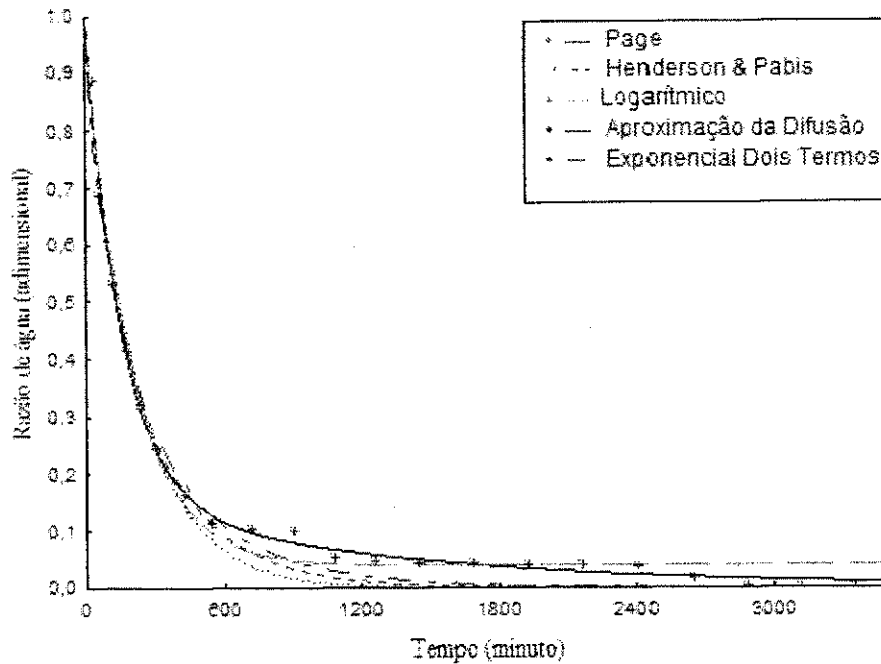


Figura D.1 – Curva de cinética de secagem dos grãos inteiros (GI) em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page

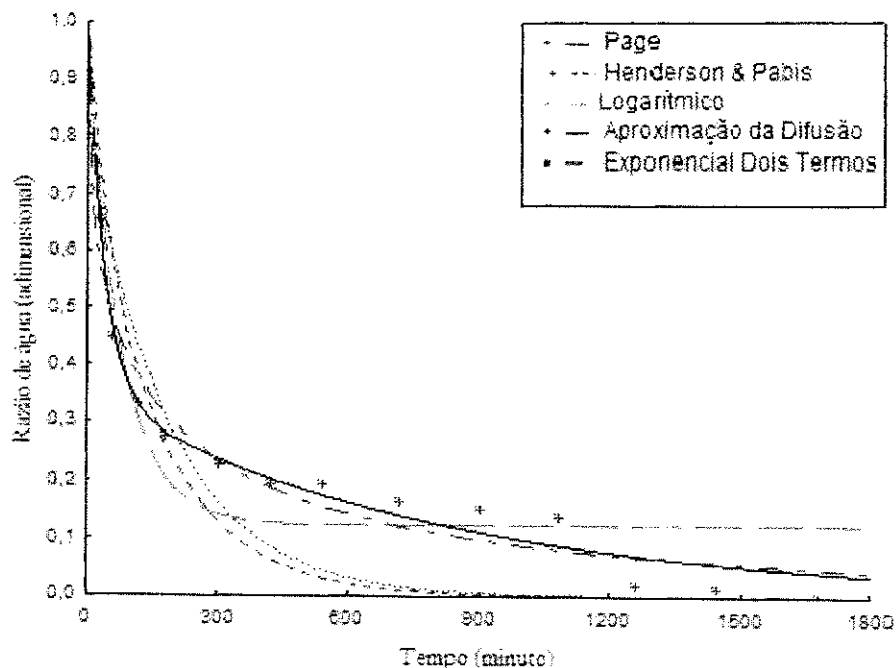


Figura D.2 - Curva de cinética de secagem dos grãos sem tegumento (GST) em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page

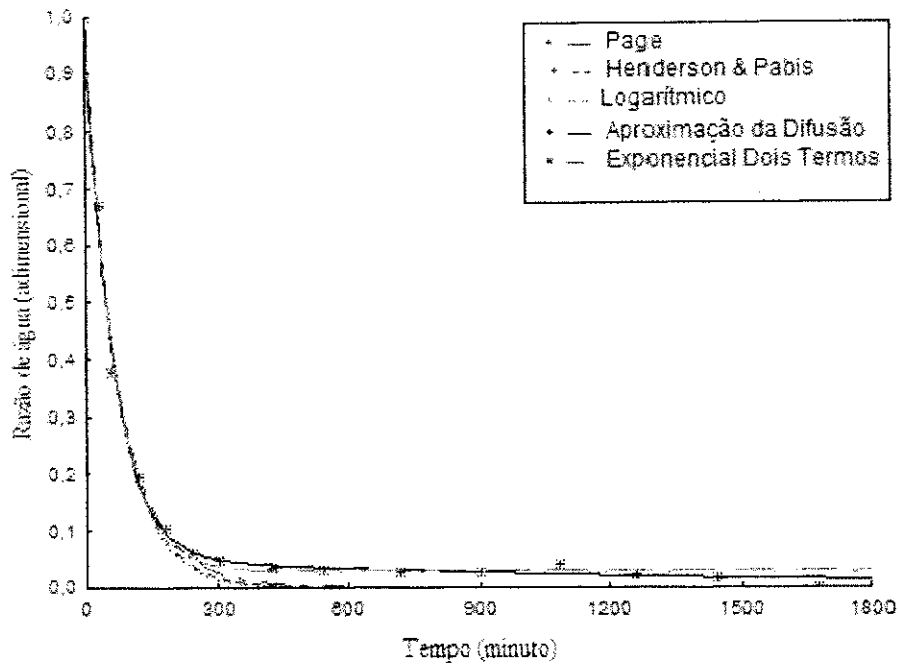


Figura D.3 - Curva de cinética de secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) sob em exposição direta ao sol associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page

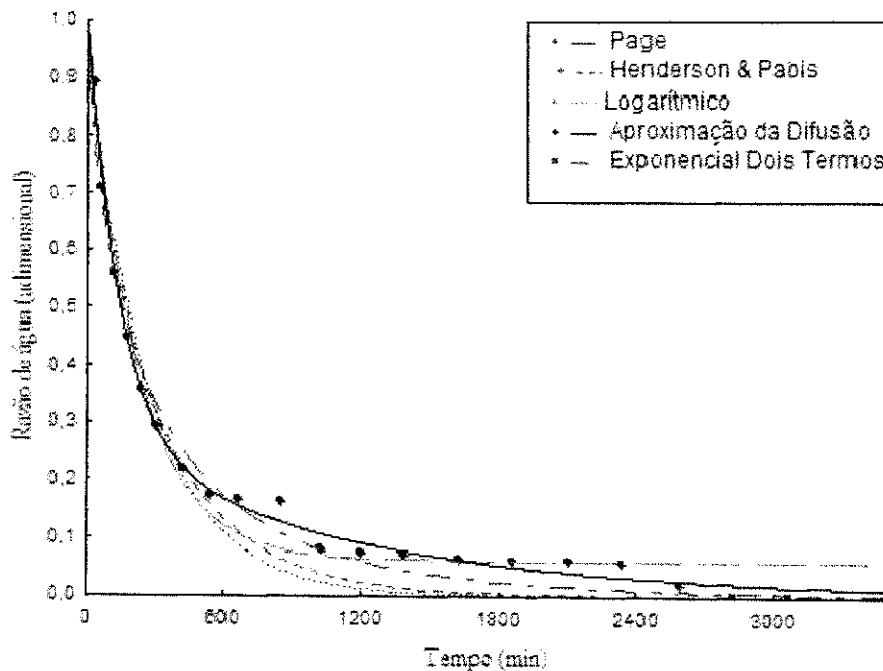


Figura D.4 - Curvas de cinética de secagem dos grãos inteiros de abóbora (GI) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page

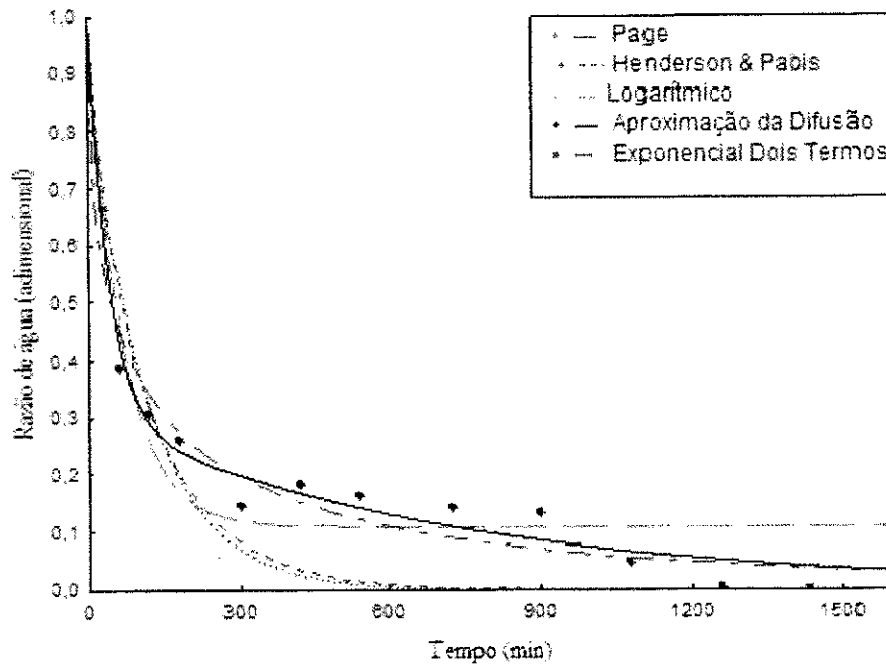


Figura D.5 - Curvas de cinética de secagem dos grãos de abóbora sem tegumento (GST) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page

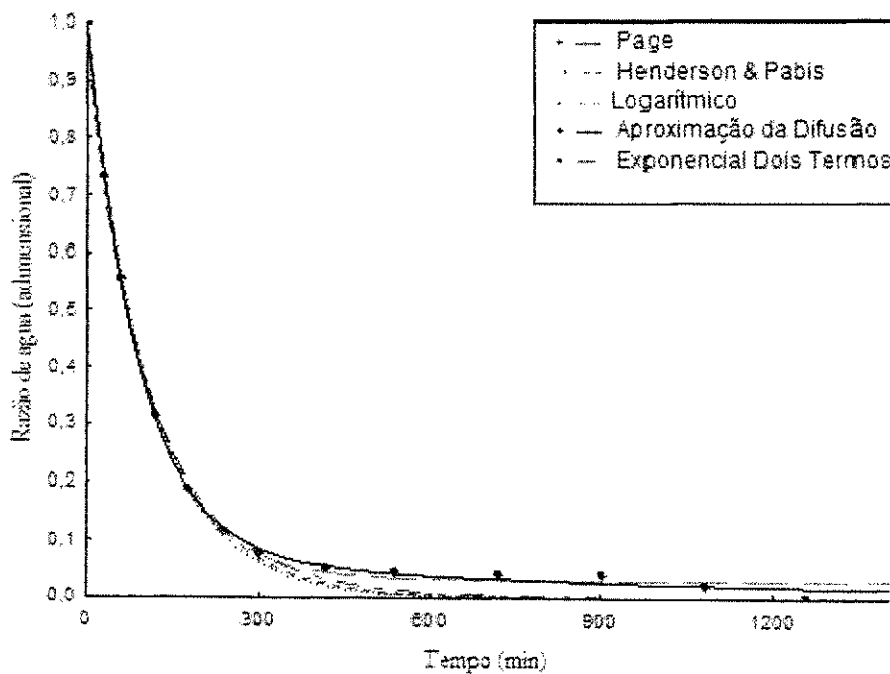


Figura D.6 - Curvas de cinética de secagem da farinha dos grãos de abóbora (FG) em secador solar associado ao secador ACSN com ajustes pelos modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico e Page