



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



DISSERTAÇÃO

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

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE NONI

DANIELLE MARTINS LEMOS

CAMPINA GRANDE – PB

Fevereiro - 2014

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE NONI

DANIELLE MARTINS LEMOS

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.^a Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**Campina Grande - PB
Fevereiro – 2014**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- L557s Lemos, Danielle Martins.
Secagem e armazenamento das sementes de noni / Danielle Martins Lemos. – Campina Grande, 2014.
101 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.
- "Orientação: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, Prof.^a Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo".
Referências.
1. *Morinda citrifolia* L. (Noni). 2. Cinética. 3. Estocagem. 4. Isoterma. I. Queiroz, Alexandre José de Melo. II. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. III. Título.

CDU 634.1(043)



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



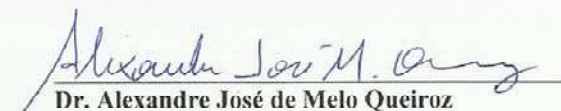
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

DANIELLE MARTINS LEMOS


SECAGEM E ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE NONI

BANCA EXAMINADORA

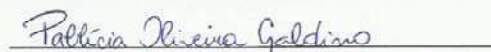
PARECER


Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Orientador - UAEA/UFCC


APROVADA


Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Orientadora - UAEA/UFCC

Aprovada


Dr^a. Pablicia Oliveira Caldino
Examinadora - CCT/UEPB

Aprovado


Dr. Vímário Simões Silva
Examinador - UAEQ/UFCC

Aprovado

FEVEREIRO DE 2014

“Não ganhe o mundo e nem perca sua alma; sabedoria é melhor que prata e ouro.”

Bob Marley

*A meus
pais, meu filho e meus
irmãos que foram os
motivadores dessa vitória.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, por me dar discernimento, coragem e sabedoria para seguir com meus planos tão longe de quem amo - minha família.

A meus pais, Helena e Bosco, pela compreensão, pelo amor nunca negado e sobretudo por criarem e educarem meu filho como se fosse deles. Amo vocês!

A meus irmãos, Lucas e Werllen, por me auxiliarem desde o início da minha vida estudantil. Obrigada por tudo meus amores.

A meu filho, João Vitor, só pelo fato da sua existência, pois ele é o motivo da minha luta e o merecedor de minhas conquistas. Amo-te mais do que tudo filho, amor incondicional!

A minhas cunhadas, Rozana e Yara, sempre presentes na vida de meu filho, amando-o e o educando, tentando cumprir um papel materno, enquanto minha ausência. Obrigada, comadres.

A meus familiares que, mesmo distante, me auxiliaram com palavras de conforto e compreensão.

A minha melhor amiga e - porque não dizer - irmã Elisabete Piancó, que me acompanha desde a graduação, aconselhando-me e auxiliando-me, confortando meu coração nas horas mais tristes. Obrigada por se fazer sempre presente!

A Emanuel Neto, ao qual sempre tive admiração pela sua força e fé, por me ter estimulado a iniciar o curso de Pós-graduação mesmo se tornando ausente em alguns momentos.

A Francilânia Batista, pelos momentos de descontração e companheirismo, assim ajudando-me, assim a superar as saudades de casa e a aflição.

Aos amigos Antônio Suassuna, Ivomberg Dourado e Flávio Costa, por nunca me negarem ajuda sempre que requisitados e pelos momentos alegres que me proporcionaram.

Aos Colegas de mestrado, Renata Duarte, Juliana Ferreira, Karla Barboza, Ana Teresa, pelas aflições e conhecimentos repartidos, além das demais amizades conquistadas no CZ, Luzia Márcia, Francinalva, Bruno, Juliana Brito, Regilane, Dyego Santos e Plúvia.

A Shirlyanne Ferreira pelo companheirismo no trabalho e por me tirar sorrisos mesmo quando triste e cansada.

A Thaís Azevedo, por todo conhecimento compartilhado e cumplicidade desde a nossa chegada nesta jornada.

A todos que me forneceram o fruto, Sérgio Azevedo (pai de Thaís), Geraldo, Wólia, D. Terezinha, pois sem o mesmo não seria possível a realização deste trabalho.

A todos os funcionários que trabalham no CZ, pela disponibilidade sempre que requisitados, em especial a Salomé e Silas.

A José Franciraldo, pela disposição, colaboração e fornecimento de material, sem o qual não seria possível a elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por proporcionarem a realização desta conquista e à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

Aos meus orientadores, Prof. Alexandre e Prof. Rossana, pelos conhecimentos fornecidos, pela oportunidade de crescimento profissional, pelo auxílio e dedicação, pela orientação e pela inconfundível qualidade profissional.

A todos os docentes que contribuíram para a minha formação acadêmica, ministrando disciplinas ou apenas transmitindo sabedoria.

Enfim, a todos que colaboraram, direta ou indiretamente na realização deste trabalho, minha eterna GRATIDÃO.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivo geral	2
1.2 - Objetivos específicos	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 - Fruto do noni.....	4
2.2 – Composição química das sementes.....	6
2.2.1 - Carboidratos	7
2.2.2 - Lipídeos.....	8
2.2.3 - Proteínas.....	8
2.3 - Secagem.....	9
2.3.1 - Tipos de secadores.....	11
2.3.2. - Cinética de secagem.....	12
2.4 - Armazenamento.....	13
2.5 - Embalagens.....	15
2.6 - Isotermas de adsorção de água.....	16
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 –Matéria-prima e processamento.....	19
3.2 - Análises físico-químicas, físicas e físico-químicas.....	20
3.2.1 - pH.....	20
3.2.2 - Acidez total titulável.....	21
3.2.3 - Teor de água.....	21
3.2.4- Cinzas.....	21
3.2.5 - Lipídios.....	21
3.2.6 - Proteínas.....	21
3.2.7 – Cor.....	21
3.2.8 – Açúcares totais, redutores e não redutores.....	22
3.2.9 - Atividade de água (a_w).....	22

3.2.10 - Amido.....	22
3.3 – Preparo das sementes de noni sem fibra (SSF).....	22
3.4 – Secagem.....	23
3.5 – Obtenção das farinhas das sementes de noni.....	25
3.6 – Isotermas de adsorção de água.....	25
3.7 - Armazenamento das farinhas das sementes de noni.....	27
3.8 - Análise estatística.....	28
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 – Caracterização química, física e físico-química das sementes de noni.....	29
4.2 – Secagem.....	31
4.2.2 – Cinética de secagem.....	32
4.2.3 – Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de noni com e sem fibra secas.....	38
4.3 - Isotermas de adsorção de água.....	42
4.4 – Armazenamento.....	49
4.4.1 – Teor de água.....	50
4.4.2 - Atividade de água.....	51
4.4.3 - Acidez total titulável.....	53
4.4.4 - pH.....	54
4.4.5 - Açúcares redutores.....	56
4.4.6 - Luminosidade (L*).....	57
4.4.7 - Intensidade de vermelho (+a*).....	58
4.4.8 - Intensidade de amarelo (+b*)	60
5 - CONCLUSÕES.....	62
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
APÊNDICE A	76
APÊNDICE B	81
APÊNDICE C	92
APÊNDICE D.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Frutos do noni na planta mãe (A) e maduros (B).....	5
Figura 3.1 -	Fluxograma de processamento das sementes de noni	20
Figura 3.2 -	Esquema de secador de bandeja.....	23
Figura 4.1 -	Modelo Dois Termos ajustado às cinéticas de secagem da semente de noni com fibra (SCF) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.....	37
Figura 4.2 -	Modelo Dois Termos ajustado às cinéticas de secagem da semente de noni sem fibra (SSF) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.....	37
Figura 4.3 -	Isotermas de adsorção de água da farinha de SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.....	48
Figura 4.4 -	Isotermas de adsorção de água da farinha de SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg.....	49
Figura A.1 -	Modelo de Logarítmico ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF.....	77
Figura A.2 -	Modelo de Henderson e Pabis ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF	77
Figura A.3 -	Modelo de Page ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF.....	78
Figura A.4 -	Modelo de Thompson ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF.....	78
Figura A.5 -	Modelo de Page ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF.....	79

Figura A.6 -	Modelo de Henderson e Pabis ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF.....	79
Figura A.7 -	Modelo de Logarítmico ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF.....	80
Figura A.8 -	Modelo de Thompson ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF.....	80
Figura C.1-	Isotermas de adsorção de água da SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.....	93
Figura C.2-	Isotermas de adsorção de água da SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Oswin.....	93
Figura C.3-	Isotermas de adsorção de água da SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.....	94
Figura C.4-	Isotermas de adsorção de água da SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Oswin.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Composição química e físico-química da polpa de noni de acordo com vários autores.....	6
Tabela 4.1 -	Caracterização química, física e físico-química das sementes de noni com fibra (SCF) e sementes sem fibra (SSF).....	29
Tabela 4.2 -	Parâmetros médios obtidos nas cinéticas de secagem das sementes com fibra (SCF) e sementes sem fibra (SSF).....	32
Tabela 4.3 -	Parâmetros de ajuste dos modelos ajustados as cinéticas de secagem das sementes de noni com fibra (SCF).....	33
Tabela 4.4 -	Parâmetros de ajuste dos modelos ajustados as cinéticas de secagem das sementes de noni sem fibra (SSF).....	34
Tabela 4.5 -	Médias e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das farinhas das sementes de noni sem fibra (SSF) secadas em diferentes temperaturas.....	38
Tabela 4.6 -	Médias e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das farinhas das sementes de noni com fibra (SCF) secadas em diferentes temperaturas.....	39
Tabela 4.7-	Valores médios do teor de água de equilíbrio (X_e) da farinha de SCF em função da atividade de água (a_w).....	43
Tabela 4.8-	Valores médios do teor de água de equilíbrio (X_e) da farinha de SSF em função da atividade de água (a_w).....	44
Tabela 4.9-	Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas de sementes de noni com fibra (SCF) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	45
Tabela 4.10 -	Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas de sementes de noni sem fibra (SSF) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	46
Tabela 4.11-	Valores médios do teor de água da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	50
Tabela 4.12	Valores médios do teor de água da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	51

Tabela 4.13	Valores médios de atividade de água da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	52
Tabela 4.14	Valores médios de atividade de água da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	53
Tabela 4.15	Valores médios de acidez total da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	53
Tabela 4.16	Valores médios de acidez total da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	54
Tabela 4.17	Valores médios de pH da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	55
Tabela 4.18	Valores médios de pH da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	55
Tabela 4.19	Valores médios de açúcar redutor da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	56
Tabela 4.20	Valores médios de açúcares redutores da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	57
Tabela 4.21	Valores médios de luminosidade da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	57
Tabela 4.22	Valores médios de luminosidade da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	58
Tabela 4.23	Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	59
Tabela 4.24	Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	59
Tabela 4.25	Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%.....	60
Tabela 4.26	Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa	61

	média de 55%.....	
Tabela B.1 -	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de GAB.....	82
Tabela B.2 -	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de GAB.....	82
Tabela B.3 -	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de GAB.....	83
Tabela B.4 -	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Peleg.....	83
Tabela B.5 -	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Peleg.....	84
Tabela B.6-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Peleg.....	84
Tabela B.7-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Oswin.....	85
Tabela B.8-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Oswin.....	85
Tabela B.9-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando o modelo de Oswin.....	86
Tabela B.10-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de GAB.....	86

Tabela B.11-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de GAB.....	87
Tabela B.12-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de GAB.....	87
Tabela B.13-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Peleg.....	88
Tabela B.14-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Peleg.....	88
Tabela B.15-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Peleg.....	89
Tabela B.16-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Oswin.....	90
Tabela B.17-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Oswin.....	90
Tabela B.18-	Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando o modelo de Oswin.....	91
Tabela D.1-	Análise de variância do teor de água da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	96
Tabela D.2-	Análise de variância do teor de água da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	96
Tabela D.3-	Análise de variância de atividade de água da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	96

Tabela D.4-	Análise de variância de atividade de água da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	97
Tabela D.5-	Análise de variância de acidez da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	97
Tabela D.6	Análise de variância de acidez da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	97
Tabela D.7-	Análise de variância de açúcar redutor da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	98
Tabela D.8-	Análise de variância de açúcar redutor da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	98
Tabela D.9-	Análise de variância de amido da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	98
Tabela D.10-	Análise de variância de amido da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	99
Tabela D.11-	Análise de variância de luminosidade da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	99
Tabela D.12-	Análise de variância de luminosidade da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	99
Tabela D.13-	Análise de variância de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	100
Tabela D.14-	Análise de variância de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	100

Tabela D.15-	Análise de variância de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	100
Tabela D.16-	Análise de variância de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	101

RESUMO

Diante da escassez de trabalhos referentes às sementes de noni (*Morinda citrifolia* L.), torna-se relevante sua pesquisa, com o intuito de estimativa de vida útil de um produto agrícola, em virtude da sua popularidade e propriedades. Objetivou-se, com este trabalho, caracterizar e estudar a cinética de secagem em secador de leito fixo, das sementes de noni com e sem fibra, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e velocidade média do ar de secagem de 0,75 m/s; avaliar a estabilidade das farinhas das sementes de noni acondicionadas em dois tipos de embalagem (plástica e laminada) durante 60 dias de armazenamento sob temperatura (30 °C) e umidade relativa (55%) controlada e determinar as isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C das farinhas de sementes, com e sem fibras. Os dados do armazenamento foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 7x2 (7 tempos de armazenamento e 2 tipos de embalagem) e a comparação entre médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados das cinéticas de secagem foram ajustados pelos modelos de Henderson e Pabis, Dois Termos, Logarítmico, Page e Thompson, obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,81 e desvios quadráticos médios (DQM) menores que 0,58; já as isotermas foram ajustadas pelos modelos de GAB, Peleg e Oswin obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,97 e desvios percentuais médios (P) menores que 10,05%. A presença de fibras provocou aumento no tempo de secagem das sementes. Durante o armazenamento da farinha de sementes com fibra (SCF) e da farinha de sementes sem fibra (SSF) ocorreu aumento dos teores de água, atividade de água e acidez, com a diminuição do pH para as duas amostras. Em relação à coloração, as farinhas de SCF e SSF tiveram, inicialmente leve escurecimento mantendo, porém estabilidade aos dias que se seguiram ao armazenamento.

Palavras-chave: cinética, estocagem, isoterma, *Morinda citrifolia* L.

ABSTRACT

Given the scarcity of work on the noni seeds (*Morinda citrifolia* L.), researching about it becomes relevant in order to estimate the useful life of this agricultural product, because of its popularity and properties. The objective of this paper was to characterize and study the drying kinetics in fixed bed dryer of noni seeds with and without fiber at temperatures of 40, 50, 60 and 70°C and 0.75 m/s as the average speed of drying air; evaluate the meal stability of noni seeds stored in two types of packaging (plastic and laminated) for 60 days at controlled temperature (30 ° C) and relative humidity (55%) and determine the moisture adsorption isotherms at temperatures of 20, 30 and 40°C of seed meal with and without fibers. The storage of data was submitted to a completely randomized design in a 7x2 factorial arrangement (7 storage times and 2 types of packaging) and averages comparison by Tukey test at 5% probability. The results of the drying kinetics models were adjusted by Henderson and Pabis, Two Terms, Logarithmic, Page and Thompson, obtaining coefficients of determination (R²) greater than 0.81 and average quadratic deviation (AQD) smaller than 0.58; whereas isotherms were adjusted for GAB, Peleg and Oswin models, obtaining coefficients of determination (R²) greater than 0.97 and average percentage deviations (P) lower than 10.05%. The presence of fibers resulted in an increase in seed drying time. During the storage of fiber seed meal (FSM) and the fiber without seed meal (FWS), there was an increase in water content, water activity and acidity, due to the decreasing of pH for the two samples. With regard to color, SCF and SSF meal had initially slight darkening, but stability during the days that followed the storage.

Keywords: kinetics, storage, isotherm, *Morinda citrifolia* L.

1 - INTRODUÇÃO

Existe um número expressivo de plantas nativas e exóticas, com potencial fitoterápico e socioeconômico para a região Nordeste do Brasil, cultivadas de maneira empírica, como o noni (*Morinda citrifolia* L.), o qual possui elevado valor de mercado sendo bastante recente seu cultivo no Brasil, realizado por pessoas que trouxeram sementes do Caribe ou da Polinésia; todavia, há relato de plantios em vários estados do País, como no Acre, São Paulo, Pará, Sergipe e Ceará (SOUSA et al., 2009).

O noni é usado como suplemento alimentar, principalmente na forma de suco além de utilizado na medicina popular, no tratamento de doenças e/ou distúrbios como: diabetes, diarreia, dores, hipertensão, artrite, estresse e câncer.

Praticamente, todas as partes da planta de noni são utilizadas e a cada uma delas são atribuídas propriedades medicinais distintas. É atribuída propriedade adstringente à casca, a qual vem sendo utilizada no tratamento da malária; as folhas são usadas como analgésico e para inflamações externas; as flores empregadas no tratamento de inflamações oculares; o extrato das raízes é usado para baixar a pressão sanguínea e as sementes utilizadas como laxante (CORREIA, 2010).

As sementes dos frutos podem ser consideradas alimentos concentrados, geralmente de fácil conservação, bastando apenas preservá-las da umidade, são utilizadas na alimentação humana e de animais, de fácil industrialização não encarecendo demais os custos e permitindo apresentação muito diversificada (SALINAS, 2002).

A fim de se prolongar a vida útil de sementes um dos métodos de conservação utilizados é a secagem, em que o teor de água e a atividade de água são diminuídos, minimizando a degradação química, bioquímica e microbiológica. O principal objetivo da secagem de produtos agrícolas é a redução do seu teor de água para um nível que permita um armazenamento seguro durante um período prolongado (DOYMAZ e ISMAIL, 2011).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000) o alto teor de água pode afetar a qualidade das sementes não só no período de armazenamento, mas também durante as operações de beneficiamento dificultando, muitas vezes, o manejo e reduzindo a eficiência das máquinas utilizadas nos processos de beneficiamento; no entanto, a secagem permite a obtenção de sementes de melhor qualidade por evitar danos oriundos dos insetos e de microrganismos. Entretanto, a qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo

de armazenamento, em virtude das diversas reações de natureza química, enzimática, e oxidativa entre outras. De maneira geral, tais produtos apresentam quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005). Além de necessitarem também nas fases de transporte e armazenamento de embalagem adequada que mantenha as características do produto (LISBOA et al., 2012). Desta forma, os filmes especiais e as embalagens plásticas laminadas, com as propriedades de barreira a gases, a vapor d'água, a aromas, a luz e grande flexibilidade, estão cada vez mais presentes no comércio por atenderem às exigências do consumidor quanto ao acondicionamento e à apresentação dos alimentos (SOARES et al., 2002). Observa-se, porém, que a estimativa da vida útil de produtos agrícolas não é uma tarefa fácil tornando-se indispensável o máximo de informações sobre as sementes de noni armazenadas, dando ênfase à higroscopicidade, à caracterização físico-química e à cinética de secagem, visto que pesquisas desenvolvidas com esta espécie são escassas.

1.1 - Objetivo geral

Secar sementes de noni e avaliar sua armazenabilidade.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar as sementes de noni com e sem fibra quanto ao teor de água, acidez total titulável, amido, açúcares totais, redutores e não redutores, pH, proteína bruta, lipídeos, cinzas, atividade de água e cor;
- Estudar a cinética de secagem das sementes de noni com e sem fibra nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C com velocidade média do ar de secagem de 0,75 m/s;
- Caracterizar as farinhas de sementes de noni com e sem fibra após secagem quanto ao teor de água, acidez total titulável, amido, açúcares totais, redutores e não redutores, pH, proteína bruta, cinzas, atividade de água e cor;
- Avaliar a estabilidade das farinhas com e sem fibra durante 60 dias de armazenamento em embalagens laminadas flexível e plástica rígida sob temperatura de 30 °C e umidade relativa de 55%, por meio da análise do teor de água, atividade de água, acidez total titulável, açúcares redutores, pH e cor.

- Determinar as isotermas de adsorção de umidade das farinhas com e sem fibra, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Noni

Com uma extensão territorial de 8.512.965 km², o Brasil produz 43 milhões de toneladas de frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado, proporcionando grande diversidade de frutas o ano inteiro, muitas delas exclusivas da região. Devido a essas características naturais o Brasil se destaca internacionalmente como grande supridor de frutas frescas e processadas (IBRAF, 2010).

Há novos frutos sendo comercializados e explorados no mercado nacional destacando-se o noni, descrito segundo Sousa et al. (2009) como uma espécie da família Rubiaceae, originária do sudeste asiático, que vem sendo utilizada pelos habitantes da Polinésia há mais de 2000 anos. De acordo com Wang et al. (2002) os polinésios utilizavam a fruta como alimento e elaboração de produtos medicinais e as raízes para a produção de corante amarelo ou vermelho para tingir algumas de suas roupas tradicionais.

O fruto é encontrado em várias partes do mundo, como nas regiões tropicais da África (Centro e Sul), no Caribe e em países como Austrália, China, Indonésia e Índia, além do Brasil. É uma espécie que se adapta muito bem às regiões costeiras podendo medir de 3 a 6 metros de altura e produz o ano inteiro (SOUSA et al., 2009).

Todas as partes da planta são utilizadas no tratamento de várias doenças e desordens. O fruto é importante devido à sua ampla gama de potenciais terapêuticos, tais como antissépticos, antiviral, antitumoral, anti-helmínticos, analgésica, anti-inflamatório e aumento de efeitos imunológicos (RETHINAM e SIVARAMAN, 2007).

A planta apresenta flores pequenas e brancas e os frutos contêm muitas sementes, mais de 100 por fruto grande, sendo triangulares a alongadas, marrons e medem entre 3 e 10mm de comprimento (VEIGA et al., 2005).

O fruto é ovalado (Figura 2.1) e atinge de 4 a 7 cm de tamanho sendo inicialmente verde, mudando para amarelo e, por fim, quase branco, época em que o fruto é colhido (BRITO, 2008).

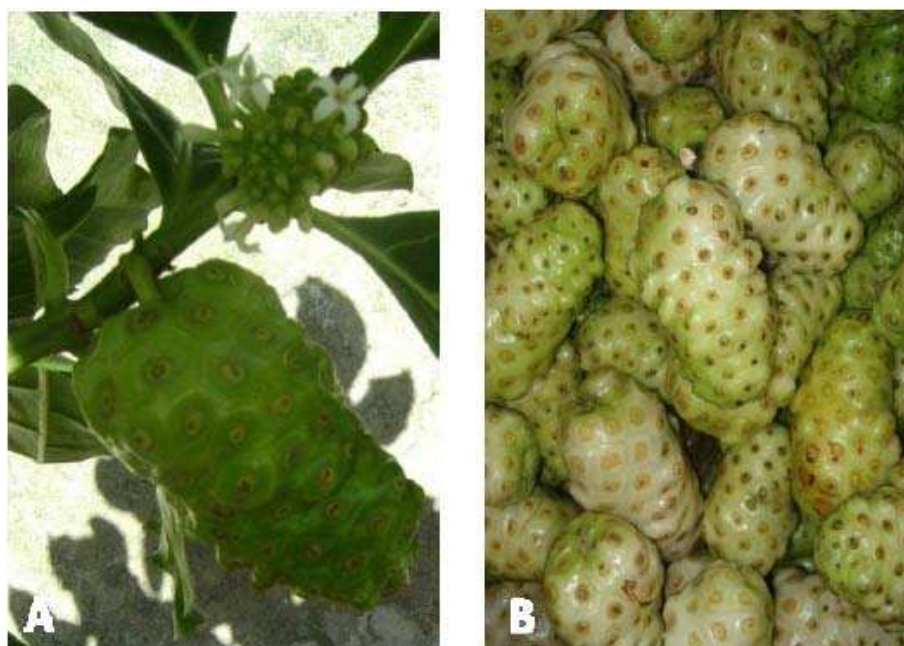


Figura 2.1- Frutos do noni na planta mãe (A) e maduros (B) (CORREIA, 2010)

A polpa creme, carnosa e succulenta, apresenta sabor e aroma não muito agradáveis, lembrando o sabor de um queijo maturado (VEIGA et al., 2005). Os frutos são de forma globosa ou ovalada-alargada e às vezes diformes, sendo bastante comum a produção de frutos duplos podendo pesar entre 100 e 300 gramas (SILVA, 2010).

O noni tem, como principais componentes da matéria seca, sólidos solúveis totais (8-10 °Brix), dos quais 5% são açúcares redutores e apenas 1,3% de sacarose (FABRA, 2011), fibras alimentares e proteínas. De acordo com Correia (2010), a fruta contém 90% de água, apresenta elevada porcentagem de minerais cujos principais são potássio, enxofre, cálcio e fósforo, além das vitaminas, ácido ascórbico e provitamina A, tendo a vitamina C um teor semelhante ao da goiaba (170 mg/100 g), além de ser rico em pectina (>1%).

Foram identificados por Pino et al. (2009) cerca de 34 ácidos voláteis e 26 ácidos não voláteis, sendo os principais responsáveis pelo odor característico do fruto, os ácidos octanoico e hexanoico. Porém, teores de etanol e de ácido láctico consideráveis sugerem que o noni apresenta uma fermentação durante o amadurecimento (CORREIA, 2010).

Diversos autores realizaram pesquisas a fim de obter dados dos parâmetros físicos, físico-químicos e químicos da polpa do noni cujos resultados são mostrados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Composição química, física e físico-química da polpa de noni de acordo com vários autores

Parâmetro	Silva et al. (2010a)	Correia et al. (2011)	Canuto et al. (2010)
Teor de água (%)	-	91,91	90,2
Acidez total titulável (%)	0,39	0,63	0,0032 (ác. cítrico)
pH	4,66	4,25	4,1
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,33	9,2	9
Vitamina C (m/100g)	101,41	122,54	51,2
Lipídeos (%)	-	0,08	0,1
Cinzas (%)	-	0,63	-

As sementes de noni são caracterizadas por apresentarem cor castanho-avermelhada, forma oblongo-triangular e possuir uma câmara de ar conspícua, com quatro a nove milímetros de comprimento. São hidrofóbicas devido a esta câmara de ar e apresentam um tegumento fibroso. Tal aversão à água permite que a semente flutue sendo um dos meios de propagação das plantas de noni (NELSON, 2005). O tegumento é muito resistente, relativamente grosso podendo ser encontradas, em um fruto grande de noni, mais de 100 sementes (NELSON, 2006).

Na antiguidade as sementes de noni eram retiradas dos frutos e tostadas em fogo aberto por índios birmaneses (PALU et al., 2012). Posteriormente, as sementes ficaram sendo consideradas um subproduto da indústria de suco de noni mas se desenvolvem processos para extração do óleo da semente (WADSWORTH e STORY, 2002).

2.2 – Composição química das sementes

As sementes, à semelhança dos demais órgãos da planta, apresentam composição química bastante variável. Considerando o principal composto armazenado, as sementes podem ser divididas em ricas em carboidratos (a maioria dos cereais) e ricas em lipídeos, sendo que as espécies ricas nesses componentes são cultivadas pelo homem com a finalidade de sua utilização como alimento ou como matéria-prima para as indústrias (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), além das proteínas.

A composição química das sementes é determinada fundamentalmente por fatores genéticos e varia entre as diferentes espécies e entre cultivares de uma mesma espécie. Condições ambientais prevalentes durante a formação da semente, bem como práticas

culturais (adubação nitrogenada e sulfídrica, épocas de semeadura) podem provocar modificações na composição química das sementes (NEDEL, 2003).

De acordo com Nedel (2003) a composição média da maioria das sementes consiste em 19% (colza) a 85% (arroz) de carboidratos, 7,9% (arroz) a 23,4% (ervilha) de proteínas e de 1,2% (ervilha) a 43,6% (colza) de lipídios.

2.2.1 - Carboidratos

Os carboidratos, além do seu papel central no metabolismo, também regulam muitos outros processos fisiológicos, pois atuam sobre um número significativo de genes (GIBSON, 2004). Os carboidratos constituem as principais substâncias armazenadas nas sementes cuja principal função é o fornecimento de energia para a retomada de desenvolvimento do embrião durante a germinação (LEDUC, 2007).

Amido e açúcares são os principais carboidratos presentes na semente, em que o amido desempenha a função exclusiva de reserva (AMARAL et al., 2001) e é armazenado no endosperma das sementes em duas formas: amilose (cadeia linear) e amilopectina (forma ramificada). A maioria dos cereais tem entre 50 a 75% de amilopectina e de 20 a 25% de amilose. Em arroz a proporção é inversa (NEDEL, 2003).

O amido apresenta grande importância nutricional e industrial, sendo a fonte mais significativa de carboidratos na alimentação humana representando de 80-90% de todos os polissacarídeos da dieta; é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (WALTER et al., 2005).

Salinas (2002) diz que o amido age como gelificante dando corpo e estabilização, com retenção de água e, por conseguinte, gerando uma textura mole e homogênea nos alimentos como molhos, caldos para sopas, manufatura de embutidos (salsicha, salames) e servindo de matéria-prima fermentável na elaboração de bebidas alcoólicas: cerveja, uísque e saquê, entre outras.

Teores diversos de carboidratos foram quantificados por Luzia et al. (2010) em sementes de pitanga secadas em estufa a 35 °C por 24 horas, com teor de carboidratos totais de 79,56%; por Silva (2011) em farinha integral de amêndoas da munguba com o valor de 29,20% para carboidratos totais e por Honorato e Silva (2013) em farelo de tortas de pinhão-manso com teor de 41,78% de carboidratos.

2.2.2– Lipídeos

Lipídeos são substâncias de origem vegetal ou animal, insolúveis em água porém solúveis em éter, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos. Do ponto de vista de reserva, para as sementes os lipídeos mais importantes são os triacilgliceróis (conhecidos como triglicerídeos), os quais são líquidos a temperaturas superiores a 20 °C (NEDEL, 2003).

O teor de óleo das sementes pode variar em função das características genéticas (cultivar ou variedade) e em função do meio ambiente, ocorrendo também variação durante o desenvolvimento da semente pois o mesmo é encontrado em todas as partes da semente ocorrendo em maior porcentagem no embrião ou no endosperma (CARVALHO e NAKAGAVA, 2000).

Como exemplo do percentual de óleo em sementes tem-se o crambe, que tem sido relatado como cultura oleaginosa promissora para a indústria de óleos e também como fonte proteica adicional para a alimentação animal (WANG et al., 2000).

Aguiar et al. (2010) quantificaram, na farinha de sementes de acerola, um teor de lipídeos de 3,92%. Sousa et al. (2012) identificaram os teores de lipídeos de 14,40% em semente de baru torrada e de 17,20% em sementes secas de pequi. Queiroz et al. (2012) determinaram, em sementes de lichia secas, teor de lipídeos de 2,77%.

2.2.3- Proteínas

As proteínas são moléculas complexas formadas por aminoácidos unidos entre si por ligações peptídicas, podendo ser agrupadas em três grandes categorias: proteínas estruturais, proteínas com atividade biológica e proteínas com valor nutritivo, essas citadas por último, poderiam ser definidas como as que são digeríveis, não tóxicas e aproveitáveis pelo organismo, encontrando-se presentes em quantidades significativas tanto em produtos de origem animal como vegetal (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Nos alimentos, além da função nutricional, as proteínas têm propriedades sensoriais e de textura, podendo vir combinadas com lipídeos e carboidratos (CECCHI, 2003). Entretanto, nas sementes as proteínas de reserva variam com as espécies, como as sementes dos cereais que apresentam, em geral, menor teor de proteína quando comparadas às leguminosas e às sementes ricas em óleo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

De acordo com Nedel (2003) nas sementes as proteínas de reserva apresentam algumas características particulares: são abundantes (80% do total de proteínas da semente); tem composição de aminoácidos não comum (ricas em amidas: glutamina e aspargina); estão localizadas em corpos proteicos no interior das sementes; a síntese dessas proteínas é regulada pelo desenvolvimento em razão de apresentarem especificidade de tecido (somente são sintetizadas nos tecidos da semente); em nenhum outro tecido da planta são encontradas proteínas de reserva, à exceção é da lecitina (globulina) que pode ser encontrada na ponta de crescimento de raízes.

Jorge e Luzia (2012) obtiveram, ao analisar farelo de sementes de *Pachira aquática* Aublet, um teor de proteínas de 11,86%, enquanto valores superiores foram verificados por Santos et al. (2014) em amêndoas das sementes de porongo teor de proteínas variando entre 22,78 e 27,01% e por Tinoco et al. (2012) em farinha de sementes de abóbora com teor de 36,97%.

2.3 – Secagem

Secagem é, essencialmente, um processo de transferência simultânea de calor e massa. Em operações de secagem, a água é, em geral, o líquido evaporado e o ar é o meio de secagem. O calor necessário para evaporação é fornecido para as partículas do material e a umidade é removida do material durante a secagem (ÖZBEY e SÖYLEMEZ, 2005).

O princípio de vários métodos de secagem de alimentos é a redução da atividade de água, e conseqüentemente, a redução das taxas de alterações microbiológicas (AZEREDO, 2004). No entanto, não tem somente como única importância a ampliação da vida útil dos alimentos como também serve para diminuir seu volume barateando custos (SALINAS, 2002).

Durante a secagem o produto biológico atinge um ponto de equilíbrio, quando em um ambiente com temperatura e umidade constante e não haverá troca de umidade entre o produto e o ar ambiente. Isso ocorre porque as pressões de vapor na superfície do produto e do ar são iguais originando um fenômeno chamado teor de água de equilíbrio (FIOREZE, 2003).

Dentre os métodos existem a secagem natural e a artificial. A secagem natural consiste em colocar produtos agrícolas em terra batida, esteira, concreto e piso, sendo vulnerável à contaminação por sujeira e poeira, infestação de inseto, pássaros e outros

animais, além do perigo de contaminação por aflatoxinas em grãos de cereais em virtude da secagem na terra batida e prolongado tempo de secagem (JANJAI e BALA, 2012), podendo também ser realizada na própria planta com a vantagem de baixo custo. Entretanto, a secagem artificial é aquela em que a movimentação do produto agrícola e do ar de secagem se faz por meio de equipamentos elétricos (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Nos secadores cujo sistema se baseia na circulação de ar aquecido o gradiente de temperatura entre o meio de aquecimento e o alimento determinará a taxa de aquecimento do produto e de remoção da água (AZEREDO, 2004).

A secagem pode ocorrer de acordo com o material a ser secado ou resultado esperado. Segundo Fioreze (2003) estabelecem-se as secagens em camada fina ou delgada, em que o produto é inteiramente envolvido pelo ar de secagem em regime turbulento ou secagem de camada espessa, em que o ar de secagem vai perdendo parte de sua energia e recebendo vapor de água, à medida que vai passando através do produto e a secagem contínua, cujo produto final apresenta maior uniformidade no teor de umidade.

Segundo Carlesso et al. (2005) existem dois fatores relevantes na qualidade fisiológica das sementes submetidas à secagem: a sensibilidade dos componentes químicos que determinam os limites da temperatura do ar de secagem e a velocidade do ar, usada no processo. Em algumas situações e uma vez aumentada a taxa de insuflação do ar através do produto, pode ocorrer aumento da taxa de água removida, ocasionando diminuição do tempo de secagem e alterações qualitativas no produto.

De acordo com Ordóñez et al. (2005) quando se deseja desidratar um alimento em corrente de ar quente, as mudanças do teor de águas e ajustam às curvas de secagem, as quais podem ser consideradas diversas fases ou etapas. Período 0 (zero) ou período de estabilização ocorre quando as condições da superfície do sólido se equilibram com as do ar de secagem; Período 1 ou período de velocidade constante, quando a superfície do sólido se mantém saturada de água líquida devido ao fato de que o movimento da água do interior do sólido para a superfície ocorre na mesma velocidade que a de evaporação na superfície; Período 2 ou período de secagem em velocidade decrescente apresenta-se quando a velocidade de movimento da água do interior do alimento para a superfície se reduz e, portanto, a pressão parcial de vapor d'água nesta superfície diminui progressivamente e ela começa a secar.

Segundo Villar (1999) as curvas de secagem em taxa decrescente podem ser côncavas, convexas ou aproximar-se de uma linha reta; podem, ainda, apresentar um ponto

de inflexão, quando ocorre mudança na forma física do produto como, por exemplo, quando se produz ruptura e contração, e quando se forma uma película na superfície do produto parcialmente seco. Apesar disto, a taxa de secagem pode ser acelerada como aumento da temperatura do ar de secagem e/ou com o aumento do fluxo de ar que passa pelo produto por unidade de tempo, sendo que a quantidade de ar utilizada para a secagem depende de vários fatores, como o teor de água inicial do produto e a espessura da camada (GOUVEIA et al., 2003).

2.3.1 - Tipos de secadores

De acordo com Silva (2004) a camada de grãos no secador de leito fixo permanece estática durante a secagem. O produto permanece estático e este tipo de secador tem sido empregado na secagem de milho em espiga, feijão em rama, café e arroz. O formato da câmara de secagem pode ser variado e com o fundo inclinado para propiciar a descarga por gravidade.

O secador de fluxo cruzado possui controle flexível das condições de secagem, com as zonas de calor controladas separadamente fornecendo uma secagem uniforme e com alta eficiência, porém é um sistema mais complexo, com maior custo inicial de operação e de manutenção (FELLOWS, 2006).

Nos secadores de fluxos contracorrentes o fluxo de ar atravessa a camada de grãos em sentido contrário ao do fluxo de grãos. Nos silos secadores de fluxos contracorrentes à medida que a massa de grãos vai descendo sua temperatura é aumentada, atingindo valores muito próximos aos da temperatura do ar de secagem. As temperaturas de secagem, não devem, nesse tipo de secador, ultrapassar 70 °C (BAKKER-ARKEMA et al., 1980). O ar que o produto encontra ao ser introduzido no equipamento tem pouca capacidade de secagem; assim, a velocidade de desidratação é muito lenta no início (ORDÓÑEZ et al., 2005).

De acordo com Ordóñez et al. (2005) no secador de fluxo concorrente o produto e o ar se movem na mesma direção e no mesmo sentido, permitindo a rápida desidratação inicial pois a temperatura do ar no ponto de entrada do produto costuma ser alta. Assim tornará reduzido o risco de deterioração pois o alimento estará em contato com o ar cada vez mais frio e mais úmido. O tipo de grão e o teor de água irão definir juntamente com o fluxo de grãos através do secador, a temperatura máxima do ar quente que deve ser usada.

Em secadores de fluxo misto ou do tipo cascata, o processo de secagem do fluxo misto é realizado por uma combinação de fluxos de ar em sentido concorrente, contracorrente e cruzado resultando, assim, em uma secagem consideravelmente uniforme mas geralmente tem custo elevado. Estruturalmente, esses secadores possuem uma torre central montada pela superposição vertical de caixa dutos. Uma caixa duto é formada por dutos montados em uma fileira horizontal. Um secador de 40 t/h possui, em sua torre, cerca de setenta caixas dutos; assim, o nome cascata é definido devido à característica do movimento da massa de grãos por entre os dutos (SILVA, 2004).

2.3.2. - Cinética de secagem

Quando se refere à secagem artificial ou natural das sementes de noni, nota-se que são escassas as informações na literatura, necessitando-se de estudos sobre cinética de secagem.

No desenvolvimento e no aperfeiçoamento de equipamentos utilizados para a secagem de grãos, são de fundamental importância simulação e obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção de água (RESENDE et al., 2009). Assim, modelos matemáticos são utilizados para a simulação da perda de água do produto durante o período de secagem, além de determinar estudos sobre sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial (COSTA et al., 2011).

Dentre os processos de secagem de produtos agrícolas usa-se a secagem em camada fina ou espessa, com a finalidade de determinação das taxas de secagem do produto utilizando-se, para a coleta de dados, o registro das perdas de massa ocorridas em uma amostra durante a remoção de água (MONTE et al., 2008). As curvas de secagem variam com a espécie, variedade, condições ambientais e métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores (GONELI et al., 2007).

Diversos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de identificar as curvas de secagem das sementes e o ajuste com diferentes modelos matemáticos.

Resende et al. (2009) ajustaram o modelo de Page às curvas de secagem em terreiro de concreto de clones de café Cpafró 194, Cpafró 93, Cpafró 167 e Cpafró 180, e obtiveram bons ajustes.

Souza et al. (2002) verificaram, para os dados de secagem de sementes de milho nas espigas em secadores de leito fixo, que os melhores ajustes foram para os modelos de Thompson e Sharaf-Eldeen.

Costa et al. (2011) constataram que os modelos de Wang e Singh se ajustaram bem aos dados experimentais da secagem de sementes de crambe em estufa com ventilação forçada nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C.

Venturini et al. (2012) verificaram para as curvas de secagem de sementes de mamão secadas em estufa a 60 e 70°C, que dentre os modelos de Lewis, Page, Henderson e Pabis e Midili, o modelo de Page apresentou os maiores coeficientes de determinação (superiores a 0,99).

Faria et al. (2012) ajustaram os modelos de Page, Midili, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis modificado, Aproximação por Difusão, Dois Termos, Exponencial de Dois Termos, Logarítmico, Thompson, Newton, Verma, Wang e Sing às curvas de secagem de sementes de crambe, secada sem secador de leito fixo, horizontal, com ventilação de ar forçada em cinco temperaturas do ar de secagem (30; 40; 50; 60 e 70 °C), verificando que o modelo de Aproximação por Difusão teve o melhor ajuste.

Oliveira et al. (2012a) ajustaram os modelos de Wang e Sing, Verma, Thompson, Page, Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis, Exponencial de Dois Termos, Dois Termos e Aproximação da Difusão às curvas de secagem de grãos de milho (cultivar AG 7088), secados em estufa com ventilação de ar forçada em cinco temperaturas (40, 55, 70, 85 e 100 °C) foi selecionado, como melhor modelo, o de Newton, para representar o fenômeno de secagem do milho.

2.4 – Armazenamento

O armazenamento visa minimizar a intensidade do processo vital das sementes, através da utilização de condições adequadas permitindo uma redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do produto. Entretanto, o período de armazenamento depende da atividade respiratória do produto, susceptibilidade à perda de água e resistência aos microrganismos causadores de doenças (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A capacidade das sementes manterem sua qualidade durante o período de armazenamento, é influenciada por diversos fatores, dentre eles o teor de água com que a

semente foi armazenada, embalagens de conservação, temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento (TOLEDO et al., 2009).

O teor de água final para o armazenamento é o valor máximo com o qual o produto pode ser armazenado por períodos predeterminados, sem que ocorram deteriorações. Este teor de água varia conforme o tipo de produto. Os grãos, de modo geral, têm sua faixa ótima de teores de água para armazenamento, compreendida entre 11 e 13% (ANDRADE et al., 2006).

Durante a estocagem podem ocorrer alterações no alimento do tipo: microbiológica, química e física. De acordo com Azeredo (2004) microrganismos deterioradores promovem alterações químicas que comprometem a qualidade do produto, em geral associada a alterações sensoriais. Ainda em referência às alterações químicas fatores indesejáveis ocorrem, como a oxidação de lipídeos, o escurecimento enzimático e não enzimático, a degradação de vitaminas e pigmentos. Quando referente às alterações físicas associa-se à absorção ou à perda de umidade, o que resulta em alterações de textura, além de desestabilização de emulsões e retrogradação do amido.

De acordo com sua estabilidade os alimentos podem ser classificados em: perecíveis, nos quais ocorrem alterações quando não submetidos a algum tipo de tratamento e conservação (leite, carnes, frutas e hortaliças frescas) e não perecíveis, podendo ser armazenados por um tempo maior em temperatura ambiente (cereais e grãos); entretanto, para as sementes de noni serem classificadas como não perecíveis devem ser submetidas ao processo de secagem, garantindo uma vida de prateleira prolongada.

Oliveira et al. (2012b) armazenaram grãos de soja da cultivar Emgopa 302 (amostras irradiadas e sem irradiação) acondicionadas em sacos plásticos pelo período de 60 dias em ambiente de laboratório (sem controle da temperatura e umidade relativa do ar) realizando avaliações dos teores de água, óleo e proteína, a cada 15 dias.

Silva et al. (2010b) armazenaram sementes de milho (BR 106), arroz (Primavera) e feijão (Pérola) durante 8 meses em diferentes embalagens (impermeável – PET; semipermeável – plástico e permeável - plástico trançado e papel) avaliando, durante o armazenamento, a germinação, o vigor e o teor de água.

Arruda et al. (2011) armazenaram sementes de *Heteropterys tomentosa* durante 120 dias em embalagens tipo sacola de papel kraft e sacola em duas condições de armazenamento (ambiente de laboratório e câmara fria) avaliando, a cada 30 dias, o teor de

água, a porcentagem de germinação, a viabilidade pelo teste de tetrazólio e a emergência de plântulas.

2.5 - Embalagens

Segundo Azeredo et al. (2004) os sistemas de embalagem desempenham várias funções sendo as principais: a contenção de determinada quantidade do alimento, facilitando transporte, estocagem, venda e utilização; a proteção do alimento contra os fatores ambientais que poderiam acelerar sua deterioração; transmissão de informações úteis ao consumidor e atração para o consumidor na decisão de compra.

Segundo Lau e Wong (2000) a embalagem tornou-se um elemento indispensável no processo de fabricação de alimentos. A fim de satisfazer a enorme demanda da indústria de alimentos, ocorreu um crescimento notável no desenvolvimento de embalagens de alimentos. São utilizados diferentes tipos de aditivos, tais como os antioxidantes, estabilizadores, lubrificantes, antiestéticos e agentes antibloqueadores, aumentando o desempenho, tanto no processamento como na embalagem.

Certas embalagens podem apresentar-se estéreis logo após o processamento dos alimentos, como as garrafas e tampas plásticas devido às altas temperaturas alcançadas no processo de extrusão termoplástica, mas podem ser facilmente recontaminadas durante o manuseio e estocagem, devido à deposição de partículas e microrganismos do ar (ALEXANDRE et al., 2008), sendo este um fator importante no momento da escolha da embalagem e a forma de manipulação.

De acordo com Gava et al. (2008), dentre as embalagens utilizadas no armazenamento de produtos agrícolas estão as embalagens de polietileno (PE), resistentes, de baixo custo, transparentes, com excelente barreira contra a água. A embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) é o plástico mais usado no Brasil em produtos como leite, cereais, alimentos em pó, balas, etc. O polietileno de alta densidade (PEAD) é mais resistente, mais grosso, menos flexível e mais quebradiço, sendo indicado para embalar produtos gordurosos e úmidos; todavia, a indústria alimentícia também faz uso de embalagens laminadas, que consistem na associação de dois ou mais materiais flexíveis como, exemplo, a laminação de embalagens envolvendo a ligação de uma folha de alumínio com o papel ou película de plástico para melhorar as propriedades de barreira, porém, a laminação de plástico não impede completamente a presença da umidade nem do

ar. A embalagem de alumínio laminado é relativamente cara e tipicamente utilizada para embalar alimentos de alto valor, como sopas secas, ervas e especiarias (MARSH e BUGUSU, 2007). Este laminado apresenta excelente superfície de impressão, barreira a gases, rigidez, barreira à umidade e qualidade de fechamento (GAVA et al., 2008).

Estudos sobre armazenamento de produtos em pó em embalagens de polietileno e laminadas relataram a influência do tipo de embalagem ocorrida em amostras, ao decorrer do armazenamento a temperatura ambiente como, polpa de umbu (GALDINO et al., 2003), polpa de umbu-cajá (SILVA et al., 2005) e polpa de buriti (LOUREIRO et al., 2013).

Lima et al. (2014) utilizaram embalagens de sacos de papel, papel de múltiplas camadas de polietileno preto e garrafas PET no armazenamento da cultivar das sementes de girassol Catissol, durante 12 meses, nas seguintes condições: câmara fria (10 °C e 55% UR), condições ambientais (30-32 °C e 75% UR), frigorífico (4 °C e 38-43%UR) e em congelador (-20 °C)fazendo, a cada três meses, testes de teor de água, germinação, envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência.

Smaniotto et al. (2014) usaram embalagem de sacos de polipropileno, com capacidade para 1 kg no armazenamento de sementes de soja (*Glycine Max L.*) da cultivar CD 242 RR durante 180 dias em dois ambientes distintos, ambiente de laboratório com temperatura de 27 °C e em ambiente climatizado com temperatura de 20 °C analisando a cada 60 dias, a qualidade fisiológica das sementes por meio dos testes de teor de água, germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação e condutividade elétrica.

Cardoso et al. (2012) acondicionaram em embalagem metálica, garrafas plásticas tipo PET, caixa de isopor e sacaria de polipropileno trançado, sementes de crambe durante 9 meses analisando a qualidade fisiológica a cada três meses, por meio do teor de água, teste de germinação e outros.

2.6 - Isotermas de adsorção de água

Alimentos secos possuem baixo nível de teor de água; no entanto, devem ser analisados, pois a água presente no sistema é fator importantíssimo e esta quantidade de água está relacionada com o meio, através de duas variáveis:do teor de água e da atividade de água (ALCÂNTARA et al., 2009).

A atividade de água expressa a disponibilidade de água no alimento. De maneira geral, quanto maior o teor de água maior a atividade de água e maior a sensibilidade à deterioração. A maioria dos métodos de preservação e conservação de alimentos se baseia na remoção das moléculas de água (secagem e desidratação), na redução da mobilidade das moléculas de água (congelamento) ou na adição de solutos, como o sal e o açúcar (ARAÚJO et al., 2011). Já o teor de água de um alimento é expresso pelo valor obtido na determinação da água total nele contida. Entretanto, este valor não fornece indicações da distribuição da água, nem permite o conhecimento das ligações químicas. Desta forma, o conhecimento da distribuição da água no alimento é mais importante do que mesmo o conhecimento do teor de água (ANSELMO et al., 2008).

Todos os produtos agrícolas têm a capacidade de ceder ou absorver água do ambiente, convergindo constantemente para uma relação de equilíbrio entre seu teor de água e as condições do ar ambiente, sendo o teor de água de equilíbrio alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto se iguala à do ar que o envolve (RESENDE et al., 2006).

Tal comportamento é conhecido como higroscopicidade e consiste na habilidade do alimento em absorver umidade relativa do ambiente ocorrendo sobretudo em produtos em pó (JAYA e DAS, 2004). O comportamento higroscópico de diversos produtos agrícolas tem sido estudado por vários pesquisadores através das equações que descrevem as isotermas de sorção de água, que são representações matemáticas da relação existente entre o teor de água do material em equilíbrio com diferentes valores de atividade de água e determinada temperatura (CORRÊA e MOURE, 2000). Entretanto, para o estabelecimento de isotermas que representem esta relação de equilíbrio são utilizados modelos matemáticos empíricos de vez que nenhum modelo teórico desenvolvido tem sido capaz de prever com precisão o teor de água de equilíbrio para uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa do ar (CORRÊA et al., 2005a).

Dentre as várias equações utilizadas para expressar o teor de água de equilíbrio de produtos agrícola, as mais comumente empregadas são: Sigma Copace, Sabbah, Oswin, Henderson, Halsey modificado, GAB, Copace, ChungPfof, BET (SOUSA et al., 2013).

O comportamento higroscópico pode ser determinado por isotermas de adsorção e dessorção. As isotermas de adsorção de umidade para os alimentos são de fundamental importância para a ciência e tecnologia de alimentos fornecendo informações para o desenvolvimento e otimização de processos, solução de problema no armazenamento e

para a predição do tempo de vida útil (LIMA et al., 2008), pois indica como o produto absorve água nas condições estudadas.

As isotermas de adsorção de água de muitos alimentos são não lineares, geralmente de forma sigmoideal e classificadas como isotermas do tipo II; todavia, alimentos ricos em componentes solúveis, açúcares, arroz, café e ácido cítrico cristalino em geral, são do tipo III. As isotermas dos tipos I, IV e V, não apresentam interesse maior no caso de alimentos (LIMA, 2006).

Alcântara et al. (2009) constataram, ao determinar as isotermas de adsorção de água nas temperaturas 25, 30, 35 e 40 °C do pedúnculo seco do caju, curvas com formato sigmoideal do Tipo II, com bom ajuste do modelo de GAB aos dados experimentais.

Pena et al. (2000) determinaram, para o guaraná em pó obtido em secador por aspersão, as isotermas de adsorção de água a 15, 25 e 35°C verificando que os melhores modelos ajustados foram os de Henderson, Oswin, GAB, Bet modificada e Anderson.

Santos et al. (2004) determinaram as isotermas de adsorção de farinhas de mandioca temperadas nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, verificando um bom ajuste dos modelos de GAB e Oswin e classificando as curvas como sigmoideais do Tipo II.

Gálvez et al. (2006) observaram bons ajustes dos modelos de GAB, Oswin e Halsey às isotermas de adsorção de água da farinha de milho nas temperaturas de 7, 22 e 45°C.

Alexandre et al. (2007) observaram que os melhores ajustes aos dados experimentais foram dos modelos de Peleg e GAB às isotermas de adsorção de água da pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

Lima et al. (2008) constataram bons ajustes dos modelos de GAB e Halsey às isotermas de adsorção de água da farinha da coroa de frade nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande.

3.1 - Matéria-prima e processamento

Foram utilizados, como matéria-prima, nonis (*Morinda citrifolia* L.) colhidos maduros e cultivados em Campina Grande - PB.

Na Figura 3.1 tem-se o fluxograma com as etapas do processamento dos nonis para obtenção das sementes. Os frutos foram transportados para o laboratório onde foi realizada a seleção eliminando-se os frutos defeituosos, seja por ataque de insetos ou por danos mecânicos, no momento da colheita. A seguir, os nonis foram lavados em água corrente, sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm durante 10 minutos, e enxaguados em água corrente para retirada do excesso da solução sanitizante; em seguida, foram descascados manualmente cortando-se as frutas nas extremidades basal e apical e só então seguidas ao longo do eixo longitudinal; a seguir, a polpa foi separada das sementes, em prensa hidráulica.

As sementes foram divididas em dois tipos de amostra (sementes de noni com fibra – SCF e sementes de noni sem fibra -SSF). Parte das sementes foi separada das fibras residuais da polpa (sementes de noni sem fibra – SSF) e secadas em bandejas de aço inoxidável em secagem natural (ao sol) atingindo um teor de água em torno de 11%; a seguir, essas sementes foram embaladas em embalagem de polietileno de baixa densidade, identificadas e armazenadas sob congelamento a -18 °C; a outra parte das sementes corresponde a sementes despulpadas, mas ainda providas de resíduos de fibras, que ficam fortemente aderidas à casca, semelhante ao línter da semente de algodão, sendo este lote também armazenado sob congelamento a -18 °C.

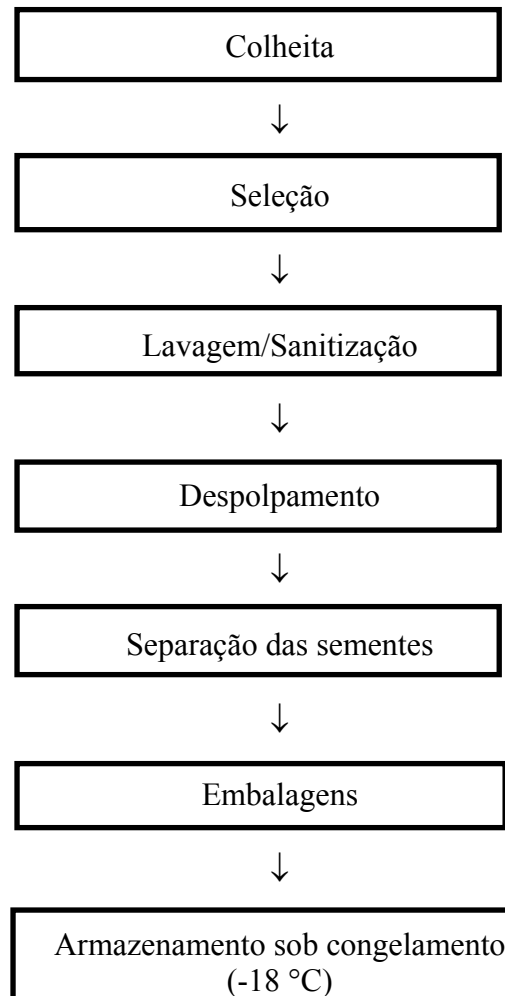


Figura 3.1 - Fluxograma de processamento para obtenção das sementes de noni

3.2 - Análises químicas, físicas e físico-químicas

As características físicas, químicas e físico-químicas foram realizadas em triplicata nas sementes de noni com fibra (SCF), nas sementes de noni sem fibra (SSF) e na farinha das sementes de noni, de acordo com as normas do Instituto Adolf Lutz(2008).

3.2.1 –pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico utilizando-se um pHmetro de bancada Tecnal Tec-2, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, com o eletrodo inserido diretamente em solução das amostras com água destilada, sob agitação.

3.2.2 – Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada titulando-se a amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1M e se utilizando fenolftaleína como indicador.

3.2.3 - Teor de água

O teor de água foi determinado colocando-se a amostra em estufa a 105 °C durante 24 horas; os resultados foram em porcentagem (%).

3.2.4- Cinzas

As cinzas foram determinadas incinerando-se a amostra em mufla a 550 °C, cujo material orgânico se decompõe e fica apenas o resíduo mineral, os resultados foram expressos em porcentagem (%).

3.2.5 – Lipídios

Para determinação dos lipídios foi utilizado o hexano como solvente em refluxo por 6 horas em aparelho Soxhlet; posteriormente, levou-se o balão de Soxhlet com o produto extraído a uma estufa a 105 °C durante duas horas. A pesagem quantificou o teor de lipídios da amostra.

3.2.6 – Proteínas

A determinação das proteínas foi feita com base na quantificação do nitrogênio, pelo processo de digestão Kjeldahl. É compreendida de 3 etapas: digestão da amostra em H₂SO₄, liberação da amônia por adição de NaOH e titulação da amônia com HCl.

3.2.7 - Cor

As características de cor foram avaliadas através de um espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, com obtenção dos parâmetros

luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). O espectrofotômetro foi calibrado com uma placa branca e preta.

3.2.8 - Açúcares totais, redutores e não redutores

Foram determinados pelo método de Lane e Eynon, por meio de titulação, baseado na redução do cobre pelos grupos redutores dos açúcares. Utilizou-se o reagente de Fehling, que é composto por uma solução A (sulfato de cobre cristalino em água) e uma solução B (tartarato de sódio e potássio e hidróxido de sódio em água). Os resultados foram expressos em açúcares totais e redutores, em % glicose (p/p) e açúcares não redutores, em % sacarose (p/p).

3.2.9 - Atividade de água (a_w)

A atividade de água a 25 °C, foi medida em um higrômetro digital AquaLab modelo 3TE fabricado pela Decagon Devices Inc., EUA.

3.2.10 – Amido

A quantificação do teor de amido foi realizada por hidrólise ácida e os resultados expressos em percentagem.

3.3 –Preparo das sementes de noni sem fibra (SSF)

Visto que foram expostas ao sol, as sementes de noni sem fibra (SSF) ficaram com teor de água reduzido (11%) necessitando fazer seu umedecimento para se realizar o estudo da secagem convectiva das sementes de noni sem fibra (SSF).O umedecimento foi feito colocando-se as sementes em recipientes plásticos com tampa sem que era colocada água destilada além de um suporte com peneira suspensa na qual ficavam as sementes para evitar contato direto com a água;na parte interior da tampa estava acoplada uma ventoinha elétrica com a finalidade de acelerar o processo de umedecimento;as sementes permaneceram nesses recipientes até atingirem teor de água em torno de 18%, o que ocorreu no tempo aproximado de 34h.

3.4 – Secagem

As sementes de noni com fibra (SCF) e as sementes de noni sem fibra (SSF) foram submetidas a secagem em secador de bandejas.

O secador de bandeja utilizado (Figura 3.2), tinha as seguintes dimensões: 40 cm de largura x 40 cm de profundidade x 114 cm de altura (PEREIRA, 2005). Este secador é constituído de três bandejas perfuradas de aço inoxidável permitindo que o ar quente insuflado pelo soprador circule na câmara de secagem. As sementes de noni foram colocadas em recipientes de alumínio e espalhadas de forma uniforme e secadas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C com velocidade do ar de secagem média de 0,75 m.s⁻¹. As cinéticas de secagem das sementes foram determinadas em triplicata pesando-se as amostras em intervalos de tempo regulares até atingirem massa constante sendo, a seguir, determinado o teor de água de equilíbrio em estufa a 105 °C por 24h.

Após secagem, essas sementes foram utilizadas na obtenção das farinhas de sementes com polpa e sem polpa, por meio da moagem em moinho de facas.

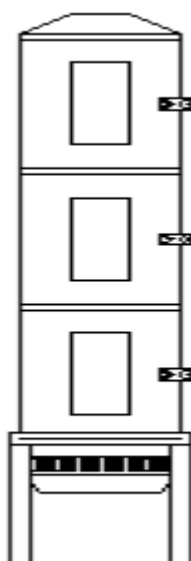


Figura 3.2-Esquema de secador de bandeja (PEREIRA, 2005)

A fim de calcular as razões de água e as curvas de razão de água em função do tempo de secagem, para construção das curvas de cinética de secagem, foram utilizados dados de perda de massa das amostras durante as secagens e dos teores de água

determinados no final das secagens. Para se calcular a razão de água utilizou-se a Equação 3.1.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.1)$$

Onde:

RX – razão de água do produto (adimensional);

X – teor de água do produto em determinado tempo (base seca);

X_i – teor de água inicial do produto (base seca);

X_e – teor de água de equilíbrio do produto (base seca).

Os modelos Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Page e Thompson (Equações 3.2 a 3.6) foram ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem utilizando-se o programa Statistica.

Dois termos

$$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t) \quad (3.2)$$

Henderson & Pabis

$$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (3.3)$$

Logarítmico

$$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c \quad (3.4)$$

Page

$$RX = \exp(-k \cdot t^n) \quad (3.5)$$

Thompson

$$RX = \exp((-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0.5}) / 2 \cdot b) \quad (3.6)$$

Onde:

RX - razão de água (adimensional);

t - tempo de secagem (minuto);

k, k_0, k_1, n, a, b, c - constantes que dependem do produto.

Para a avaliação da qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais utilizou-se como critério a análise do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculado de acordo com a Equação 3.7.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (3.7)$$

Onde:

DQM – desvio quadrático médio;

RX_{pred} – razão de água predita pelo modelo;

RX_{exp} – razão de água experimental;

n – número de observações.

3.5 – Obtenção das farinhas das sementes de noni

As sementes de noni com (SCF) e sem fibras (SSF) secadas a 70 °C, foram selecionadas para a produção das farinhas por possuírem menores valores de teor de água e atividade de água. As farinhas das sementes de noni com fibra e sem fibra foram obtidas por meio da sua moagem em moinho de facas.

3.6 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de noni com (SCF) e sem fibras (SSF) obtidas da moagem das sementes secadas a 70 °C, foram determinadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C utilizando-se o método estático-indireto com base no estudo realizado por Capriste e Rotstein (1982). As medidas da atividade de água em diferentes temperaturas foram realizadas usando-se o higrômetro Aqualab modelo 3TE, da Decagon Devices. O teor de água de equilíbrio foi determinado usando-se a Equação 3.8:

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.8)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio, % base seca;

m_e - massa da amostra no equilíbrio, g;

m_s - massa seca da amostra, g.

Os modelos de GAB (Equação 3.9), Peleg (Equação 3.10) e Oswin (Equação 3.11) foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se o programa computacional Statistica por meio de regressão não linear dos dados com o método de estimativa Quasi-Newton.

GAB

$$Xe = \frac{X_m C K a_w}{((1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w))} \quad (3.9)$$

Onde:

X_e - teor de água equilíbrio;

a_w - atividade de água;

X_m - teor de água na monocamada molecular;

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto.

Peleg

$$Xe = K_1 \cdot a_w n^1 + K_2 \cdot a_w n^2 \quad (3.10)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

K_1, K_2, n_1, n_2 - constantes do modelo.

Oswin

$$Xe = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right) \quad (3.11)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

Para determinar os melhores ajustes dos modelos às isotermas de adsorção de água, os critérios utilizados foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) conforme a Equação 3.12.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{pred})|}{X_{exp}} \quad (3.12)$$

Onde:

P – desvio percentual médio (%);

X_{exp} – valores obtidos experimentalmente;

X_{pred} – valores preditos pelo modelo;

n – número de dados experimentais.

3.7 - Armazenamento das farinhas das sementes de noni

As farinhas das sementes com e sem fibras de noni foram submetidas a um armazenamento acelerado em condições controladas de temperatura e umidade relativa. As amostras de farinhas foram colocadas em embalagens flexíveis laminadas e em embalagens rígidas plásticas. As embalagens flexíveis laminadas eram compostas de uma camada de poliéster com espessura de 12 μm e gramatura de 16,8 g/m^2 , uma camada de alumínio com espessura de 8 μm e gramatura de 21,6 g/m^2 , uma camada de polietileno com espessura de 100 μm e gramatura de 92 g/m^2 e uma camada adesiva com gramatura de 5,0 g/m^2 , possuindo espessura total de aproximadamente 120 μm e gramatura de 135,4 g/m^2 , além de taxa de transmissão de vapor de água de 0,18 $\text{g}/\text{m}^2/\text{dia}$ e taxa de permeabilidade ao oxigênio de 0,20 $\text{cc}/\text{m}^2/\text{dia}$. Após serem colocadas nas embalagens laminadas as amostras foram fechadas utilizando-se seladora mecânica. As embalagens plásticas rígidas eram de PEAD (polietileno de alta densidade) com volume de 90 mL, altura total de 80 mm, massa do frasco 12,95 g, diâmetro externo do corpo 49 mm, possuindo diâmetro externo do gargalo e interno, respectivamente, 41,60 e 32,45 mm, frasco de coloração branca e tampa rosqueada fechada manualmente. A seguir, três embalagens de cada material, laminada e plástica, contendo três amostras de farinha, foram colocadas separadamente em cada recipiente de vidro hermético, contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr) as quais propiciam um ambiente de umidade relativa controlada de aproximadamente 55%. As embalagens continham aproximadamente 20 g de amostra de cada farinha; os recipientes foram colocados em câmaras do tipo BOD na temperatura de 30 °C.

Do início do armazenamento (tempo zero) e a cada 10 dias, durante 60 dias foi feito o acompanhamento da estabilidade das farinhas através da determinação dos parâmetros de qualidade: teor de água, atividade de água, amido, pH, acidez total titulável, cor e açúcares redutores, utilizando-se as metodologias descritas no item 3.2.

3.8 - Análise estatística

Realizou-se a análise estatística dos dados obtidos experimentalmente, no período do armazenamento, através do programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (7 x 2), 7 tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e 2 embalagens (laminada e plástica rígida), com 3 repetições. A comparação entre médias foi feita aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1–Caracterização química,física e físico-química das sementes de noni

Na Tabela 4.1 estão expressos os resultados das determinações físicas, químicas e físico-químicas das sementes de noni com fibra (SCF) e sementes sem fibra (SSF) antes da secagem.

Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de noni com fibra (SCF) e sementes sem fibra (SSF)

Parâmetro	Média e desvio padrão	
	SCF	SSF
Teor de água (%)	73,52 ± 0,10	12,82± 0,14
a _w	0,992 ± 0,00	0,569± 0,01
Cinzas (%)	1,29± 0,09	0,86± 0,05
pH	3,71± 0,00	4,77± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,43± 0,00	0,24± 0,02
Açúcares redutores (% glicose)	2,89± 0,00	2,85± 0,00
Açúcares não redutores (% sacarose)	12,46± 0,03	-
Açúcares totais (% glicose)	16,00± 0,03	-
Lipídeos (%)	6,75± 0,06	6,34± 0,25
Proteínas (%)	1,51 ± 0,13	6,53± 0,25
Amido (%)	2,06 ± 0,00	8,07 ± 0,01
Luminosidade (L*)	51,29± 0,17	36,44± 0,14
Intensidade de vermelho (+a*)	2,70± 0,05	8,41± 0,06
Intensidade de amarelo (+b*)	5,26± 0,05	16,44± 0,17

Os valores de teor de água e atividade de água encontrados para as sementes de noni com fibra (73,52% e 0,992) foram maiores que para as sementes sem fibras (12,82% e 0,569), respectivamente.

Valores de teor de água próximos aos das sementes SSF, foram encontrados por Masetto et al. (2009) para sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante, produzidas no estado de Mato Grosso do Sul com teores de água variando entre 6,79 e 9,32% e por

Guedes et al. (2013) para sementes de *Amburana cearensis* coletadas em Patos - PB, Serra Negra - RN, Catolé do Rocha - PB e Petrolina - PE, com valores entre 6,41 e 7,42.

A atividade de água determinada por Passos et al. (2012) em sementes de Moringa oleífera na forma in natura e secada em secador solar, foi, respectivamente 0,98 e 0,50. Comportamento semelhante ocorreu nas sementes de noni apresentando atividade de água maior para as sementes com fibra (SCF) em razão da quantidade de água existente na amostra que não sofreu processamento.

O teor de cinzas depende do solo, clima e variedade entre outros fatores em que fruto foi cultivado. Segundo Rojas (2000) a maioria dos minerais tem alta reatividade com os demais componentes dos alimentos e sua biodisponibilidade depende, em grande parte, da forma química em que se encontram presentes nos mesmos. Faria et al. (2014) e Correia et al. (2011) encontraram, para polpa de noni, os valores de cinzas de 0,66 e 0,63%, respectivamente, valores esses inferiores aos do presente trabalho. Nota-se que a amostra de SCF (1,29%) apresentou teor de cinzas maior que a amostra de SSF (0,86%), provavelmente por ter resíduo de polpa aderida às sementes.

Outro parâmetro essencial na conservação de produtos agrícolas é o pH; trata-se de um fator de importância fundamental na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolver no alimento (GAVA et al., 2008). Silva et al. (2012) encontraram, para a polpa de noni madura, pH de 4,66, sendo superior ao da SCF e inferior ao da SSF. Nota-se que a SCF teve pH inferior ao da SSF, provavelmente em razão da polpa aderida à semente.

Na determinação da acidez total titulável em polpa de noni o ácido cítrico foi usado como padrão por convenção, já que ainda não existem na literatura, dados sobre o ácido predominante no fruto. Barros (2009) obteve o valor de 0,86 g/100g na polpa de noni in natura. Para o trabalho em questão verifica-se que os valores foram menores para as sementes SCF (0,43%) e SSF (0,24%), indicando que a maior acidez deve-se a polpa.

Barros (2009) encontrou, em polpa de noni in natura, teor de glicose de 1,88 mg/100g, sendo inferior aos açúcares redutores das sementes de noni com fibra e sem fibra com valores de 2,89 e 2,85% de glicose, respectivamente. Verifica-se que não foram detectadas, pelas metodologias empregadas, os açúcares totais e não redutores, nas sementes SSF.

Os valores determinados para lipídeos em sementes com fibra e sem fibra foram 6,75 e 6,34%, respectivamente, com valor um pouco maior nas sementes com fibra. Esta

pequena diferença é devida ao teor de lipídios da polpa, que segundo Costa et al. (2013) em que polpa de noni corresponde a 0,37%. A partir das sementes de noni é extraído óleo, que é utilizado na culinária, como remédios ou em cosméticos. Palu et al. (2012) testaram, em humanos, o potencial de óleo de semente de noni na redução de inflamação cutânea, obtendo resultado satisfatório e indicando que pode ser usado como matéria-prima segura para a produção de cosméticos.

Souza et al. (2009) moeram sementes de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe, e obtiveram teores de amido de 9,85, 14,05 e 14,75%, superiores aos encontrados nas farinhas de sementes de noni cujo valor máximo atingiu 7,17%.

Nota-se que as sementes sem fibra tiveram teor de proteína superior ao das sementes com fibra indicando que as sementes SSF são ricas em proteína. Valores diferentes de proteínas foram encontrados por Costa et al. (2013) para a polpa (2,24%) e sementes (2,64%) de noni. Valores superiores foram verificados por Gallão et al. (2006) em sementes de moringa, trituradas (39,3%); por Malacrida et al. (2007) em sementes de melão amarelo secadas a 40 °C (20,1%); e por Frota et al. (2008) em feijão caupi cultivar BRS-Milênio (24,5%).

A diferença entre os teores de amido nas sementes SCF e SSF se deve ao fato de que a maior parte do amido está concentrada na semente e não na polpa.

Os resultados apresentados para luminosidade (L^*) revelam que sementes com fibra (51,29) são de coloração mais clara que as sementes sem fibra (36,44), pois a polpa residual que recobre a semente é de cor branca. Pereira et al. (2011) encontraram valores de luminosidade (44,96 a 53,07) para o café cereja próximos aos das sementes de noni com fibra.

As intensidades de vermelho ($+a^*$) e amarelo ($+b^*$) foram maiores para as sementes sem fibra, indicando tendência para a cor vermelho-amarelada e a semente com fibra possui a polpa que a torna esbranquiçada.

4.2 – Secagem

As secagens foram realizadas nas sementes SCF (sementes com fibra) e SSF (sementes sem fibra), cujos teores de água iniciais foram de aproximadamente 73% b.u. (SCF) e 18% b.u. (SSF).

Tem-se, na Tabela 4.1, os dados médios referentes às temperaturas e umidades relativas do ar ambiente, tempos de secagem e teores finais de água. Observa-se que o teor de água final das amostras SCF e SSF diminui à medida que a temperatura de secagem aumenta, como se espera para a maioria dos produtos agrícolas. Resultado similar foi observado por Araújo et al. (2000) ao secarem sementes de milho-doce nas temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C.

Tabela 4.2 - Parâmetros médios obtidos nas cinéticas de secagem das sementes com fibra (SCF) e sementes sem fibra (SSF)

Amostra	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Tempo de secagem (min)	Temperatura ambiente (°C)	Teor de água final (%b.u.)
SCF	40	53,66	650	27,33	8,60
	50	50,00	590	28,33	8,08
	60	49,50	530	28,00	7,16
	70	50,00	470	28,00	5,58
SSF	40	56,50	485	26,50	4,66
	50	60,66	450	26,00	3,07
	60	57,50	385	28,50	2,24
	70	55,00	345	27,00	1,47

Observa-se que as secagens das sementes com fibra (SCF) tiveram tempos de secagem superiores aos das sementes sem fibra (SSF), para uma mesma temperatura de secagem. Isto ocorreu em razão do teor de água inicial das amostras de SCF ser superior e devido à presença considerável de constituintes com elevada afinidade por moléculas de água, como os açúcares (WAUGHON e PENA, 2006); apesar de advir dos mesmos frutos, a presença da polpa interfere no comportamento da secagem em razão dos seus constituintes.

4.2.2 – Cinética de secagem

Nas Tabelas 4.3 e 4.4 são apresentados os parâmetros de ajuste dos modelos de Dois Termos, Henderson & Pabis, Logarítmico, Page e Thompson ajustados às cinéticas de

secagem das amostras de SCF e SSF, respectivamente; os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Nota-se para as amostras SCF (Tabela 4.3) que dentre os modelos testados o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o Dois Termos, em razão de ter apresentado os maiores valores dos coeficientes de determinação ($R^2 \geq 0,99$). Em relação aos demais modelos (Henderson & Pabis, Logarítmico, Page e Thompson), pode-se dizer que também são passíveis de serem usados para estimar as cinéticas de secagem das SCF, com coeficientes de determinação maiores que 0,80.

Tabela 4.3 - Parâmetros de ajuste dos modelos ajustados às cinéticas de secagem das sementes de noni com fibra (SCF)

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	DQM
		a	k				
Henderson & Pabis	40	1,0015	0,0157		0,9994	0,0047	
	50	0,9874	0,0244		0,9970	0,0012	
	60	0,9975	0,0371		0,9996	0,0138	
	70	1,0284	0,0631		0,9993	0,0061	
Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	DQM
		a	k_0	b	k_1		
Dois Termos	40	0,5016	0,0157	0,4999	0,0157	0,9997	0,0047
	50	0,4937	0,0244	0,4937	0,0244	0,9985	0,0012
	60	0,4988	0,0371	0,4988	0,0371	0,9998	0,0138
	70	0,5142	0,0631	0,5142	0,0631	0,9997	0,0061
Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	DQM	
		a	c	k			
Logarítmico	40	1,0035	-0,0025	0,0156	0,9995	0,000002304	
	50	0,9878	-0,0005	0,0244	0,9970	0,000000006	
	60	0,9934	0,0058	0,0377	0,9997	0,000000007	
	70	1,0269	0,0022	0,0634	0,9993	0,000000003	
Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM		
		k	n				
Page	40	0,0140	1,0275	0,9996	0,0062		
	50	0,0261	0,9874	0,9969	0,0104		
	60	0,0388	0,9868	0,9996	0,0129		
	70	0,0482	1,0874	0,9996	0,0170		
Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM		
		a	b				
Thompson	40	0,00004	0,1936	0,8145	0,5832		

50	0,00003	0,2776	0,9084	0,0729
60	0,00015	0,3026	0,9067	0,1518
70	0,00003	0,3508	0,8951	0,1886

Para as amostras SSF (Tabela 4.4) verifica-se que dentre os modelos testados o Dois Termos nas temperaturas de 40 e 50 °C e o Page nas temperaturas de 60 e 70 °C apresentaram os maiores $R^2 \geq 0,99$. De forma geral, todos os modelos testados podem ser utilizados para representar as cinéticas de secagem das SSF, com coeficientes de determinação maiores que 0,85.

Tabela 4.4 - Parâmetros de ajuste dos modelos ajustados às cinéticas de secagem das sementes de noni sem fibra (SSF)

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R ²	DQM
		a	k			
Henderson & Pabis	40	0,7281	0,0243		0,8675	0,1031
	50	0,8438	0,0488		0,8816	0,1664
	60	0,8790	0,0626		0,9164	0,1414
	70	0,8887	0,0669		0,9187	0,1332

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros				R ²	DQM
		a	k ₀	b	k ₁		
Dois Termos	40	0,4343	0,0108	0,5635	0,2394	0,9993	0,1031
	50	0,6932	0,1647	0,2991	0,0103	0,9983	0,1664
	60	0,4395	0,0626	0,4395	0,0626	0,9573	0,1414
	70	0,4444	0,0669	0,4444	0,0669	0,9585	0,1332

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R ²	DQM
		a	c	k		
Logarítmico	40	0,7486	0,0726	0,0418	0,9002	0,00000008
	50	0,8492	0,0788	0,0776	0,9412	0,00000008
	60	0,8692	0,0568	0,0858	0,9545	0,00000006
	70	0,8713	0,0695	0,0936	0,9594	0,00000002

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros		R ²	DQM
		k	n		
Page	40	0,2773	0,4292	0,9959	0,0161
	50	0,3243	0,4342	0,9953	0,0048
	60	0,3159	0,4790	0,9991	0,0033
	70	0,3245	0,4787	0,9990	0,0077

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros		R ²	DQM
		a	b		
Thompson	40	0,000009	0,3765	0,9824	0,0829

50	0,000021	0,4298	0,9853	0,0951
60	0,000279	0,4654	0,9940	0,0686
70	0,000019	0,4658	0,9968	0,0502

Gazor e Mohsenimanesh (2010) secaram sementes de canola em secador de leito fixo em temperaturas de 30 a 100 °C verificando valores de coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 para o modelo Logarítmico.

Kashaninejad et al. (2007) também encontraram para o modelo de Page, valores de coeficiente de determinação (R^2) $\geq 0,99$ ajustando este modelo às cinéticas de secagem de pistache em camada fina nas temperaturas de 25, 40, 55 e 70 °C combinadas com velocidade de 0,5, 1,0 e 1,5 m.s⁻¹ e umidades relativas de 5 e 20%.

Khazaei e Daneshmandi (2007) embeberam, em água destilada, sementes de gergelim até atingir teor de água de 50,8% (b.s.) e as submeteram à secagem por convecção natural e forçada de ar, com valores médios de temperatura e umidade relativa de 25 a 29 °C e 35 a 40%, para o ensaio de secagem por convecção forçada e de 32 a 36 °C e 30 a 35% para secagem por convecção natural. Observaram que ao ajustar o modelo Logarítmico, os valores de coeficiente de determinação (R^2) foram superiores a 0,99 e os valores de DQM foram de 1,6 (convecção forçada) e 0,9 (convecção natural), valores esses baixos quando relacionados aos modelos utilizados de Page, Henderson & Pabis e Weibull.

Roberts et al. (2008) secaram, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, sementes de uva de três variedades distintas por convecção obtendo valores de coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,96 e 0,98 para os modelos de Page e Henderson & Pabis, respectivamente, e baixos valores de DQM ($\leq 0,0730$).

Abalone et al. (2006) ao ajustarem os modelos de Page e Thompson as cinéticas de secagem em camada fina de sementes de amaranto em temperaturas de 30 a 60 °C, com umidades relativas de 30, 40, 50 e 60%, encontraram valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,99.

Mwithiga e Olwal (2005) verificaram, desidratando couve fatiada com quatro diâmetros diferentes, que o parâmetro “a” do modelo de Henderson & Pabis aumentou com o aumento da temperatura entre 30, 40 e 50 °C.

Observa-se que o parâmetro “k” dos modelos de Henderson & Pabis, Logarítmico e Page aumentou com o aumento da temperatura para as amostras de SCF e SSF, exceto no modelo de Page para a amostra de SSF. Este parâmetro também aumentou com a temperatura para a secagem de maçã vermelha em fatias nas temperaturas de 35, 45 e 55

°C e umidade relativa de 40%, com o ajuste com o modelo de Henderson & Pabis (KAYA et al., 2007).

De acordo com Corrêa et al. (2010) a constante “k” tende a aumentar visto que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem. Deve-se ressaltar que a umidade relativa do ar também exerce um efeito sobre a constante “k” de secagem (GUEDES e FARIA, 2000).

Quanto ao parâmetro “b” do modelo de Thompson, para as amostras de SCF e SSF os valores aumentaram com o aumento da temperatura; o mesmo evidenciou-se no trabalho de Souza (2004) na secagem de feijão macassar em camada fina nas temperaturas de 30, 40 e 60 °C com conteúdo de água inicial de 33% (b.s.) e velocidade do ar de secagem de 0,5 m/s.

Nas amostras de SSF, nota-se que o parâmetro “n” do modelo de Page aumentou com a temperatura até 60 °C, contrariamente Simal et al. (2005) observaram que esse parâmetro permaneceu constante no ajuste das curvas de secagem de kiwi em cubos nas temperaturas de 30 a 90 °C. A constante “n” possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da imprevisão da resistência interna para a transferência de água (GUEDES e FARIA, 2000).

Na secagem em leito fixo de batata, feijão verde e ervilhas, nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e velocidade do ar de 2,2 m/s, com valores experimentais ajustados pelo modelo de Page, Senadeera et al. (2003), notaram que o parâmetro “n” do modelo de Page variou em todas as temperaturas e produtos, consoante ao que ocorre com as amostras de SCF.

As curvas de secagem das amostras SCF e SSF com ajustes pelos modelos de Dois Termos, Henderson & Pabis, Page e Thompson são apresentadas nas Figuras A.1 a A.8 (Apêndice A). Nestas figuras a razão de água foi representada graficamente em função do tempo, para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Nas Figuras 4.1 e 4.2 se apresentam as curvas de secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C das sementes de noni com fibra sem fibra ajustadas pelo modelo Dois Termos. Observa-se que o aumento da temperatura acelera o processo de secagem, fazendo com que as sementes sofram redução do teor de água mais rapidamente no início do processo e conseqüentemente menor tempo de secagem é requerido, conforme observado por FIORENTIN et al. (2010).

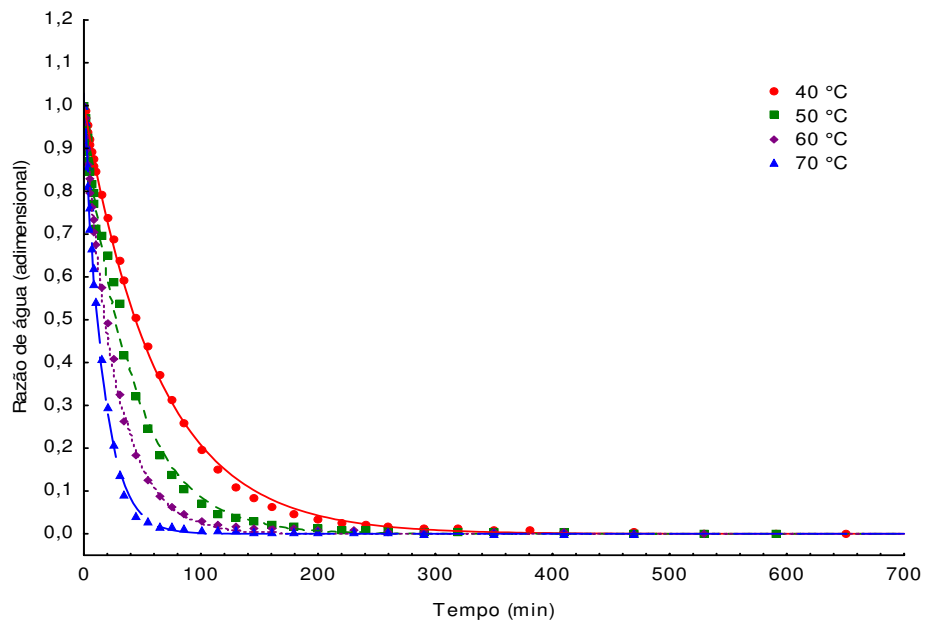


Figura 4.1 – Modelo Dois Termos ajustado às cinéticas de secagem da semente de noni com fibra (SCF) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C

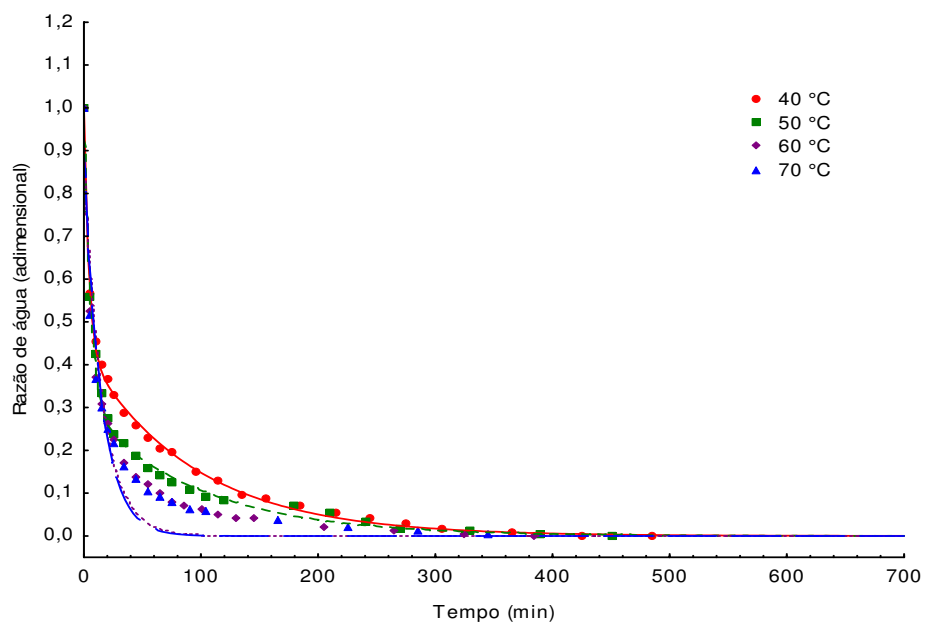


Figura 4.2 – Modelo Dois Termos ajustado às cinéticas de secagem da semente de noni sem fibra (SSF) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C

4.2.3 – Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de noni com e sem fibra secas

Verifica-se que os teores de água das farinhas das SCF e SSF (Tabelas 4.5 e 4.6) estão de acordo com a legislação brasileira, que delimita um teor de água máximo de 14% para todos os tipos de farinha; desta forma, as farinhas geradas no processo estão dentro dos padrões de teor de água exigidos em BRASIL (2005). Cerqueira et al. (2008) encontraram teores de água para farinhas de semente de abóbora integral, peneirada e residual de 8,41, 7,80 e 8,36%, respectivamente; já Matuda e Maria Neto (2005) e Santos (2009) obtiveram o valor de 10,18% e 9,24% em farinhas de semente de jatobá in natura e de jaca, secadas a 50 °C por 24h, respectivamente. Esses valores aproximam-se dos determinados nas amostras de farinha de SCF secadas a 40, 50 e 60 °C (8,60, 8,08 e 7,16%); no entanto, as farinhas de SSF apresentaram teores de água inferiores devido à ausência de fibra residual nas amostras.

Tabela 4.5 – Médias e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das farinhas das sementes de noni sem fibra (SSF) secadas em diferentes temperaturas

Parâmetro	Temperatura de secagem (°C)			
	40	50	60	70
Teor de água (% b.u.)	4,66 ± 0,29 a	3,07 ± 0,11 b	2,24 ± 0,14 c	1,47 ± 0,06 d
Cinzas (%)	0,97 ± 0,06 a	1,05 ± 0,05 a	1,00 ± 0,07 a	1,19 ± 0,10 a
Atividade de água a 25 °C	0,302 ± 0,00 a	0,254 ± 0,01 b	0,191 ± 0,01 c	0,127 ± 0,00 d
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	0,30 ± 0,02 a	0,27 ± 0,00 a	0,30 ± 0,00 a	0,26 ± 0,00 a
pH	4,99 ± 0,02	5,12 ± 0,05	5,00 ± 0,02	5,03 ± 0,04
Açúcares redutores (% glicose)	1,64 ± 0,00 c	1,80 ± 0,02 b	2,13 ± 0,01 a	2,16 ± 0,01 a
Amido (%)	5,01 ± 0,01 bc	4,98 ± 0,00 c	5,05 ± 0,02 b	5,20 ± 0,01 a
Luminosidade (L*)	35,18 ± 0,28 b	34,23 ± 0,07 c	33,57 ± 0,10 c	36,19 ± 0,33 a
Intensidade de vermelho (+a*)	8,65 ± 0,16 b	9,15 ± 0,09 a	8,31 ± 0,09 bc	8,14 ± 0,15 c
Intensidade de amarelo (+b*)	17,85 ± 0,47 ab	18,10 ± 0,14 a	16,69 ± 0,15 b	16,72 ± 0,55 b

Tabela 4.6 – Médias e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das farinhas das sementes de noni com fibra (SCF) secadas em diferentes temperaturas

Parâmetro	Temperatura de secagem (°C)			
	40	50	60	70
Teor de água (% b.u.)	8,60 ± 0,15 a	8,08 ± 0,47 a	7,16 ± 0,14 b	5,58 ± 0,10 c
Cinzas (%)	3,69 ± 0,21a	3,78 ± 0,07 a	3,22 ± 0,06 b	3,02 ± 0,07 b
Atividade de água a 25 °C	0,377 ± 0,00 a	0,324 ± 0,00 b	0,217 ± 0,01 c	0,160 ± 0,00 d
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	1,88 ± 0,02 a	2,09 ± 0,01 a	1,40 ± 0,14 b	1,49 ± 0,14 b
pH	4,78 ± 0,00	4,75 ± 0,01	5,07 ± 0,01	4,78 ± 0,02
Açúcares redutores (% glicose)	6,31 ± 0,21a	5,83 ± 0,04b	2,36 ± 0,01c	2,38 ± 0,02c
Açúcares totais (% glicose)	7,03 ± 0,03 a	6,11 ± 0,03 b	2,76 ± 0,01 c	2,77 ± 0,02 c
Açúcares não-redutores (% sacarose)	0,69 ± 0,23 a	0,26 ± 0,05 b	0,38 ± 0,02 ab	0,39 ± 0,00 ab
Amido (%)	4,02 ± 0,01 d	4,49 ± 0,00 c	6,54 ± 0,02 b	7,17 ± 0,01 a
Luminosidade (L*)	35,19 ± 0,18 b	35,81 ± 0,09 a	34,50 ± 0,30 c	33,03 ± 0,06 d
Intensidade de vermelho (+a*)	12,05 ± 0,06 b	12,34 ± 0,08 a	12,04 ± 0,04 b	11,25 ± 0,09 c
Intensidade de amarelo (+b*)	20,67 ± 0,31 b	22,06 ± 0,19 a	19,50 ± 0,30 c	18,42 ± 0,14 d

Quanto ao parâmetro cinzas, as farinhas de SSF apresentaram valores estatisticamente iguais entre si; de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nota-se que as condições de temperatura não foram fatores determinantes no teor de cinzas durante a secagem porém, se observa a interferência da fibra antes do processo de secagem nas sementes com fibra (1,29%) e sem fibra (0,86%) e após a secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C nas farinhas de SCF e SSF, respectivamente, 3,69, 3,78, 3,22, 3,02% e 0,97, 1,05, 1,00, 1,19%.

Ferrari et al., (2004) determinaram teor de cinzas para farelo de sementes de maracujá secado a 50 °C obtido de indústria alimentícia e produtores, encontrando teor de 1,80%, valor menor que para a amostra de SCF e superior para SSF.

Correia et al. (2011) extraíram polpa de um mix de vários frutos em estágio de maturação completo encontrando o valor de 0,63% de cinzas. Costa et al. (2013) também analisaram polpa de noni adquirido de horta domiciliar com valor de 0,93%,

justificando, assim, a maior concentração deste parâmetro na farinha de semente com fibra analisada neste trabalho; ressalta-se que o teor de cinzas depende do solo e da localização de onde o fruto foi cultivado.

Em relação à atividade de água (a_w) observa-se que a mesma diminui à medida que a temperatura de secagem aumenta, comportamento esperado por acompanhar a tendência do teor de água. Os valores das farinhas de SSF (Tabela 4.5) se mantiveram no intervalo de 0,302 a 0,127; no entanto, as farinhas de SCF apresentaram valores superiores, estabelecidos entre 0,377 a 0,160, sendo estatisticamente diferentes entre si, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esses resultados indicam que as amostras podem suportar maior vida de prateleira e estão pouco sujeitas a contaminação microbiológica.

Na determinação da acidez total titulável em polpa de noni, o ácido cítrico foi usado como padrão por convenção já que ainda não existem, na literatura dados sobre o ácido predominante no fruto, sendo obtido o valor de 0,86% de polpa de noni in natura por Barros (2009); no entanto, se verifica no trabalho em questão, que os valores para semente com fibra (0,43% ac. cítrico) e sem fibra (0,24% ac. cítrico) foram antes da desidratação, menores quando em relação às amostras secas.

Além da acidez, outro parâmetro essencial na conservação do produto agrícola é o pH, visto que se trata de um fator de importância fundamental na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolverem no alimento (GAVA et al., 2008). Silva et al. (2012) encontraram para a polpa de noni madura, pH de 4,66; Souza e Aquino (2012) identificaram, em farinha de semente de mangaba secada a 60 °C pH de 5,82, valor este que se aproxima das farinhas de SCF (4,78, 4,75, 5,07 e 4,78) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Observa-se que os demais valores de pH obtidos da amostra de SSF (4,99, 5,12, 5,00 e 5,03) após secagem são maiores que 4,5, assim como de SCF, sendo susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos.

Barros (2009) encontrou em polpa de noni in natura, teor de glicose de 1,88 mg/100g, em que a glicose corresponde à quantidade de açúcares redutores e totais podendo inferir-se que as condições de secagem têm alguma influência sobre o seu conteúdo. Verifica-se tendência de diminuição desses componentes com o aumento da temperatura de secagem em SCF. Comportamento semelhante foi observado por Borém et al. (2008) em secagem em camada fixa a 40 e 60 °C de grãos de cafés, respectivamente, em que os grãos naturais apresentaram 0,64 e 0,57% e grãos despulpados, 0,35 e 0,27% de

açúcares redutores, porém, para as farinhas sem fibra, não foram encontradas percentagens de açúcares totais nem dos não-redutores durante as análises.

Para as SSF, ocorreram nas temperaturas menores percentuais de açúcares redutores superiores, provavelmente como consequência da redução no teor de água. Nas amostras SCF a redução ocorreu devido, às reações de degradação, como as reações de Maillard (ABÍLIO, 2011) verificadas no material que constitui a fibra, podendo ocorrer a 20 °C (EMBRAPA, 2010).

Ao analisar o teor de amido, Souza et al. (2009) moeram sementes de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe, e obtiveram teores de 9,85, 14,05 e 14,75%, superiores aos encontrados nas farinhas de sementes de noni cujo valor máximo foi de 7,17%.

A diferença entre os teores de amido antes e depois das secagens se deve ao fato de que ocorre, com a retirada de água provocada pelo processo de secagem, concentração de sólidos na massa remanescente, ou seja, proteínas, lipídios, carboidratos e outros, resultando em maior quantidade nos produtos secos que nos produtos in natura (FIOREZE e MADRUGA, 2003).

Observou-se, ao avaliar as proteínas nas amostras desidratadas a 40, 50, 60 e 70 °C, pela metodologia empregada, observou-se que as proteínas foram degradadas, não se conseguindo quantificá-las. De acordo com Barcelos & Ferrua (2003), a diminuição nos teores de proteínas é comum no processamento de alimentos com a aplicação de calor em presença de pigmentos, carboidratos, lipídios e alta acidez, fatores presentes principalmente nas sementes com polpa devido ao resíduo do fruto, o qual contém esses componentes em sua estrutura.

Segundo Coultate (2004) leguminosas, cereais e sementes podem apresentar baixos níveis de lisina nas proteínas em virtude de alterações durante a armazenagem ou durante o processamento de alimentos em elevadas temperaturas, destruindo sua atividade nutricional.

Verifica-se que o parâmetro luminosidade (L^*) para as sementes com fibra após secagem diminui seus valores à medida que a temperatura aumenta, destacando-se das sementes sem fibra, em razão da presença de polpa residual, caracterizando um produto de coloração escura pois reações de escurecimento são esperadas em processos de secagem.

Referente à escala do parâmetro de cor a^* , varia do índice de saturação verde (-) ao vermelho (+); constata-se, então, que as farinhas estavam dentro da escala da intensidade de vermelho ($+a^*$), porém as farinhas de SCF apresentaram maiores valores quando

comparadas às farinhas de SSF, o que se atribui, a presença residual de fibra do fruto. Polpa de noni “in natura” estudada por Barros (2009) apresentou intensidade de vermelho com valor de 1,61.

Quanto ao parâmetro b^* , os valores para as sementes antes e após secagem foram positivos indicando que estavam dentro da escalada intensidade de amarelo ($+b^*$). Verifica-se que as médias das farinhas de SCF foram estatisticamente diferentes entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, sinalizando a influência das temperaturas. Os farelos de SCF apresentaram valores superiores quando comparados com as sementes antes da desidratação (5,26), devido à reação de Maillard ocorrida durante o processo de secagem.

Borges et al. (2011) determinaram para a farinha integral de linhaça e farinha de trigo, a intensidade de amarelo ($+b^*$) de 14,26, 9,68, respectivamente.

4.3 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água foram determinadas apenas nas farinhas produzidas a partir da secagem a 70 °C das sementes de noni sem fibra (SSF) e das sementes de noni com fibra (SCF), considerada como a melhor temperatura de secagem em razão da menor atividade de água.

Nas Tabelas 4.7 e 4.8 tem-se os valores experimentais da atividade de água e do teor de água de equilíbrio, em diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C), das farinhas das sementes de noni sem fibra (SSF) e das sementes de noni com fibra (SCF). Nota-se, com o aumento da temperatura, tendência de elevação teor de água de equilíbrio.

Tabela 4.7- Valores médios do teor de água de equilíbrio (X_e) da farinha de SCF em função da atividade de água (a_w)

20°C		30°C		40°C	
a_w	X_e (% b.s.)	a_w	X_e (% b.s.)	a_w	X_e (% b.s.)
0,208	4,85	0,185	5,17	0,186	4,60
0,514	8,43	0,556	11,24	0,616	12,45
0,621	11,87	0,662	14,50	0,680	14,56
0,687	14,21	0,699	16,24	0,710	17,28
0,716	15,45	0,733	17,90	0,739	17,97
0,774	19,09	0,784	21,20	0,809	22,61
0,801	20,67	0,814	23,91	0,838	24,89
0,821	22,32	0,831	25,71	0,856	27,03
0,834	23,67	0,841	26,96	0,865	28,31
0,847	25,97	0,851	28,28	0,879	30,14
0,921	39,77	0,880	33,83	0,910	42,45
0,930	44,99	0,930	49,06	0,944	58,83

Visto que o desenvolvimento de fungos tem início com a atividade de água em torno de 0,68 (OLIVEIRA et al., 2013), verifica-se que os teores de água recomendados para o armazenamento seguro das farinhas de SCF serão, no máximo, de até 14,21, 14,50, 14,56 (% b.s.) para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, respectivamente e para as farinhas SSF os teores de água máximos serão de 9,74, 9,91 e 8,58 (% b.s.) para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, respectivamente. Os dados da atividade de água em função do teor de água de equilíbrio em uma temperatura (isotermas) tendem a auxiliar no manejo adequado do produto visando à manutenção do teor de água nos níveis recomendados para o armazenamento seguro (CORRÊA et al., 2005b).

Tabela 4.8- Valores médios do teor de água de equilíbrio (X_e) da farinha de SSF em função da atividade de água (a_w)

20°C		30°C		40°C	
a_w	X_e (% b.s.)	a_w	X_e (% b.s.)	a_w	X_e (% b.s.)
0,301	3,94	0,189	2,26	0,158	1,99
0,468	6,11	0,470	6,18	0,419	5,48
0,575	7,72	0,611	8,34	0,651	8,58
0,647	8,89	0,692	9,91	0,723	9,96
0,693	9,74	0,730	9,59	0,773	10,77
0,721	10,20	0,766	10,55	0,776	10,90
0,748	10,81	0,779	11,45	0,788	12,42
0,764	11,11	0,792	11,35	0,802	12,01
0,776	11,46	0,804	11,89	0,811	11,64
0,853	13,58	0,862	13,15	0,883	14,81
0,880	14,64	0,887	14,59	0,915	15,88
0,898	15,60	0,916	16,68	0,923	16,86
0,951	22,77	0,975	25,70	0,975	25,51

Nas Tabelas 4.9 e 4.10 são apresentados os parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, das amostras SCF e SSF com os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Todos os modelos testados (GAB, Peleg e Oswin) se ajustaram bem aos dados das isotermas de adsorção de água das amostras SCF e SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, de vez que apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,96 (R^2) e desvios percentuais médios (P) abaixo de 11%. Observa-se, para as farinhas de SCF, que os modelos mais recomendados na predição do equilíbrio higroscópico foram o de GAB nas temperaturas de 20 e 30 °C e o de Peleg a 40 °C, apresentando os maiores R^2 e os menores P. Bons ajustes com o modelo de GAB também foram verificados por Ferreira e Pena (2003) para as isotermas de adsorção de farinhas de pupunha a 15 e 35 °C, com valores de coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,99 e por Fabra et al. (2011) para as isotermas de adsorção de polpa de noni e de polpa de noni adicionada de maltodextrina, secadas por atomização, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,84.

Para as farinhas SSF o melhor modelo foi o de Peleg nas três temperaturas; e comportamento semelhante foi verificado por Alexandre et al., (2007) para as isotermas de adsorção de pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, obtidas a partir do

processo de secagem em camada de espuma com valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,98 e desvios percentuais médios(P) inferiores a 3,64% para o modelo de Peleg.

Ajustes satisfatórios com o modelo de Oswin também foram verificados por Gálvez et al. (2006) com $R^2 > 0,93$ e $P < 11,51\%$ para as isotermas de farinha de milho nas temperaturas de 7, 22 e 45 °C e por Alcântara et al. (2008) para as isotermas de adsorção de pedúnculo seco de caju nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C, com $R^2 > 0,99$ e $P < 4,43\%$.

Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas de sementes de noni com fibra (SCF) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)	
		X_m	C	K			
GAB	20	4,9801	13,4299	0,9551	0,9981	2,17	
	30	5,3620	21,7786	0,9577	0,9996	1,30	
	40	4,6755	78,2362	0,9743	0,9934	6,17	
Modelo	Temp. (°C)	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P (%)
Peleg	20	17,7873	0,9214	56,4078	10,0582	0,9956	4,05
	30	19,6817	0,8371	66,4668	10,8710	0,9986	2,33
	40	94,2301	16,1700	22,9762	10,0545	0,9958	4,76
Modelo	Temp. (°C)	a	b	R^2	P (%)		
Oswin	20	8,6478	0,6311	0,9981	3,45		
	30	9,5344	0,6301	0,9986	3,15		
	40	8,4080	0,6820	0,9928	7,14		

Tabela 4.10 - Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas de sementes de noni sem fibra (SSF) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R ²	P (%)
		X _m	C	K		
GAB	20	3,6678	41,9239	0,8741	0,9826	5,93
	30	3,4809	17,4097	0,8825	0,9796	9,17
	40	3,5818	12,4920	0,8749	0,9807	8,23

Modelo	Temp. (°C)	K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R ²	P (%)
30	19,034	18,9643	14,4093	1,1148	0,9978	1,63	
40	18,595	21,5322	15,0270	1,1882	0,9958	3,64	

Modelo	Temp. (°C)	a	b	R ²	P (%)
30	6,8593	0,3658	0,9906	8,64	
40	6,9369	0,3586	0,9891	10,05	

Verifica-se que os valores de X_m (umidade na monocamada) do modelo de GAB das farinhas das sementes de noni com fibra (SCF) variaram de 4,6755 a 5,3620% (b.s.) e das sementes de noni sem fibra (SSF) variaram de 3,4809 a 3,6678% (b.s.), indicando que as SSF por terem teor de água menores apresentaram valores de X_m menores. Yazdani et al. (2006) observaram, para as isotermas, nas temperaturas de 15 a 40 °C, de pistache desidratado com ajustes pelo modelo de GAB, que o valor do parâmetro X_m variou de 2,45 a 1,74% (b.s.) e diminuiu com o aumento da temperatura, sendo inferiores aos das farinhas das sementes de noni. Quanto menor o X_m maior será a estabilidade do produto (ASCHERI et al., 2006), determinando o teor de água para uma armazenagem segura.

O parâmetro C do modelo de GAB é a constante relacionada com o calor de adsorção do produto (GUERRA et al., 2005). Moreira et al. (2012) ao ajustarem o modelo de GAB as isotermas da farinha de sementes de chia em diferentes temperaturas (20, 35, 50 e 65 °C) observaram que o parâmetro C diminuiu à medida que a temperatura aumentava; comportamento semelhante ao da farinha de SSF. Inversamente, para a farinha SCF o parâmetro C aumentou com o aumento da temperatura. Kaya e Kahyaoglu (2006) ao ajustarem o modelo de GAB as isotermas de adsorção de água de sementes de gergelim integral da variedade marrom, que o valor do parâmetro C aumentou entre 25 e 35 °C.

O parâmetro K do modelo de GAB para a farinha SCF teve pequena variação com a temperatura com valores entre 0,9551 e 0,9743 e para a farinha SSF variou entre 0,8741 e 0,8849. Este parâmetro representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (LIMA et al., 2008). Yanniotis e Zamboutis (1996) observaram, para a amêndoa de pistache, que o K aumentou com o aumento da temperatura entre 15 e 40 °C; comportamento semelhante ocorreu com a farinha SCF nas temperaturas de 20 a 40 °C.

Constata-se, segundo Blahovec (2004) que as isotermas de adsorção das farinhas de SCF e SSF são classificadas como Tipo II por apresentarem as constantes do modelo de GAB com os valores de $0 < K \leq 1$ e $C > 2$; classificação semelhante foi verificada por Corrêa et al. (2014) para cafés (*C. canephora*) secadas com as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C e por Pittia et al. (2007) para as isotermas de adsorção a 20 °C de grãos de café crus e torrados.

Observa-se para as farinhas SCF e SSF, aumento dos valores K_1 e n_1 , respectivamente, à medida que a temperatura se torna superior. Hayoglu e Gamli (2007) verificaram acréscimo dos parâmetros K_1 , n_1 , K_2 e n_2 do modelo de Peleg para amêndoas de pistache nas temperaturas de 4 e 20 °C. Para a amostra SCF os valores de n_1 variaram de 0,8371 a 16,1700 e para SSF variaram entre 1,1761 a 21,5322. Valores próximos foram encontrados por Majd et al. (2014) para sementes de uva secadas a 55 °C com valores de n_1 entre 0,248 e 3,770, para as isotermas de adsorção nas temperaturas de 35 a 65 °C.

Analisando os parâmetros do modelo de Oswin para a amostra SCF, nota-se que não houve comportamento padrão com o aumento da temperatura das isotermas; para a farinha SSF verifica-se que a constante “a” aumentou com aumento da temperatura e b diminui com o aumento da temperatura; e comportamento inverso foi verificado por Almeida et al. (1999) para as isotermas de adsorção, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do gergelim (CNPA G3) seco (secagem solar) em que ocorreu diminuição nos valores do parâmetro “a” (modelo de Oswin) à medida que aumentou a temperatura e por Zomorodian et al. (2011) para o ajuste das isotermas de adsorção de canola nas temperaturas de 25, 40 e 55 °C.

Nas Tabelas B.1 a B.18 (Apêndice B) se encontram os valores de atividade de água (a_w), teor de água de equilíbrio estimado (X_e), resíduo e erro relativo das isotermas determinadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C com ajustes pelos modelos de GAB, Peleg e Oswin, das farinhas das amostras de SCF e SSF.

As isotermas de adsorção de água das farinhas SCF e SSF com ajustes pelos modelos testados estão apresentadas nas Figuras C.1 a C.4 (Apêndice C).

Na Figura 4.3 se encontram as isotermas de adsorção de água da farinha da semente com fibra (SCF) a 20, 30 e 40 °C com ajustes pelo modelo de GAB. Verifica-se que não houve grande influência da temperatura sobre as isotermas da SCF, fato demonstrado pela proximidade entre as curvas. Nota-se, a partir da atividade de água de 0,2, que a curva referente a 30 °C ocupa uma posição acima das demais (20 e 40 °C). A inversão na posição das curvas tem sido descrita na literatura para níveis de água e temperatura diferentes, dependendo do teor de açúcares do produto (TSAMI et al., 1990).

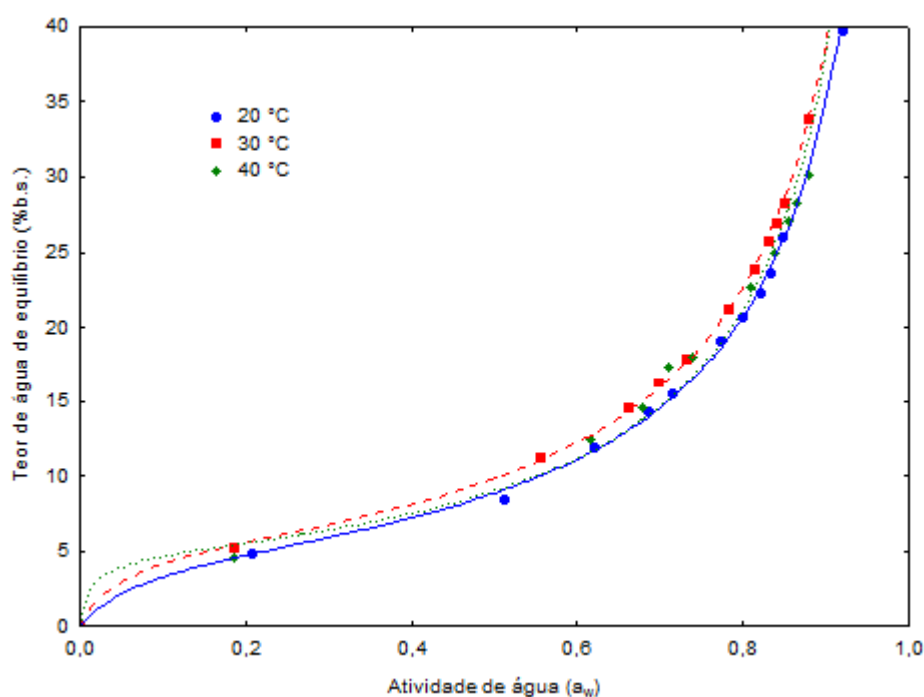


Figura 4.3 – Isotermas de adsorção de água da farinha SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB

As isotermas de adsorção de água da farinha SSF na Figura 4.4 apresentam condições de atividade de água e teor de água de equilíbrio muito próximas para as temperaturas avaliadas. Observa-se que as isotermas das farinhas SSF mostram o comportamento típico de material biológico indicando que a quantidade de água aumenta com o aumento da atividade de água, a temperatura constante (AL-MAHASNEH et al., 2010). As isotermas de adsorção podem ser empregadas para definir as épocas mais adequadas para o armazenamento de produtos agrícolas nas diversas regiões do

país, levando-se em consideração dados de temperatura e umidade relativa (CORRÊA et al., 2005a).

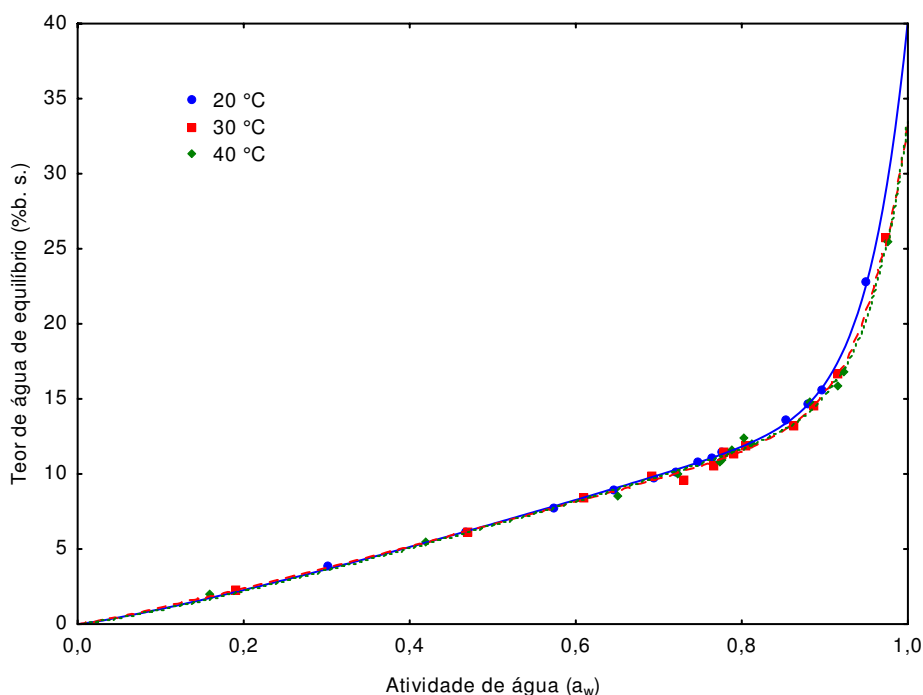


Figura 4.4 – Isotermas de adsorção de água da farinha SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

4.4 – Armazenamento

Nas Tabelas D.1 a D.16 (Apêndice D) são apresentadas as análises de variância usando-se o esquema fatorial 7 (tempos de armazenamento) x 2 (embalagem), dos parâmetros teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável, açúcares redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, ao longo do armazenamento sob atmosfera controlada das farinhas de sementes com fibra (SCF) e semente sem fibra (SSF) obtidas após secagem a 70 °C por apresentaram menores valores para teor de água e atividade de água (a_w). Observa-se que os fatores avaliados (embalagem e tempo de armazenamento) e suas interações, demonstraram efeito significativo para todos os parâmetros avaliados, exceto para o fator embalagem e para a interação da acidez da farinha da amostra SSP e para o fator embalagem da farinha SCF da intensidade de amarelo.

4.4.1 – Teor de água

Os valores médios dos teores de água das farinhas de SSF e SCF estão nas Tabelas 4.11 e 4.12, respectivamente. As farinhas foram acondicionadas em dois tipos de embalagem, embalagens rígidas plásticas e flexíveis laminadas, armazenadas durante 60 dias em ambiente com temperatura de 30 °C e umidade relativa de 55%.

Observa-se que, de maneira geral, houve uma elevação no teor de água das duas amostras de farinhas (SSF e SCF) ao longo do período de armazenamento, diferindo estatisticamente entre si quando em relação às embalagens. Na embalagem plástica verifica-se que os resultados de teores de água final (6,31 e 11,34%, SSF e SCF, respectivamente) foram superiores aos da embalagem laminada (5,82 e 8,54%, SSF e SCF, respectivamente), evidenciando que a embalagem laminada possui maior eficácia na conservação de produtos por prover melhor proteção contra a absorção de umidade.

Dos resultados obtidos, conclui-se que o uso da embalagem plástica desfavoreceu o armazenamento das farinhas por permitir passagem excessiva de água para a massa de amostras. Ficou evidente que o tipo de embalagem e as características do produto influenciam no comportamento do teor de água durante o armazenamento. De acordo com Marini et al. (2005) o comportamento de migração de teor de água ocorre em função das condições de temperatura e umidade relativa do local de armazenamento.

Tabela 4.11 – Valores médios do teor de água da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Teor de água (%)	
	Plástica	Laminada
0	1,25 gA	1,25 fA
10	1,88 fA	1,36 fB
20	3,40 eA	2,11 eB
30	4,11 dA	2,62 dB
40	4,74 cA	3,60 cB
50	5,57 bA	4,80 bB
60	6,31 aA	5,82 aB

MG=3,48%; CV = 5,44%; DMS para colunas = 0,33; DMS para linhas = 0,22

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ao armazenar grãos secos de soja, com teor de água de 14,8% (b.u.), em recipientes plásticos (3 L) na temperatura de 30 °C e umidade relativa de 83,0% por 180 dias, Alencar et al. (2009) verificaram aumento do teor de água com o tempo de armazenamento.

Tabela 4.12 – Valores médios do teor de água da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Teor de água (%)	
	Plástica	Laminada
0	5,96 fA	5,96 dA
10	6,44 eA	6,01 dB
20	7,25 dA	6,51 cB
30	7,68 dA	7,25 bB
40	8,40 cA	7,52 bB
50	9,36 bA	7,54 bB
60	11,34 aA	8,54 aB

MG=7,55%; CV = 3,36%; DMS para colunas = 0,44; DMS para linhas = 0,29

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nota-se, no final do armazenamento, que as farinhas SSF e SCF ainda se encontravam com o teor de água dentro do valor máximo indicado pela legislação brasileira, que é de 14% para todos os tipos de farinha (BRASIL, 2005).

4.4.2 – Atividade de água

As Tabelas 4.13 e 4.14 apresentam dados de atividade de água das farinhas de SSF e SCF acondicionadas em embalagens plástica rígida e laminada e armazenadas por 60 dias a 30 °C e umidade relativa de 55%.

Tabela 4.13 – Valores médios de atividade de água da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água	
	Plástica	Laminada
0	0,143 eA	0,143eA
10	0,211 dA	0,170 deB
20	0,329 cA	0,204 cdB
30	0,406 bA	0,219 cdB
40	0,428 abA	0,233 bcB
50	0,424abA	0,286 abB
60	0,457 aA	0,284 aB

MG=0,279; CV = 9,23%; DMS para colunas = 0,04; DMS para linhas = 0,02

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os resultados das análises obtidos revelam que em ambas as embalagens as atividades de água (a_w) das amostras foram influenciadas pelo tempo de armazenagem e pela embalagem. A atividade de água das amostras em embalagem plástica foi significativamente maior que das amostras em embalagem laminada, conforme o teste de Tukey. Na farinha de SCF acondicionada em embalagem laminada não houve variação significativa de atividade de água no período, a partir de 40 dias de armazenamento, mantendo-se estável até o final; entretanto, a farinha de SCF em embalagem plástica variou nos três primeiros tempos mantendo tendência de aumento até os 60 dias. CABRAL-MALHEIROS et al. (2010) armazenaram erva-mate tipo chimarrão, na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 75% pelo período de 90 dias, em embalagens de papel de camada dupla (papel couché e papel apergaminhado) e em filme laminado (polipropileno biorientado metalizado/polietileno de baixa densidade) verificando-se que o produto em embalagem de papel apresentou tendência de aumento da atividade de água com o tempo enquanto que na embalagem laminada houve uma tendência de estabilidade.

Tabela 4.14 – Valores médios de atividade de água da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água	
	Plástica	Laminada
0	0,165 eA	0,165 cA
10	0,277 dA	0,174 cB
20	0,342 cA	0,174 cB
30	0,369 bcA	0,212 bB
40	0,376 bA	0,267 aB
50	0,416 aA	0,267 aB
60	0,440 aA	0,261 aB

MG=0,276; CV = 5,69%; DMS para colunas = 0,02; DMS para linhas = 0,02

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.3 – Acidez total titulável

Nas Tabelas 4.15 e 4.16 estão os valores médios da acidez total titulável das farinhas de SSF e SCF armazenadas durante 60 dias em temperatura de 30 °C e umidade relativa de 55%.

Tabela 4.15 – Valores médios de acidez total titulável da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	Plástica	Laminada
0	0,29 dA	0,29 bA
10	0,30 cdA	0,32 abA
20	0,33 abcdA	0,35 aA
30	0,32 bcdA	0,34 aA
40	0,34 abcA	0,35 aA
50	0,36 abA	0,35 aA
60	0,37 aA	0,35 aA

MG=0,33%; CV = 8,41%; DMS para colunas = 0,05; DMS para linhas = 0,03

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores de acidez para a farinha de SSF aumentaram quando do uso das embalagens plásticas (0,29 a 0,37%) e laminadas (0,29 a 0,35%) durante o armazenamento não havendo diferença significativa entre as embalagens, porém a amostra acondicionada em embalagem laminada apresenta, a partir dos 10 primeiros dias, maior estabilidade até os

dias que se seguem ao armazenamento, sendo esta mais apropriada ao manter a acidez mais próxima ao valor inicial na farinha de SSF.

A acidez de um alimento pode ser originada dos próprios compostos naturais do alimento, podendo ser formada pela fermentação ou pelo tipo de processamento pelo qual o alimento passou e ainda ser o resultado da deterioração que o mesmo sofreu (FERNANDES et al., 2008).

Tabela 4.16 – Valores médios da acidez total titulável da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	Plástica	Laminada
0	1,99 bA	1,99 deA
10	1,92 bB	1,97 eA
20	2,09 aA	2,07 cdA
30	2,07 aA	2,06 cdA
40	2,08 aA	2,11 bcA
50	2,08 aB	2,17 abA
60	2,14 aB	2,22 aA

MG=2,07%; CV = 2,24%; DMS para colunas = 0,08; DMS para linhas = 0,05

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os dados obtidos no armazenamento das farinhas de SCF indicam que nos tempos de 20, 30 e 40 dias as embalagens não diferiram estatisticamente entre si porém a acidez aumentou no decorrer do armazenamento para as amostras acondicionadas nas embalagens laminadas e rígidas.

Ferreira Neto et al. (2003) observaram ao armazenar farinhas de mandioca temperadas embaladas em sacos de polipropileno pigmentado (PP) a temperatura ambiente durante 180 dias, que a maioria das amostras permaneceu com a acidez constante ao longo do armazenamento.

4.4.4 – pH

Nas Tabelas 4.17 e 4.18 estão os valores médios de pH das farinhas de SSF e SCF armazenadas por 60 dias a 30 °C e umidade relativa de 55%.

Os resultados das farinhas de SSF e SCF embaladas nas embalagens plásticas e laminadas indicam diminuição do pH com o tempo, com o pH da farinha de SSF variando de 5,21 a 4,76 e de 5,21 a 4,78, e o pH da farinha de SCF variando de 4,57 a 4,03 e 5,57 a

4,08, nas embalagens plásticas e laminadas, respectivamente. O comportamento do pH das farinhas com o tempo foi inverso ao da acidez, o que era previsto.

Verifica-se que a amostra de SCF possui caráter muito ácido pois os valores de pH encontrados durante o armazenamento para ambas as embalagens são menores que 4,5. Tal diferença encontrada entre o pH das farinhas se deve, provavelmente, à presença de resíduo de polpa (fibra) residual na semente, dado que polpas de frutas são, em geral, ácidas.

Tabela 4.17 – Valores médios de pH da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Plástica	Laminada
0	5,21	5,21
10	5,20	5,27
20	5,09	5,09
30	4,98	4,91
40	4,91	4,85
50	4,76	4,84
60	4,76	4,78

Miranda e El-Dash (2002) avaliaram o armazenamento da farinha integral de trigo germinado (cultivar Embrapa 16) por 180 dias e verificaram que, à medida que houve aumento do tempo de armazenamento ocorreu diminuição do pH, comportamento idêntico ao das farinhas de SSF e SCF.

Tabela 4.18 – Valores médios de pH da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Plástica	Laminada
0	4,57	4,57
10	4,30	4,37
20	4,28	4,32
30	4,29	4,32
40	4,27	4,23
50	4,18	4,15
60	4,03	4,08

4.4.5 – Açúcares redutores

Nas Tabelas 4.19 e 4.20 estão os valores médios dos açúcares redutores das farinhas de SSF e SCF armazenados por 60 dias a 30 °C e umidade relativa de 55% em embalagens plásticas e laminadas.

Nota-se que os resultados para a farinha de SSF em relação às embalagens diferiram estatisticamente entre si durante os primeiros 30 dias de armazenamento, dos 40 dias até os 60 dias não houve diferença estatística entre as embalagens demonstrando a equivalência da utilização das duas embalagens na conservação dos açúcares redutores das amostras SSF.

Constata-se, nas duas embalagens, que os açúcares redutores das farinhas SSF nos primeiros 10 dias de armazenamento diminuíram significativamente permanecendo estável durante o resto do período de armazenamento.

Tabela 4.19 – Valores médios dos açúcares redutores da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)	
	Plástica	Laminada
0	2,92 aA	2,92 aA
10	2,13 bA	2,10 bB
20	2,11 bA	2,08 bcB
30	2,11 bA	2,04 cB
40	2,13 bA	2,13 bA
50	2,13 bA	2,12 bA
60	2,12 bA	2,12 bA

MG=2,22%; CV = 1,12%; DMS para colunas = 0,04; DMS para linhas = 0,03

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As oscilações entre os valores de açúcares redutores na amostra de farinha de SCF embaladas nas embalagens plásticas (3,48 a 3,22% em glicose) e laminadas (3,48 a 3,32% em glicose) durante o armazenamento demonstram, ao fim do período, valores estatisticamente semelhantes aos observados nos primeiros 10 dias evidenciando estabilidade ao longo do tempo. Desempenho distinto ocorreu ao se armazenar pó do figo-da-índia acondicionado em embalagem laminada a temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55% pelo período de 100 dias, notando-se comportamento tendencioso à redução dos açúcares redutores (LISBOA et al., 2012).

Tabela 4.20 – Valores médios de açúcares redutores da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcar redutor (% em glicose)	
	Plástica	Laminada
0	3,48 aA	3,48 aA
10	3,33 bB	3,44 abA
20	3,27 bA	3,32 bcA
30	3,31 bA	3,31 bcA
40	3,20 bcA	3,15 dA
50	3,11 cB	3,29 cA
60	3,22 bcB	3,32 bcA

MG=3,30%; CV = 2,36%; DMS para colunas = 0,14; DMS para linhas = 0,09

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.6 – Luminosidade (L*)

Nas Tabelas 4.21 e 4.22 estão os valores médios de luminosidade das farinhas de SSF e SCF armazenadas durante 60 dias em embalagens plásticas e laminadas a 30 °C e umidade relativa de 55%.

Tabela 4.21 – Valores médios de luminosidade da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)	
	Plástica	Laminada
0	35,46 aA	35,46 aA
10	35,36 aA	33,41 bB
20	34,97 aA	32,16 cB
30	35,62 aA	32,31 cB
40	32,50 bA	32,14 cA
50	33,08 bA	32,40 bcA
60	30,82 cB	32,51 bcA

MG=33,44; CV = 1,82%; DMS para colunas = 1,06; DMS para linhas = 0,70

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores da luminosidade para a farinha de SSF em relação às embalagens diferiram estatisticamente entre si na maioria dos tempos; no entanto, ao longo do período de armazenamento o produto acondicionado em embalagem plástica apresentou tendência à estabilidade até 30 dias de armazenamento notando-se escurecimento nos últimos três tempos. Na embalagem laminada ocorreu escurecimento a partir de 10 dias, mas ao final

do armazenamento os valores foram estatisticamente semelhantes aos determinados em 10 dias indicando que a embalagem laminada foi a mais adequada para a manutenção da luminosidade.

A farinha de SCF embalada na embalagem plástica apresentou escurecimento; entretanto a luminosidade permaneceu inalterada no período de 20 a 50 dias, situação em que se observa o produto acondicionado em embalagem laminada nos tempos de 20 a 40 dias ao longo do armazenamento.

Tabela 4.22 – Valores médios de luminosidade da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)	
	Plástica	Laminada
0	33,46 aA	33,46 aA
10	32,26 bB	33,50 aA
20	29,46 cdB	31,27 bA
30	29,14 dB	31,27 bA
40	29,15 dB	31,20 bA
50	29,65 cdB	30,31 cA
60	29,94 cA	29,37 dB

MG=30,96; CV = 0,89%; DMS para colunas = 0,63; DMS para linhas = 0,41

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Gutkoski et al. (2007) armazenaram farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico durante 180 dias a temperatura ambiente de 22 °C e umidade relativa entre 55 e 70% e observaram que com o aumento do tempo de armazenamento a farinha de trigo tornou-se mais clara, ou seja, os valores de luminosidade aumentaram significamente; comportamento contrário foi observado nas farinhas de SSF e SCF, pois tendenciaram ao escurecimento.

4.4.7 – Intensidade de vermelho (+a*)

Nas Tabelas 4.23 e 4.24 estão os valores médios de luminosidade das farinhas de SSF e SCF armazenadas por 60 dias em embalagens plásticas e laminadas a 30 °C e umidade relativa de 55%.

Tabela 4.23 – Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	Plástica	Laminada
0	8,44 bcA	8,44 aA
10	8,52 abA	8,07 bB
20	8,11 cdA	7,63 cB
30	8,83 aA	7,90 bcB
40	7,94 dA	7,84 bcA
50	7,95 dA	8,07 bA
60	7,89 dA	7,85 bcA

MG= 8,10; CV = 2,52%; DMS para colunas = 0,36; DMS para linhas = 0,23

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O valor de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SSF acondicionada em embalagem plástica, permanece constante a partir de 40 dias de armazenamento enquanto a amostra em embalagem laminada demonstra o mesmo comportamento a partir de 30 dias com tendência à diminuição. Comportamento semelhante ocorreu com amostras de farinha de trigo acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (−4 °C) por seis meses em que, à medida que aumentava o tempo de armazenagem reduzia a intensidade de vermelho (ORTOLAN et al., 2010).

Os valores médios encontrados para a farinha de SCF pouco diferiram ao longo do armazenamento tanto na embalagem plástica como na laminada, equivalendo-se ambas para a conservação da intensidade de vermelho do produto.

Tabela 4.24 – Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	Plástica	Laminada
0	10,56 bcA	10,56 abA
10	11,13 aA	10,96 aA
20	10,65 bA	10,53 bA
30	10,22 cA	10,20 bcA
40	10,42 bcA	10,19 bcA
50	10,74 abA	10,23 bcB
60	10,67 bA	10,08 cB

MG=10,51; CV = 02,22%; DMS para colunas = 0,41; DMS para linhas = 0,27

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.8 – Intensidade de amarelo (+b*)

Nas Tabelas 4.25 e 4.26 estão os valores médios de luminosidade das farinhas de SSF e SCF armazenados por 60 dias em embalagens plásticas e laminadas a 30 °C e umidade relativa de 55%.

Tabela 4.25 – Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SSF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Plástica	Laminada
0	16,42 abA	16,42 abA
10	16,25 bcA	15,75 bcB
20	15,64 cA	16,00 abcA
30	16,63 abA	15,92 bcB
40	17,12 aA	16,74 aA
50	16,44 abA	15,81 bcB
60	15,99 bcA	15,50 cB

MG= 16,18; CV = 2,60%; DMS para colunas = 0,73; DMS para linhas = 0,48

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A farinha de SSF na embalagem plástica apresentou tendência à estabilidade com o tempo nas duas embalagens.

Os resultados alcançados para as farinhas de SSF e SCF embaladas em embalagens plásticas e laminadas foram diferentes estatisticamente entre si, somente para alguns tempos intermediários, como 30, 40 e 50 dias (SCF) e 10, 30, 50 e 60 dias (SSF).

A farinha de SCF apresentou leve tendência à redução de intensidade de amarelo na embalagem plástica com diferença estatística entre o tempo zero e 60 dias, mas este último sendo semelhante ao resultado referente a dez dias; na embalagem laminada também as diferenças foram pontuais, com valores estatisticamente iguais entre 10 e 50 dias, e entre 20 e 60 dias.

Tabela 4.26 – Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SCF durante o armazenamento a 30 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Plástica	Laminada
0	21,47 aA	21,47 aA
10	20,54 bcA	20,81 abA
20	20,84 abA	20,57 bcA
30	20,15 cB	21,07 abA
40	20,86 abA	19,98 cB
50	19,92 cB	21,02 abA
60	20,31 bcA	20,00 cA

MG=20,64; CV = 1,86%; DMS para colunas = 0,67; DMS para linhas = 0,44

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

OBS: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com Ortolan et al., (2010) para evitar as prováveis alterações da cor, deve-se armazenar as farinhas ao abrigo da luz, calor e umidade e, quando possível, em locais com baixas temperaturas (como, por exemplo, freezer ou refrigerador) e/ou baixa pressão de oxigênio, que reduzem as velocidades das reações oxidativas, resultando em farinhas com maior estabilidade da cor ao longo do armazenamento, justificando desta forma, o fato das farinhas do estudo em questão sofrerem alterações na coloração uma vez que foram armazenadas a temperatura de 30 °C e as embalagens não eram totalmente impermeáveis aos gases e à umidade.

5. - CONCLUSÕES

- As amostras de sementes com fibra (SCF) apresentaram diversos resultados de caracterização química das amostras sem fibra (SSF), com maiores valores de teor de água, acidez, lipídios e luminosidade; as amostras sem fibra apresentaram valores superiores de proteínas e amido. as amostras com fibra são mais claras e com menores intensidades de vermelho e de amarelo;

- A presença de fibras provocou aumento no tempo de secagem das sementes em valores próximos a 30%;

- Todos os modelos testados (Henderson & Pabis, Dois Termos, Logarítmico, Page e Thompson) proporcionaram bons ajustes às curvas de secagem, tanto das sementes com fibra como das amostras sem fibra;

- Entre os modelos de GAB, Peleg e Oswin, os modelos de GAB e Peleg se ajustaram melhor às isotermas de adsorção das sementes de noni com e sem fibra, respectivamente;

- Durante o armazenamento das farinhas de SCF e SSF os teores de água, a atividade de água e a acidez total titulável, aumentaram à medida que o tempo de estocagem diminuía; entretanto, o contrário ocorreu com a determinação de pH;

- As farinhas de SCF e SSF tiveram leve escurecimento nos primeiros 10 dias porém mantendo a estabilidade durante os dias que se seguiram ao armazenamento;

- A intensidade de vermelho (+a*) diminuiu para a farinha de SSF; contudo, a intensidade de amarelo (+b*) para os dois tipos de farinhas conservou-se ao longo do armazenamento.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABÍLIO, S. I. M. **Peras de São Bartolomeu secadas tradicionalmente e em estufa solar: comparação das suas propriedades**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

AGUIAR, T. M.; RODRIGUES, F. S.; SANTOS, E. R.; SABAA-SRUR, A. U. O. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. **Nutrire: Revista Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 35, n. 2, p. 91-102, 2010.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81–87, 2009.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606–613, 2009.

ALEXANDRE, F. A.; FARIA, J. A. F.; CARDOSO, C. F. Avaliação da eficiência da radiação ultravioleta na esterilização de embalagens plásticas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1524-1530, 2008.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

AL-MAHASNEH, M. A.; RABABAH, T. M.; AL-U'DATT, M. H.; YANG, W. Moisture adsorption thermodynamics of fractionated sesame hulls (*Sesamum indicum* l.). **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, n. 5, p. 802–819, 2010.

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

AMARAL L. I. V.; PEREIRA M. F. D. A.; CORTELAZZO O. A. L. Formação de substâncias de reserva durante o desenvolvimento de sementes de urucum (*Bixa orellana* L./ Bixaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n. 1, p. 125-132, 2001.

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

ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; RODRIGUES, E. Comportamento higroscópico do extrato seco de urucum (*Bixa Orellana L.*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1888-1892, 2008.

ARAÚJO, E. F.; SILVA, R. F.; CORRÊA, P. C. Efeitos imediatos e latentes da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na qualidade fisiológica de sementes de milho-doce, cultivar BR 400. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p.21-30, 2000.

ARAÚJO, W. M. C.; MONTEBELLO, N. P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos alimentos**. 2. ed. Brasília: Editora Senac, 2011. 500 p.

ARRUDA, J. B.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Armazenamento de sementes de *Heteropterys tomentosa* por diferentes períodos, embalagens e ambientes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2011.

ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006.

AZEREDO, H. M. C. Embalagens e estabilidade de alimentos. In: AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p. 151-189.

BAKKER – ARKEMA, F. W.; SILVA, J. S.; MWARA, E. R. **Testing of the shivers in-bin counter flow dryer-special report** East lansing, Michigan, Michigan State University, 1980. 18p.

BARCELOS, M. F. B.; FERRUA, F. Q. **Frutas e hortaliças processadas: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 71 p.

BARROS, S. P. N. **Caracterização química e bioquímica da polpa e produtos de noni (*Morinda citrifolia L.*)**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2009.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489–495, 2004.

BORÉM, F. M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; CHAVES, J. B. P.; GERMANI, R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. **Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 159-172, 2011.

BRASIL. Agência Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias -ABIMA. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/Suvisa/doc/DOC000000000022520.PDF>>. Acesso em: 20/10/2013.

BRITO, D. R. B. **Avaliação da atividade anti-helmíntica da *Morinda citrifolia* (noni), em aves poedeiras naturalmente infectadas**. 2008. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2008.

CABRAL-MALHEIROS, G.; HECKTHEUER, L. H. R.; CANTO, M. W.; BALSAMO, G. M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 654-660, 2010.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p. 1196-1205, 2010.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing food stuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; VIANNA, A. P.; DETMANN, E.; DIONELLO, R. G. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 444-448, 2005.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 206 p.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. C.C.; GONELI, A. L. D. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1047-1052, 2014.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de dessorção para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n.1, p.39-48, 2005b.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica L.*) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Isotermas de sorção das espigas de milho: obtenção e modelagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.126-134, 2005a.

CORRÊA, P. C.; MOURE, J. Higroscopicidad y propiedades térmicas de semillas de sorgo. **Alimentacion Equipos y Tecnologia**, v. 29, n. 1, p. 149-153, 2000.

CORREIA, A. A. S. **Maceração enzimática da polpa do noni (*Morinda citrifolia L.*)**. 2010. 105f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda Citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

COSTA, A. B.; OLIVEIRA, A. M. C.; SILVA, A. M. O.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do noni (*Morinda citrifolia Linn.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 345-354, 2013.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1089–1096, 2011.

COULTATE, T. P. **Alimentos e a química de seus componentes**. 3 ed. Rio Grande do Sul: Artmed, 2004. 368p.

DOYMAZ, I.; ISMAIL, O. Drying characteristics of sweet cherry. **Food and bioproducts processing**. v. 89, n. 1, p. 31–38, 2011.

EMBRAPA. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

FABRA, M. J.; MÁRQUEZ, E.; CASTRO, D.; CHIRALT, A. Effect of maltodextrins in the water-content–water activity–glass transition relationships of noni (*Morinda citrifolia L.*) pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 1, p. 47–51, 2011.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573–583, 2012.

FARIA, W. C. S.; BETT, S. C.; SANTOS, C. G. B.; BRASIL, A. S.; GAUTO, R. F.; BESERRA, A. M. S. S.; OLIVEIRA, A. P. Caracterização físico-química e análise fitoquímica preliminar do fruto noni (*Morinda citrifolia* L.) produzido na cidade de Cuiabá – MT. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 1, p. 1208-1215, 2014.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* *Linu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. supl., p. 56-65, 2008.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá: aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 101-102, 2004.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2003.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FIORENTIN, L. D.; MENON, B. T.; ALVES, J. A.; BARROS, S. T. D.; PEREIRA, N. C.; MÓDENES, A. N. Determinação da cinética e das isotermas de secagem do bagaço da laranja. **Maringá**, v. 32, n. 2, p. 147-152, 2010.

FIOREZE, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. 2 ed. João Pessoa: Editora Universitária, 2003. 144 p.

FIOREZE, R.; MADRUGA, M. S. Tecnologia de alimentos de origem vegetal. In: ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB/Idéia, 2003. p. 43-111.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p.73-80, 2003.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 106-109, 2006.

GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R. L. Isotermas de adsorción em harina de maíz (*Zeamays L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 821-827, 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 301p.

GAZOR, H. R.; MOHSEMANESH, A. Modelling the drying kinetics of canola in fluidised bed dryer. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 28, n. 6, p. 531–537, 2010.

GIBSON, S. I. Sugar and phytohormone response pathways: navigating a signaling network. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 395, p. 253-264, 2004.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 135-140, 2007.

GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; FARIAS, E. S.; SILVA, M. M.; CHAVES, M. C. V.; REIS, L. S. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. esp., n.1, p.65-68, 2003.

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**, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

GUERRA, R. B.; NEVES, E. C. A.; PENA, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2005.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; KASTER, B.; GONÇALVES, F. T.; LAMAISON, F. C.; SPIER, F.; FRIEDRICH, M. T. Armazenamento da farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico e seu efeito na produção de pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 1, p. 93-100, 2007.

HAYOGLU, I.; GAMLI, O. F. Water sorption isotherms of pistachio nut paste. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 224–227, 2007.

HONORATO, C. A.; SILVA, C. J. Caracterização bromatológica de farelos de pinhão-manso. **Scientia Plena**, v. 9, n. 9, p.1-7, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF. **Fruticultura**. 2010. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_FrutasBrasileirasAscensao.asp>. Acesso em: 03 nov. 2012.

JANJAI, S.; BALA, B. K. Solar drying technology. **Food Engineering Reviews**, v. 4, n. 1, p. 16–54, 2012.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004.

JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 149-156, 2012.

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

KAYA, A; AYDIN, O; DEMIRTAS, C. Drying kinetics of red delicious apple. **Biosystems Engineering**, v. 96, n. 4, p. 517-524, 2007.

KAYA, S.; KAHYAOGU, T. Influence of de hulling and roasting process on the thermodynamics of moisture adsorption in sesame seed. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 2, p.139–147, 2006.

KHAZAEI, J.; DANESHMANDI, S. Modeling of thin-layer drying kinetics of sesame seeds: mathematical and neural networks modeling. **International Agrophysics**, v. 21, n. 4, p. 335-348, 2007.

LAU, O. W.; WONG, S. K. Contamination in food from packaging material. **Journal of Chromatography A**, v. 882, n. 1-2, p. 255–270, 2000.

LEDUC, S. N. M. **Indução de tolerância à dessecação e variações de carboidratos solúveis em sementes de *Caesalpinia chinata* LAM. (Pau-Brasil) durante a maturação.** 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F. T. C. Armazenamento de sementes de girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014.

LIMA, E. E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro.** 2006. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 163-170, 2008.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216–221, 2012.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

LUZIA, D. M. M.; BERTANHA, B. J.; JORGE, N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p.175-80, 2010.

MAJD, K. M.; KARPARVARFARD, S. H.; FARAHAKEY, A.; ANSARI, S. Thermodynamic properties of water sorption isotherms of grape seed. **International Agrophysics**, v. 28, n. 1, p. 63-71, 2014.

MALACRIDA, C. R.; ANGELO, P. M.; ANDREO, D.; JORGE, N. Composição química e potencial antioxidante de extratos de sementes de melão amarelo em óleo de soja. **Revista Ciência Agrônômica**,v. 38, n. 4, p. 372-376, 2007.

MARINI, L. J.; GUTKOSK, L. C.; ELIAS, M. C.; MEZZONO, N. Efeito da Secagem Intermitente na Estabilidade de Grãos de Aveia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 260-267, 2005.

MARSH, K.; BUGUSU, B. Food packaging-roles, materials and environmental issues. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. 39-55, 2007.

MASETTO, T. E.; QUADROS, J. B.; MOREIRA, F. H.; RIBEIRO, D. M.; BENITES JUNIOR, I.; REZENDE, R. K. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, v. 13, n. 3, p. 107-113, 2009.

MATUDA, T. G; MARIA NETTO, F. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigon* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 353-357, 2005.

MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado: características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 216-223, 2002.

MONTE, J. E. C.; MARTINS, J. H.; LOPES, D. C.; MONTEIRO, P. M. B.; PINTO, P. R. Sistema automático para secagem de produtos agrícolas em camada fina. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 307-312, 2008.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; PRIETO, D. M.; TORRES, M. D. Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Bioprocess Technology**, v. 5, n. 3, p. 1077–1082, 2012.

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

NEDEL, J. L. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESK, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**.1 ed. Pelotas: UFPel, 2003. p. 94 - 136.

NELSON, S. C. **Hawaiian Noni Seed Processing and Germination**. Mānoa: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University Of Hawai'i, 2006.

NELSON, S. C. **Noni Seed Handling and Seedling Production**. Cooperative Extension Service. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa, 2005.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; CAMPOS, R. C. Isotermas e calor isostérico das sementes de algodão com linter e sem linter. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.3, p.283-292, 2013.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; CAMPOS, R. C.; CHAVES, T. H. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 190-201, 2012a.

OLIVEIRA, H. F.; VASCONCELOS, F. G.; ALVARENGA, J. C.; BASTOS, S. M. C.; ASCHERI, D. P. R. Efeito da irradiação e do armazenamento em algumas características dos grãos de soja. **Revista Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 73-88, 2012b.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L.; SANZ, M. L.G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. I.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 55-59, 2010.

ÖZBEY, M.; SÖYLEMEZ, M. S. Effect of swirling flow on fluidized bed drying of wheat grains. **Energy Conversion and Management**. v. 46, n. 9-10, p. 1495–1512, 2005.

PALU, A. K.; WEST, B. J.; JENSEN, C. J. Noni seed oil topical safety, efficacy, and potential mechanisms of action. **Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications**, v. 2, n. 2, p. 74-78, 2012.

PASSOS, R. M.; SANTOS, D. M. C.; SANTOS, B. S.; SOUZA, D. C. L.; SANTOS, J. A.; SILVA, G. F. Qualidade pós-colheita da moringa (*Moringa oleifera* LAM) utilizada na forma in natura e seca. **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 1, p. 113-120, 2012.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e triparmétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 08-11, 2000.

PEREIRA, C. C.; OLIVEIRA, P. D.; ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; TAVEIRA, J. H. S.; ALVES, G. E. Análise da cor e de acidez graxa de grãos de café submetidos a diferentes tipos de processamento e métodos de secagem. In: VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7., 2011, Minas Gerais. *Anais...* Minas Gerais: Embrapa Café, 2011. p. 356.

PEREIRA, I. E. **Secagem e armazenamento do tomate em pó**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2005.

PINO, J., MÁRQUEZ, E., CASTRO, D. Volatile and nonvolatile acids of noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 7, p.1247–1249, 2009.

PITTIA, P.; NICOLI, M. C.; SACCHETTI, G. Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. **Journal of Texture Studies**, v. 38, n. 1, p.116–134, 2007.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; OLIVEIRA, K. S. Constituintes químicos das frações de lichia *in natura* e submetidas à secagem: potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1174-1179, 2012.

RESENDE, O.; ARCANJO, R. V.; SIQUEIRA, V. C.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de concreto Pierre) em terreiro de concreto. **Maringá**, v. 31, n. 2, p. 189-196, 2009.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 626-631, 2006.

RETHINAM, P.; SIVARAMAN, K. Noni (*Morinda citrifolia* L) the miracle fruit: a holistic review. In: SINGH, K.; RETHINAM, P. **International Journal of Noni Research**, v. 2, n. 1-2, p. 4-37, 2007.

ROBERTS, J. S; KIDD, D. R.; PADILLA-ZAKOUR, O. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 4, p. 460–465, 2008.

ROJAS, R. M. **Nutrición y dietética para tecnólogos de alimentos**. 1 ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2000. 308 p.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SANTOS, C. T. **Farinha da semente de jaca: caracterização físico-química e propriedades funcionais**. 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2009.

SANTOS, D. B.; PETRY, C.; BORTOLUZZI, E. C. Composição centesimal e perfil dos ácidos graxos de sementes de porongo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 31-36, 2014.

SANTOS, F. S. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 2, p. 149-155, 2004.

SENADEERA, W.; BHANDARI, B. R.; YOUNG, G.; WIJESINGHE, B. Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying. **Journal of Food Engineering**, v. 58, n. 3, p. 277–283, 2003.

SILVA, B. L. A. Análise físico-química lipídica e morfologia das amêndoas das sementes da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.). **Revista UNI**, n.1, p.63-74, 2011.

SILVA, C. R. L.; MEDEIROS, P. V. Q.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, C. V.; SILVA, C. G. G. Caracterização do fruto de *Morinda citrifolia* L. (noni). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 1, p. 93-100, 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p.45-56, 2010b.

SILVA, J. J. M. **Adubação orgânica e mineral de noni: desempenho agrônômico, nutrição da planta, qualidade de fruto e de suco**. 2010. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SILVA, L. C. Secagem de Grãos. **Revista Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo**, Alegre, ano3, n. 14, p. 10-14, 2004.

SILVA, L. R. D.; MEDEIROS, P. V. Q. D.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, V.; SOUSA, J. A.D.; SILVA, M. S. **Caracterização físico-química do fruto de Noni (*Morinda citrifolia* L.)**. 2010a. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/632055/1/AT09083.pdf>>. Acesso em: 08 out 2013.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p.1179-1184, 2005.

SIMAL, S.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; ROSSELL, C. Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 3, p. 323–328, 2005.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446–453, 2014.

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M.; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.12, n. 4, p.206-212, 2002.

SOUSA, A. G. O.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Eficiência alimentar e qualidade proteica das sementes de baru e pequi procedentes do Cerrado brasileiro. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 274-80, 2012.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Isotermas de dessecção das sementes de nabo forrageiro obtidas pelos métodos dinâmico e estático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 216–222, 2013.

- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; LACERDA FILHO, A. F. Simulação do processo de secagem de sementes de milho em camada fixa. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 653-660, 2002.
- SOUZA, F. M.; AQUINO, L. C. L. Potencial da farinha de sementes de mangaba para a produção de lipase de *Aspergillus niger*: influência da temperatura e umidade no processo. **Scientia plena**, v. 8, n. 12, p. 1-5, 2012.
- SOUZA, J. A.; SILVA, Y. C.; SILVA, F. D.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Modelos matemáticos para descrição do processo de secagem em camada fina de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: IV EPG - IV Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação, 4., 2004, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2004. CD.
- TINOCO, L. P. N.; PORTEB, A. PORTEC, L. H. M.; GODOYD, R. L. O.; PACHECOD, S. Perfil de Aminoácidos de Farinha de Semente de Abóbora. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 3, p. 149-53, 2012.
- TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.
- TSAMI, E; MARINOS-KOURIS, D.; MAROULIS, Z. B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 6, p. 1594-1597, 1990.
- VEIGA, R. F. A.; BARBOSA, W.; HIROCE, R.; MENDACOLLI, S. L. J.; TOMBOLATO, A. F. C.; COSTA, A. A. Noni: frutífera medicinal em introdução e aclimatação no Brasil. **O Agrônomo**, v. 57, n. 1, p. 20-21, 2005.
- VENTURINI, T.; BENCHIMOL, L. R.; BERTUOL, D. A.; ROSA, M. B.; MEILI, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica Papaya* L.). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFSM**, v. 5, n. 5, p. 950 - 959, 2012.
- VILLAR, C. G. **Estudo do desempenho de um secador convectivo de bandejas para a secagem de bananas: análise da influência das variáveis operacionais**. Campina Grande: UFPB, 1999. 75p (Dissertação Mestrado).
- WADSWORTH, J. J.; STORY, S. P. **Morinda citrifolia Oil**, US Patent n. 6417157, 2002.
- WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.

WANG, M. Y., WEST, B. J., JENSEN, C. J., NOWICKI, D., SU, C., PALU, A. K., ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): uma revisão da literatura e os recentes avanços na investigação do noni. **Acta Pharmacol Sin.** v. 23, n. 12, p. 1127-1141, 2002.

WANG, Y. P.; TANG, J. S.; CHU, C. Q.; TIAN, J. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, v. 12, n. 1, p. 47-52, 2000.

WAUGHON, T. G. M.; PENA, R. S. Estudo da secagem da fibra residual do abacaxi. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 373-379, 2006.

YANNIOTIS, S.; ZARMBOUTIS, I. Water Sorption Isotherms of Pistachio Nuts. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 4, p. 372-375, 1996.

YAZDANI, M.; SAZANDEHCHI, P.; AZIZI, M.; GHOBADI, P. Moisture sorption isotherms and isosteric heat for pistachio. **European food research and technology**, v. 223, n. 5, p. 577-584, 2006.

ZOMORODIAN, A.; KAVOOSI, Z.; MOMENZADEH, L. Determination of EMC isotherms and appropriate mathematical models for canola. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 4, p. 407-413, 2011.

APÊNDICE A

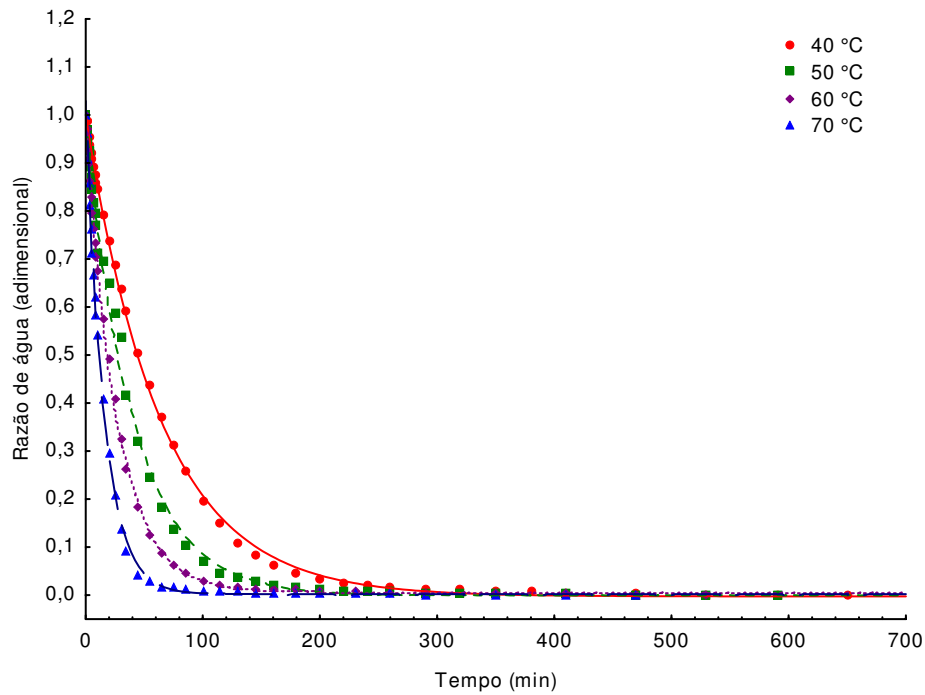


Figura A.1 – Modelo de Logarítmico ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF

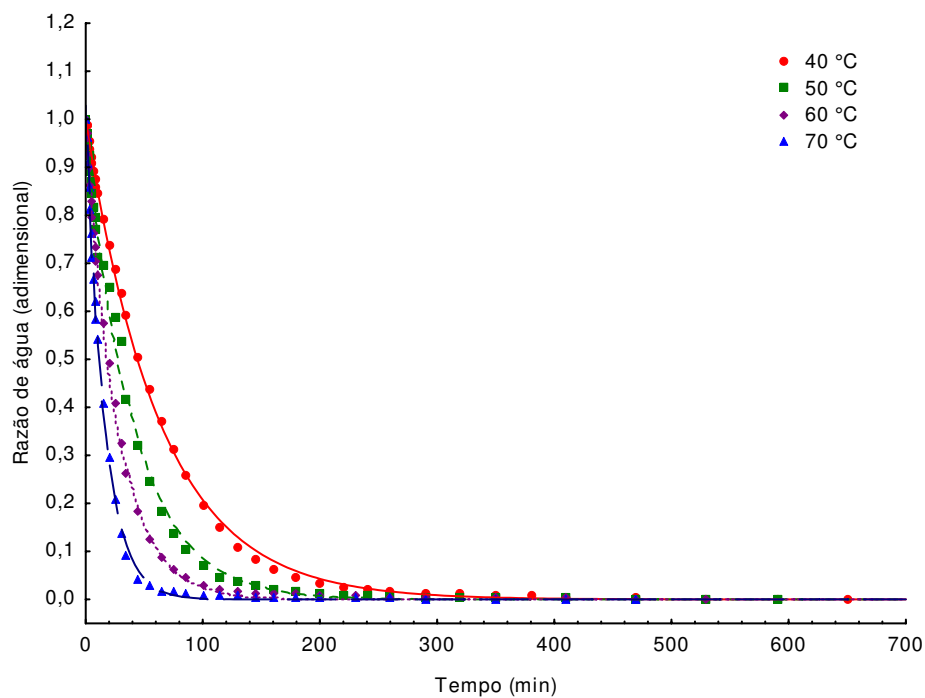


Figura A.2 – Modelo de Henderson e Pabis ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF

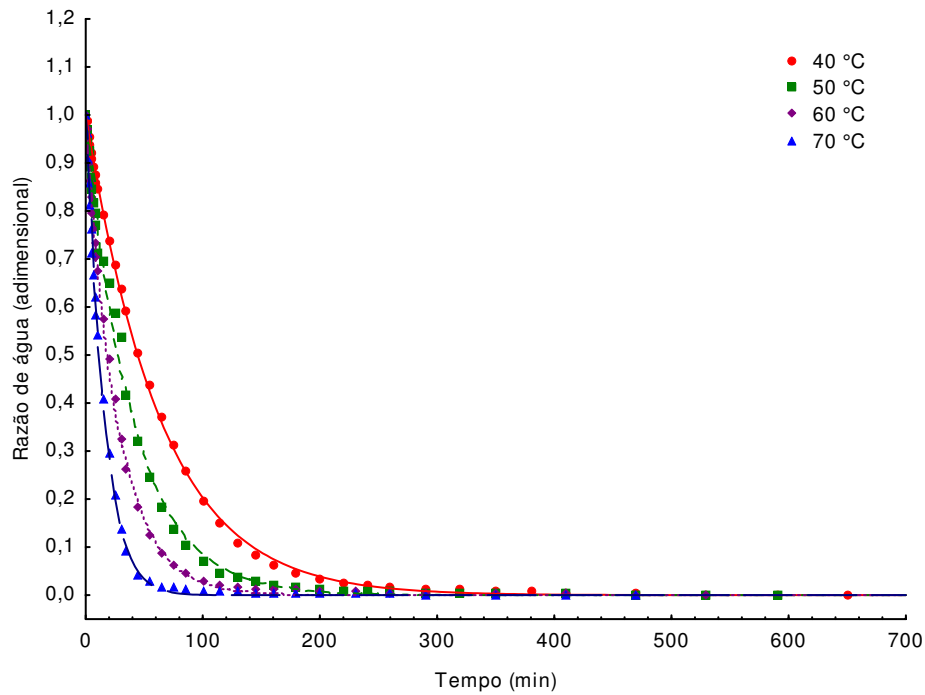


Figura A.3 – Modelo de Page ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF

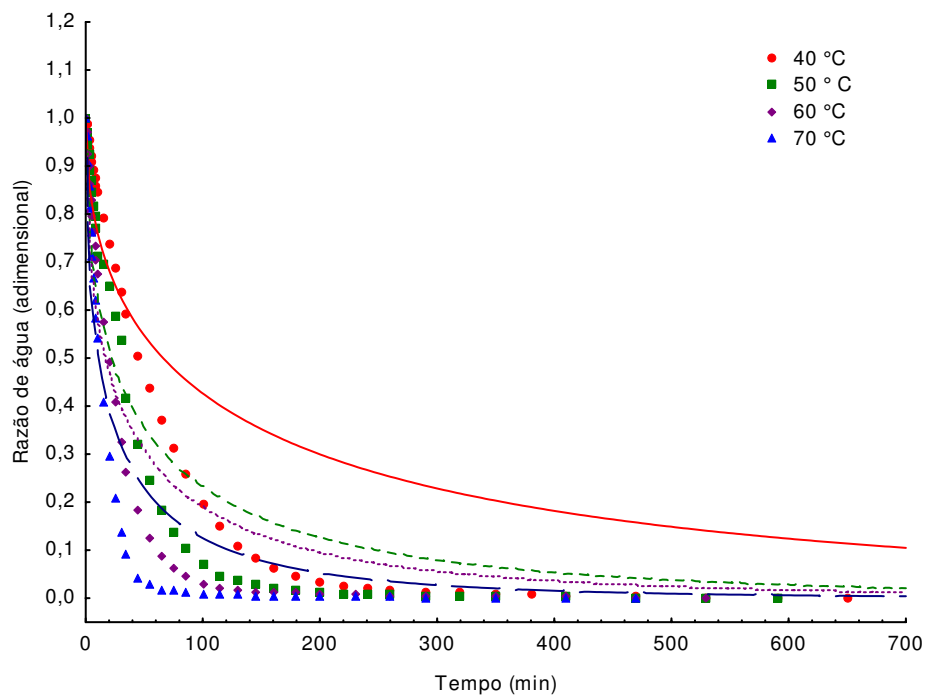


Figura A.4 – Modelo de Thompson ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SCF

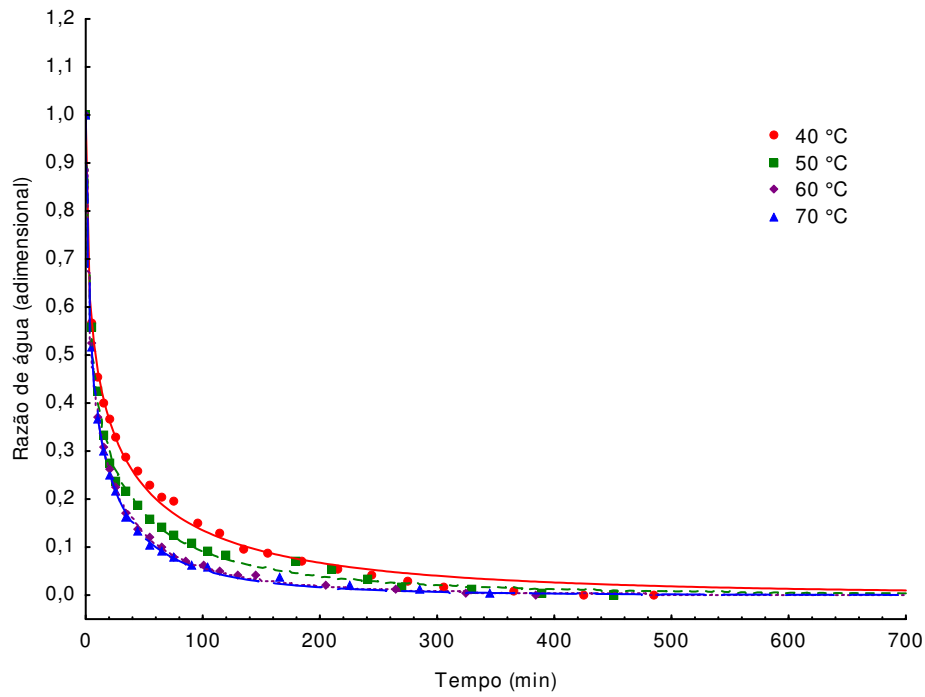


Figura A.5 – Modelo de Page ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF

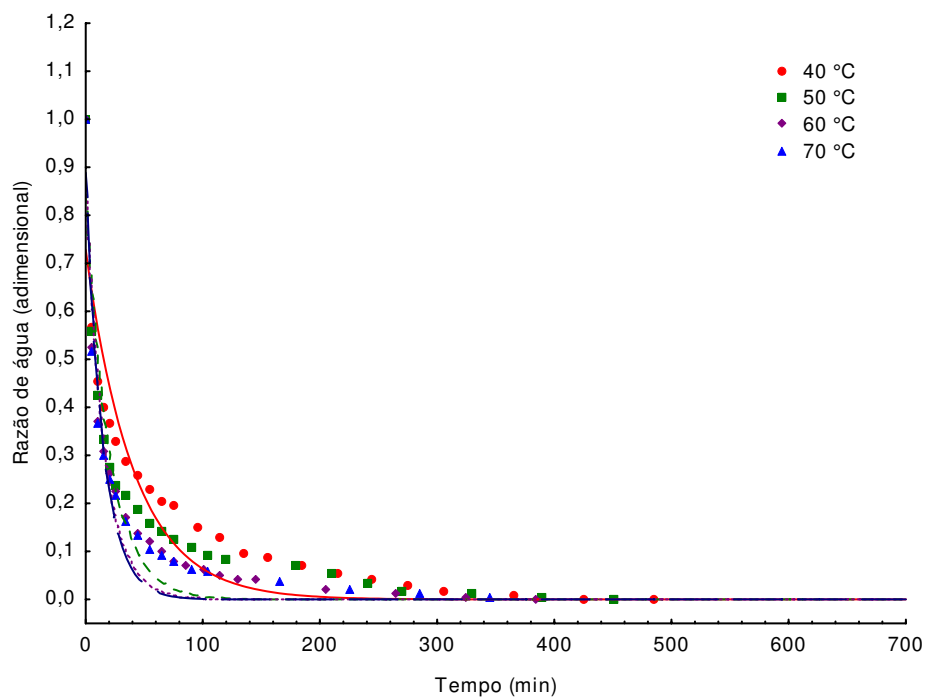


Figura A.6 – Modelo de Henderson e Pabis ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF

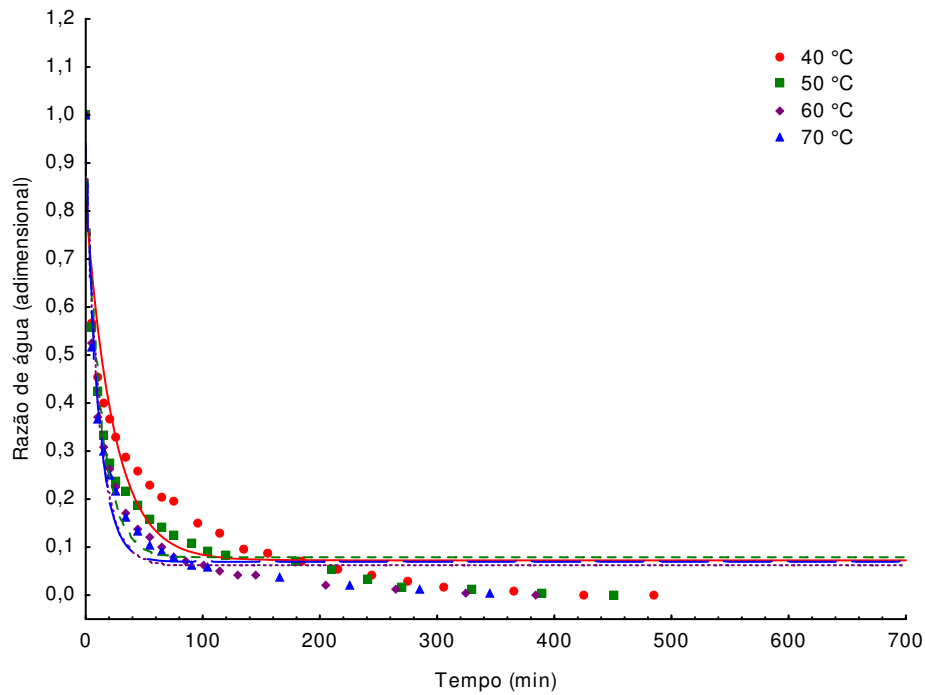


Figura A.7 – Modelo de Logarítmico ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF

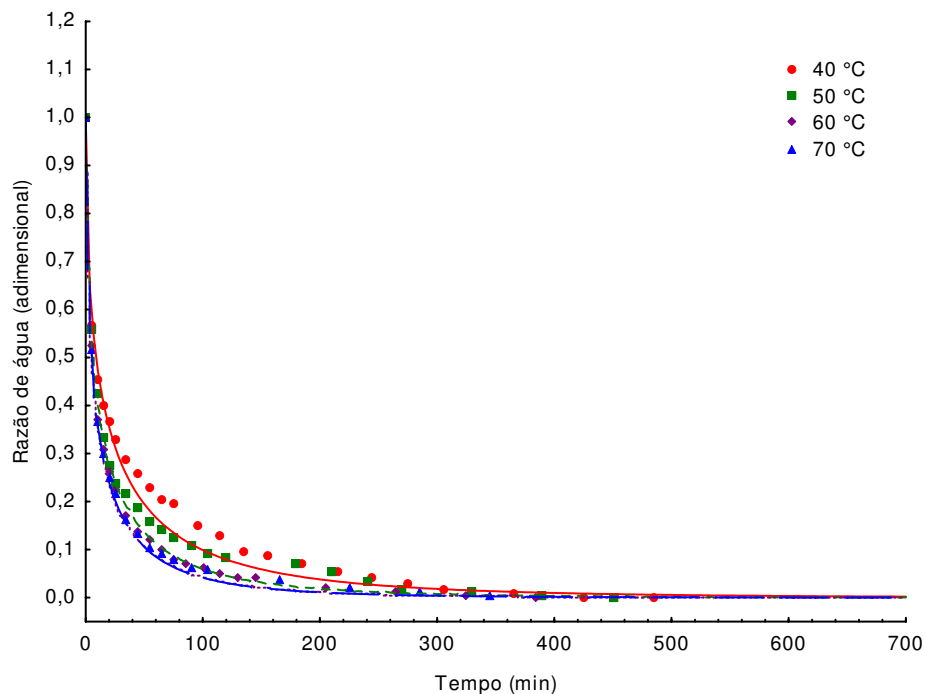


Figura A.8 – Modelo de Thompson ajustado à cinética de secagem em secador de leito fixo nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C da amostra de SSF

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,208	4,85	0,0676	0,01
0,514	8,43	-0,6517	0,08
0,621	11,87	0,2138	0,02
0,687	14,21	0,2542	0,02
0,716	15,45	0,2178	0,01
0,774	19,09	0,5084	0,03
0,801	20,67	-0,0449	0,00
0,821	22,32	-0,2806	0,01
0,834	23,67	-0,3530	0,01
0,847	25,97	0,3117	0,01
0,921	39,77	-1,1880	0,03
0,930	44,99	0,9815	0,02

a_w – atividade de água

Tabela B.2 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,185	5,17	-0,2012	0,04
0,556	11,24	0,2094	0,02
0,662	14,50	0,2450	0,02
0,699	16,24	0,3780	0,02
0,733	17,90	0,2746	0,02
0,784	21,20	0,0310	0,00
0,814	23,91	-0,0712	0,00
0,831	25,71	-0,2476	0,01
0,841	26,96	-0,2494	0,01
0,851	28,28	-0,4068	0,01
0,880	33,83	0,0861	0,00
0,930	49,06	0,1527	0,00

a_w – atividade de água

Tabela B.3 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,186	4,60	-0,7990	0,17
0,616	12,45	0,8508	0,07
0,680	14,56	0,8060	0,06
0,710	17,28	2,2007	0,13
0,739	17,97	1,3367	0,07
0,809	22,61	0,5749	0,03
0,838	24,89	-0,5123	0,02
0,856	27,03	-1,0120	0,04
0,865	28,31	-1,2959	0,05
0,879	30,14	-2,3491	0,08
0,910	42,45	1,1586	0,03
0,944	58,83	0,4025	0,01

a_w – atividade de água

Tabela B.4 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,208	4,85	0,6592	0,14
0,514	8,43	-1,2739	0,15
0,621	11,87	-0,0754	0,01
0,687	14,21	0,3167	0,02
0,716	15,45	0,4118	0,03
0,774	19,09	0,7824	0,04
0,801	20,67	0,1222	0,01
0,821	22,32	-0,2655	0,01
0,834	23,67	-0,4681	0,02
0,847	25,97	0,0441	0,00
0,921	39,77	-1,3743	0,03
0,930	44,99	1,2754	0,03

a_w – atividade de água

Tabela B.5 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,185	5,17	0,3766	0,07
0,556	11,24	-0,9186	0,08
0,662	14,50	-0,1713	0,01
0,699	16,24	0,3000	0,02
0,733	17,90	0,4750	0,03
0,784	21,20	0,4560	0,02
0,814	23,91	0,2811	0,01
0,831	25,71	-0,0281	0,00
0,841	26,96	-0,1330	0,00
0,851	28,28	-0,4210	0,01
0,880	33,83	-0,3392	0,01
0,930	49,06	0,2194	0,00

a_w – atividade de água

Tabela B.6 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,186	4,60	0,7046	0,15
0,616	12,45	-1,3763	0,11
0,680	14,56	-0,9168	0,06
0,710	17,28	0,9006	0,05
0,739	17,97	0,5490	0,03
0,809	22,61	1,1468	0,05
0,838	24,89	0,4121	0,02
0,856	27,03	-0,0437	0,00
0,865	28,31	-0,3755	0,01
0,879	30,14	-1,6191	0,05
0,910	42,45	1,0094	0,02
0,944	58,83	-0,1188	0,00

Tabela B.7 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de Oswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,208	4,85	1,1269	0,23
0,514	8,43	-0,5296	0,06
0,621	11,87	0,0477	0,00
0,687	14,21	-0,0095	0,00
0,716	15,45	-0,0552	0,00
0,774	19,09	0,3102	0,02
0,801	20,67	-0,1495	0,01
0,821	22,32	-0,2883	0,01
0,834	23,67	-0,2847	0,01
0,847	25,97	0,4670	0,02
0,921	39,77	-0,9747	0,02
0,930	44,99	0,8934	0,02

a_w – atividade de água

Tabela B.8 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo de Oswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,185	5,17	1,4242	0,28
0,556	11,24	0,2467	0,02
0,662	14,50	-0,0447	0,00
0,699	16,24	0,0272	0,00
0,733	17,90	-0,0911	0,01
0,784	21,20	-0,2528	0,01
0,814	23,91	-0,2267	0,01
0,831	25,71	-0,2962	0,01
0,841	26,96	-0,2277	0,01
0,851	28,28	-0,3023	0,01
0,880	33,83	0,4423	0,01
0,930	49,06	0,2554	0,01

Tabela B.9 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SCF usando-se o modelo deOswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,186	4,60	1,5293	0,33
0,616	12,45	0,8399	0,07
0,680	14,56	0,5128	0,04
0,710	17,28	1,7981	0,10
0,739	17,97	0,8532	0,05
0,809	22,61	0,0721	0,00
0,838	24,89	-0,9017	0,04
0,856	27,03	-1,2766	0,05
0,865	28,31	-1,4776	0,05
0,879	30,14	-2,3693	0,08
0,910	42,45	1,5959	0,04
0,944	58,83	0,8542	0,01

a_w – atividade de água

Tabela B.10 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,301	3,94	-0,7246	0,18
0,468	6,11	0,1130	0,02
0,575	7,72	0,5267	0,07
0,647	8,89	0,5956	0,07
0,693	9,74	0,5834	0,06
0,721	10,20	0,4290	0,04
0,748	10,81	0,3557	0,03
0,764	11,11	0,1963	0,02
0,776	11,46	0,2034	0,02
0,853	13,58	-0,6944	0,05
0,880	14,64	-1,1071	0,08
0,898	15,60	-1,3080	0,08
0,951	22,77	1,1936	0,05

Tabela B.11 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,189	2,26	-0,9862	0,44
0,470	6,18	0,6814	0,11
0,611	8,34	1,1483	0,14
0,692	9,91	1,2933	0,13
0,730	9,59	0,1035	0,01
0,766	10,55	0,1125	0,01
0,779	11,45	0,5991	0,05
0,792	11,35	0,0751	0,01
0,804	11,89	0,1725	0,01
0,862	13,15	-1,1539	0,09
0,887	14,59	-1,1960	0,08
0,916	16,68	-1,2112	0,07
0,975	25,70	1,0375	0,04

a_w – atividade de água

Tabela B.12 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de GAB

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,158	1,99	-0,7908	0,40
0,419	5,48	0,5159	0,09
0,651	8,58	0,7395	0,09
0,723	9,96	0,6537	0,07
0,773	10,77	0,1010	0,01
0,776	10,90	0,1437	0,01
0,778	12,42	0,8180	0,07
0,802	12,01	0,0724	0,01
0,811	11,64	0,5115	0,04
0,883	14,81	-0,5797	0,04
0,915	15,88	-1,7257	0,11

0,923	16,86	-1,4057	0,08
0,975	25,51	1,4137	0,06

a_w – atividade de água

Tabela B.13 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,301	3,94	0,2679	0,07
0,468	6,11	-0,0628	0,01
0,575	7,72	-0,1401	0,02
0,647	8,89	-0,1602	0,02
0,693	9,74	-0,0703	0,01
0,721	10,20	-0,0879	0,01
0,748	10,81	0,0365	0,00
0,764	11,11	0,0302	0,00
0,776	11,46	0,1583	0,01
0,853	13,58	0,2322	0,02
0,880	14,64	0,0327	0,00
0,898	15,60	-0,2013	0,01
0,951	22,77	0,0280	0,00

Tabela B.14 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,189	2,26	0,0090	0,00
0,470	6,18	-0,0249	0,00
0,611	8,34	0,0277	0,00
0,692	9,91	0,3412	0,03
0,730	9,59	-0,6058	0,06
0,766	10,55	-0,2631	0,02
0,779	11,45	0,3775	0,03
0,792	11,35	0,0153	0,00
0,804	11,89	0,2815	0,02

0,862	13,15	-0,2091	0,02
0,887	14,59	0,0151	0,00
0,916	16,68	0,0419	0,00
0,975	25,70	-0,0032	0,00

a_w – atividade de água

Tabela B.15 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Peleg

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,158	1,99	0,3030	0,15
0,419	5,48	0,1380	0,03
0,651	8,58	-0,4393	0,05
0,723	9,96	-0,2719	0,03
0,773	10,77	-0,3770	0,04
0,776	10,90	-0,2997	0,03
0,778	12,42	0,7028	0,06
0,802	12,01	0,0934	0,01
0,811	11,64	0,2113	0,02
0,883	14,81	0,5683	0,04
0,915	15,88	-0,3858	0,02
0,923	16,86	-0,1166	0,01
0,975	25,51	0,0574	0,00

a_w – atividade de água

Tabela B.16 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 20 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Oswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,301	3,94	-0,8247	0,21
0,468	6,11	-0,2667	0,04
0,575	7,72	0,1249	0,02
0,647	8,89	0,2773	0,03
0,693	9,74	0,3721	0,04
0,721	10,20	0,3052	0,03
0,748	10,81	0,3364	0,03
0,764	11,11	0,2502	0,02
0,776	11,46	0,3123	0,03
0,853	13,58	-0,1730	0,01
0,880	14,64	-0,4875	0,03
0,898	15,60	-0,6948	0,04
0,951	22,77	0,3181	0,01

Tabela B.17 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 30 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Oswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,189	2,26	-1,7668	0,78
0,470	6,18	-0,3808	0,06
0,611	8,34	0,2570	0,03
0,692	9,91	0,6946	0,07
0,730	9,59	-0,2808	0,03
0,766	10,55	-0,0195	0,00
0,779	11,45	0,5782	0,05
0,792	11,35	0,1700	0,01
0,804	11,89	0,3888	0,03
0,862	13,15	-0,2654	0,02
0,887	14,59	0,0065	0,00
0,916	16,68	0,2730	0,02
0,975	25,70	-0,3665	0,01

a_w – atividade de água

Tabela B.18 – Resíduo, erro percentual e valores estimados da umidade de equilíbrio a 40 °C da amostra de farinha de SSF usando-se o modelo de Oswin

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro relativo
0,158	1,99	-1,8253	0,92
0,419	5,48	-0,6860	0,13
0,651	8,58	-0,0899	0,01
0,723	9,96	0,1810	0,02
0,773	10,77	-0,0037	0,00
0,776	10,90	0,0644	0,01
0,778	12,42	0,9705	0,08
0,802	12,01	0,3181	0,03
0,811	11,64	0,5351	0,05
0,883	14,81	0,4856	0,03
0,915	15,88	-0,3833	0,02
0,923	16,86	-0,0470	0,00
0,975	25,51	-0,4303	0,02

a_w – atividade de água

APÊNDICE C

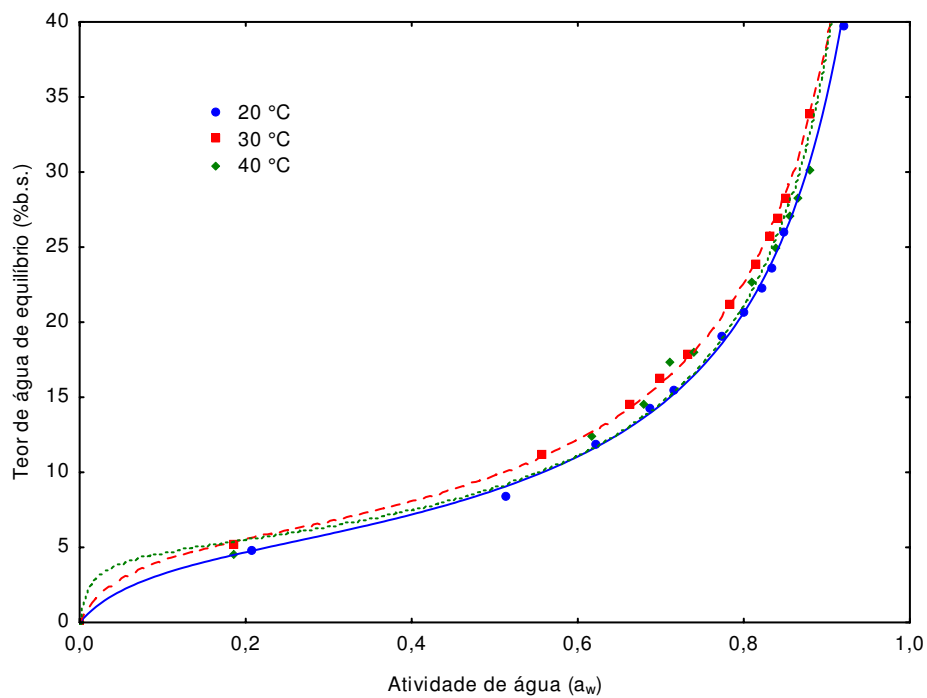


Figura C.1 – Isotermas de adsorção de água da SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB

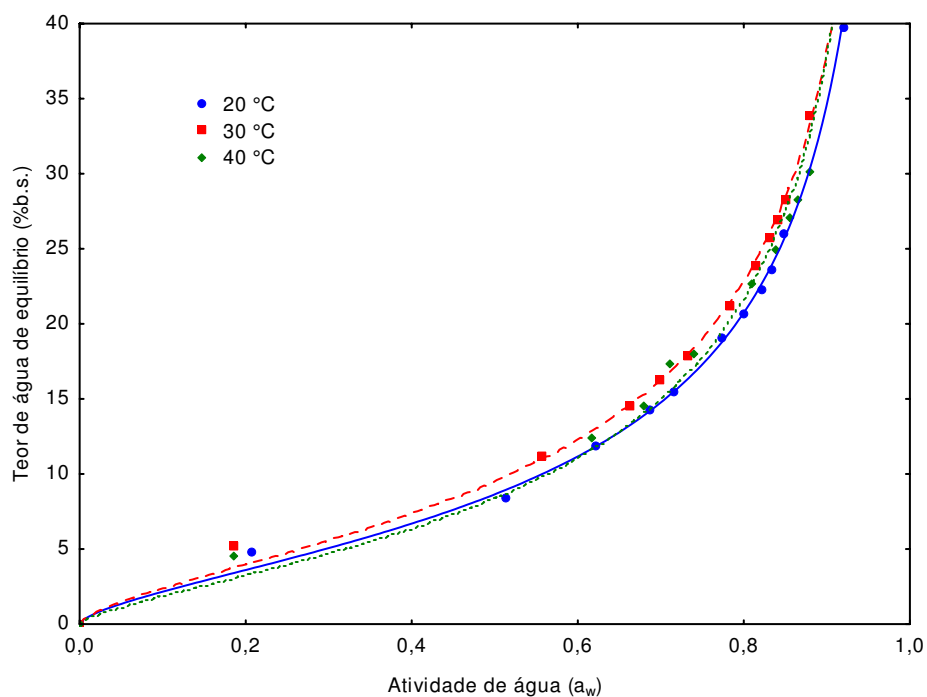


Figura C.2 – Isotermas de adsorção de água da SCF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Oswin

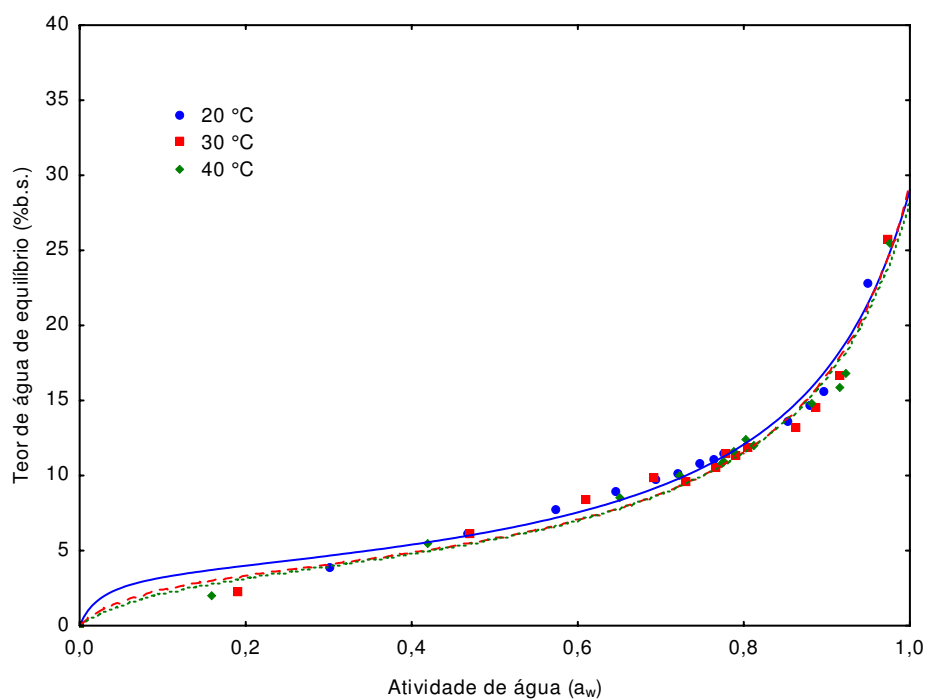


Figura C.3 – Isotermas de adsorção de água da SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB

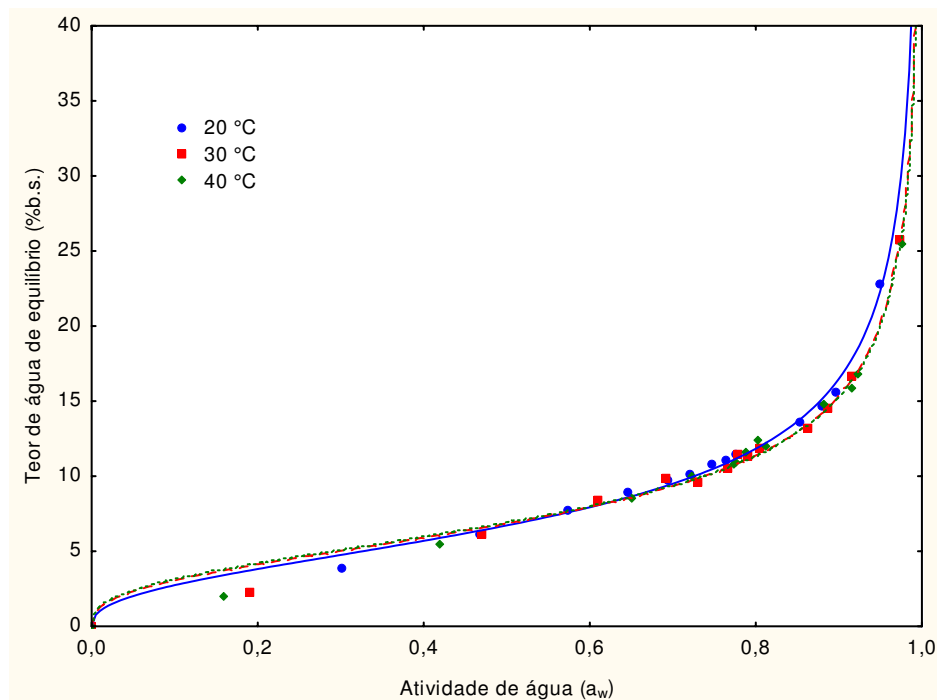


Figura C.4 – Isotermas de adsorção de água da SSF nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Oswin

APÊNDICE D

Tabela D.1 - Análise de variância do teor de água da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	228,43838	38,07306	1056,8732 **
Embalagem (F2)	1	13,82334	13,82334	383,7233 **
Interação (F1xF2)	6	4,91676	0,81946	22,7475 **
Tratamentos	13	247,17849	19,01373	527,8036 **
Resíduo	70	2,52170	0,03602	
Total	83	249,70019		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.2 - Análise de variância do teor de água da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	137,16628	22,86105	354,9442 **
Embalagem (F2)	1	21,68898	21,68898	336,7465 **
Interação (F1xF2)	6	17,01839	2,83640	44,0384 **
Tratamentos	13	175,87365	13,52874	210,0494 **
Resíduo	70	4,50852	0,06441	
Total	83	180,38217		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.3 - Análise de variância de atividade de água da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	0,51419	0,08570	128,8167 **
Embalagem (F2)	1	0,32252	0,32252	484,7990 **
Interação (F1xF2)	6	0,10324	0,01721	25,8650 **
Tratamentos	13	0,93996	0,07230	108,6838 **
Resíduo	70	0,04657	0,00067	
Total	83	0,98653		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.4 - Análise de variância de atividade de água da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	0,31960	0,05327	215,4107 **
Embalagem (F2)	1	0,32030	0,32030	1295,2642 **
Interação (F1xF2)	6	0,06933	0,01156	46,7284 **
Tratamentos	13	0,70923	0,05456	220,6230 **
Resíduo	70	0,01731	0,00025	
Total	83	0,72654		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.5 - Análise de variância de acidez da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	0,04948	0,00825	10,4744 **
Embalagem (F2)	1	0,00088	0,00088	1,1201 ns
Interação (F1xF2)	6	0,00514	0,00086	1,0889 ns
Tratamentos	13	0,05551	0,00427	5,4230 **
Resíduo	70	0,05512	0,00079	
Total	83	0,11062		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.6 - Análise de variância de acidez da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	0,46107	0,07685	35,7980 **
Embalagem (F2)	1	0,02385	0,02385	11,1106 **
Interação (F1xF2)	6	0,03955	0,00659	3,0707 *
Tratamentos	13	0,52447	0,04034	18,7940 **
Resíduo	70	0,15026	0,00215	
Total	83	0,67474		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médios desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.7 - Análise de variância de açúcar redutor da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	6,71848	1,11975	1800,9884 **
Embalagem (F2)	1	0,00735	0,00735	11,8196 **
Interação (F1xF2)	6	0,01174	0,00196	3,1467 **
Tratamentos	13	6,73757	0,51827	833,5870 **
Resíduo	70	0,04352	0,00062	
Total	83	6,78109		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.8 - Análise de variância de açúcar redutor da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	0,80037	0,13340	21,8699 **
Embalagem (F2)	1	0,06732	0,06732	11,0375 **
Interação (F1xF2)	6	0,11302	0,01884	3,0883 **
Tratamentos	13	0,98072	0,07544	12,3682 **
Resíduo	70	0,42697	0,00610	
Total	83	1,40769		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.9 - Análise de variância de amido da farinha de SSP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	9,85486	1,64248	686,3884 **
Embalagem (F2)	1	0,30067	0,30067	125,6502 **
Interação (F1xF2)	6	2,20997	0,36833	153,9235 **
Tratamentos	13	12,36550	0,95119	397,5017 **
Resíduo	70	0,16750	0,00239	
Total	83	12,53300		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.10 - Análise de variância de amido da farinha de SCP em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	6,56402	1,09400	253,7973 **
Embalagem (F2)	1	0,06439	0,06439	14,9368 **
Interação (F1xF2)	6	0,54486	0,09081	21,0670 **
Tratamentos	13	7,17327	0,55179	128,0094 **
Resíduo	70	0,30174	0,00431	
Total	83	7,47500		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.11 - Análise de variância de luminosidade da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	121.95103	20.32517	55.0786 **
Embalagem (F2)	1	23.63802	23.63802	64.0560 **
Interação (F1xF2)	6	54.66926	9.11154	24.6911 **
Tratamentos	13	200.25831	15.40449	41.7441 **
Resíduo	70	25.83150	0.36902	
Total	83	226.08981		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.12 - Análise de variância de luminosidade da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	169.43718	28.23953	215.5023 **
Embalagem (F2)	1	22.96389	22.96389	175.2427 **
Interação (F1xF2)	6	19.89988	3.31665	25.3101 **
Tratamentos	13	212.30095	16.33084	124.6244 **
Resíduo	70	9.17283	0.13104	
Total	83	221.47378		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.13 - Análise de variância de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	4.60221	0.76704	18.3599 **
Embalagem (F2)	1	1.49067	1.49067	35.6808 **
Interação (F1xF2)	6	2.46674	0.41112	9.8407 **
Tratamentos	13	8.55962	0.65843	15.7603 **
Resíduo	70	2.92445	0.04178	
Total	83	11.48407		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.14 - Análise de variância de intensidade de vermelho (+a*) da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	5.39820	0.89970	16.5806 **
Embalagem (F2)	1	1.15034	1.15034	21.1998 **
Interação (F1xF2)	6	0.95440	0.15907	2.9314 *
Tratamentos	13	7.50294	0.57715	10.6363 **
Resíduo	70	3.79835	0.05426	
Total	83	11.30129		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.15 - Análise de variância de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SSF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	11.78150	1.96358	11.1022 **
Embalagem (F2)	1	2.38360	2.38360	13.4770 **
Interação (F1xF2)	6	2.64162	0.44027	2.4893 *
Tratamentos	13	16.80672	1.29282	7.3097
Resíduo	70	12.38052	0.17686	
Total	83	29.18724		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

Tabela D.16 - Análise de variância de intensidade de amarelo (+b*) da farinha de SCF em função da embalagem e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (F1)	6	12.06703	2.01117	13.6054 **
Embalagem (F2)	1	0.30120	0.30120	2.0376 ns
Interação (F1xF2)	6	8.86721	1.47787	9.9976 **
Tratamentos	13	21.23544	1.63350	11.0504 **
Resíduo	70	10.34752	0.14782	
Total	83	31.58296		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade;

S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F.