



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



COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

TESE DE DOUTORADO

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE
RAÇÕES PARA PEIXES ONÍVOROS**

FRANCISCO DE ASSIS MENDES

Campina Grande - PB

2018

FRANCISCO DE ASSIS MENDES

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE
RAÇÕES PARA PEIXES ONÍVOROS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: Prof. Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata

Prof.^a Dra. Maria Elita Martins Duarte

Área de concentração: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Campina Grande - PB

2018

M538a

Mendes, Francisco de Assis.

Aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de rações para peixes onívoros / Francisco de Assis Mendes. – Campina Grande, 2018.

123 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata, Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte.

Referências.

1. Ananas sp. 2. Malpighia sp. 3. Passiflora sp. 4. Aproveitamento de Resíduos. 5. Cinética de Secagem. 6. Ração para Peixes. I. Mata, Mário Eduardo R. M. Cavalcanti. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.

CDU 634.774(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

FRANCISCO DE ASSIS MENDES

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE
RAÇÕES PARA PEIXES ONÍVOROS**

APROVADO(A): 31 de agosto de 2018

BANCA EXAMINADORA

Dr. Mário Eduardo Moreira Cavalcanti Mata
Orientador - UAEAl/CTR/UFPG

Dra. Maria Elita Martins Duarte
Orientadora - UAEAl/CTR/UFPG

Dr. Marcos José de Almeida Gama
Examinador - UAEAQ/CCT/UFPG

Dr. Matheus Augusto Bittencourt Pasquali
Examinador - UAEAl/CTR/UFPG

Dra. Renata Duarte Almeida
Examinadora - UAEAl/CTR/UFPG

Dr. Renato Fonseca Aragão
Examinador - UAEAl/CTR/UFPG

DEDICATÓRIA

Às minhas filhas: Kelly Christina Mota Mendes, Ritha de Kassia Mota Mendes, Amarílis Pereira da Silva Mendes e a minha irmã Cleide Mendes da Silva.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**, por me aceitar no âmbito da Universidade Federal de Campina Grande, oportunizando a realização e conclusão da jornada mais importante da minha vida.

À professora **Dra. Maria Elita Martins Duarte**, por toda ajuda e ensinamentos, permitindo minha permanência nesta Instituição, contribuindo para a conclusão desta jornada tão importante na minha vida.

Ao **prof. Dr. Adalberto Luís Val**, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), a quem eu devo imenso agradecimento, por ter me preparado para a vida profissional acadêmica, na qual consegui ingressar, graças aos seus preciosos ensinamentos, durante os anos que passei sob a sua orientação, desde 1995, quando me aceitou na Iniciação Científica até o término do Mestrado em 2000, fatos que contribuíram para o sucesso da minha carreira no Serviço Público Federal.

“Nossas virtudes e nossos defeitos são inseparáveis, como a força e a matéria. Quando se separam, o homem deixa de existir”.

Nikola Tesla

AGRADECIMENTOS

Agradeço em **especial** ao meu orientador, **Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**, pela confiança, concedendo-me a oportunidade de estudar nesta conceituada Universidade, como aluno de Doutorado, pelos seus ensinamentos, orientação, disponibilidade de tempo e apoio constante, que foram fundamentais para a realização e conclusão deste trabalho.

À professora **Dra. Maria Elita Martins Duarte**, pela orientação, paciência, amizade e boa vontade, que muito contribuiu para a realização, conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, *Campus* de Barreiros-PE, pela licença concedida e apoio disponibilizado pela direção e coordenações. Aos membros do IFPE, Diretor Caetano Cláudio Pereira Júnior. Aos Técnicos: Marcos Juliano Gouveia e Hudson Paulo da Silva, pela incansável ajuda com análises laboratoriais, aos Professores Rodrigo Lucena e José Marcílio, pela amizade, apoio e ajuda em minhas aulas, flexibilizando horários quando necessário, para que eu pudesse realizar este trabalho.

A todos os amigos do curso de pós-graduação com especial destaque, Patrício Gomes, Jordânio Inácio, MSc. Jorge Jacó Alves Martins, Josenara Souza, Yvana Maria, Emanuel Moreira, MSc. Caetano Claudio, MSc. Adalberto de Souza Arruda e Rigoberto Matos.

A todos os membros do Grupo do Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) com destaque especial: Dr.^a Renata Duarte, Prof.^a Ana Paula Trindade, Prof. MSc. Manoel Tolentino, Eng.^a Amanda Priscila Silva Nascimento, Eng.^a Anastácia Maria Mikaella Campos Nóbrega.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABELAS.....	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 GERAL	9
2.2 ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 IMPORTÂNCIA DA AQUICULTURA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS	11
3.2 IMPORTÂNCIA DA RAÇÃO PARA A AQUICULTURA.....	12
3.3 ABACAXI	15
3.4 ACEROLA.....	16
3.5 MARACUJÁ.....	18
3.6 RESÍDUOS E O MEIO AMBIENTE.....	20
3.7 IMPORTÂNCIA DOS RESÍDUOS ALIMENTÍCIOS	21
3.8 IMPORTÂNCIA DOS RESÍDUOS PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	22
3.9 APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS PARA A ALIMENTAÇÃO ANIMAL ...	25
3.10 SECAGEM	27
4. METODOLOGIA	30
4.1 LOCAL DE TRABALHO E TIPOS DE EXPERIMENTOS	30
4.2 ETAPA I: CINÉTICA DE SECAGEM	30
4.2.1 Coleta das matérias-primas	30
4.2.2 Higienização das matérias-primas.....	31
4.2.3 Estudo da cinética de secagem	31
4.2.4 Determinação do teor de água inicial.....	32
4.2.5 Procedimento da cinética de secagem	32
4.2.6 Energia de ativação	34
4.2.7 Análise estatística e aplicação dos modelos matemáticos.....	34
4.3 ETAPA II: CONFECÇÃO DAS FARINHAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS..	35
4.3.1 Secagem dos resíduos para as rações	35
4.3.2 Extração do óleo da semente do maracujá	36
4.3.3 Análises de composição das farinhas	37
4.3.3.1 Análise físico química.....	37
4.3.3.2 Determinação do teor de água.....	37
4.3.3.3 Determinação da proteína bruta	37
4.3.3.4 Determinação de lipídeos.....	38
4.3.3.5 Determinação da fibra bruta.....	39
4.3.3.6 Determinação de cinza	40
4.3.3.7 Determinação de carboidratos e energia	41
4.4 ETAPA III: FABRICAÇÃO DAS RAÇÕES E ARMAZENAGEM ACELERADA	41

4.4.1	Fabricação de quatro rações básicas para onívoros e determinação de suas análises físico-químicas	41
4.5	ARMAZENAMENTO: VIDA DE PRATELEIRA	42
4.5.1	Delineamento experimental e análise estatística	42
4.5.2	Condições de armazenamento	43
4.5.3	Análises experimentais e vida de prateleira	44
4.5.4	Análises físico-químicas	44
4.5.5	Tipos de análises físico-químicas.....	44
4.5.6	Análises microbiológicas	44
4.5.7	Bolores e leveduras	45
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	CINÉTICA DE SECAGEM E APLICAÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS	46
5.1.1	Secagem dos resíduos do abacaxi	47
5.1.2	Secagem da semente de acerola	56
5.1.3	Secagem das sementes do maracujá.....	65
5.2	PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	76
5.2.1	Rendimento	76
5.3	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS DOS RESÍDUOS	77
5.3.1	Análise físico-química da farinha do resíduo de abacaxi.....	77
5.3.2	Análise físico-química da farinha de sementes da acerola.....	82
5.3.3	Análise físico-química da farinha de sementes do maracujá	87
5.4	FORMULAÇÃO DAS RAÇÕES E ARMAZENAMENTO	91
5.4.1	Formulação das rações	91
5.4.2	Análises físico-químicas durante o armazenamento	93
5.4.3	Microbiologia	97
6.	CONCLUSÕES.....	101
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 O tratamento de higienização dos resíduos: higienização na solução de cloro (A), aquecimento (B), (C) resfriamento e drenagem do excesso da água.	31
Figura 4.2 Bandejas com os resíduos de acerola (A), abacaxi (B) e caroços do maracujá (C), prontos para o processo de secagem na estufa com circulação de ar.	35
Figura 4.3 Extração do óleo da semente do maracujá. Prensa (A); acessórios (B); Acessórios montados (C); Manômetro (D); acessórios prensando a massa de sementes (E); coletor com o óleo extraído (F).	36
Figura 4.4 Moedor adaptado (A), detalhe da adaptação para a peletização (B), farinhas dos resíduos para a mistura (C), mistura umedecida (D), peletização da ração (E), ração peletizada (F).	42
Figura 4.5 Embalagens de rações na BOD durante o armazenamento.	43
Figura 5.1 Modelos: (A) Page; (B) Henderson & Pabis; (C) Cavalcanti Mata; (D) Midilli; (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem do resíduo de abacaxi.....	50
Figura 5.2 Valores médios do coeficiente de difusão ($m^2 s^{-1}$) obtidos para a secagem do resíduo de abacaxi nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.....	56
Figura 5.3 Modelos: (A) Page; (B) Henderson & Pabis; (C) Cavalcanti Mata, (D) Midli e (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de acerola.	60
Figura 5.4 Valores médios do coeficiente de difusão ($m^2 s^{-1}$) obtidos para a secagem das sementes de acerola nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.	64
Figura 5.5 Modelos: (A) Page, (B) Henderson & Pabis, (C) Cavalcanti Mata, (D) Midilli e (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de maracujá...	68
Figura 5.6 Valores médios do coeficiente de difusão ($m^2 s^{-1}$) obtidos para a secagem das sementes de maracujá nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Modelos para predizer o fenômeno de secagem de produtos agrícolas.....	34
Tabela 5.1. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min.) dos resíduos do abacaxi desidratados nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C).	47
Tabela 5.2. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem do resíduo do abacaxi nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM).....	53
Tabela 5.3. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min.) para as sementes de acerola desidratadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C).....	57
Tabela 5.4. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem de sementes da acerola nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM).....	61
Tabela 5.5. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min.) para as sementes de maracujá desidratadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C).....	65
Tabela 5.6. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem da semente do maracujá nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e desvios quadráticos médios (DQM).....	70
Tabela 5.7. Rendimento dos resíduos agroindustriais resultantes da higienização e secagem para a sua transformação em farinhas.	77
Tabela 5.8. Composição das quatro farinhas do resíduo do abacaxi, após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C analisadas a partir do material seco.....	78
Tabela 5.9. Composição da farinha da semente da acerola analisada a partir do material seco, após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C.....	83
Tabela 5.10. Composição físico-química das farinhas de semente do maracujá após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, analisado a partir do material seco.	87
Tabela 5.11. Formulação percentual dos ingredientes das quatro rações, balanceadas pelo Quadrado de Pearson, com 36% de proteína bruta e 3000 kcal kg ⁻¹	92

Tabela 5.12. Análises físico-químicas da ração R1, processada na temperatura 40 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias.....	94
Tabela 5.13 Análises físico-químicas da ração R2, processada na temperatura 50 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias.....	94
Tabela 5.14 Análises físico-químicas da ração R3, processada na temperatura 60 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias.....	95
Tabela 5.15 Análises físico-químicas da ração R4, processada na temperatura 70 °C, armazenada à 45 °C durante 60 dias.....	95
Tabela 5.16 Contagem de bolores (UFC g ⁻¹) nas amostras das rações (R1, R2, R3 e R4) processadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e armazenadas na BOD à 45 °C durante 60 dias.....	98
Tabela 5.17 Contagem de Leveduras (UFC g ⁻¹) nas amostras das rações (R1, R2, R3 e R4) processadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e armazenadas na B.O.D à 45°C durante 60 dias.....	98

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo estudar a cinética de secagem de três tipos de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá), decorrentes da produção de polpas de frutas, para serem aproveitados como ingredientes alternativos em rações para peixes. Para tanto, foi necessário atender os seguintes objetivos específicos: a) Estudar a cinética de secagem dos resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá) nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C e fluxo do ar de secagem de 1,5 m s⁻¹, e verificar quais dos modelos matemáticos (Fick, Page, Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis e Midilli) expressam melhor os dados experimentais; b) Confeccionar farinhas dos resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e maracujá e determinar as análises físico-químicas (teor de água, proteína bruta, lipídeos, cinzas, fibra bruta, carboidratos e energia) desses produtos; c) Estudar a vida de prateleira em envelhecimento acelerado (temperatura de 45 °C), de quatro rações básicas isoproteicas e isocalóricas processadas nas diferentes temperaturas de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), com níveis proteicos e energéticos para peixes onívoros, utilizando as farinhas dos resíduos agroindustriais, complementadas com farelo de soja e farinha de trigo, determinando suas análises físico-químicas e microbiológicas por um período de armazenamento de 60 dias. Neste trabalho, conclui-se que a cinética de secagem dos resíduos de abacaxi, acerola e maracujá pode ser melhor representada pelo modelo proposto por Cavalcanti Mata com $R^2 \geq 0,99$ e DQM entre $1,2 \times 10^{-4}$ a $5,1 \times 10^{-7}$ e constata-se que a difusividade efetiva (D_{ef}) varia com a temperatura e pode ser expressa pela equação de Arrhenius de onde se extrai a energia de ativação (E_a), obtendo-se para os subprodutos do abacaxi um valor de 24,21 kJ mol⁻¹, para sementes de acerola de 21,58 kJ mol⁻¹ e para o resíduo de maracujá de 21,967 kJ mol⁻¹. A composição nutricional dos resíduos encontra-se de acordo com a literatura e a legislação brasileira. As quatro rações básicas para peixes, fabricadas e armazenadas por envelhecimento acelerado a 45 °C por 60 dias e avaliados físico-quimicamente e microbiologicamente praticamente não se alteraram.

Palavras-chave: *Ananas sp.*; *Malpighia sp.*; *Passiflora sp.*; aproveitamento de resíduos; cinética de secagem; ração para peixes.

ABSTRACT

This research aimed to study the drying kinetics of three types of agroindustrial residues (pineapple, acerola and passion fruit), from the production of fruit pulps, to be used as alternative ingredients in fish feed. In order to do so, it was necessary to meet the following specific objectives: a) To study the drying kinetics of agroindustrial residues (pineapple, acerola and passion fruit) at temperatures 40, 50, 60 and 70 °C and drying air flow at 1.5 m s⁻¹, and to verify which of the mathematical models (Fick, Page, Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis and Midilli), express better the experimental data; b) To prepare flours of the agroindustrial residues of pineapple, acerola and passion fruit and to determine the physical chemical analyzes (water content, crude protein, lipids, ashes, crude fiber, carbohydrates and energy) of these products; c) Study the shelf life in accelerated aging (temperature of 45 °C), of four basic isoproteic and isocaloric rations processed at different drying temperatures (40, 50, 60 and 70 °C), with protein and energetic levels for omnivorous fish, (pineapple, acerola and passion fruit), supplemented with soybean meal and wheat flour, determining their physico-chemical and microbiological analyzes for a storage period of 60 days. In this work it is concluded that the drying kinetics of pineapple, acerola and passion fruit residues can be better represented by the model proposed by Cavalcanti Mata with $R^2 \geq 0.99$ and DQM between 1.2×10^{-4} to 5.1×10^{-7} and it is verified that the effective diffusivity varies with temperature and can be expressed by the Arrhenius equation from which the activation energy is extracted, obtaining for the pineapple by-products a value of 24.21 kJ mol⁻¹, for acerola seeds of 21.58 kJ mol⁻¹ and for the passion fruit residue of 21.967 kJ mol⁻¹. The nutritional composition of the residues is in agreement with the literature and the Brazilian legislation. The four basic rations for fish manufactured and stored by accelerated aging at 45 °C for 60 days and physico-chemically and microbiologically evaluated practically did not change.

Keywords: *Ananas sp.*; *Malpighia sp.*; *Passiflora sp.*; use of waste; kinetics of drying; ration for fish.

1. INTRODUÇÃO

O faturamento da fruticultura brasileira foi de aproximadamente R\$ 33,3 bilhões de reais em 2016, sendo 26,0% superior do que no ano anterior (IBGE, 2016).

As frutas de uma maneira geral são consumidas *in natura* ou processadas. As frutas *in natura* têm de maneira geral um consumo rápido, pois sua vida de prateleira é curta e, quando não consumidas, são descartadas, causando um desperdício que, no Brasil, está na ordem de 40% o que é elevado e denota a falta de logística empregada no setor.

Algumas frutas, contudo são produzidas para serem processadas na forma de suco, polpas, concentrados, doces, geleias, entre outros, aumentando o tempo de prateleiras desses produtos, evitando assim, os desperdícios do setor. Entretanto, esta atividade gera inevitavelmente resíduos orgânicos na ordem de 30 a 40% da matéria-prima processada. Uma parte destes subprodutos é descartada de maneira irregular, contrariando a legislação ambiental brasileira (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015).

Algumas agroindústrias de processamento de frutas da região nordeste como as de maracujá, abacaxi e acerola ao produzirem um volume significativo de resíduos não atentam que eles podem ser aproveitados para diferentes fins, uma vez que esses contêm valor nutricional significativo que podem ser utilizados para geração de novos produtos. Dentre estes, podem citar o seu uso para composição de ração e ser aplicado em sua conversão em proteína animal. Assim, o conhecimento das características nutricionais e organolépticas dos resíduos das frutas resulta em uma demanda crescente com a finalidade de propiciar a geração de novos produtos derivados das agroindústrias.

Estes produtos contêm nutrientes, tais como, proteínas, ácidos graxos, vitaminas e fósforo, os quais após o descarte sofrem decomposição, resultando em problemas como, por exemplo, a eutrofização do meio ambiente (GIORDANI JUNIOR et al., 2014; SANTOS et al., 2014a).

Nos últimos anos, esses fatos têm motivado pesquisas por alguns autores empenhados em encontrar viabilidade para o aproveitamento destes alimentos, objetivando melhorar a alimentação humana ou animal (SILVA et al., 2017b).

Para o aproveitamento desses produtos é necessário utilizar formas de processamento, que permitam conservar a sua qualidade com segurança durante o armazenamento. Uma das

formas que atendem esta necessidade é a secagem, por ser um método de conservação de alimentos conhecido desde a antiguidade pelas sociedades primitivas, que praticavam a secagem da carne para seu consumo, utilizando a radiação solar. Com esta prática, o homem descobriu que os alimentos secos podem ser armazenados por longos períodos, porque os microrganismos e as enzimas que degradam e alteram a sua composição química, não podem atuar na ausência da água, como por exemplo, os fungos e leveduras (ARAÚJO, 2013; CARLOS & DELEZUCK, 2015).

O cultivo de peixes e camarões no meio rural praticado em pequenas propriedades favorece a inclusão social e a segurança alimentar (SANTOS et al., 2014b). Para estes pequenos produtores, o preço das rações comerciais é um fator limitante para a sua produção, portanto, a opção de usar alimentos alternativos na formulação de rações pode viabilizar o custo da atividade e ainda aumentar sua renda (SANTOS-FILHO et al., 2016).

Diante do exposto, os resíduos agroindustriais, quando devidamente processados e analisado quimicamente poderão ser aproveitados como alimentação alternativa humana e animal, favorecendo a redução do impacto ambiental causado pelo seu descarte.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Estudar a cinética de secagem de três tipos de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá), resultantes da produção de polpas de frutas, para serem aproveitados como ingredientes alternativos em rações para peixes.

2.2 ESPECÍFICOS

- Estudar a cinética de secagem dos resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá) nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C e fluxo do ar de secagem de 1,5 m s⁻¹, por meio dos modelos matemáticos de: Fick, Page, Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis e Midilli, determinando os parâmetros de secagem através de regressão não linear, utilizando métodos estatísticos.

- Confecção das farinhas dos resíduos agroindustriais de abacaxi acerola e maracujá e determinação de suas análises físico químicas (teor de água, proteína bruta, lipídeos, cinzas, fibra bruta, carboidratos e energia),
- Estudar a vida de prateleira em envelhecimento acelerado (temperatura de 45 °C), da fabricação de quatro rações básicas isoproteicas e isocalóricas processadas nas diferentes temperaturas de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), com níveis proteicos e energéticos para peixes onívoros, utilizando as farinhas dos resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá), complementadas com farelo de soja e farinha de trigo, determinando suas análises físico-químicas e microbiológicas por um período de armazenamento de 60 dias.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 IMPORTÂNCIA DA AQUICULTURA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Na última década, o Brasil avança com a economia da décima para a sétima posição no ranking mundial, enquanto a sua população ocupa a quinta posição com mais de 200 milhões de habitantes (VIEIRA FILHO & FISHLOW, 2017).

A estimativa populacional até o ano 2050 será 9,7 bilhões de pessoas, cuja alimentação demanda o aumento de 470 milhões de toneladas na produção de carnes, neste contexto, o Brasil, que é um dos principais produtores mundiais, precisa desenvolver tecnologias para superar o déficit alimentar, que inclui entre outros produtos de origem animal a produção de pescados (FAO, 2016).

A partir dos anos 1990, a agricultura brasileira expandiu seu crescimento agrícola e avanço tecnológico que interage com a cadeia produtiva e beneficia a população rural através de aumento de renda e redução dos preços dos alimentos (VIEIRA FILHO & FISHLOW, 2017). Neste desenvolvimento técnico, destaca-se a produção de pescados, que se divide entre a pesca, que extrai do recurso natural e a aquicultura desenvolvida pelo homem, cultivando animais aquáticos em diferentes modalidades de criação, tais como, peixes, moluscos, camarões, tartaruga e jacarés (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

Conforme dados oficiais do Ministério da Pesca e Aquicultura, a produção brasileira de pescado em 2013 atingiu o montante de 1.241.807 toneladas (t), sendo que 61,6% correspondendo a 765.287 t foram de origem da pesca e 38,4% o equivalente a 476.512 t foram produzidas pela aquicultura, distribuídas por região na seguinte ordem: Nordeste 140.748 t, Sul 107.448 t, Sudeste 50.297 t, Centro-Oeste 105.010 t, Norte 73.009 t, observa-se que a região nordeste se destaca com o primeiro lugar no ranking nacional (MPA, 2015).

Segundo FAO (2016), a pesca e aquicultura continuam sendo as principais fontes de alimento de origem animal para o mundo, que teve o consumo per capita de 20 kg de pescado em 2014, a estimativa é que a produção aquícola continuará com crescimento de 39% para atingir o montante de 102 milhões de toneladas até 2025. Neste contexto, FAO Brasil (2016) afirma em seu relatório que o País terá o maior crescimento registrado na América do Sul para a próxima década, com o aumento de 104% na produção pesqueira, seguido pelo México com 54,2% e Argentina com 53,9%.

Registros do Ministério da Pesca constataam que o consumo de pescado, no Brasil, também está aumentando, porque, enquanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que o consumo per capita deve ser de 12 kg/habitante, a população brasileira em 2013 consumiu 14,5 kg/habitante/ano (ACEB/MPA, 2014).

3.2 IMPORTÂNCIA DA RAÇÃO PARA A AQUICULTURA

A aquicultura é uma atividade que em todas as modalidades de cultivos depende e faz uso intensivo da água, competindo com a população pelo uso da mesma, o que faz com que existam cobranças voltadas para manutenção da sua qualidade, embora diferente das atividades industriais, todas as formas de cultivos aquícolas exigem controle rigoroso pela manutenção da qualidade de água, devido as características zootécnicas dos animais (TIAGO & GIANESELLA, 2003).

Dentro do exposto, o Brasil é um país com enorme potencial para a aquicultura, possuindo 12% da água doce do planeta e uma costa marítima com aproximadamente 8,5 mil km de extensão, clima diversificado e geografia favoráveis, rica biodiversidade tanto no mar quanto nos rios e lagoas e uma produção significativa de grãos para fabricar ração (ROCHA et al., 2013; ACEB/MAP, 2014).

A pesar de todas as condições boas para cultivos aquáticos no Brasil, a aquicultura ainda enfrenta entre outros entraves o custo alto com a alimentação dos animais, devido transporte e valor dos fretes, porque, em muitas cidades brasileiras, não existem fábricas de rações, e os ingredientes que constituem a base deste tipo de alimento nem sempre estão disponíveis na região onde estas são utilizadas, como por exemplo, farelos de soja, milho, trigo, quirela de arroz e outros (PEDROZA FILHO, 2014; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

O cultivo de tilápias, no Brasil, em sistema intensivo, quando a formulação das rações contém 70% dos componentes formados por milho e soja, a despesa com alimentação pode aumentar o custo de produção entre 50 a 75% (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017). Para Kubitzka (2009), ônus com rações em geral depende da espécie cultivada e do sistema de cultivo, podendo oscilar entre 40 a 80%, de forma que, a importância deste insumo precisa ser muito bem avaliada, porque implica em vários fatores durante o processo produtivo, tais como, crescimento, conversão alimentar, eficiência reprodutiva, saúde dos animais, tolerância ao manuseio, rendimento, qualidade e conservação da carne, desta forma, a qualidade dos alimentos fornecidos aos animais pode minimizar os custos e aumentar os lucros da atividade.

Segundo Pedroza Filho (2014), entre os insumos usados na fabricação de rações, o milho e a soja são itens de maior peso no custo de produção da piscicultura, que gira em torno de 70% para o cultivo das espécies de peixes redondos trabalhadas no estado de Tocantins, onde mesmo tendo produção de milho e soja, não possui fábricas de ração, que são compradas de fornecedores dos estados de São Paulo e Goiás, cujos fretes acrescentam mais 10% no custo de produção da piscicultura da região.

O pirarucu da Amazônia (*Arapaima gigas*) por ser uma espécie que exige dietas formuladas com 40 a 55% de proteína oriunda da farinha de peixe, que é um dos componentes mais caros entre os insumos utilizados na fabricação de rações, a despesa de produção pode atingir em média 70% (SILVA, 2015).

Schulter & Vieira Filho (2017), relataram que o recurso financeiro utilizado nas atividades aquícolas é muito variado, porque depende de fatores, tais como, espécie cultivada, tipo de cultivo praticado e da região onde o mesmo é realizado, apesar de existirem no mercado rações específicas para algumas espécies, destaca-se a necessidade de conseguir insumos a preços menores como estratégia para reduzir o custo total da produção.

Dentro do exposto, pode-se perceber que o mercado de rações é um ramo promissor, porque conforme relatado pelo sindicato de rações em 2016, a produção brasileira deste tipo de insumo para a aquicultura foi de 925 mil toneladas (SINDIRAÇÕES, 2017).

No entanto, para pequenos produtores, o preço das rações comerciais é alto, sendo um fator limitante para sua atividade, dessa forma, uma opção que parece viável é usar alimentos alternativos para formular a alimentação de peixes, com isso, poderia minimizar os seus custos de produção, reduzir o preço do pescado e aumentar os lucros (LAZZARI et al., 2015).

Esse recurso tem sido usado para reduzir o preço das rações usadas pelos pequenos piscicultores do estado de Tocantins, os quais têm utilizado resíduos agroindustriais como alimentos alternativos, porém, devido a falta do balanceamento adequado dos nutrientes para atender as necessidades nutricionais dos animais, tem resultado em baixa produtividade dos cultivos naquela região (PEDROZA FILHO, 2014).

Isso ocorre porque a obtenção de lucros na produção comercial de peixes exige um conjunto complexo no manejo da alimentação, incluindo a composição de dietas corretamente balanceadas para cada fase do cultivo, de forma que consiga atender as exigências nutricionais específicas da espécie que está sendo produzida (SANTOS et al., 2013a).

A solução deste problema pode ser atendida através de orientação técnica, onde as dietas formuladas com co-produtos são balanceadas para atender os níveis nutricionais dos animais cultivados, a exemplo do que foi feito na alimentação de tambaqui com uma ração balanceada com 23% de proteína, na qual a inclusão de 50% de farinha de manga serviu como fonte de carboidrato, apresentando bom perfil metabólico de aproveitamento (BEZERRA et al., 2014).

O cultivo de camarões e peixes tem sido muito praticado na região Nordeste, que foi incrementado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) a partir dos anos 1970 com a introdução da tilápia do Nilo, que desde então, tem sido cultivada por pequenos produtores pertencentes às populações que vivem em assentamentos, favorecendo a inclusão social e a segurança alimentar (MPA, 2015; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

Entretanto, esses produtores enfrentam as limitações causadas pelo alto preço das rações comerciais, assim como a dificuldade de conseguir ingredientes mais baratos para fabricar suas próprias rações, então, a opção que poderia minimizar esta situação seria usar alimentos alternativos para a formulação de alimento para os animais, o que reduziria o custo de produção, e o preço do pescado, aumentando os lucros (PEDROZA FILHO, 2014).

Segundo Silva et al. (2017b), uma das soluções para este problema pode ser agregar valor aos resíduos agroindustriais resultantes da produção de polpas para sucos, que em regiões onde exista sua disponibilidade poderão ser utilizados para produzir rações com preços bem menores, beneficiando atividades zootécnicas como a piscicultura, carcinicultura e outras, promovendo o reaproveitamento de materiais que seriam descartados.

Para Teixeira et al. (2014), muitos destes co-produtos são tão ricos em nutrientes quanto os frutos de sua origem, podendo substituir outros alimentos mais onerosos de igual valor nutricional, em contrapartida, ainda beneficiará as empresas que pretendem dar destino ao material, na intenção de evitar impacto ambiental.

Na região da mata pernambucana, são cultivados e processados muitos tipos de frutos, entre eles: manga, graviola, abacaxi, acerola e maracujá, gerando após o seu beneficiamento subprodutos, cuja caracterização nutricional tem sido estudada por alguns autores, que sugerem a sua aplicação na produção de rações para a alimentação de animais, tais como, ovinos, ruminantes e peixes (BARRETO et al., 2014; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2017b).

3.3 ABACAXI (*Ananas sp.*)

O abacaxi é uma fruta tropical originária da América do Sul muito cultivada em todo o Brasil, cuja produção em 2015 foi de 1.796.370 toneladas (IBGE, 2016).

O abacaxizeiro contém a enzima bromelina que tem função digestiva, que também é encontrada em outras plantas da família Bromeliaceae, estando presente tanto na fruta como na própria planta (FRANÇA-SANTOS et al., 2009). A descoberta desta enzima ocorreu em 1957, e os primeiros estudos mostraram que ela pode reduzir inflamações do músculo e auxiliar a digestão (FILETI et al., 2009).

A bromelina é uma proteinase pertencente ao grupo das hidrolases e na digestão dos alimentos tem a capacidade de romper as ligações peptídicas, que separam as proteínas dos aminoácidos, estas proteinases são classificadas conforme o seu sítio ativo, que é dividido em três grupos: cisteína proteinase, serina proteinase e ácido aspártico proteinase, sendo que a bromelina pertence ao grupo cisteína proteinase (FRANÇA-SANTOS et al., 2009; FERREIRA et al., 2017).

Lopes et al. (2013) analisaram a acidez para a atividade específica da enzima bromelina, verificando que os melhores resultados ocorreram entre os níveis de pH 4,0 e 5,0. Entretanto, França-Santos et al. (2009) verificaram que o extrato bruto do abacaxi cv. Pérola apresentou pH 5,0 e que a máxima ação enzima ocorreu na temperatura 40 °C, e em temperaturas maiores acontecia a sua desnaturação.

O fruto do abacaxizeiro possui excelente composição nutricional com a presença de macro e micronutrientes, como por exemplo, as vitaminas A, B₁, B₂, C e niacina, complementadas pelo perfil de sais minerais, tais como cálcio, cobre, fósforo, magnésio, potássio e sódio (FRANCO, 1989).

A literatura científica contém dados da composição química de vários resíduos agroindustriais, oriundos da indústria processadora de frutas, revelando a sua importância nutricional e sugestões de formas de uso indicadas por diversos autores (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015).

Muitas pesquisas têm sido realizadas com co-produtos agroindustriais, fazendo a sua avaliação química e adição na alimentação de animais. Como por exemplo, os resíduos de abacaxi que depois de analisados apresentaram bons níveis de nutrientes importantes para a nutrição animal, tais como, proteína bruta 9,55%, lipídeos 0,59%, fibra em detergente neutro

42,06%, fibra em detergente ácido 20,4%, lignina 3,5% e carboidratos não fibrosos 45,0% que foram testados na alimentação de ruminantes (SILVA et al., 2014a).

Estudos também foram realizados com sobras de frutas tropicais constituídas de cascas, sementes e bagaço, sendo determinados os teores de compostos fenólicos totais nos resíduos de: abacaxi 2,4; caju 10,6; maracujá 3,4 e manga 4,5 mg de ácido gálico por grama de matéria seca respectivamente, apresentando atividade antioxidante *in vitro* (sequestro do radical livre DPPH, autoxidação do sistema β -caroteno/ácido linoleico e redução do ferro) (INFANTE et al., 2013). Segundo Santos et al. (2014c), os compostos fenólicos possuem atividade antioxidante com ação protetora no estresse oxidativo, que reduzem danos ao DNA e a outras estruturas celulares, atuando como prevenção da aterosclerose e do câncer.

No resíduo do abacaxi, o estudo da capacidade oxidante apresentou: compostos fenólicos 2,4 mg GAE g⁻¹ de matéria seca, atividade antioxidante DPPH 5,63 μ mol Trolox g⁻¹ de matéria seca, inibição do β -caroteno 47,66%, e atividade antioxidante e através da redução do ferro 72,63 μ mol Fe²⁺ g⁻¹ de matéria seca, constatando-se como uma característica importante para possível utilização na extração de antioxidantes naturais (INFANTE et al., 2013).

Em subprodutos da indústria de polpas e sucos, incluindo entre eles acerola, abacaxi e maracujá foram quantificados na ordem proteína, lipídeos e fibras, sendo encontrados os percentuais, para acerola: 9,01, 2,51 e 51,22%, para abacaxi: 7,74, 8,24 e 48,13%, para maracujá: 9,55, 0,59 e 42,46% respectivamente (SILVA et al., 2014a).

O estudo da composição química da casca do abacaxi revelou níveis de 5,54% de proteína bruta, 2,14% de lipídeo, fibra alimentar total 37,7%, fibra insolúvel 32,61%, fibra solúvel 5,09% (SANTOS et al., 2017).

Sendo assim, conforme relatado nas pesquisas anteriores o co-produto do abacaxi pode ser utilizado com sucesso na alimentação de animais devido às suas características químicas e bioquímicas.

3.4 ACEROLA (*Malpighia sp.*)

A acerola é uma planta originária da América Central e norte da América do Sul, também conhecida popularmente como cereja-das-antilhas, pertencente à família Malpighiaceae que compreende 60 gêneros, tendo sido descoberta em Porto Rico no ano 1930,

porém ganhou expansão comercial a partir de 1946 nos países Brasil, Cuba, Estados Unidos (Florida e Hawaii), atualmente os grandes produtores são México, Colômbia, Haiti, Peru, Equador, Venezuela e alguns países africanos (VILLEGAS, 2007; LIMA et al., 2015).

O fruto é rico em vitamina C e sais minerais como: cálcio fósforo, ferro e sódio, além de outras vitaminas de grande importância para a saúde, tais quais, tiamina, riboflavina, niacina e ácido pantotênico (BARBOZA et al., 1996).

Estudos de caracterização química têm sido realizados com acerola e os seus subprodutos gerados durante o beneficiamento da produção de polpas para sucos. Por exemplo, o resíduo da acerola analisado para aplicação na alimentação alternativa humana apresentou os seguintes resultados: proteína bruta 2,64%, lipídeos 1,16%, fibras 5,25% e vitamina C 31,03% e os teores de compostos fenólicos (em miligrama de ácido gálico por grama) foram alcoólico 66,91, aquoso 61,97 e hidroalcoólico 88,38, demonstrando que este subproduto contém nutrientes importantes para a alimentação pela sua ação antioxidante (PEREIRA et al., 2013).

Em outro trabalho, o mesmo tipo de co-produto da acerola foi desidratado a 60 °C em estufa com circulação de ar por seis horas, apresentando a seguinte composição química para cada 100g de amostra: teor de água 12,6 g, cinzas 1,4 g, proteína bruta 6,4 g, lipídeos 2,9 g, fibra bruta 45,7 g, carboidratos 30,9 g e 175,5 kcal (LIMA et al., 2014).

A composição físico-química dos resíduos da acerola foi avaliada, sendo obtidos: teor de água 9,66%, proteína bruta 6,11%, lipídeos 2,47%, fibras totais 67,35%, 393,0 kcal 100g⁻¹, enquanto para carotenoides foi 1353,6 µg 100g⁻¹, constatando-se que farinha produzida com este material pode ter aplicabilidade diversificada como alimentação alternativa, até para a fabricação de novos produtos alimentícios (BATISTA SOBRINHO, 2014).

Nascimento Filho & Franco (2015) relataram que o co-produto da acerola contém: teor de água 83,45%, cinzas 0,55%, proteína bruta, 1,65%; lipídeos 3,59%, carboidratos totais 10,75% e 82 cal 100g⁻¹, outros compostos foram determinados, tais como: carotenoides 881,56 µg 100g⁻¹, antocianinas 8,84 µg 100g⁻¹, flavonoides 1,4 µg 100g⁻¹, vitamina C 89,55 µg 100g⁻¹ e fenólicos totais 247,6 mg 100g⁻¹, autores relatam que vários estudos sobre as antocianinas, indicam que estes compostos tem a capacidade de capturar radicais livres, efeitos na prevenção de enfermidades cardiovasculares, cancerígenas, diabetes e no mal de Alzheimer, dessa forma, tanto a acerola como seus resíduos são alimentos de grande importância para a vida de todos os animais.

Dentro do exposto, conclui-se que os resíduos da acerola resultantes da produção de polpas produzidas nas agroindústrias, pode ser uma alternativa viável de modo a facilitar a produção agropecuária.

3.5 MARACUJÁ (*Passiflora sp.*)

O maracujazeiro é uma planta tropical nativa da América do Sul, porém o maior centro de distribuição geográfica localizado no Centro-Norte do Brasil (LOPES, 1991 *apud* SOARES et al., 2011). Esta planta pertence ao gênero *Passiflora*, existindo cerca de 530 espécies descritas, das quais mais de 150 são nativas do Brasil (HOEHNE, 1946 *apud* SOARES et al., 2011). De acordo com dados do IBGE (2016), a produção brasileira do maracujá em 2016 foi de 703.489 toneladas.

Apenas algumas espécies têm importância econômica devido à qualidade para consumo e propriedades medicinais (SOARES et al., 2011). O maracujá-roxo (*Passiflora edulis* Sims.) é cultivado comercialmente em vários países, no entanto, o maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener.) é o mais cultivado no Brasil, que atualmente é o maior produtor mundial (CROCHEMORE et al., 2003). A palavra maracujá que dá nome ao fruto do maracujazeiro é de origem tupi-guarani que tem dois significados “alimento que se toma de sorvo” ou “alimento em forma de cuia” (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2016).

O maracujá possui compostos antioxidantes que atuam na redução do risco de câncer, catarata, Parkinson e Alzheimer, devido a presença de compostos como as vitaminas C e E, além de compostos fenólicos, inibindo a oxidação de moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cadeia (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Na avaliação da atividade antioxidante dos resíduos do maracujá por três métodos constataram-se níveis de compostos fenólicos de 3,43 mg de ácido gálico por grama. A atividade antioxidante DPPH foi de 10,29 $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ e a atividade antioxidante pela Inibição da oxidação do β -caroteno foi de 39,44%, enquanto a atividade antioxidante através da redução do ferro foi de 34,91 $\mu\text{mol de sulfato ferroso por grama}$, demonstrando que os resíduos do maracujá possuem excelente atividade antioxidante, podendo ser utilizado na extração de antioxidantes naturais ou para a conservação de alimentos (INFANTE et al., 2013).

A semente do maracujá possui 27,97% de lipídeos de alto valor biológico, contendo ácidos graxos insaturados dos tipos: linoleico (69,23%), oleico (15,88%), Palmítico (10,57%), esteárico (3,05%) e linolênico (0,43%), sendo os teores dos ácidos linoleico e oleico

semelhantes aos encontrados no girassol, enquanto os níveis dos ácidos palmítico e esteárico são semelhantes aos existentes no óleo de soja, enquanto o teor do ácido linolênico foram baixos, o que favorece a estabilidade oxidativa (WILHELM et al., 2014). Segundo Martin et al. (2006), o ácido linoleico é um nutriente de grande importância para a saúde, encontrado em vários alimentos de origem vegetal e animal, utilizados na alimentação humana.

No Resíduo resultante da produção de polpa de maracujá, o estudo da capacidade oxidante se obteve: compostos fenólicos 3,43 mg GAE g⁻¹, atividade antioxidante 10,2 μmol Trolox g⁻¹, inibição do β-caroteno 39,44%, a atividade antioxidante através da redução do ferro 34,91 μmol Fe²⁺ g⁻¹. onde se constataram que o resíduo do processamento do maracujá tem características pontenciais para possível utilização na extração de antioxidantes naturais (INFANTE et al., 2013).

Silva et al. (2014a) analisaram o resíduo bruto do maracujá, encontrando níveis de nutrientes similares de alto valor nutricional, tais como, proteína bruta (7,7%), lipídeos (8,2%), fibra detergente neutro (48,1%), fibra detergente ácido (38,3%), lignina (17,8%) e carboidratos não fibrosos (34,8%).

Uchoa et al. (2008) realizaram avaliações de fibras e vitamina C em subprodutos constituídos de bagaços das frutas: caju, goiaba e casca do maracujá, sendo encontrado os valores de fibra bruta de: 9,92%, 39,56% e 26,31% e fibra alimentar de: 3,26%, 24,46% e 17,07% respectivamente. Os valores de vitamina C foram considerados altos, sendo em média de: 34,72, 21,55 e 11,76 mg 100g⁻¹ na devida ordem, sendo considerado valores adequados para serem aproveitados na formulação de novos produtos alimentícios, tais como, biscoitos, bolachas e sopas .

Resultante da produção de polpa de maracujá foi determinada a composição físico-química na casca do maracujá, sendo encontrados: teor de água (b.s.) de 9,48%, cinzas 6,88%,; proteínas 3,94% fibra dietética total 65,22%, fibra insolúvel 48,12%; fibra solúvel 17,11% e carboidratos 79,39%, para a atividade antioxidante os teores de fenólicos totais foram de 2,53 mg de ácido gálico por grama, sendo indicado como material adequado para a composição de alimentos prontos (CAZARIN et al., 2014).

Com base nas informações existentes na literatura, o resíduo resultante da produção de polpas do maracujá tem sido aproveitado por ser um ingrediente rico em ácido graxos insaturados, fibras, vitaminas e compostos fenólicos, sendo, portanto, um alimento de baixo custo e com alto valor biológico para ser aproveitado na alimentação animal, podendo ser

incluídos na formulação de rações. De acordo com COELHO et al., (2016), 68% desses resíduos são aproveitados na fabricação de produtos alimentícios, 18% é utilizado pela indústria de fármacos e 14% pela indústria de produtos agrícolas.

3.6 RESÍDUOS E O MEIO AMBIENTE

Ao longo de sua existência, o homem tem desenvolvido diversos sistemas de produção industrial, os quais, simultaneamente geram desenvolvimento tecnológico e econômico, devolvendo ao ambiente resíduos que nem sempre têm uma utilidade prática (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015).

Para Santos et al. (2014a), esse fato ocorre devido a incansável busca da humanidade por alimentos para atender a sua necessidade, gerando sobras orgânicas que por não terem utilidade são descartadas, esse problema no início passou despercebido, porém, com o aumento da população mundial, os efeitos passaram a ser notados e preocupantes, quando atingiram níveis de degradação que em alguns aspectos são irreparáveis.

Mucelin & Belline (2008) relatam que o descarte de resíduos sólidos é uma prática comum, determinada pelos valores culturais, crenças e hábitos, utilizando de forma inadequada os ambientes urbanos como depósito desses materiais. No entanto, quando se trata de produtos orgânicos lançados em locais não apropriados a céu aberto, esses entram em decomposição, poluindo a água e o solo (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

Segundo Santos et al. (2014a), a poluição gerada pelo descarte da indústria alimentícia tem sido tratada como uma consequência inevitável do desenvolvimento da economia, entretanto, estudos recentes sugerem que nos modelos atuais, os efeitos causados por este avanço tecnológico podem não compensar os prejuízos causados à natureza.

Dessa forma, os fatos que envolvem prática cultural, associada ao crescimento populacional, à necessidade de buscas por soluções para a proteção ambiental, desencadeiam urgentemente mudanças de conceitos e procedimentos, que promovam a interação correta entre as atividades do homem e o meio que o envolve (LORENA et al., 2017).

Segundo Nascimento Filho & Franco (2015), neste contexto pode ser incluída a agroindústria que na sua produção de polpas de frutas gera um volume de subprodutos que são descartados, porque de modo geral, a empresa não tem uma forma racional para o seu devido aproveitamento.

Todavia, estes restos de alimentos contêm altos níveis de nutrientes, tais como, proteínas, carboidratos, ácidos graxos e vitaminas, cuja decomposição é inevitável devido à forma como geralmente são dispensados (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

O reaproveitamento desses subprodutos é uma alternativa para evitar ou pelo menos reduzir os problemas ambientais, por esse motivo, nos últimos anos, têm sido realizados muitos estudos com o objetivo de dar utilidade a estes materiais (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015). Para Teixeira et al. (2014), a caracterização química e sanitária dos resíduos agroindustriais pode proporcionar uma série de benefícios, como por exemplo, viabilizar diversas formas de aproveitamento, reduzir o descarte e proteger o meio ambiente.

3.7 IMPORTÂNCIA DOS RESÍDUOS ALIMENTÍCIOS

Os modelos de produção necessários para atender a demanda populacional são fatores que contribuem para a disponibilidade de um grande volume de resíduos gerados pela agroindústria, os quais, pelo fato de não terem uma forma racional de aproveitamento têm sido, na maioria dos casos, descartados sem nenhuma providência (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015).

Conforme Santos et al. (2017), esses produtos são ricos em nutrientes, o desperdício pode ser reduzido desde que hajam pesquisas para avaliar a sua composição química, podendo assim, serem direcionados para alguma forma de utilização (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

Esses estudos tornam-se necessários e importantes porque o valor nutricional desses alimentos não é constante, pois depende da sua constituição e da forma de processamento realizado na indústria, que podem diferenciar entre a quantidade de cascas, bagaço e sementes, ocasionando diferenças nas qualidades dos subprodutos resultantes (GARCIA et al., 2014; SILVA et al., 2014a).

A literatura científica contém informações de composição química de alguns resíduos agroindustriais, oriundos da indústria processadora de frutas, revelando a sua importância nutricional e sugestões de formas de uso indicadas por diversos autores.

Na semente do maracujá, são encontrados ácidos graxos saturados e insaturados dos tipos linoleicos, oleico, palmíticos, esteáricos e linolênicos de grande importância para a alimentação, no entanto, devido a sua excelente qualidade e estabilidade, atualmente está também sendo muito aplicado na indústria de perfumaria e toalete (WILHELM et al., 2014).

O estudo de caracterização da farinha da amêndoa de babaçu foi realizado para a sua utilização em barras de cereais, o resultado da composição físico-química revelou: teor de água 4,03%, fibras 24,0%, gorduras 47,16%, cinzas 0,96%, acidez 2,24% e pH 6,61. Observou-se que os altos teores de gorduras e de fibras mostraram que o alimento pode ser considerado como um produto gorduroso, energético e funcional (ARÉVALO-PINEDO et al., 2013).

Oliveira et al. (2012) analisaram por cromatografia gasosa a composição do óleo extraído da fibra do resíduo do maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) pelas técnicas de hidrodestilação, simples e com arraste de gás nitrogênio, encontrando os conteúdos de: álcoois 29%, ésteres 20%, aldeídos 16%, ácidos 10%, cetonas 6% e outros compostos 19%.

A atividade oxidante foi estudada em resíduos de frutos, sendo encontrado na farinha do subproduto caju: compostos fenólicos 2,4 mg GAE g⁻¹, atividade antioxidante DPPH 10,67 μmol Trolox g⁻¹, inibição do β-caroteno -20,78% e atividade antioxidante através da redução do ferro -219,03 μmol Fe²⁺ g⁻¹ e para a manga foram encontrados: compostos fenólicos 4,5 mg GAE g⁻¹, atividade antioxidante DPPH 33,03 μmol Trolox g⁻¹, inibição do β-caroteno 46,38% e atividade antioxidante através da redução do ferro 10,6 μmol Fe²⁺ g⁻¹; demonstrando que existem características ideais para sua possível utilização na extração de antioxidantes naturais (INFANTE et al., 2013).

Uma forma de aproveitar os refugos de produtos alimentícios é fazer o seu devido processamento e avaliação química, para a sua utilização na formulação de rações para animais (NASCIMENTO FILHO & FRANCO et al., 2015).

3.8 IMPORTÂNCIA DOS RESÍDUOS PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA

Nas últimas décadas, têm sido realizadas diversas pesquisas para agregar valor aos subprodutos alimentícios, propondo o seu aproveitamento na elaboração de novos produtos para a alimentação humana.

Ao realizar-se a análise físico-química de partes do abacate, verificou-se que a composição dos resíduos casca e semente eram ricas em macro e micronutrientes apresentados na ordem: polpa, casca e sementes, os valores respectivos, de lipídeos de 64,09%; 2,18%; 3,32%, para fibras 3,81%; 1,29% e 3,97%, para proteínas 1,29%; 0,17% e 0,14%, para minerais 11,56%; 2,15% e 2,81%, na composição de 11 minerais determinados na polpa, casca e semente destacaram-se, respectivamente, os seguintes valores: para potássio 17,37%; 16,60% e 9,03%, para zinco 21,67%; 29,0% e 10,33%, para o cálcio 0,30%; 0,87% e 0,30%; enquanto a

composição de compostos fenólicos na polpa, casca e semente foram respectivamente de: 3,3; 65,5 e 57,3 mg de ácido gálico por grama (DAIUTO et al., 2014).

A avaliação do co-produto do caju *in natura* revelou 94 mg 100g⁻¹ de vitamina C, quando transformado em farinhas e armazenadas à temperatura ambiente por seis semanas, os valores da vitamina C mensurados a cada duas semanas para o produto processado a temperatura de 50 °C foram de: 50,3; 33,8; 22,5 e 20,5 mg 100g⁻¹, para o processado a temperatura de 60 °C foram: 47,7; 28,7; 24,9 e 15,1 mg 100g⁻¹, o resultado mostrou que o produto das duas primeiras semanas pode ser utilizado como boa fonte de vitamina C em produtos alimentícios (LIMA et al., 2013).

O subproduto do morango resultante da produção de polpa congelada foi processado a 50 °C e transformado em farinha, apresentando valores de flavonoides totais de: 12,55; 16,75 e 17,11 mg 100g⁻¹ de quercetina, considerando o aproveitamento deste material como boa fonte de flavonoides, para enriquecer a qualidade nutricional ou a formulação de produtos na indústria alimentícia (FREITAS et al., 2015).

Biscoitos fabricados com 5, 10 e 20% de farinha de casca de batata inglesa apresentaram teores de fibra da ordem de 8,3%, sendo considerados de excelente qualidade nutricional, assim como, a análise sensorial apontou ótima aceitação, sendo, portanto, um produto viável e ao mesmo tempo que houve uma agregação de valor a casca de batata (GARMUS et al., 2009).

Sementes de abóbora também foram aproveitadas na forma de farinha para a fabricação de biscoitos que se apresentaram como fontes nutricionais de: proteína, fibra alimentar e carboidrato nas faixas de 26%, 30% e 26% respectivamente, sendo considerado um produto com viabilidade sensorial, enriquecido com fibra alimentar, qualidade nutricional e organoléptica (SILVA et al., 2010).

O resíduo de acerola foi desidratado a 60 °C em estufa com circulação de ar por seis horas, torrados em forno de padaria a 160 °C por 15 minutos, sendo depois utilizados na proporção de 20%, para a fabricação de biscoitos com a seguinte formulação: farinha de resíduos de acerola 25g, farinha de trigo 100g, açúcar 40g, clara de ovo 40g, essência de baunilha 320g, a composição química dos biscoitos em 100g de amostra foi de: teor de água 1,4%; cinzas 0,7%; proteína bruta 9,8%; lipídeos 17,1%; fibra bruta 20,2%; carboidratos 39,6% e 396,2 kcal, o resíduo da acerola não comprometeu a qualidade sensorial do biscoito que teve boa aceitabilidade, além de ficar um produto rico em fibras importantes para a saúde humana (LIMA et al., 2014).

A farinha da semente de goiaba seca a 60°C por 16 horas foi utilizada em produtos de panificação, na formulação do bolo com: farinha de trigo 360g, leite 300g, ovo 150g, manteiga 120g, açúcar refinado 260g, fermento químico 25g. Nas formulações foram substituídas 18 e 36g de farinha de trigo por igual porção da farinha de goiaba, correspondendo a substituição de 5 e 10% da farinha de trigo. Os provadores aprovaram os bolos com substituição de 5 e 10% da farinha de trigo (THOMAZ et al., 2014).

O co-produto resultante do processamento de polpas de melão foi aproveitado para a produção de compotas, geleia e doces, enquanto, a análise de composição química da casca revelou níveis de proteínas, fibra alimentar e cinzas maiores do que os valores medidos no resíduo da polpa da fruta, sendo, portanto, um produto nutricionalmente importante (MIGUEL et al., 2008).

O bagaço resultante da fabricação de suco de maçã foi transformado em farinha, sendo em seguida utilizado na fabricação de pães, bolos, pão de queijo e vitaminadas, nos quais, a avaliação sensorial apresentou excelente aceitação, enquanto que na análise química da farinha detectou-se uma excelente qualidade nutricional do produto, principalmente em fibras, glicose e sacarose (COELHO & WOSIACKI, 2010).

A casca do abacaxi foi batida e transformada em polpa para em seguida ser utilizada na elaboração de bolo, sendo avaliado sensorialmente e classificado na escala hedônica entre 8 e 9 pontos, enquanto a análise química do alimento pronto apresentou valores de fibras solúvel e insolúvel de 3,8 a 5,2% respectivamente (MARTIN et al., 2012).

A farinha da casca da mandioca foi utilizada na fabricação de pães de forma, substituindo a farinha de trigo nas proporções de: 0,0%; 7,5%; 15,0%; 22,5% e 30%, com ótima aceitação sensorial, enquanto a análise da farinha da casca de mandioca apresentou teor de água de 9,6%; 48,66% de fibra alimentar insolúvel e 1,83% de fibra alimentar solúvel, estando, portanto, dentro dos padrões tecnológicos exigidos pela ANVISA (VILHALVA et al., 2011).

Barras de cereais fabricadas com 12 e 10% de farinha da amêndoa do babaçu, as composições químicas foram de: teor de água 8,45% e 8,75%; proteínas 18,57% e 15,25%; gorduras 10,96% e 9,52%; açúcares 26,28% e 26,20%; cinzas 0,87% e 0,91%; acidez 8,48% e 8,75%, °Brix 71,5 e 72,0, pH 5,38 e 5,39, a gordura aumentou com a quantidade de farinha, e as duas barras apresentaram estabilidade física e microbiológica durante 30 dias, mas a formulação com 10% de farinha teve melhor aceitação sensorial, destacando-se como um produto de qualidade para lançamento no mercado (ARÉVALO-PINEDO et al., 2013).

Cascas de abacaxi aproveitadas em doces foram formulados com: suco da casca 240 ml, massa da casca 240 ml, coco ralado 80 g, açúcar 320 g ficaram com a seguinte composição percentual: teor de água 36,81%; cinzas 0,44%; proteína 0,73%; lipídios 4,31%; fibras 3,02% e carboidratos 57,04%; para energia 260,45 kcal 100g⁻¹, apresentando baixa caloria, excelente aceitação e valor nutricional para alimentação humana (LIMA et al., 2017).

3.9 APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS PARA A ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A agroindústria processa frutos para a produção de polpas, sucos e outros produtos, no entanto, deste processamento sobram materiais remanescentes ricos em nutrientes, que normalmente são descartados, porque as empresas não têm como aproveitá-los. Entretanto, esses alimentos quando devidamente processados e avaliados quanto a sua composição química poderiam entrar na composição de rações para uso zootécnico (TEIXEIRA et al., 2014).

Um dos maiores, entraves nos cultivos zootécnicos, é o custo com a alimentação dos animais, porque, os alimentos que constituem a base das rações, nem sempre estão disponíveis na região onde estas são fabricadas ou consumidas, destacando-se entre estes, os farelos de soja, de milho, de trigo, quirela de arroz e outros (MICHELATO et al., 2013). Portanto, a aquisição de tais alimentos é encarecida pelo transporte, aumentando o custo produção na criação de animais, de forma que este item representa 70% do custo de produção nas atividades zootécnicas (NOGUEIRA et al., 2016). Entretanto, para Sanches et al. (2014), na criação de peixes marinhos e camarões, as rações comerciais podem atingir, aproximadamente 80% do custo de produção, dependendo da idade e da espécie cultivada.

A identificação dos níveis nutricionais dos resíduos agroindustriais, tais como, aqueles provenientes da: cervejaria, girassol, graviola, uva, mandioca, amendoim, acerola, maracujá, abacaxi e outros, que estudados adequadamente podem auxiliar no balanceamento de dietas destinadas à alimentação animal, dinamizando as atividades zootécnicas (SILVA et al., 2014a). Para Giordani Júnior et al. (2014), as sobras agroindustriais da cervejaria, caju, cupuaçu, goiaba, manga, maracujá, abacaxi apresentam grande potencial para a alimentação animal, favorecendo a redução de impactos ambientais gerados pela condição inadequada do seu descarte. Portanto, são necessários estudos referentes a sua composição nutricional e condições de armazenamento, para viabilizar com precisão a sua utilização na produção animal, incluindo os ruminantes. Deste modo, os resíduos que antes eram um problema ambiental passam a adquirir importância

econômica e social, gerando emprego e renda (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015; CRUZ et al., 2013).

Dietas alternativas fabricadas com restos de hortifrutigranjeiros, varredura de cevada, raspa de mandioca, farelo de coco e sangue bovino *in natura* foram testadas na alimentação dos peixes tambaqui (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e carpa comum (*Cyprinus carpio*), resultando em um padrão ótimo no crescimento e no ganho de peso das duas últimas espécies, quando comparadas em relação ao efeito das rações comerciais (TORELLI et al., 2010).

A “crueira” resultante da fabricação da farinha de mandioca foi utilizada em substituição ao milho na ração para juvenis de tambaqui, um peixe onívoro da Amazônia, sem comprometer o desenvolvimento dos animais, indicando uma alternativa para reduzir o custo de produção na piscicultura (PEREIRA JUNIOR et al., 2013).

Uma dieta alternativa de baixo custo foi fabricada com restos de hortifrutigranjeiros, varredura de cevada, raspa de mandioca, farelo de coco, sangue *in natura*, fosfato bicálcico, premix mineral e vitamínico, utilizadas na alimentação dos peixes onívoros tilápia e carpa comum, esses apresentaram bom desempenho produtivo, no entanto, para a carpa o efeito do alimento alternativo foi superior a ração comercial. Os autores concluíram que a alimentação de peixes com os resíduos pode contribuir para melhorar a aquicultura familiar (MARINHO et al., 2016).

A piava (*Leporinus obtusidens*) um peixe onívoro nativo das regiões sudeste e sul do Brasil atingiu bom desenvolvimento zootécnico quando alimentado, com dietas contendo resíduos de frutas: uva, laranja, goiaba e figo, indicando que os resíduos podem substituir ingredientes tradicionais em rações para a espécie (LAZZARI et al., 2015).

Tambaquis (*Colossoma macropomum*), peixes onívoros da região amazônica foram alimentados com 20, 30, 40 e 50% de farinha de mangas em substituição ao farelo de soja e farinha de peixe da ração base de 23% de proteína bruta, as mangas utilizadas foram oriundas do descarte de propriedades rurais, resultando o melhor crescimento e ganho de peso com a dieta que teve 50% de farinha de manga (*Mangifera indica*), indicando que o resíduo da fruta pode atingir bons resultados no cultivo da espécie (BEZERRA et al., 2014).

Souza et al. (2013a) alimentaram a tilápia (*Oreochromis niloticus*), uma espécie originária do rio Nilo que também tem o mesmo hábito alimentar do tambaqui, com dietas substituindo o milho por 0, 33, 36 e 100% de farinha de manga. O resultado da pesquisa mostrou

que com os níveis de 0 e 33% de farinha de manga nas rações os animais apresentaram o mesmo desenvolvimento, indicando que, no cultivo da espécie, esses níveis de substituição podem ser feitos pela farinha da fruta sem prejuízo no desenvolvimento dos animais.

O farelo produzido com as sobras resultantes da produção de polpa de manga foi incluído nas taxas de 5, 10 e 15% em rações para tilápia-do-nilo, o maior nível de inclusão apresentou o melhor grau em digestibilidade e crescimento para a espécie (LIMA et al., 2011). O mesmo tipo de material proveniente da manga foi adicionado nas proporções de: 0, 33, 66 e 100% em substituição ao milho na dieta da mesma espécie de peixe, os resultados mostraram que 33% de farinha de resíduo de manga substituiu com sucesso o milho, sem interferir no desenvolvimento dos peixes (MELO et al., 2012).

Dentro do exposto, pesquisas que visam ao processamento e armazenamento adequado dos resíduos, poderão viabilizar o aproveitamento desta matéria prima para a produção de alimentos, reduzindo o custo de produção em atividades zootécnicas (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015). Em atividades, tais como, a aquicultura e outras, pode gerar empregos, aumentar a geração de renda, melhorar a vida da população que vive em assentamentos no meio rural (SILVA et al., 2017b).

O aproveitamento desse tipo de alimento exige alguma forma de processamento para o seu beneficiamento (SILVA et al., 2014a), o qual é um conjunto de procedimentos que evita ou retarda a deterioração de um produto, a exemplo disso, quando no processo de secagem que reduz a umidade, preservando as suas qualidades e conservação dos seus nutrientes (PEREIRA et al., 2013).

Dessa forma, o aproveitamento de co-produtos para a fabricação de ração pode ser uma alternativa viável para reduzir os custos de produção na aquicultura, porém devem ser observados estudos sobre a composição exata de cada tipo de resíduo, de forma que, o balanceamento correto dos nutrientes atenda às necessidades nutricionais de cada espécie (NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015; BATISTA SOBRINHO, 2014; SILVA et al., 2017b).

3.10 SECAGEM

A secagem é um dos métodos mais antigos utilizados para preservar os alimentos, porque, de acordo com registros históricos, as sociedades primitivas já praticavam a desidratação da carne com a utilização da energia solar, e atualmente, na indústria, existem

vários processos semelhantes para beneficiar os alimentos pela retirada da água, sendo utilizados como métodos essenciais de conservação de produtos alimentícios (ARAÚJO, 2013).

Nos tempos modernos, a secagem é definida pelo processo que tem por objetivo retirar, por evaporação, o líquido volátil de um corpo não volátil, no qual é imprescindível que haja um fornecimento de calor para que o líquido evapore do produto, sendo necessário haver uma movimentação do ar de secagem, retirando o vapor d'água formado na superfície do produto a ser secado (PARK et al., 2014). Segundo Goneli et al. (2014a), o aumento da temperatura é que induz o aumento da pressão parcial de vapor no produto, provocando a redução do teor de água.

A secagem por convenção é um processo que envolve transferência de calor e massa, para este tipo de estudo são utilizados modelos matemáticos que se ajustam aos dados experimentais em uma curva que descreve o comportamento da perda de água do produto até o final do processo (PEREZ et al., 2013).

As tecnologias da secagem têm grande importância nos processos de transformação industriais, para agregar valor a produtos manufaturados em vários segmentos produtivos, como nas indústrias, química, agrícolas, biotecnologia, alimentos, polímeros, cerâmica, papel, celulose, farmacêutica, minério e processamento de madeira, demandando em todos os segmentos a qualificação de mão de obra especializada (MACHADO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2017).

Nas indústrias de produtos agrícolas e alimentícias, o processo de desidratação utilizado reduz a água dos produtos na taxa decrescente, envolvendo fenômenos complexos que são analisados por fórmulas empíricas, para predizerem a taxa de secagem, para isso, o comportamento da perda de água no período decrescente se resume as duas teorias difusional e capilar (PARK et al., 2014).

Os modelos matemáticos são utilizados para modelar o processo de secagem de produtos biológicos, especificamente o modelo difusional, que envolve mecanismos de difusão molecular, difusão capilar, difusão na superfície, fluxo hidrodinâmico, difusão de vapor e difusão térmica (ALMEIDA, 2013). Esta teoria se apoia exclusivamente sobre a lei de Fick, a qual expressa que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água (ALMEIDA, 2013; PARK et al., 2014).

O coeficiente de difusão é a difusividade efetiva que engloba os efeitos de todos os fenômenos, podendo intervir sobre a migração da água, e o seu valor é sempre obtido através do ajuste de curvas experimentais (CAMICIA et al., 2015).

Entre os benefícios da secagem, com a redução do teor de água, o armazenamento de produtos alimentícios, pode ser feito por tempo mais longo, garantindo a manutenção da sua qualidade satisfatória para a segurança alimentar (LEITE et al., 2015).

Para Monteiro (2013), o processamento de resíduos agroindustriais, através da desidratação pode permitir que sejam aproveitados em alguma forma de alimento ou aplicação industrial, proporcionando entre os vários benefícios aumentar as alternativas de lucro para as empresas processadoras. De acordo com Pereira et al. (2013), isso é uma via de mão dupla, porque, além de aproveitar o potencial químico dos materiais evita o desperdício, proporcionando geração de renda.

O produto desidratado, quando aplicado na alimentação, também pode apresentar condições reduzidas para as atividades biológicas e variações físico-químicas que poderiam ocorrer durante a estocagem, permitindo condições seguras para o consumo, assim como ocorreu com cascas de abacaxi, que depois da secagem foram mantidas as características nutricionais, preservando a qualidade durante o armazenamento (NUNES et al., 2017).

Segundo Araújo (2013), após a desidratação, os alimentos secos ficam protegidos da deterioração pelo fato dos microrganismos responsáveis por este processo serem incapazes de crescer e de multiplicar na ausência de água, e muitas das enzimas que promovem alterações indesejáveis na composição química dos alimentos não conseguem atuar na ausência de água.

Mudanças da qualidade do alimento durante o armazenamento podem ocorrer, devido, a tipos de embalagem ou a umidade inicial do produto, podendo desenvolver alterações microbiológicas, causadas principalmente por fungos e leveduras (CARLOS & DELEZUCK, 2015).

No estudo da secagem dos grãos de abóbora, foram utilizados os modelos matemáticos de aproximação da Difusão, Exponencial Dois Termos, Henderson e Pabis, Logarítmico e Page, onde todos os modelos apresentaram bom ajuste às curvas de secagem dos grãos de abóbora com R^2 superiores a 0,96 e baixo DQM (DIÓGENES et al., 2013). Silva Filho et al. (2016) estudaram o comportamento da secagem da polpa de manga, ajustando pelos modelos semi-teóricos de Henderson e Pabis, Henderson e Logarítmico, onde este último modelo ajustou a melhor curva de secagem.

4. METODOLOGIA

4.1 LOCAL DE TRABALHO E TIPOS DE EXPERIMENTOS

A pesquisa foi dividida em quatro etapas e desenvolvida nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, (IFPE *Campus*-Barreiros) e no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande.

Etapa I: O estudo da cinética de secagem em camada fina foi realizado com os resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e maracujá) nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, sendo ajustados os modelos matemáticos aos dados experimentais. Os modelos utilizados foram os teóricos (Fick); semi teóricos (Cavalcanti Mata e Page) e empíricos (Henderson & Pabis e Midilli).

Etapa II: Confeção das farinhas dos resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e maracujá secas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e determinação de suas análises físico-químicas (teor de água, proteína bruta, lipídeos, cinzas, fibra bruta, carboidratos e energia), para cada condição de secagem.

Etapa III: Fabricação de quatro rações básicas peletizadas para peixes onívoros, complementadas com farelo de soja para atingir o nível proteico pretendido e farinha de trigo para dar consistência aos pellets, o processamento foi realizado nas temperaturas da cinética de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), sendo estudado a vida de prateleira por envelhecimento acelerado a 45 °C, sendo realizadas avaliações físico-químicas e microbiológicas dessas rações por um período de armazenamento de 60 dias.

4.2 ETAPA I: CINÉTICA DE SECAGEM

4.2.1 Coleta das matérias-primas

As matérias-primas utilizadas nos experimentos foram: o resíduo prensado de abacaxi, sementes de acerola e de maracujá, resultantes da produção de polpas e sucos. Os materiais foram coletados na indústria beneficiadora de frutas COOPEAGRO (Cooperativa dos Pequenos Agricultores Organizados) localizada na Rodovia AL 101 Norte, nº 382, Bairro Santa Tereza Verzeri, Maragogi-AL. Para tanto, após o processamento foram colocados em sacos plásticos e congelados na câmara frigorífica da empresa, sendo depois transportados por 25 km, em

caixas de isopor até o Laboratório de Alimentos do IFPE *Campus*-Barreiros, onde foram estocados em freezer a -30 °C até o início dos trabalhos.

4.2.2 Higienização das matérias-primas

Para iniciar o processamento os resíduos foram descongelados e higienizados segundo a metodologia descrita em Sarzi et al. (2002), para tanto, foram feitas lavagem e desinfecção em solução de água potável a 5 °C com 200 mg L⁻¹ de cloro, durante 5 minutos. Após este procedimento, foram lavados novamente em água potável corrente para a retirada do cloro, em seguida, realizado um tratamento térmico, no qual os produtos foram aquecidos em um fogão industrial a 100 °C por 30 segundos, resfriados com a adição de água gelada até atingir a temperatura entre 35 a 40 °C, para evitar crescimento de fungos filamentosos e leveduras. Depois desses tratamentos, os produtos foram colocados sobre uma peneira para drenar o restante da água (Figura 4.1), sendo a seguir embalados em sacos plásticos e armazenados em freezer à temperatura -30 °C até o momento do processamento.



Figura 4.1. O tratamento de higienização dos resíduos: higienização na solução de cloro (A), aquecimento (B), (C) resfriamento e drenagem do excesso da água.

4.2.3 Estudo da cinética de secagem

Para a cinética de secagem, os materiais congelados foram transportados em caixas de isopor do laboratório do IFPE-*Campus* Barreiros para o Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande (PB).

4.2.4 Determinação do teor de água inicial

O teor de água inicial foi determinado segundo AOAC (1995). Para tanto, foram pesadas 5 gramas de amostra em uma balança analítica Marca Bel mod. Mark-210A, em cápsulas de alumínio, livre de umidade e peso previamente determinado, em seguida, colocadas em estufa a 105 °C até atingir o peso constante, na sequência resfriadas em um dessecador por 15 minutos e pesadas. O cálculo foi feito segundo a equação (1).

$$\text{Teor de Água (\%)} = \frac{(P_i - P_f)}{P_a} \times 100 \quad (1)$$

em que:

P_i - massa inicial (cápsula + amostra úmida), g;

P_f - massa final (cápsula + amostra seca), g;

P_a - massa da amostra utilizada, g.

4.2.5 Procedimento da cinética de secagem

O estudo foi realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C. Cada produto foi distribuído em três bandejas (triplicata) de tela de alumínio, medindo 13,0 x 7,0 x 4,5 cm, com 1,0mm de malha, nas quais, os resíduos higienizados foram colocados em camada fina.

Para iniciar a cinética, as bandejas foram distribuídas aleatoriamente no interior da estufa microprocessada dotada de circulação renovação de ar, cuja velocidade de circulação foi aferida com um anemômetro em 1,5 m s⁻¹.

A cinética de secagem foi realizada em uma estufa da marca Marconi modelo MA035/3IN350 de 3000 Watts, na qual a temperatura do equipamento foi aferida com um sensor Termopar acoplado a um termômetro digital da marca OAKTON Mod. TEMP100JETK.

Durante a cinética, as bandejas foram pesadas no início e em intervalos de tempo regulares como segue: no primeiro a cada 5 minutos até completar 30 min; no segundo a cada 10 min até 60 min; no terceiro a cada 15 min até 105 min; no quarto a cada 30 min até 180 min; finalmente de 60 em 60 min até atingir o peso constante. As amostras continuaram na estufa por mais 24 horas, para ser conferida a estabilidade do teor de água de equilíbrio.

Em seguida, foi retirada uma amostra do material em triplicata, para determinar o teor de água de equilíbrio dinâmico, seguindo o procedimento descrito no item 4.2.4.

Os dados das pesagens das amostras, durante a secagem, foram utilizados para calcular as razões do teor de água sendo esta uma unidade adimensional, equação (2).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (2)$$

em que:

RX - razão de teor de água, adimensional;

X - teor de água no tempo t (b.s.)

X_i - teor de água inicial (b.s.)

X_e - teor de água de equilíbrio (b.s.)

Os modelos matemáticos: Fick, Page; Cavalcanti Mata; Henderson & Pabis; Midilli; descritos pelas equações (3, 4, 5, 6 e 7) respectivamente (Tabela 4.1), foram utilizados para expressar a cinética de secagem dos resíduos agroindustriais do processamento do abacaxi, acerola e maracujá. Para análise do melhor modelo foram considerados, respectivamente, os valores de R^2 mais próximo de 1,0 e o DQM mais próximo de zero.

Tabela 4.1. Modelos para prever o fenômeno de secagem de produtos agrícolas

Modelo	Equação	Designação do modelo	Eq. n.º
Fick	$RX = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2}{4} \pi^2 \frac{D_{EF} t}{L^2}\right)$	CRANK (1975)	(3)
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	PAGE (1949)	(4)
Cavalcanti Mata	$RX = a_1 \cdot \exp(-(k_1 \cdot t)^{n_1}) + a_2 \cdot \exp(-(k_1 \cdot t)^{n_2}) + a_3$	CAVALCANTI MATA et al. (2006)	(5)
Henderson & Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	HENDERSON & PABIS (1961)	(6)
Midilli	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	MIDILLI et al. (2002)	(7)

Onde: RX - razão de teor de água; k - constantes de secagem, (min⁻¹); a; a₁; a₂; a₃; n; n₁; n₂ - Parâmetros de ajustes; t - tempo de secagem, (min); D_{EF}: difusividade efetiva m² s⁻¹; t: tempo, (s), para modelo Fick; L: dimensão característica meia espessura da placa, mm.

4.2.6 Energia de ativação

Para avaliar a influência da temperatura na difusividade efetiva, foi utilizada a equação de Arrhenius, equação (8).

$$D_{ef} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (8)$$

em que:

D_{ef} = Coeficiente de difusão líquida efetiva m² s⁻¹;

D₀ = constante chamada de fator pré-exponencial, m² s⁻¹;

E_a = energia de ativação, J mol⁻¹;

R = constante universal dos gases, 8,314 J mol⁻¹ K⁻¹;

T = temperatura absoluta, K.

4.2.7 Análise estatística e aplicação dos modelos matemáticos

Os parâmetros dos modelos contidos na Tabela 4.1 foram obtidos por meio de regressão não linear pelo método Quasi-Newton, utilizando o programa Statistica[®] versão trial 13.0 (STATSOFT, 2017). A planilha utilizada versa os dados experimentais da razão do teor de água (RX) e o tempo de secagem.

4.3 ETAPA II: CONFECCÃO DAS FARINHAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 Secagem dos resíduos para as rações

Para o processamento, os materiais higienizados foram descongelados e, em seguida, distribuídos em bandejas confeccionadas em tela de alumínio com 3 mm de malha, medindo 42 x 25 x 5 cm (Figura 4.2).



Figura 4.2. Bandejas com os resíduos de acerola (A), abacaxi (B) e sementes do maracujá (C), prontos para o processo de secagem na estufa com circulação de ar.

Na sequência, cada produto foi submetido ao processo de secagem, nas mesmas temperaturas utilizadas para a cinética, em estufa microprocessada dotada de circulação de ar forçado, com a velocidade do ar de secagem $1,5 \text{ m s}^{-1}$ aferida com o termômetro digital, conforme descrito no item 4.2.5. Durante este procedimento, o material foi revirado em intervalos de 8 horas para uniformizar a desidratação até o peso permanecer constante. Depois de secos, realizou-se a moagem do material em moinho de disco para transformar em farinha.

O rendimento (Rd) em porcentagem foi calculado pela equação (9).

$$Rd = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \quad (9)$$

em que:

Rd - rendimento, %;

Pi - massa inicial, g;

Pf - massa final, g.

4.3.2 Extração do óleo da semente do maracujá

A extração do óleo da semente, do maracujá foi feita com o auxílio de uma prensa hidráulica da marca Bovenau 30 ST modelo P30000, com capacidade de compressão para 30 toneladas.

Para a extração do óleo das sementes foram utilizados os acessórios da prensa em aço inoxidável, sendo o cilindro com pequenos furos laterais para a saída do óleo, o êmbolo e o coletor de óleo. A pressão aplicada foi aumentada lentamente até atingir a compressão de 20 toneladas sobre a massa de sementes (Figura 4.3).

Este procedimento foi feito devido o teor de óleo natural existente na semente do maracujá oscilar entre 27,97 a 29,5% (WILHELM et. al., 2014; BARBIERI & LEIMANN, 2014). Por outro lado, o excesso de gordura poderia causar a rancificação das rações durante o período prolongado de armazenamento.



Figura 4.3. Extração do óleo da semente do maracujá. Prensa (A); acessórios (B); Acessórios montados (C); Manômetro (D); acessórios prensando a massa de sementes (E); coletor com o óleo extraído (F).

4.3.3 Análises de composição das farinhas

As farinhas resultantes dos materiais processados, em cada temperatura, foram submetidas a análises físico químicas, para determinar a sua composição proteica e energética, sendo os dados utilizados para realizar o balanceamento das rações com níveis nutricionais apropriadas para alevinos de peixes onívoros.

4.3.3.1 Análise físico química

Na análise físico-química, foram determinados: teor de água (TA), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (MM), fibra bruta (FB), carboidratos (CHO) e energia bruta (EB), sendo todas realizadas em triplicata, conforme descritos a seguir.

4.3.3.2 Determinação do teor de água

O teor de água foi determinado segundo AOAC (1995), conforme o item 4.2.4.

4.3.3.3 Determinação da proteína bruta

A determinação da proteína bruta foi realizada seguindo o método de Kjeldahl (AOAC, 1995). Para o preparo das amostras foram pesados 0,2 gramas de amostra das farinhas de resíduos secos, os quais foram embrulhados em papel vegetal livre de nitrogênio e colocados em tubos de ensaio de 80 ml, nos quais foram adicionados 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, aproximadamente 2,0 g de mistura catalisadora composta de sulfato de potássio e 10% de sulfato de cobre. Os tubos com todo o material foram colocados em um bloco digestor da marca Tecnal mod. TE-040 instalado em uma capela, sendo a temperatura aumentada lentamente em 50 °C a cada uma hora, até atingir 450 °C, permanecendo nesta temperatura por um período superior a 4 horas, até a solução ficar incolor ou levemente azulada e o precipitado no fundo do frasco, quando houve ficou branco ou levemente cinza. Após a amostra ficar clara, aguardou-se mais 30 min, quando foi adicionado 1 grânulo de permanganato de potássio (KMNO), para testar se a digestão estava concluída. Conforme a metodologia utilizada, quando a cor roxa desaparece, indica que a digestão ainda não está completa, sendo necessário continuar até a finalização do processo quando for o caso.

Após a conclusão da digestão, as amostras foram transferidas para os tubos do destilador de nitrogênio, sendo feitas 4 lavagens com água destilada até completar 100 ml, adicionando-se 20 ml de hidróxido de sódio 1:1 p/v, em seguida, a destilação foi realizada em um destilador de nitrogênio da marca Tecnal mod. TE 0363. O destilado foi recolhido em um erlenmeyer de 125 ml, contendo 10 ml de uma solução de ácido bórico (H_3BO_3) 2%, mais 2 gotas de uma mistura de vermelho de metila e verde de bromocresol (2:1), fazendo a destilação até completar 50 ml. A titulação foi feita com ácido clorídrico 0,02 N padronizado, até o aparecimento da coloração róseo claro.

Toda a análise foi acompanhada de um ensaio em branco, utilizando na digestão o papel de pesagem, idêntico ao utilizado para as amostras, sendo a contribuição do branco utilizada nos cálculos dos resultados constante na equação (10).

$$\text{Proteína bruta (\%)} = \frac{(VTa - VTb) \times N \times fa \times 14 \times F \times 100}{PA} \quad (10)$$

em que:

VTa - volume do ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, ml;

VTb - volume do ácido clorídrico gasto na titulação do branco, ml;

N - normalidade do ácido clorídrico

fa - fator de diluição do ácido clorídrico;

F - fator 6,25

PA - massa da amostra, mg.

O fator 6,25 utilizado na equação é o resultado do cálculo $100 \div 16 = 6,25$, tendo em vista que no método descrito na AOAC (1995) é considerado que cada 100 g de proteína contém em média 16 g de nitrogênio, sendo, portanto, este fator considerado para os alimentos em geral, tais como, grãos (milho, soja e derivados), carnes, etc.

4.3.3.4 Determinação de lipídeos

Os níveis de lipídeos foram determinados pelo método de Soxhlet segundo IAL (2008), adaptado para o equipamento moderno (determinador de gordura Tecnal mod. TE-044-8/50,

com capacidade para 8 provas), sendo pesados cerca de 5 gramas de amostra seca em uma balança analítica com precisão de 0,0001 g, em seguida, colocada em cartucho feito com papel de filtro e tampado com algodão para evitar saída da amostra. O cartucho com a amostra foi colocado na cesta extratora conectado ao reboiler de 190 ml, no qual foram adicionados 100 ml de éter de petróleo, sendo conectados ao determinador. O refluxo com éter foi feito no sistema do equipamento durante 24 horas. Após o refluxo e a recuperação do éter, a gordura foi recolhida nos reboilers com peso previamente conhecido, os quais após da evaporação do restante do éter foram colocados em estufa a 105 °C até peso constante, sendo o cálculo feito com o auxílio da equação (11).

$$\text{Lipídeos (\%)} = \frac{(\text{Rg} - \text{Rv}) \times 100}{\text{PA}} \quad (11)$$

em que:

Rg - massa do Reboiler + gordura, g;

Rv - massa do Reboiler vazio, g;

PA - massa da amostra seca, g.

4.3.3.5 Determinação da fibra bruta

A determinação de fibra bruta foi realizada com o auxílio do Determinador de Fibra TE-149 da marca TECNAL, o qual permite analisar 30 amostras simultaneamente. A análise foi feita seguindo o método de Henneberg descrito em Ascar (1985), adaptado para o equipamento. O qual consiste em tratamentos sucessivos da amostra contida em saquinho de TNT (tecido não tecido) com gramatura de 100 g/m², com ácido sulfúrico 1,25% e hidróxido de sódio 1,25% diluídos a quente.

Para tanto, foram pesados 0,350 gramas de amostras (seca e desengordurada) em saquinhos previamente tarados e identificados a lápis, em seguida, foi feita a hidratação da amostra, para conseguir uma digestão homogênea de toda amostra. Depois da amostra hidratada, foi colocada no determinador de fibra, com dois litros de solução ácida (H₂SO₄) por 30 minutos. Essa extração ácida remove amidos, açúcares e parte da pectina e hemicelulose dos alimentos. Após extração ácida, realizaram-se cinco lavagens com água deionizada, e então foi feita a segunda extração com dois litros de solução básica (NaOH) por 30 minutos. A extração

com NaOH tem por objetivo retirar as proteínas, pectinas, hemicelulose restante e parte da lignina. Após extração, foi realizada a lavagem com água deionizada e, posteriormente, ao processo de digestão, os saquinhos, contendo os resíduos foram lavados com acetona, e deixados sobre papel absorvente até estarem bem secos para em seguida serem colocados em estufa de circulação de ar a 105 °C, onde ficaram por 4 horas.

O valor da fibra bruta foi obtido pela equação (12).

$$FB (\%) = \frac{(PD - Tara) \times 100}{PA \times FCUG} \quad (12)$$

em que:

FB (%) - percentagem de fibra bruta do alimento;

PD - massa do saquinho + fibra, g;

Tara - massa do saquinho vazio, g;

PA - massa da amostra, g.

FCUG – $100 / (100 - TA\% - G\%)$

FCUG - fator do Teor de Água e Gordura;

TA - teor de água%;

G - gordura%.

4.3.3.6 Determinação de cinza

A determinação de cinza foi realizada utilizando o método de incineração dupla como descrito em AOAC (1995), para tanto, um grama de amostras seca e desengorduradas foram colocados em cadinhos e pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g. No próximo passo, a queima prévia foi realizada com o bico de Bunsen, com a incineração final no forno mufla, sendo o aquecimento aumentado lentamente (de 50 em 50 graus) até atingir 550 °C, permanecendo assim por 24 horas. Depois de desligado o equipamento e a temperatura atingir 100 °C, os cadinhos foram retirados, esfriados em dessecador, pesados e os cálculos realizados com o auxílio da equação (13).

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{(P2 - P1) \times 100}{PA \times FCUG} \quad (13)$$

em que:

P1 - massa do cadinho, g;

P2 - massa do cadinho + cinza, g;

PA - massa da amostra, g;

FCUG - fator de correção da umidade e gordura.

4.3.3.7 Determinação de carboidratos e energia

O percentual de carboidratos total foi calculado pela diferença, segundo Lima et al. (2017) da seguinte maneira:

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100\% - (\%TA + \%lipídeos + \%proteínas + \%cinzas + \%fibras\ totais).$$

A Energia metabolizável (EM) estimada através dos fatores correspondentes aos valores fisiológicos padrões segundo Maynard et al. (1979) apud Sá & Fracalossi (2002), que são: 4 kcal g⁻¹ para proteínas e carboidratos digestíveis e 9 kcal g⁻¹ para lipídeos. Desta forma, a energia metabolizável (EM) foi calculada pela somatória dos produtos dos percentuais dos nutrientes, pelo fator correspondente a cada nutriente, da seguinte maneira:

EM = (Proteína x 4) + (Carboidratos x 4) + (Lipídeo x 9) e o resultado expresso em kcal 100g⁻¹ do alimento.

4.4 ETAPA III: FABRICAÇÃO DAS RAÇÕES E ARMAZENAGEM ACELERADA

4.4.1 Fabricação de quatro rações básicas para peixes onívoros e determinação de suas análises físico-químicas

Os dados das análises físico-químicas das farinhas foram utilizados para o cálculo do balanceamento das rações, utilizando o “Quadrado de Pearson”. Os ingredientes alternativos experimentais foram complementados com farinha de trigo para dar a consistência necessária

de formar os pellets e farelo de soja comercial para a ração atingir os níveis nutricionais adequado, com 36% de proteína bruta e energia digestível de 3000 kcal kg⁻¹, estando, portanto, dentro dos níveis ideais para peixes onívoros na idade juvenil, conforme trabalhos anteriores (SÁ e FRACALOSSI, 2002; BOSCOLO et al., 2006; DIETERICH et al., 2012).

A fabricação das rações foi realizada de forma artesanal, sendo as farinhas dos ingredientes pesadas e misturadas manualmente. Em seguida, a mistura foi umedecida até adquirir consistência adequada para formação de pellets, os quais, foram moldados com o auxílio de um moinho elétrico para carne adaptado para produzir a granulação adequada para peixes jovens (Figura 4.4). Em seguida, cada ração foi seca nas temperaturas: 40, 50 60 e 70 °C, utilizadas para a secagem dos ingredientes, sendo, portanto, fabricadas quatro rações denominadas R1, R2, R3 e R4 respectivamente.



Figura 4.4. Moedor adaptado (A), detalhe da adaptação para a peletização (B), farinhas dos resíduos para a mistura (C), mistura umedecida (D), peletização da ração (E), ração peletizada (F).

4.5 ARMAZENAMENTO: VIDA DE PRATELEIRA

4.5.1 Delineamento experimental e análise estatística

Para o estudo da vida de prateleira, as rações foram armazenadas na temperatura 45 °C para envelhecimento acelerado durante 60 dias. O experimento foi conduzido em um

Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com 36 tratamentos (4x3x3), sendo constituído de 4 tipos de ração (R1, R2, R3 e R4), 3 repetições (3 embalagens de cada ração) e 3 períodos de armazenamento (0 dia, 30 dias e 60 dias), sendo considerado como testemunha o período zero dia de armazenamento.

Para a análise estatística, a significância das diferenças encontradas entre as médias dos parâmetros analisados foi estimada por análise de variância (ANOVA), com emprego do teste post-hoc de Tukey com nível de significância ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sigma Stat®, versão trial 4.0 da Systat Software (SYSTAT SOFTWARE, 2016). Os valores foram expressos como média \pm SEM (erro padrão da média).

4.5.2 Condições de armazenamento

Após a fabricação, as rações foram embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 0,7 micrômetros de espessura, sendo feitos pacotes de 100 g e de 20 g de amostra. O armazenamento foi feito em um equipamento de Demanda Bioquímica de Oxigênio, com a temperatura aferida em 45 °C (Figura 4.5).

No equipamento foram armazenadas 108 embalagens de cada ração, sendo 36 de 100 g para análises físico-químicas, 36 de 20 g para análises microbiológicas e mais 36 de 20 g que ficaram armazenadas como reserva para suprir a perda acidental de alguma análise laboratorial.



Figura 4.5. Embalagens de rações na BOD durante o armazenamento.

4.5.3 Análises experimentais e vida de prateleira

Para avaliar a estabilidade da qualidade das rações durante o armazenamento, as análises foram realizadas no início considerado “zero dia” e depois a cada 30 dias, sendo retiradas de cada tipo de ração (R1, R2, R3 e R4): 3 embalagens de 100 g para as análises físico-químicas, 3 de 20 g para análises microbiológicas e mais 3 de 20 g que serviram de reserva para a eventual perda acidental de alguma análise. Todas as amostras foram guardadas em freezer a -30 °C, aguardando o momento de realização das análises laboratoriais.

4.5.4 Análises físico-químicas

Nos períodos de armazenamento, as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório do IFPE-*Campus* Barreiros para verificar a ocorrência de alterações na composição química nas rações durante os períodos de armazenamento.

4.5.5 Tipos de análises físico-químicas

As análises físico-químicas: teor de água, cinzas, lipídeos, proteína bruta, fibra bruta, carboidratos e energia foram realizadas conforme descritas no item 4.3.3.

O pH foi determinado conforme Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2008), para tanto foram pesadas 5 gramas de amostra em um béquer, sendo feita a diluição com 50 ml de água destilada. O conteúdo foi agitado até que as partículas ficaram uniformemente suspensas. A medida do pH foi determinada com equipamento eletrométrico previamente calibrado.

4.5.6 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram determinadas no Laboratório de Engenharia de Alimentos da UFCG, para verificar se ocorreria contaminação por bolores e leveduras durante o armazenamento. As análises foram determinadas de acordo com a Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2003).

4.5.7 Bolores e leveduras

Inicialmente, as placas foram preparadas na seguinte sequência: a) Fusão do ágar batata glicose 2%. b) Resfriamento em banho-maria até 46 - 48 °C. c) Acidificação do meio até pH 3,5 por meio da adição de 1,5 ml de solução de ácido tartárico 10% para cada 100 ml de meio. d) deposição nas placas cerca de 15 a 20 ml.

Quando as placas ficaram prontas, as amostras foram preparadas, pesando-se $25 \pm 0,2$ g da ração moída, a qual foi adicionada à 225 ml de solução salina peptonada 0,1% (diluição 10^{-1}) e homogeneizada. A inoculação foi feita com 0,1 ml da diluição em triplicata, sobre a superfície seca de ágar batata glicose 2% acidificado a pH 3,5. Este inóculo foi espalhado com bastão do tipo “hockey” sobre toda a superfície do meio, até a sua completa absorção. As placas foram incubadas a 25 ± 1 °C, por 7 dias, em incubadora de B.O.D. Em seguida, foram feitas as leituras das colônias e os resultados foram expressos em UFC g^{-1} da amostra analisada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ETAPA I

5.1 CINÉTICA DE SECAGEM E APLICAÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

Nas Figuras 5.1, 5.3 e 5.5 (A, B, C, D e E), encontram-se as curvas de secagem dos resíduos do abacaxi, sementes de acerola e semente de maracujá desengordurada, respectivamente, nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C. As curvas foram obtidas pela regressão não linear, utilizando as equações dos modelos matemáticos Fick (3) Page (4), Cavalcanti Mata (5), Henderson & Pabis (6), Midilli (7) e apresentadas na Tabela 4.1.

Segundo Park et al. (2014) as curvas de secagem expressam a redução do teor de água do produto durante o tempo de secagem (t), ou seja, o comportamento cinético representado pela curva de secagem expressa a saída da água do interior do produto em função do tempo e de acordo com as condições do ar de secagem (Temperatura e Umidade Relativa do ar, fluxo do ar de secagem e Teor de água inicial do produto). As Tabelas 5.1, 5.3 e 5.5 expressam essas condições, respectivamente, para os resíduos do abacaxi, acerola e maracujá.

Nas Tabelas 5.2, 5.4 e 5.6, encontram-se os resultados das cinéticas de secagem dos resíduos de abacaxi, sementes de acerola e de semente de maracujá desengorduradas, com os respectivos valores dos parâmetros de ajustes determinados através das equações referentes aos modelos matemáticos dispostos na Tabela 4.1.

Nas equações estudadas, o Modelo de Fick é um modelo teórico onde em seu fundamento permite determinar a difusividade de massa, contudo, a equação é uma série infinita e devido dar praticidade ao seu emprego, utiliza-se o primeiro termo da série ou no máximo 6 termos, contudo, neste trabalho, utilizou-se apenas o primeiro termo da série. De acordo com Araujo et al. (2017), o parâmetro “k” do Modelo de Page é a “constante de secagem” que representa as condições externas de secagem, sendo usada como uma aproximação para identificar o efeito da temperatura, estando relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem no tempo decrescente. Corrêa et al. (2010) afirmaram que esta constante “k” aumenta em valores absolutos, com a elevação da temperatura. Segundo Araújo et al. (2017), esse parâmetro (k) está relacionado com a velocidade de secagem, a qual depende diretamente da difusividade efetiva do vapor d’água durante o processo, sendo que, essa variação da difusividade efetiva em função da temperatura de secagem é comumente descrita pelo modelo

de Arrhenius. Com relação ao Modelo de Cavalcanti Mata, este tem uma expressão que deriva do Modelo de Fick para 2 termos da série realizando algumas considerações. Os parâmetros “a” e “b” da equação do modelo Midilli e Henderson & Pabis estão mais relacionados aos ajustes matemáticos do que aos fenômenos de secagem, porque se trata de um modelo empírico (MIDILLI et al., 2002 apud GONELI et al., 2014a).

5.1.1 Secagem dos resíduos do abacaxi

Na Tabela 5.1, constam os teores de água inicial e final (%) e os tempos de secagem (min), para realização da secagem dos resíduos do abacaxi em camada fina nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C.

Tabela 5.1. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min) dos resíduos do abacaxi desidratados nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C)

<i>Temperatura</i>	Teores de água (%)		Tempo de secagem (min)
	Inicial (b.u.)	Final (b.s.)	
40 °C	87,91	7,18	1095
50 °C	88,75	5,07	975
60 °C	87,25	4,40	795
70 °C	86,77	2,92	735

Constata-se na Tabela 5.1, que os teores de água inicial dos resíduos de abacaxi variaram entre 86,77 a 88,75% b.u. Os tempos de secagem nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C foram respectivamente de 1095, 975, 795 e 735 minutos e os teores de água final foram correspondentes a 7,18; 5,07; 4,40 e 2,92% (b.u.), observou-se que tanto o tempo de secagem quanto os teores de água final dos resíduos reduziram à medida que foi incrementada a temperatura do ar de secagem até atingirem o teor de água de equilíbrio.

O comportamento do processo de secagem relacionado com a redução do teor de água em função do aumento da temperatura tem sido observado por alguns autores em diversos produtos de origem agrícola, como por exemplo: folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar) estudadas por Martins et al. (2015), cascas de mulungu (*Erythrina velutina*) por Martins et al.

(2014), folhas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) por Goneli et al. (2014a). Por outro lado, o tempo necessário para completar o processo de desidratação também reduz significativamente à medida que é aumentada a temperatura do ar de secagem (SILVA et al., 2014b).

Segundo Corrêa et al. (2010), este fato é esperado, porque nos processos de secagem de produtos de origem agrícola, com a elevação da temperatura a viscosidade da água diminui, influenciando diretamente na resistência interna de escoamento do fluido, o que vai facilitar a difusão das moléculas de água nos capilares do produto. Este fenômeno foi observado por Santos et al. (2013b) durante a secagem da farinha residual do urucum (*Bixa orellana* L.), processada a 40, 50, 60 e 70 °C, que resultou nos tempos de secagem de 1140, 420, 135 e 70 minutos respectivamente, enquanto o teor de água inicial de 18,32% (b.u.) diminuiu, atingindo o equilíbrio com 4,87% (b.u.). Araujo et al. (2017) processaram frutos do amendoim (cultivar IAC 505) a 40, 50, 60 e 70 °C, encontrando os tempos de secagem de 36,8; 23,5; 13,1 e 11,8 horas respectivamente, quando atingiram o teor de água médio de 4,0% (b.s.).

Alexandre et al. (2013) realizaram a desidratação de cascas de abacaxi (*Ananas comosus* L.) com a velocidade do ar de secagem 0,8; 1,3 e 1,8 m s⁻¹ em 40, 50 e 60 °C, os tempos de secagem foram 210, 180 e 150 minutos respectivamente, os autores concluíram que o aumento da temperatura foi a variável que influenciou significativamente no processo de desidratação e não a velocidade do ar de secagem. Nunes et al. (2017) verificaram que na desidratação do co-produto de abacaxi (*Ananas comosus* L.) a 50, 60 e 70 °C, os tempos de secagem foram 600, 420 e 300 minutos, os teores de água de equilíbrio foram respectivamente 9,25; 7,12 e 5,41%, sendo, portanto, inverso ao acréscimo da temperatura. Leite et al. (2017) realizaram a desidratação de cascas de abacaxi contendo o teor de água inicial de 87,73% (b.u.) a 75 e 85 °C, os tempos de secagem foram de 490 e 330 minutos respectivamente, os teores de água de equilíbrio foram 10,67 e 9,05% respectivamente. Esses resultados indicaram que durante a secagem, à medida que a temperatura é elevada, ocorre maior remoção de água do produto além da redução do tempo de secagem, permitindo que os resíduos do abacaxi atingissem mais rapidamente o teor de água de equilíbrio.

Observou-se que os resultados encontrados neste trabalho divergem em parte dos encontrados por outros autores, isso pode estar relacionado as características particulares de cada produto. Para Diógenes et al. (2013) e Goneli et al. (2014b), em relação a secagem de produtos agrícolas, os resultados referentes ao tempo de secagem e teor de água de equilíbrio

podem estar relacionados com: condições hídricas da região de cultivo, características físico-químicas da variedade das espécies e o método de manuseio empregado no processamento.

O resíduo do abacaxi processado, no presente trabalho, foi submetido a um processamento diferente dos trabalhos citados pelos autores acima, envolvendo a higienização numa sequência de quatro diferentes submersões em água: clorada, aquecida, gelada e a lavagem em água corrente, seguida da drenagem por gravidade. Este procedimento pode ter contribuído para a pequena divergência verificada no tempo de secagem, quando comparado aos trabalhos acima relatados.

Na Figura 5.1 (A, B, C, D e E), estão apresentadas as curvas de secagem dos resíduos de abacaxi, ajustadas pelos modelos de Page (4), Henderson & Pabis (6), Cavalcanti Mata (5), Midilli (7) e Fick (3).

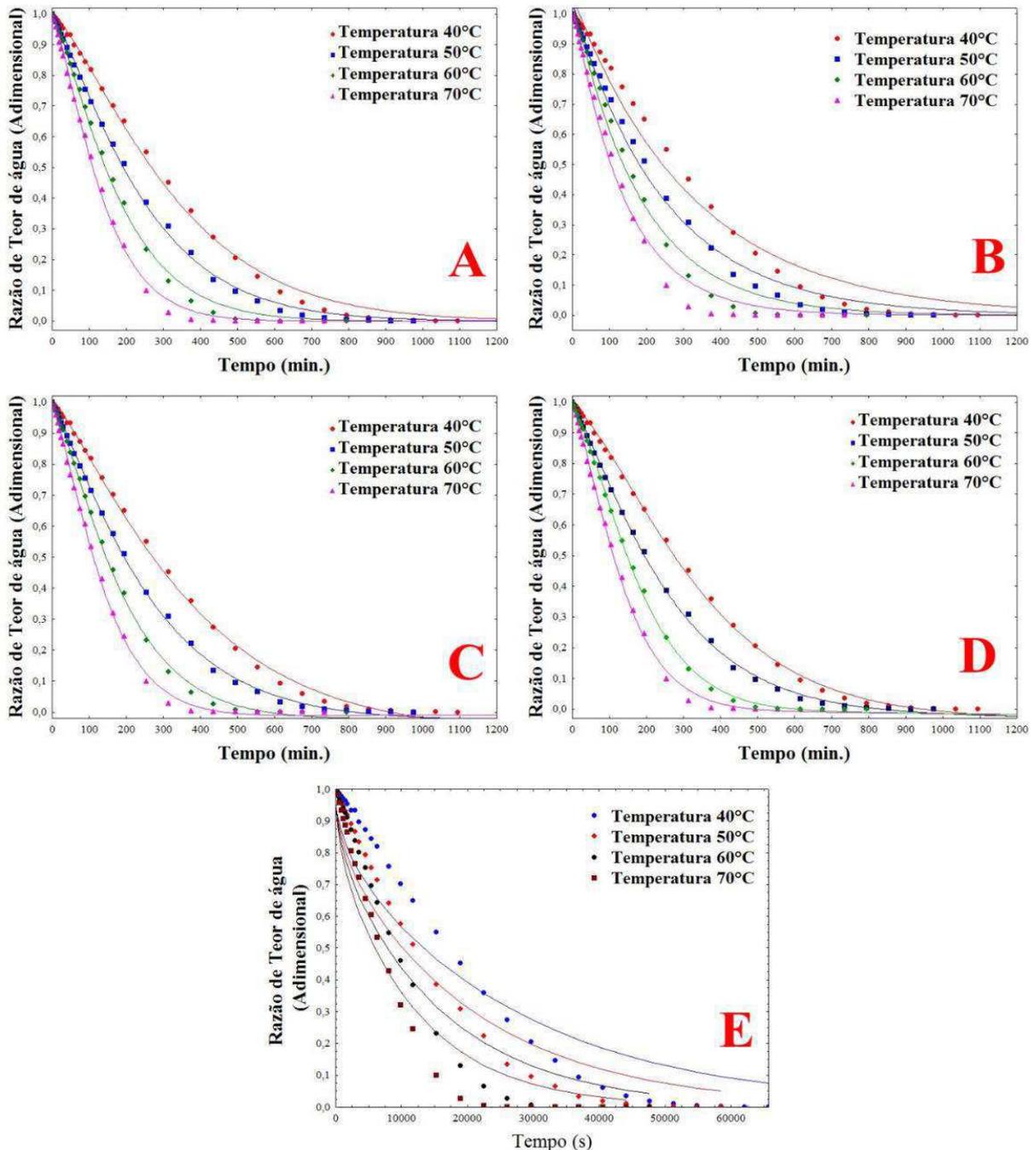


Figura 5.1. Modelos: (A) Page; (B) Henderson & Pabis; (C) Cavalcanti Mata; (D) Midilli; (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem do resíduo de abacaxi.

As curvas de secagem refletiram a influência do aumento da temperatura na redução gradativa dos tempos de desidratação. Este efeito ocorreu porque, quando se aquece o ar de secagem, a umidade relativa do ar é diminuída, desta forma, a saída do teor de água do interior do produto é mais rápida observando-se que este fenômeno também ocorre no início do processo, diminuindo exponencialmente à medida que aumenta o tempo de secagem. Pela observação do alinhamento dos pontos sobre as curvas de secagem, percebeu-se que todos os

modelos estudados atingiram grau satisfatório de ajuste aos dados experimentais, com exceção do modelo Fick considerando o 1º termo da série.

Observações idênticas têm sido feitas por vários pesquisadores, em trabalhos de secagem com produtos diversos, como por exemplo: Santos et al. (2013b) com farinha residual de uruncum (*Bixa orellana* L.); Martins et al. (2014) cascas de mulungu (*Erythrina velutina*); Goneli et al. (2014a) folhas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi); Silva et al. (2014b) grãos de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.); Diógenes et al. (2013) grãos de abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne) variedade jacarezinho; Leite et al. (2017) cascas de abacaxi, todos relataram a relação entre a velocidade de retirada da água, relacionada com o incremento da temperatura e a redução da taxa de líquido removida durante o avanço do tempo gasto no processo de secagem.

Resultados similares ao deste trabalho foram observados por Souza et al. (2015) nas curvas de secagem de folhas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) com teor de água inicial de 58% (b.u.) em camada delgada, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidades do ar de 0,5; 1,0 e 1,5 m s⁻¹, utilizando os mesmos modelos que foram utilizados, neste trabalho, exceto o de Fick, que representaram bem os dados com excelente ajuste durante a evolução do processo de desidratação.

Comportamento semelhante também foi descrito por Martins et al. (2014), durante a secagem de cascas de mulungu, com teor de água inicial de 62,5% (b.u.) nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e a velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹, quando observaram que a taxa de remoção de água, foi mais rápida no início, sendo reduzida à medida que aumentava o tempo de desidratação do produto. Alexandre et al. (2013) encontraram resultados semelhantes quando realizaram a secagem do resíduo de abacaxi enriquecido com leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), em camada delgada de 12 mm de espessura, nas temperaturas 40, 50 e 60 °C com as velocidade do ar de secagem de 0,8; 1,3 e 1,8 m s⁻¹.

Na Tabela 5.2, constam os valores estatísticos referentes aos coeficientes de determinação (R²) e o desvio quadrático médio (DQM), para os modelos matemáticos ajustados aos dados dos resíduos do abacaxi, submetidos à cinética de secagem nas temperaturas experimentais.

Com os resultados obtidos, observa-se que os modelos matemáticos obtidos por regressão não linear expressam razoavelmente os dados experimentais da cinética de secagem dos resíduos do abacaxi em camada fina, considerando-se as diferentes temperaturas do ar de

secagem avaliadas, com seus respectivos coeficientes de correlação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM). De acordo com esses resultados, apenas o modelo de Fick utilizando o 1º termo da série não apresentou valores de R^2 iguais ou superiores a 0,99 para todas as temperaturas avaliadas, indicando menor representação quando comparado com os demais modelos analisados.

Tabela 5.2. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem do resíduo do abacaxi nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelos		Parâmetro de ajuste						R²	DQM
Page	k	n	-	-	-	-			
40 °C	0,0004	1,3156	-	-	-	-	0,9978	1,36x10 ⁻³	
50 °C	0,0011	1,2259	-	-	-	-	0,9988	1,08x10 ⁻³	
60 °C	0,0014	1,2493	-	-	-	-	0,9981	1,0x10 ⁻³	
70 °C	0,0017	1,2850	-	-	-	-	0,9981	1,17x10 ⁻³	
Henderson & Pabis	a	k	-	-	-	-	R²	DQM	
40 °C	1,0596	0,0031	-	-	-	-	0,9851	2,11x10 ⁻³	
50 °C	1,0397	0,0040	-	-	-	-	0,9934	1,65x10 ⁻³	
60 °C	1,0607	0,0055	-	-	-	-	0,9892	2,05x10 ⁻³	
70 °C	1,0513	0,0071	-	-	-	-	0,9909	1,86x10 ⁻³	
Cavalcanti Mata	a₁	k₁	n₁	a₂	n₂	a₃	R²	DQM	
40 °C	0,5338	0,0007	1,2286	0,5337	1,2286	-0,0625	0,9986	1,20x10 ⁻⁴	
50 °C	0,5088	0,0012	1,1971	0,5088	1,1971	-0,0261	0,9995	1,52x10 ⁻⁵	
60 °C	0,5126	0,0013	1,2550	0,5126	1,2550	-0,0222	0,9990	1,29x10 ⁻⁴	
70 °C	-0,9445	0,0014	0,3552	1,0047	1,3121	0,9199	0,9988	3,91x10 ⁻⁵	
Midilli	a	k	n	b	-	-	R²	DQM	
40 °C	0,9884	0,0093	1,0182	-0,000024			0,9996	3,54x10 ⁻⁵	
50 °C	0,9937	0,0103	1,0824	-0,000021			0,9997	4,12x10 ⁻⁵	
60 °C	0,9912	0,0158	1,0308	-0,000023			0,9996	1,18x10 ⁻⁴	
70 °C	0,9913	0,0161	1,0762	-0,000015			0,9993	1,64x10 ⁻⁴	
Fick	Difusividade Térmica (mm² s⁻¹)			Difusividade Térmica (m² s⁻¹)			R²	DQM	
40°C	0,000369			3,68875x10 ⁻¹⁰			0,9564	6,00x10 ⁻³	
50°C	0,000483			4,82768x10 ⁻¹⁰			0,9694	4,70x10 ⁻³	
60°C	0,000625			6,25137x10 ⁻¹⁰			0,9615	5,20x10 ⁻³	
70°C	0,000823			8,23344x10 ⁻¹⁰			0,9680	4,30x10 ⁻³	
Energia de ativação				24,2127 kJ mol⁻¹					

Os ajustes dos modelos, no presente trabalho, foram equivalentes aos encontrados por Souza (2013) na cinética de secagem da torta de mamona tratada com hidróxido de cálcio nas concentrações de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0%, nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90°C, em camada fina, resultando nos valores dos coeficientes de determinação R^2 superiores a 0,99 e os desvios médios inferiores a 10%.

Souza et al. (2015) trabalharam a secagem de juazeiro (*Zizhipus joazeiro* Mart), com teor de água inicial de 58% (b.u.) em camada delgada, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidades do ar de 0,5; 1,0 e 1,5 m s⁻¹, utilizando dez modelos matemáticos, entre eles, Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Midilli e Page, o coeficiente de determinação (R^2) obtido foi superior a 0,97, considerando os valores destes coeficientes, o melhor ajuste foi atribuído ao modelo Midilli com (R^2) maior que 0,99.

Entretanto, de acordo com Goneli et al. (2014a) em processos de secagem, apenas a utilização do coeficiente de determinação (R^2) não constitui um bom critério de avaliação para a seleção de modelos matemáticos não lineares, sendo, portanto, necessário uma análise conjunta de outros parâmetros estatísticos. Segundo Martins et al. (2014), nestes casos os dados de DQM podem ser considerados para complementar o critério de avaliação.

No presente trabalho, durante a secagem dos resíduos do abacaxi, observou-se que todos os modelos atingiram alto grau de ajuste com valores de DQM, iguais ou menores do que $6,00 \times 10^{-3}$, porém os Modelos de Cavalcanti Mata e Midilli destacaram-se, pois os valores de DQM foram iguais ou menores do que $1,64 \times 10^{-4}$. Assim, pôde-se verificar que os modelos mais representativos para a secagem dos resíduos do abacaxi foram os Modelos de Cavalcanti Mata e de Midilli (Tabela 5.2). A superioridade das equações matemáticas não lineares pode ser atribuída ao maior número de parâmetros de ajustes e sua conceituação físico-matemática (MIDILLI et al., 2002 apud MENDONÇA et al., 2015).

Em relação a constante de secagem “k” constatou-se que em todos os modelos utilizados neste trabalho, o parâmetro aumentou conforme foi elevada a temperatura do ar de secagem em todas as temperaturas experimentais (40, 50, 60 e 70 °C). Para Martins et al. (2015), o parâmetro “k” pode ser usado como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura, relacionado com a difusividade efetiva do processo de secagem no período decrescente, controlando a difusão durante o processo de desidratação.

Resultados semelhantes aos encontrados, neste trabalho, foram observados na desidratação de folhas de aroeira nas mesmas temperaturas do ar de secagem entre 40 a 70 °C realizada por Goneli et al. ((2014a) e também por Martins et al. (2014) para a secagem de cascas de mulungu em camada fina nas mesmas temperaturas de secagem.

Segundo Mendonça et al. (2015), o parâmetro “n” possui um efeito de moderação no tempo de secagem, corrigindo os prováveis erros de negligência da resistência interna para o transporte de água. Martins et al. (2015) observaram que os valores de “n” aumentaram conforme incrementou-se a temperatura do ar de secagem para as folhas de timbó, avaliando o ajuste do modelo Midilli. Nesta pesquisa, o parâmetro “n” apresentou tendência de aumento com a elevação da temperatura, diferindo para o modelo Page a 40 °C e Midilli a 50 °C, o mesmo comportamento foi analisado no modelo Cavalcanti Mata para o parâmetro (n_2) a 50 °C (Tabela 5.2).

Os parâmetros “a” e “b” determinados nesta pesquisa não apresentaram uma tendência definida para todos os modelos. Os mesmos resultados foram encontrados para a cinética de secagem de folhas de timbó (MARTINS et al., 2015). Comportamento semelhante ocorreu com as folhas de aroeira que não apresentaram tendência definida para estes parâmetros “a” e “b”, os autores relataram que estas variáveis estão mais relacionadas com ajustes matemáticos do que com fenômenos de secagem (GONELI et al., 2014a).

Na Tabela 5.2, também estão apresentados os coeficientes de difusividade térmica estimados pela equação de Fick, para os resíduos do abacaxi desidratados nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, que foram respectivamente $3,68875 \times 10^{-10}$; $4,82768 \times 10^{-10}$; $6,25137 \times 10^{-10}$ e $8,23344 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Na Figura 5.2, consta a representação do coeficiente de difusão efetivo para as diferentes temperaturas do ar de secagem do resíduo do abacaxi. A partir dos dados da linearização dos valores da difusão e da curva ajustada para equação de Arrhenius obteve-se a energia de ativação neste processo de secagem no valor $24,21 \text{ kJ mol}^{-1}$. Os resultados demonstram que à medida que foi elevada a temperatura do ar de secagem aumentou a difusividade efetiva.

Resultados semelhantes foram observados por Goneli et al. (2014a) quando estudaram a secagem de folhas de aroeira nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C encontraram os coeficientes de difusividade efetiva $0,1476 \times 10^{-10}$; $0,3265 \times 10^{-10}$; $1,1429 \times 10^{-10}$ e $1,5811 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, respectivamente, com o valor da energia de ativação calculado pela equação de Arrhenius $74,96 \text{ kJ mol}^{-1}$, os autores também observaram que a difusividade efetiva aumentou com a elevação da temperatura, sendo maior a 70 °C.

Martins et al. (2015) também observaram durante a secagem de folhas de timbó a 40, 50, 60 e 70 °C, os valores dos coeficientes de difusividade térmica nos valores de $0,6630 \times 10^{-11}$; $5,1229 \times 10^{-11}$; $7,0289 \times 10^{-11}$ e $12,0712 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, constatando o valor mais elevado

também para a temperatura 70 °C, a energia de ativação calculada pela equação de Arrhenius foi 81,39 kJ mol⁻¹.

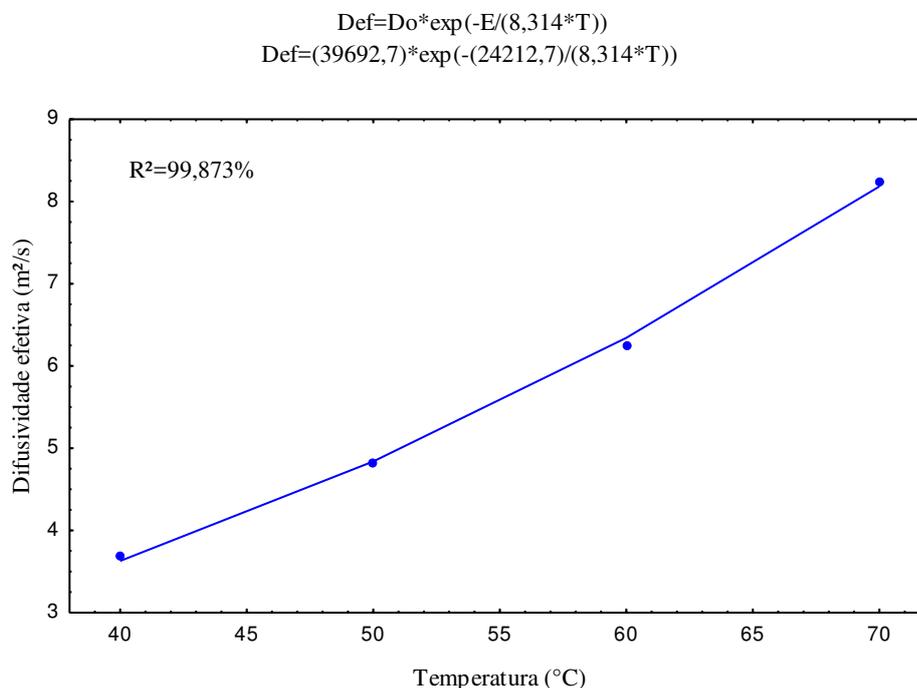


Figura 5.2. Valores médios do coeficiente de difusão (m² s⁻¹) obtidos para a secagem do resíduo de abacaxi nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Segundo Madamba et al. (1996), os valores do coeficiente de difusão efetivo para a secagem de produtos agrícolas oscilam entre 10⁻⁹ m² s⁻¹ a 10⁻¹¹ m² s⁻¹. Para Zogzas et al. (1996) a energia de ativação para produtos agrícolas varia entre 12,7 kJ mol⁻¹ a 110 kJ mol⁻¹, desta forma, a energia de ativação calculada para o resíduo do abacaxi, neste trabalho, está dentro da faixa proposta pelos autores acima citados.

5.1.2 Secagem da semente de acerola

Na Tabela 5.3, contam os teores de água (inicial e final), com os respectivos tempos (min) gastos nas cinéticas de secagem realizadas pelo método da estufa, com sementes de acerola em camada fina nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C.

De acordo com a Tabela 5.3, os teores de água na semente de acerola no início do processo se encontravam entre 82,02 a 82,27% base úmida (b.u.). A duração da secagem foi de 975, 615, 495 e 375 minutos e os teores de água final foram 4,71; 2,81; 2,08 e 0,71% base

úmida (b.u.) respectivamente, observou-se que tanto o tempo necessário para a desidratação quanto os teores de água final das sementes diminuíram à medida que aumentou a temperatura do ar de secagem, mostrando que o produto atingiu a condição de equilíbrio mais rápida com a elevação da temperatura.

Tabela 5.3. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min) para as sementes de acerola desidratadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C)

<i>Temperatura</i>	Teores de água (%)		Tempo de secagem (min)
	Inicial (b.u.)	Final (b.u.)	
40 °C	82,02	4,71	975
50 °C	82,45	2,81	615
60 °C	82,27	2,08	495
70 °C	82,48	0,71	375

Resultados equivalentes têm sido encontrados na literatura por diversos autores, entre esses, Diógenes et al. (2013) observaram que para a secagem dos grãos de abóbora nas temperaturas 40, 50, 60, 70 e 80 °C foram necessários, respectivamente, 1260, 1230, 1110, 960 e 735 minutos para reduzir o teor de água inicial de 24,79% até os diferentes teores de água correspondentes as condições de equilíbrio dos processos de secagem.

Trabalho semelhante foi realizado por Santos et al. (2013) que secaram farinha de grãos de urucum com teor de água inicial de 18,32%(b.s), nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C e necessitaram de 1140, 420, 135 e 70 minutos respectivamente, para atingir os teores de água de equilíbrio respectivos de 4,87; 5,12; 2,28 e 0,76% (b.s).

Segundo Diógenes et al. (2013), estas diferenças observadas nos tempos e resultados finais da secagem podem estar relacionadas com as características físico-química dos produtos, variedade das espécies, condições climáticas e de cultivo.

A Figura 5.3 (A, B, C, D e E) representa as curvas de secagem das sementes de acerola nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, ajustadas pelos modelos matemáticos não lineares Page (4), Henderson & Pabis (6), Cavalcanti Mata (5), Midilli (7) e Fick (3) descritos na Tabela 4.1, com os pontos experimentais plotados em função do teor de água adimensional e o tempo de secagem em minutos.

A observação visual das curvas de secagem, demonstra que todos os modelos analisados representaram bem os dados experimentais com alta tolerância de confiabilidade, porém o alinhamento dos pontos distribuídos sobre as curvas de secagem (A, C e D) demonstra um minucioso grau de ajuste, obtido pelos modelos Page, Cavalcanti Mata e Midilli.

Resultados similares foram observados por Souza (2013) na secagem da torna de mamona com excelente grau de ajuste nas curvas de secagem descritas pelos modelos matemáticos Page, Henderson, Midili e Cavalcanti Mata.

Para a secagem de sementes de andiroba, a melhor representação foi descrita pelo modelo Midilli (MENDONÇA et al., 2015). O mesmo desempenho foi atribuído ao ajuste do Midilli na secagem do feijão-caupi (CAMICIA et al., 2015).

Estes resultados revelam uma correlação entre a temperatura e a velocidade da remoção de água, que é acelerada nas maiores temperaturas, conforme foi relatado em pesquisas anteriores (SANTOS et al., 2013b). Esta observação também foi apresentada por Souza (2013) quando observou a posição dos pontos plotados nas curvas, demonstrando a influência da temperatura na desidratação da torta de mamona, com maior retirada de água no início do processo e a redução gradativa à medida que se aumenta o tempo de secagem.

Nas curvas da Figura 5.3, observa-se que na desidratação da semente de acerola o teor de água adimensional demorou mais tempo, para chegar ao equilíbrio nas menores temperaturas do que nas maiores. Segundo Goneli et al. (2014b), este fenômeno pode ocorrer devido a maior pressão de vapor interna nas sementes, provocada pela elevação da temperatura de secagem, que proporciona a saída de maior número de moléculas de água do interior do produto, permitindo que o ar de secagem absorva maior volume de vapor d'água.

Na Tabela 5.4, estão os valores estatísticos com os coeficientes de determinação (R^2), desvios do quadrado médio (DQM) e das constantes de secagem (k) e dos parâmetros independentes, calculados para os ajustes das equações dos modelos matemáticos não lineares (Tabela 4.1). Estes parâmetros refletem os valores da razão do teor de água adimensional ao longo do tempo de secagem das sementes de acerola em camada fina para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Observa-se nessa tabela que a constante “k” aumenta de acordo com a elevação da temperatura para todos os modelos avaliados.

Resultados semelhantes foram observados por Diógenes et al. (2013) no ajuste dos modelos (Page, Aproximação da difusão, Henderson & Pabis e Logarítmico), aos dados da

cinética dos grãos de abóbora, onde a constante “k” aumentou com incremento da temperatura de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e a velocidade média do ar de secagem de 1,0 m s⁻¹.

Segundo Corrêa et al. (2007), este efeito já era esperado porque a constante (k) representa o efeito de condições externas a secagem. Dessa forma, no ajuste dos modelos não lineares, ela aumenta em valores absolutos com o incremento da temperatura, uma vez que, quanto maior o calor, maior a taxa de perda de água, reduzindo o tempo do processo, assim, o produto atinge de forma mais rápida o teor de água de equilíbrio (CORRÊA et al., 2010). Dentro do exposto, a desidratação do produto é função da temperatura e da vazão do ar, podendo ser bem representada pela constante “k” em equações não lineares (GUEDES & FARIA, 2000).

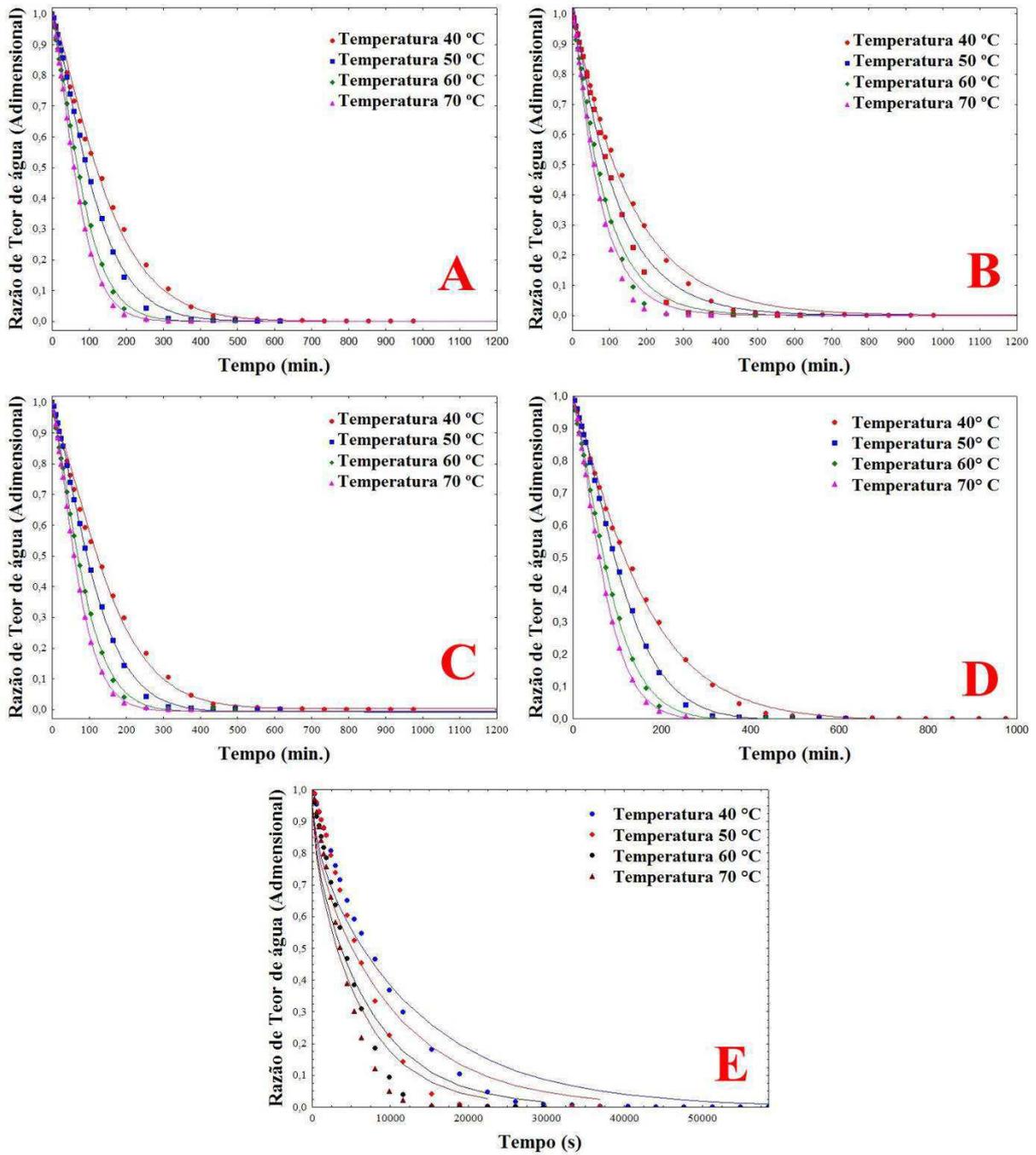


Figura 5.3. Modelos: (A) Page; (B) Henderson & Pabis; (C) Cavalcanti Mata, (D) Midli e (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de acerola.

Tabela 5.4. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem de sementes da acerola nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelos		Parâmetro de ajuste						R²	DQM
Page	k	n	-	-	-	-			
40 °C	0,0015	1,2842	-	-	-	-	0,9973	6,32x10 ⁻⁴	
50 °C	0,0020	1,2918	-	-	-	-	0,9990	7,23x10 ⁻⁴	
60 °C	0,0025	1,3305	-	-	-	-	0,9984	1,10x10 ⁻³	
70 °C	0,0030	1,3330	-	-	-	-	0,9974	5,51x10 ⁻⁴	
Henderson & Pabis		a	k	-	-	-	R²	DQM	
40 °C	1,0303	0,0064	-	-	-	-	0,9973	1,10x10 ⁻³	
50 °C	1,0680	0,0085	-	-	-	-	0,9904	1,81x10 ⁻³	
60 °C	1,0525	0,0114	-	-	-	-	0,9904	1,70x10 ⁻³	
70 °C	1,0705	0,0136	-	-	-	-	0,9898	1,70x10 ⁻³	
Cavalcanti Mata		a₁	k₁	n₁	a₂	n₂	a₃	R²	DQM
40 °C	0,4743	0,0008	1,3949	0,4743	1,3949	0,0030	0,9973	1,64x10 ⁻⁵	
50 °C	0,1799	0,0014	1,3534	0,8203	1,3568	-0,0077	0,9996	1,84x10 ⁻⁵	
60 °C	0,4901	0,0021	1,3557	0,4901	1,3557	-0,0065	0,9992	2,71x10 ⁻⁵	
70 °C	0,4978	0,0027	1,3530	0,4978	1,3530	-0,0052	0,9997	2,61x10 ⁻⁵	
Midilli	a	k	n	b	-	-	R²	DQM	
40 °C	0,9603	0,0011	1,3329	0,000000			0,9991	3,47x10 ⁻⁵	
50 °C	0,9892	0,0013	1,3802	-0,000010			0,9998	5,93x10 ⁻⁵	
60 °C	0,9748	0,0021	1,3602	-0,000010			0,9996	1,78x10 ⁻⁴	
70 °C	0,9895	0,0027	1,3620	-0,000011			0,9999	5,65x10 ⁻⁵	
Fick	Difusividade Térmica (mm² s⁻¹)		Difusividade Térmica (m² s⁻¹)			R²	DQM		
40°C	0,000758		7,58372x10 ⁻¹⁰			0,9801	2,90x10 ⁻³		
50°C	0,000962		9,61507x10 ⁻¹⁰			0,9626	5,20x10 ⁻³		
60°C	0,001329		13,28900x10 ⁻¹⁰			0,9671	4,30x10 ⁻³		
70°C	0,001554		15,54320x10 ⁻¹⁰			0,9603	5,20x10 ⁻³		
Energia de ativação			21,58268 kJ mol⁻¹						

A constante “n” também aumentou com a elevação da temperatura no ajuste de Page, porém, no Midilli ficou fora desta correlação apenas na temperatura 50 °C. Comportamento inverso ocorreu no modelo Cavalcanti Mata, em relação as constantes “n₁ e n₂” que apresentaram diminuição com a elevação da temperatura, exceto para “n₁” que em 60 °C ficou fora da correlação.

O aumento da constante “n” acompanhando o incremento da temperatura foi observado nas equações de Page e Midilli, para as secagens a 40, 50, 60 e 70 °C da farinha de grãos de urucum realizada por Santos et al. (2013b), resultados equivalentes foram observados na desidratação de cascas de mulungu (MARTINS et al., 2014). Quando Diódenes et al. (2013) ajustaram o modelo Page aos dados dos grãos de abóbora os valores de “n” ficaram sem uma correlação definida. Neste contexto, Corrêa et al. (2007) relataram que a constante “n” reflete a resistência interna do produto a secagem, assim, quanto maior o valor da constante maior a resistência do produto à perda de água.

Os parâmetros “a” e “b” do modelo Midilli não apresentaram uma tendência definida em relação ao aumento da temperatura (Tabela 5.2). Resultados similares foram observados na secagem de folhas de aroeira a 40, 50, 60 e 70° C (GONELI et al. (2014a). Segundo Leite et al. (2015), os parâmetros “a e b” do modelo Midilli não possuem significado físico. Conforme já relatado anteriormente, as variações dos parâmetros “a e b” estão mais relacionados a ajustes matemáticos dos fenômenos de secagem, devido ser um modelo empírico (MIDILI et al., 2002 apud GONELI et al., 2014a).

De acordo com os valores expressos na Tabela 5.4, os coeficientes de determinação R² indicaram que para a secagem das sementes de acerola os modelos que mais se adequaram aos dados experimentais foram Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata e Midilli, que apresentaram R² maiores ou iguais a 0,99, porém os melhores ajustes foram encontrados nos modelos de Cavalcanti Mata e Midilli com valores de R² maiores que 0,99 seguidos pelos valores de DQM, onde para Cavalcanti Mata os valores de DQM estão entre 1,64 x 10⁻⁵ a 2,71 x 10⁻⁵, enquanto o DQM para Midilli ficou entre 3,47 x 10⁻⁵ a 1,78 x 10⁻⁴. Entretanto, apesar disso, todos os modelos avaliados apresentaram elevados níveis de confiabilidade.

Na secagem de torta de mamona (*Ricinus communis* L.) a 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C, foram analisados os mesmos modelos deste trabalho, os valores de R² foram superiores a 99% e os desvios médios inferiores a 10%, entretanto, entre os modelos utilizados o de Cavalcanti

Mata foi o mais representativo com R^2 maior que 99,6% e os desvios médios estimados inferiores a 5% (SOUZA, 2013).

Na desidratação de pimentas bode (*Capsicum chinense* L. Jacquin) a 30, 35 e 40 °C, Rodvalho et al. (2015) analisaram 10 modelos, e dentre esses os mesmos utilizados, neste trabalho, e obtiveram valores de R^2 , entre 99,1 a 99,8% e o erro médio estimado entre 0,0003 a 0,0358, e apesar de todos os modelos apresentarem elevado grau de ajuste, os autores concluíram que o modelo Cavalcanti Mata foi o que melhor expressou os dados experimentais e, portanto, deve ser o recomendado para representar a cinética de secagem da pimenta bode, por apresentar coeficiente de determinação (R^2) de 99,6 a 99,8% e o erro médio estimado entre 0,0003 e 0,0005.

Melo et al. (2013) realizaram a secagem de polpa de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C e utilizaram os modelos Matemáticos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata para representar os dados experimentais e observaram que todos podem representar a secagem do produto, pelos coeficientes de determinação superiores a 0,98 e DQM inferiores a 0,004, porém o destaque foi atribuído ao Modelo de Cavalcanti Mata como sendo o mais representativo para expressar a secagem da polpa de mandacaru.

A recomendação de modelos matemáticos para determinados produtos estão relacionados com as condições de secagem, e os dados obtidos através de experimentos laboratoriais baseados em condições externas, como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem que atuam no produto e se convertem na dinâmica da razão do teor de água do produto em função do tempo para condição específica. Dessa forma, um mesmo produto submetido a diferentes temperaturas do ar de secagem e diferentes teores de água inicial podem proporcionar ajustes diferentes para modelos diferentes, tendo como consequência coeficientes de determinação (R^2) diferentes, mas que devem estar próximo da unidade e erro médio inferior a 10% (RODOVALHO et al., 2015).

Na Tabela 5.4, constam os valores da difusividade efetiva (D_{ef}) determinada pelo modelo Fick para as sementes de acerola que variaram de $7,5837 \times 10^{-10}$ a $15,5432 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. A Figura 5.4, expressa o comportamento do coeficiente de difusão líquida relacionado com a temperatura do ar de secagem das sementes de acerola. Com os dados de linearização dos valores de difusividade e da curva ajustada pela relação de Arrhenius é calculada a energia de ativação que se encontra no valor de $21,58 \text{ kJ mol}^{-1}$ para a secagem das sementes de acerola.

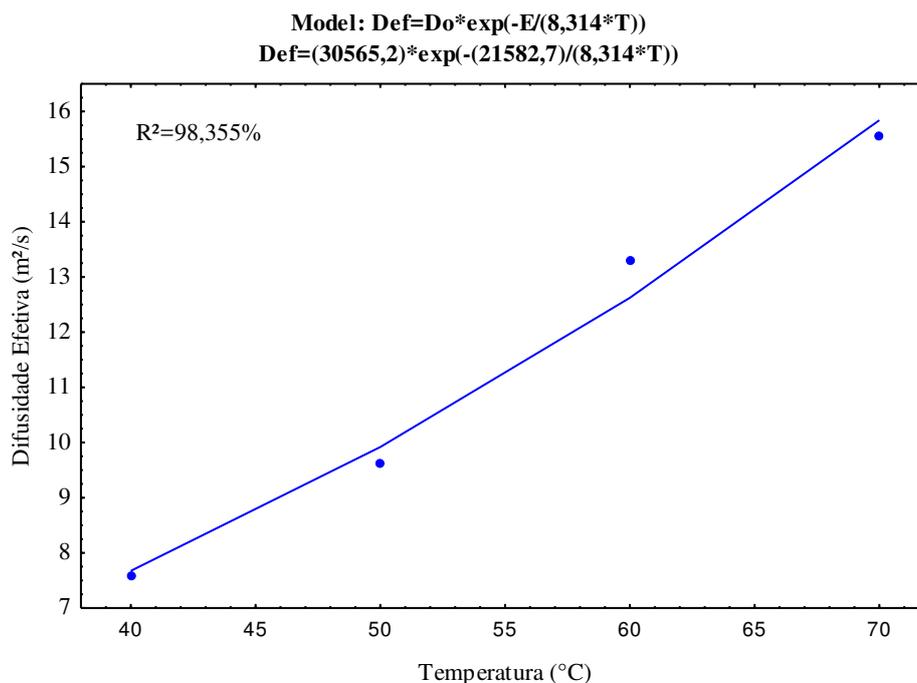


Figura 5.4. Valores médios do coeficiente de difusão ($m^2 s^{-1}$) obtidos para a secagem das sementes de acerola nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Os resultados apresentados demonstram que os valores de difusividade térmica aumentaram com a elevação da temperatura do ar de secagem, fenômeno semelhante foi relatado para a secagem de cascas de mulungu (MARTINS et al., 2014).

Na cinética de secagem do nabo forrageiro entre 30 a 70 °C, foram determinados os coeficientes de difusividade efetiva entre $3,23 \times 10^{-11}$ a $10,43 \times 10^{-11}$ e energia de ativação de $24,78 \text{ kJ mol}^{-1}$ (SOUSA et al., 2011). Leite et al. (2015) obtiveram para fatias de banana da Terra verde desidratadas entre 40 a 60 °C, os coeficientes (D_{ef}) entre $5,64 \times 10^{-10}$ a $9,96 \times 10^{-10}$ e a energia E_a igual a $24,07 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Na secagem de grãos do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) entre 25 a 55 °C a difusividade efetiva foi $8,84 \times 10^{-8}$ e $20,17 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e energia de $27,16 \text{ kJ mol}^{-1}$ (MORAIS et al., 2013). Silva et al. (2008) determinaram para grãos de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) secos entre 40 a 60 °C valores bem menores de $7,13 \times 10^{-11}$ a $14,0 \times 10^{-11}$ e energia de ativação igual a $26,9 \text{ kJ mol}^{-1}$.

A difusividade efetiva (D_{ef}) encontrada, neste trabalho, pode ser considerada compatível com a literatura científica, porque para produtos de origem agrícola os valores deste parâmetro devem oscilar na faixa entre 10^{-9} a $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (MADAMBA et al., 1996). Enquanto, a energia de ativação (E_a) deve variar entre 12,7 a 110 kJ mol^{-1} (ZOGZAS et al., 1996).

Segundo Goneli et al. (2014b), nos processos de secagem, quanto menor a energia de ativação maior será a difusividade da água no produto, a complexidade do mecanismo de difusão é a diversidade da composição química e a estrutura física dos produtos.

De acordo com Lisbôa et al. (2015), quando a temperatura aumenta diminui a viscosidade que é uma medida da resistência do fluido ao escoamento, suas variações implicam em mudanças na difusão da água pelos capilares da semente, favorecendo a movimentação do fluido no produto, que pode ser atribuída a variação do coeficiente efetivo de difusão, que, com o aumento da temperatura, aumenta o nível de vibração das moléculas da água contribuindo para uma difusão mais acelerada.

5.1.3 Secagem das sementes do maracujá

Na Tabela 5.5, contam os teores de água (inicial e final), com os respectivos tempos em minutos gastos nas cinéticas de secagem realizadas pelo método da estufa, com sementes de maracujá em camada fina nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C.

No início da cinética de secagem das sementes de maracujá os teores de água estavam entre 25,64 a 29,89% base úmida (b.u.). Os tempos gastos durante a secagem foram 735, 675, 615 e 555 minutos e os teores de água final foram 2,77; 1,90; 0,16 e 0,14% base úmida (b.u.) respectivamente, observou-se que tanto o tempo necessário para a desidratação quanto os teores de água final das sementes diminuíram à medida que aumentou a temperatura do ar de secagem, mostrando que o produto atingiu a condição de equilíbrio mais rápida com o aumento da temperatura.

Tabela 5.5. Teores de água inicial e final (%) e os respectivos tempos de secagem (min) para as sementes de maracujá desidratadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C)

<i>Temperatura</i>	Teores de água (%)		Tempo de secagem (min)
	Inicial (b.u.)	Final (b.s.)	
40 °C	25,64	2,77	735
50 °C	27,08	1,90	675
60 °C	29,77	0,16	615
70 °C	29,89	0,14	555

Este comportamento relativo a teor de água reduzir em taxa decrescente nos processos de secagem, tem sido observado em outros produtos agrícolas, tais como, frutos: acerola, Moraes Filho et al. (2014) e morangos, Oliveira et al. (2015); folhas de juazeiro, Souza et al. (2015) e de erva baleeira Goneli et al. (2014b); grãos de feijão-caupi, Camicia et al. (2015) e de feijão guandu, SILVA et al., (2014b).

Segundo Mendonça et al. (2015), o tempo de secagem de um produto tem uma correlação com o teor de água inicial e o final de equilíbrio, para condições distintas de desidratação, sendo este fato muito observado na literatura. Como por exemplo, o tempo de secagem de cambre (*Crambe abyssinica* Hochst) nas temperaturas de 35, 45, 60, 75 e 90 °C, para reduzir o teor de água de 38,0 para 8,0 (% b.s.), foram necessárias 13,75; 7,75; 5,0; 3,75 e 3,26 h, respectivamente, sendo verificado o mesmo comportamento na perda de água conforme relatados em outras pesquisas (COSTA et al., 2015).

Para a secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris*), realizada a 35, 45 e 55 °C, foram necessárias entre 8 e 6 horas para reduzir o teor de água (decimal) de 0,92 (b.s.) até teor de equilíbrio com 0,108; 0,097; e 0,087 decimal (CORRÊA et al., (2007). Menor tempo de secagem foi observado para grãos de milho com 18% base úmida expostos a 80, 100 e 120 °C, o tempo necessário para atingir o teor de água de equilíbrio foi de 7,0; 3,5 e 1,5 horas respectivamente, (CORADI et al., 2016).

O feijão guandu atingiu o equilíbrio de 8,73; 7,35 e 3,29% respectivamente, em 1900, 1060, 760 e 580 minutos, com o ar de secagem às temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C (SILVA et al., (2014b). Para as mesmas temperaturas, farinha de urucum com teor de água inicial de 18,32% atingiu o equilíbrio de 4,87; 5,12; 2,28 e 0,76% em 1140, 420, 135 e 70 minutos (SANTOS et al., 2013b).

Comportamento semelhante ocorreu com grãos de urucum em cinética de secagem a 30, 40, 50 e 60 °C com redução do teor de água de 1,0 para 0,2 (decimal b.s.), com tempos de secagem de 2,5; 2,0; 1,5 e 1,0 horas (SILVA NETO et al., 2018).

De acordo com os dados registrados, observou-se que tanto os tempos de secagem quanto os teores de água de equilíbrio têm sido muito diversificados entre os produtos agrícolas. Segundo Diógenes et al. (2013), os alimentos têm comportamentos diferentes para concluir os processos de secagem, devido às características físico-químicas, variedade das espécies, condições climáticas e técnicas de cultivo utilizadas na produção. Para Goneli et al. (2014b), a estrutura física do produto é outro fator que influencia no período final da secagem.

Neste trabalho, os tempos necessários para as sementes de maracujá atingirem os teores de água de equilíbrio foram diferentes dos valores encontrados para outros produtos na literatura. Relatos semelhantes foram descritos por Moraes Filho et al. (2014), quando observaram que teor de água inicial, temperatura e espessura da camada influenciaram nos resultados da secagem do resíduo de acerola. Segundo Derlan et al. (2013), a forma de processamento da matéria prima também influencia no tempo total da desidratação do produto, quando observaram que amostras trituradas de pimentas da variedade cambuciana atingiram a umidade de equilíbrio em menor tempo do que amostras picadas.

Na Figura 5.5 (A, B, C, D e E), estão os resultados das cinéticas realizadas com sementes de maracujá submetidas às temperaturas entre 40 e 70 °C, com os dados experimentais e os estimados representados pelas curvas ajustadas pelos modelos matemáticos não lineares Page (4), Henderson & Pabis (6), Cavalcanti Mata (5), Midilli (7) e Fick (3) descritos anteriormente na Tabela 4.1. As curvas expressam os pontos experimentais alinhados exponencialmente em função do teor de água adimensional e o tempo de secagem em minutos, com ajustes representados pelo coeficiente de correlação R^2 maior ou igual a 0,99 e os desvios quadráticos médios $1,02 \times 10^{-1}$ a $5,10 \times 10^{-7}$.

Notou-se que as curvas de secagem das sementes do maracujá apresentam a tendência exponencial normalmente observada neste tipo de trabalho com produtos de origem agrícola, descrevendo a secagem com taxa decrescente em função do tempo. Observou-se ainda, que ocorreu uma correspondência satisfatória entre os dados experimentais e os modelos analisados, porém o alinhamento dos pontos distribuídos sobre as curvas (A, B, C e D) demonstra um grau de ajuste mais preciso, obtido pelos modelos Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata e Midilli com os coeficientes R^2 maiores que 0,999, todavia pôde-se observar que todos os cinco modelos se ajustaram com alto padrão de confiabilidade porque o modelo Fick para o 1º termo da série se ajustou com R^2 superior a 0,98.

Resultados idênticos foram encontrados por Silva et al. (2014b), para o feijão guandu trabalhado nas mesmas temperaturas do ar de secagem, quando observaram o ajuste dos modelos Fick, Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata e Midilli que apresentaram os coeficientes R^2 igual a 98 e acima de 99%, com uma interação precisa entre a temperatura e a velocidade da secagem, constatando que a taxa de remoção de água é maior nas temperaturas mais elevadas e, depois, vai reduzindo exponencialmente com o aumento do tempo até atingir o teor de equilíbrio. Resultados equivalentes foram observados nas curvas de secagem das sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*), desidratadas a 40, 50 e 60 °C, no qual o modelo Midilli

atingiu um bom ajuste com um coeficiente de determinação (R^2) acima de 98,9% (BOTELHO et al., (2015).

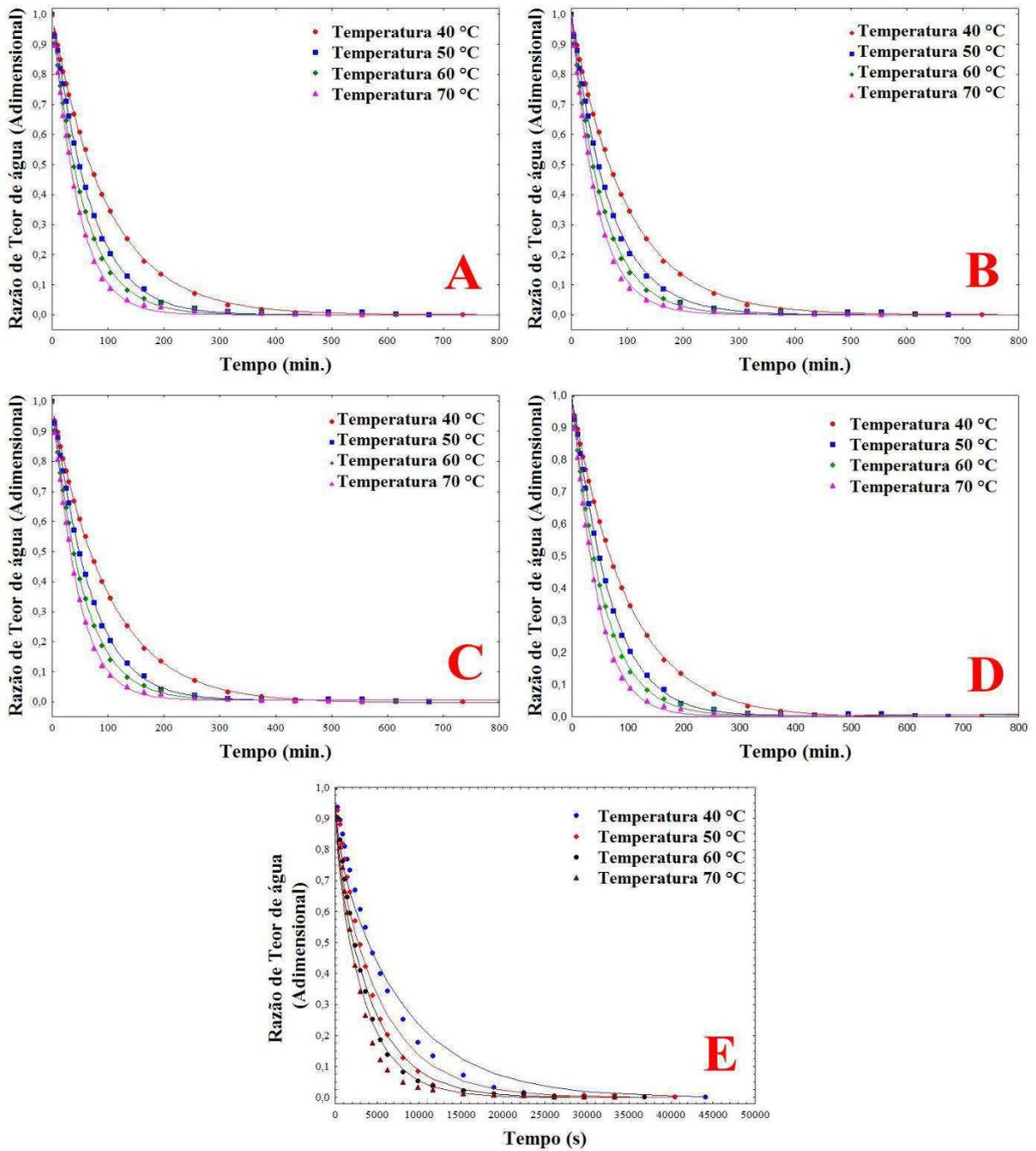


Figura 5.5. Modelos: (A) Page, (B) Henderson & Pabis, (C) Cavalcanti Mata, (D) Midilli e (E) Fick ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de maracujá.

Na secagem de grãos de urucum (*Bixa orellana*) entre 30 a 60 °C, os melhores modelos foram Page, Wang e Sing, Exponencial de Dois Termos e Logistic todos com o R^2 entre 98,3 a 99,97% e desvio padrão da estimativa (SE) na escala de 0,068 a 0,009, destacando o modelo Page para representar a secagem do produto nesta faixa de temperaturas estudadas (SILVA NETO et al., 2018).

As curvas exponenciais apresentadas na Figura 5.5 demonstram que a taxa de saída de água das sementes de maracujá é maior nas elevadas temperaturas do ar de secagem, reduzindo com o aumento do tempo de desidratação. Esse processo ocorre porque com o aumento da temperatura é desenvolvido um gradiente de água entre o produto e o ar, aumentando a taxa de remoção de água, a qual é reduzida com o tempo de secagem.

Na Tabela 5.6, estão representados os parâmetros referentes à cinética de secagem das sementes de maracujá, através dos valores de razão do teor de umidade adimensional ao longo do tempo de secagem em camada fina nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, especificamente, os coeficientes de determinação (R^2), desvios do quadrado médio (DQM), constante de secagem, e os parâmetros de ajustes, calculados pelas equações dos modelos matemáticos não lineares apresentados na Tabela 4.1.

Comportamento similar foi relatado por Santos et al. (2013b) na secagem de farinha de grãos residuais de urucum, em que o parâmetro “k” também aumentou com a elevação da temperatura de secagem em todos os modelos avaliados menos na aproximação da difusão. O mesmo efeito sobre a constante “k” foi observado por Melo et al. (2013) a secagem de frutos de mandacaru entre 70 a 90 °C, analisando os modelos Henderson & Pabis, Page e Cavalcanti Mata, esta similaridade também foi observada no ajuste do modelo Midilli & Kucuk para a desidratação de fatias de banana, variedade Terra, entre 40 a 60 °C, no qual o aumento foi verificado para todos os modelos (LEITE et al., (2015).

Os resultados encontrados, neste trabalho, estão de acordo com os observados por Silva et al. (2014b) na secagem de grãos de feijão guandu (nas mesmas temperaturas), cujos dados foram utilizados para estudar o ajuste dos modelos não lineares (Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Page, Exponencial de dois termos), verificando que a constante “k” também aumentou com a elevação da temperatura do ar de secagem.

Durante a secagem das sementes de maracujá, a constante de secagem “k” aumentou acompanhando o incremento da temperatura do ar de secagem para todos os modelos avaliados (Tabela 5.6).

Tabela 5.6. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem da semente do maracujá nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelos		Parâmetro de ajuste					R²	DQM
Page	k	n	-	-	-	-		
40 °C	0,0104	0,9978	-	-	-	-	0,9998	3,87x10 ⁻⁴
50 °C	0,0111	1,0666	-	-	-	-	0,9998	1,99x10 ⁻⁴
60 °C	0,0172	1,0120	-	-	-	-	0,9996	2,11x10 ⁻⁴
70 °C	0,0174	1,0575	-	-	-	-	0,9994	2,41x10 ⁻⁴
Henderson & Pabis	a	k	-	-	-	-	R²	DQM
40 °C	0,9938	0,0101	-	-	-	-	0,9998	0,102x10 ⁻¹
50 °C	1,0155	0,0148	-	-	-	-	0,9993	3,60x10 ⁻⁵
60 °C	0,9993	0,0180	-	-	-	-	0,9995	2,26x10 ⁻⁴
70 °C	1,0115	0,0219	-	-	-	-	0,9990	3,52x10 ⁻⁵
Cavalcanti Mata	a₁	k₁	n₁	a₂	n₂	a₃	R²	DQM
40 °C	0,4961	0,0094	1,0141	0,4961	1,0142	-0,0032	0,9999	3,84x10 ⁻⁷
50 °C	0,4941	0,0101	1,0883	0,4941	1,0884	0,0048	0,9998	5,10x10 ⁻⁷
60 °C	0,4912	0,0154	1,0345	0,4934	1,0439	0,0055	0,9997	2,62x10 ⁻⁷
70 °C	0,4923	0,0156	1,0856	0,4923	1,0857	0,0055	0,9996	3,85x10 ⁻⁷
Midilli	a	k	n	b	-	-	R²	DQM
40 °C	0,9883	0,0093	1,0182	-0,000004	-	-	0,9999	3,54x10 ⁻⁵
50 °C	0,9937	0,0103	1,0824	0,000009	-	-	0,9999	4,12x10 ⁻⁵
60 °C	0,9912	0,0158	1,0308	0,000009	-	-	0,9998	1,18x10 ⁻⁴
70 °C	0,9913	0,0161	1,0762	0,000010	-	-	0,9998	1,52x10 ⁻⁴
Fick	Difusividade Térmica (mm² s⁻¹)		Difusividade Térmica (m² s⁻¹)			R²	DQM	
40°C	0,001254		1,25428x10 ⁻⁰⁹			0,9894	2,10x10 ⁻³	
50°C	0,001808		1,80777x10 ⁻⁰⁹			0,9864	2,50x10 ⁻³	
60°C	0,002267		2,26659x10 ⁻⁰⁹			0,9899	2,10x10 ⁻³	
70°C	0,002756		2,75649x10 ⁻⁰⁹			0,9880	2,00x10 ⁻³	
Energia de ativação				21,96679 kJ mol⁻¹				

A constante de secagem (k) está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente, sendo a difusão líquida que controla o processo de secagem (BABALIS & BELESSIOTIS, 2004). Segundo Corrêa et al. (2010), na secagem de produtos agrícolas, este parâmetro tende a aumentar, devido ao efeito das maiores temperaturas acarretarem maiores taxas de secagem, levando o produto ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de secagem. Para Guedes & Faria (2000), esta constante deve ter uma relação funcional com o aumento da temperatura do ar de secagem e a variação da vazão mássica do ar, influenciando o seu valor no final do processo de secagem.

Dentro do exposto, pôde-se observar que a constante “ k ” participa no ajuste dos modelos não lineares de secagem, representando com aumento em valores absolutos com o incremento da temperatura.

O comportamento da constante “ n ” nos modelos Page, Cavalcanti Mata e Midilli apresentou tendência de aumento com a elevação da temperatura, porém observou-se que apenas na temperatura 50 °C ficou fora desta correlação (Tabela 5.6).

O aumento da constante “ n ” acompanhando o incremento da temperatura do ar de secagem foi observado no modelo Midilli, para as secagens de folhas de aroeira a 40, 50, 60 e 70 °C (GONELI et al., 2014a). Na cinética de secagem da farinha dos grãos residuais de urucum entre 40 e 70 °C, o aumento de “ n ” ocorreu nos modelos Page e Midilli (SANTOS et al., 2013b).

Na secagem do nabo forrageiro de 30 a 70 °C, o modelo Midilli apresentou aumento de “ n ” apenas entre 40 e 60 °C, porém, para as temperaturas 30 e 70 °C, não apresentando uma tendência clara em relação ao aumento da temperatura (SOUSA et al., 2011). O mesmo resultado ocorreu para a secagem de folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.) a 35,3; 46,0 e 65,0°C, o valor de “ n ”, que varia em função da temperatura e das condições de secagem, foi menor para a temperatura de 46,0°C (SILVA et al., 2015). Segundo Guedes & Faria (2000), o parâmetro “ n ” do modelo Midilli possui um efeito de moderação no tempo de secagem, corrigindo os prováveis erros de negligência da resistência interna para o transporte de água. Perez et al. (2013) relataram que a constante “ n ” do modelo Page reflete a resistência interna à secagem, em virtude da maneira a que essas condições externas foram impostas.

Em relação aos coeficientes de determinação (R^2), desvios do quadrado médio (DQM), todos os modelos analisados Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata, Midilli e Fick representaram a secagem das sementes de maracujá com alto grau de confiabilidade, apresentando o coeficiente de determinação (R^2) igual ou maior que 0,99, destacando que os

melhores ajustes são encontrados nos modelos de Page, Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata, Midilli com valores de R^2 maiores que 0,999 (Tabela 5.6).

De acordo com pesquisas anteriores, os coeficientes de determinação (R^2) não podem ser considerados como único critério de avaliação de modelos matemáticos não lineares, porque podem levar a falsas interpretações dos resultados, então para melhor avaliação tem sido recomendado o uso de medidas de erros e desvios (WILLMOTT, 1982; MADAMBA et al., 1996).

Silva et al. (2014b) também utilizaram entre vários modelos, os mesmos utilizados neste trabalho, para analisar a secagem de grãos de guandu (em 40, 50, 60 e 70 °C), os valores de R^2 foram superiores a 99,9%, e DQM entre 0,0001 e 0,00028, destacando-se com melhor ajuste os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli, com R^2 acima de 99,92% e DQM igual a 0,0001 em todas as temperaturas.

Souza (2013) realizou a secagem de torta de mamona a 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C e ajustou aos dados coletados os mesmos modelos matemáticos utilizados nesse trabalho, encontrando os valores de R^2 superiores a 99% e os desvios médios em geral inferiores a 10%, entretanto, o autor observou que entre os modelos utilizados Cavalcanti Mata foi o mais recomendado com R^2 maior que 99,6% e os desvios médios inferiores a 5%.

Derlan, et al. (2013) trabalharam a secagem de pimenta Cambuci utilizando os modelos matemáticos Page, Henderson & Pabis e Midilli & Kucuk encontrando o coeficiente de determinação (R^2) igual ou superior a 0,98 e o erro médio estimado (SE) menor que 0,06 para pimentas trituradas e acima de 0,99 com (SE) para pimentas picadas, considerando os valores dos coeficientes de determinação, o melhor ajuste foi conseguido pelo modelo Midilli & Kucuk com “SE” menor que 0,02.

Para avaliar a cinética de secagem de feijão-caupi a 30, 40 e 50 °C, Camicia et al. (2015) utilizaram 12 modelos que apresentaram R^2 superiores a 90%, e entre eles 3 modelos foram utilizados neste trabalho (Page, Henderson & Pabis e Midilli) com R^2 superior a 96% e o erro médio estimado (SE) menores que 0,05 para todas as temperaturas.

Santos et al. (2018) secaram sementes de maracujá em 3 ambientes (sol, sombra e laboratório) a temperaturas médias de 25 °C, utilizaram 12 modelos entre eles Page, Henderson & Pabi e Midilli modificado, o melhor ajuste foi conseguido pelos modelos de Wang e Singh, aproximação por difusão e Midilli modificado, com R^2 acima de 98% e erro médio estimado

abaixo de 0,01, podendo esses modelos serem considerados adequados para representar a secagem de sementes de maracujá.

A cinética de secagem de grãos de urucum (*Bixa orellana*) submetido a diferentes temperaturas de secagem de 30°C, 40°C, 50°C e 60°C, revelaram coeficiente de determinação (R^2), todos os modelos apresentaram valores acima de 97% e SE entre 0,08 a 0,009, indicando representação satisfatória do modelo para a secagem do produto em questão (SILVA NETO et al., 2018).

Segundo Kashaninejad et al. (2007), os modelos podem representar satisfatoriamente o fenômeno de secagem, quando apresentarem valores dos coeficientes de determinação superiores a 0,98. Neste caso, todos os modelos utilizados neste trabalho para avaliar a secagem das sementes de maracujá, apresentaram coeficientes de determinação (R^2) iguais ou superiores a 0,98 para todas as temperaturas, indicando alto grau de confiabilidade.

Entretanto, conforme relatado por Mabamba et al. (1996) em processos de secagens, o critério de avaliação baseado apenas nos valores de R^2 , pode conduzir a interpretação enganosa dos resultados, sendo, portanto, necessária a análise conjunta de outros parâmetros estatísticos. Neste caso, Martins et al. (2014) sugerem que os valores dos (DQM) podem ser utilizados.

Desta forma, como os coeficientes de determinação R^2 foram altos em todos os modelos, os valores de DQM foram considerados nesta avaliação. Assim, observou-se na secagem das sementes de maracujá que os valores de DQM foram para os modelos Page $\leq 3,87 \times 10^{-4}$, Henderson & Pabis $\leq 1,02 \times 10^{-1}$, Cavalcanti Mata $\leq 5,1 \times 10^{-7}$, Midilli $\leq 1,52 \times 10^{-4}$ e Fick $\leq 2,5 \times 10^{-3}$ (Tabela 5.6). Então a representação dos modelos não lineares para a secagem das sementes de maracujá pelo coeficiente de determinação R^2 foi completada pela análise dos valores de DQM, concluiu-se que todos os modelos analisados representaram bem a secagem com elevado nível de confiabilidade, destacando-se o Modelo de Cavalcanti Mata com o menor DQM.

A eficiência dos modelos matemáticos não lineares utilizados nos estudos de secagem dos produtos agrícolas, se deve ao seu maior número de parâmetros (MIDILLI et al., 2002, apud MENDONÇA et al., 2015). Este fato pode ser observado na Tabela 4.1 do presente estudo onde a equação de Midilli tem quatro termos e a de Cavalcanti Mata tem seis termos.

Na Tabela 5.6, entre os dados da secagem das sementes de maracujá a 40, 50, 60 e 70 °C, estão os resultados para a difusividade efetiva (D_{ef}) determinada pelo modelo Fick que foram $1,25428 \times 10^{-9}$; $1,80777 \times 10^{-9}$; $2,27657 \times 10^{-9}$ e $2,75649 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. A Figura 5.6

demonstra a representação do coeficiente da difusão efetiva em função das temperaturas do ar de secagem das sementes de maracujá. Com os valores de linearização da difusividade e da curva ajustada pela expressão matemática de Arrhenius foi calculada a energia de ativação (E_a) para as sementes do maracujá no valor de $21,97 \text{ kJ mol}^{-1}$. Os resultados mostraram que, à medida que foi aumentada a temperatura do ar de secagem, aumentou a difusividade efetiva.

Resultados semelhantes foram observados por Menezes et al. (2013), quando estudaram a secagem convectiva de bagaço de maracujá em leito fixo, nas temperaturas 35, 45, 55 e 65 °C, observando que o aumento da temperatura proporcionou a elevação gradativa da difusividade na escala de $0,811 \times 10^{-9}$; $1,13 \times 10^{-9}$; $1,62 \times 10^{-9}$ e $2,11 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, enquanto a energia de ativação respectiva a cada temperatura foi 7,706; 8,83; 10,093 e $11,143 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Esses resultados mostram que foi necessária menor energia para ativar a saída de água do bagaço do que da semente do maracujá, enquanto, para a difusividade ocorreu o inverso nos dois materiais. Esses fatos sugerem que a constituição e a estrutura dos produtos agrícolas resultam em comportamentos diferentes durante os processos de secagem, como foi observado em vários trabalhos encontrados na literatura científica, como por exemplo, Goneli et al. (2014b) determinaram para folhas de aroeira nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C os valores do coeficiente de difusão entre $0,1476 \times 10^{-11}$; $0,3265 \times 10^{-11}$; $1,1429 \times 10^{-11}$ e $1,5811 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, com a energia de ativação de $74,96 \text{ kJ mol}^{-1}$. Para a secagem de sementes de feijão guandu entre 40 a 70 °C Silva et al. (2014b) determinaram difusividade efetiva de $2,1 \times 10^{-10}$ a $6,8 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e a energia de ativação de $34,51 \text{ kJ mol}^{-1}$. Entretanto Camicia et al. (2015) encontraram na secagem do feijão-caupi a 30, 40 e 50 °C a difusividade efetiva de $5,047 \times 10^{-11}$; $6,047 \times 10^{-11}$ e $12,011 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e energia de ativação de $35,04 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Na secagem de folhas da erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.) a 40, 50, 60 e 70 °C, Goneli et al. (2014b), encontraram a difusividade efetiva de $1,1294 \times 10^{-11}$; $3,1994 \times 10^{-11}$; $5,9511 \times 10^{-11}$ e $9,4933 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e a energia de ativação de $62,89 \text{ kJ mol}^{-1}$. Ao desidratarem folhas de timbó nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, Martins et al. (2015) determinaram os coeficientes de difusividade efetiva de $0,6630 \times 10^{-11}$; $5,1229 \times 10^{-11}$; $7,0289 \times 10^{-11}$ e $12,0712 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e a energia de ativação de $81,39 \text{ kJ mol}^{-1}$. Na secagem de frutos de cambre realizada nas temperaturas de 35, 45, 60, 75 e 90 °C, Costa et al. (2015) determinaram os coeficientes de difusividade efetiva de $2,84 \times 10^{-11}$; $3,22 \times 10^{-11}$; $5,00 \times 10^{-11}$; $7,27 \times 10^{-11}$ e $9,14 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, com a energia de ativação para a difusão líquida de $20,998 \text{ kJ mol}^{-1}$.

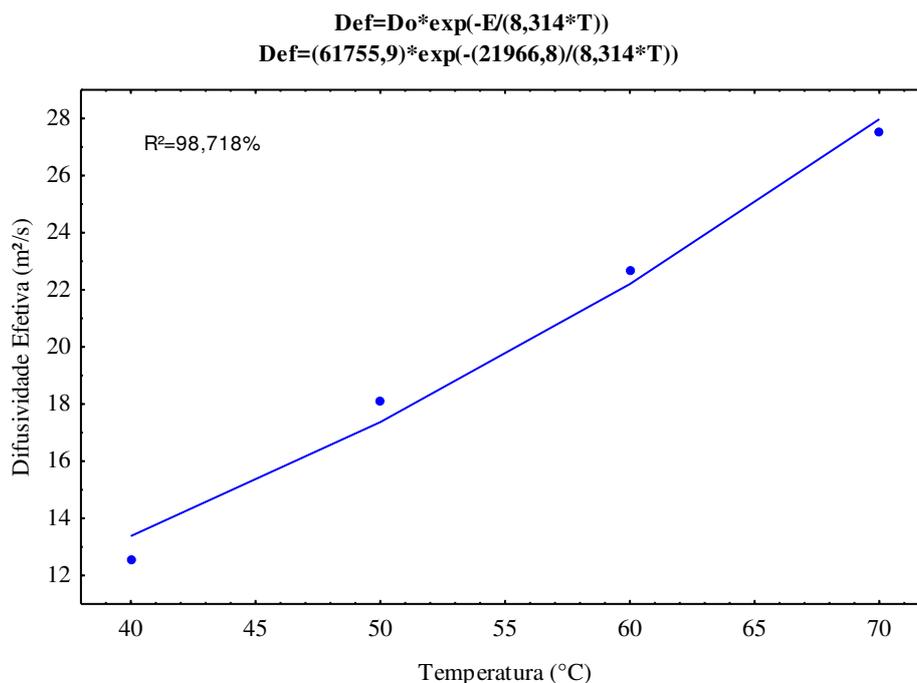


Figura 5.6. Valores médios do coeficiente de difusão ($m^2 s^{-1}$) obtidos para a secagem das sementes de maracujá nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Araujo et al. (2017) obtiveram para frutos de amendoim secos a 40, 50, 60 e 70 °C, a difusividade efetiva de $1,476 \times 10^{-10}$; $2,2108 \times 10^{-10}$; $3,5081 \times 10^{-10}$ e $4,7062 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$, com a energia de ativação de $35,24 kJ mol^{-1}$. Para o feijão guandu secos nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C os coeficientes de difusividade efetiva foram $2,1 \times 10^{-10}$; $3,3 \times 10^{-10}$; $4,6 \times 10^{-10}$ e $6,8 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$ e a energia de ativação foi $35,51 kJ mol^{-1}$ (SILVA et al., (2014b).

Para o café (*Coffea arabica*) com a desidratação a 35, 45 e 55 °C, os coeficientes D_{ef} foram $2,99 \times 10^{-11}$; $2,39 \times 10^{-11}$ e $5,98 \times 10^{-11} m^2 s^{-1}$ com a energia (E_a) igual a $38,39 kJ mol^{-1}$ (CORRÊA et al., 2010). Na secagem do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) entre 30, 40 e 50 °C a difusividade efetiva foi $5,047 \times 10^{-11}$; $6,047 \times 10^{-11}$ e $12,01 \times 10^{-11} m^2 s^{-1}$, com a energia de $35,04 kJ mol^{-1}$ (CAMICIA et al., 2015). Em grãos de urucum secos a 30, 40, 50, e 60 °C os valores para D_{ef} foram de $3,86 \times 10^{-11}$; $3,79 \times 10^{-11}$; $4,83 \times 10^{-11}$ e $7,51 \times 10^{-11} m^2 s^{-1}$, e energia de ativação (E_a) de $22,106 kJ mol^{-1}$ (SILVA NETO et al., 2018).

Valores bem menores foram obtidos por Lisbôa et al. (2015) para grãos de alpiste desidratados a 10, 25 e 40 °C, que apresentaram a difusividade de $2,396 \times 10^{-13}$; $2,414 \times 10^{-13}$ e $2,428 \times 10^{-13} m^2 s^{-1}$, com a energia de ativação maior no nível de $39,237 kJ mol^{-1}$.

Segundo Corrêa et al. (2007), a energia de ativação é a força necessária para ativar o rompimento da barreira para as moléculas de água migrarem do interior para a superfície do

produto. Enquanto a difusividade representa a velocidade com que a água migra no espaço entre o interior e a superfície do material que está sendo seco, para sair em forma de vapor (CORRÊA et al., 2010).

Para Madamba et al. (1996), os valores da difusividade efetiva (D_{ef}) para produtos de origem agrícola devem variar na faixa entre 10^{-9} a 10^{-11} $m^2 s^{-1}$, enquanto, a energia de ativação (E_a) deve oscilar entre 12,7 a 110 $kJ mol^{-1}$ (ZOGZAS et al., 1996).

Os resultados da cinética de secagem das sementes de maracujá demonstraram que, à medida que aumentou a temperatura do ar de secagem, aumentou a velocidade de saída da água representada pelos acréscimos nos valores dos coeficientes de difusão, tornando mais rápido o alcance do teor de água de equilíbrio. A energia de ativação necessária para ativar a saída de água do resíduo do maracujá na forma de bagaço foi menor na secagem realizada por Menezes et al. (2013) do que a necessária para ativar a saída das moléculas de água do interior da semente, indicando que a resistência da barreira interna que impede a saída do fluido depende da natureza e da constituição física de cada produto agrícola.

ETAPA II

5.2 PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

5.2.1 Rendimento

Na Tabela 5.7, estão os rendimentos dos subprodutos agroindustriais correspondentes ao resíduo prensado do abacaxi, sementes de acerola e de maracujá, após a higienização inicial e secagem, para a transformação nas farinhas que foram utilizadas na formulação das rações para peixes.

O rendimento percentual expresso em função da perda de água apresentou valores decrescentes de acordo com a elevação da temperatura de processamento, sendo que, para os materiais do abacaxi e da acerola os valores foram iguais nas temperaturas mais altas 60 e 70 °C, demonstrando que a partir de 60 °C não havia mais água para ser vaporizada para essas condições de secagem (Tabela 5.7). Resultados similares foram determinados por Silva (2017) que encontrou 18,5% para o resíduo da acerola utilizado na elaboração de cookies.

Meneses et al. (2018) analisaram o efeito da secagem convectiva em resíduos de manga, goiaba e acerola, à temperatura de 55°C durante 48 horas, encontrando os respectivos rendimentos para: manga 29,56%; goiaba 21,58% e acerola 29,18%.

Tabela 5.7. Rendimento dos resíduos agroindustriais resultantes da higienização e secagem para a sua transformação em farinhas

Produto	Rendimento percentual de cada produto (%)			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Abacaxi	13,4	13,0	12,7	12,7
Acerola	20,5	19,4	18,6	18,6
Maracujá	75,0	74,4	71,9	70,9

Batista Sobrinho (2014) analisou os resíduos de abacaxi e acerola desidratados a 50 °C em três lotes individuais, encontrando rendimentos para a acerola de 12,3; 12,1 e 12,8% e para o abacaxi 12,5; 16,5 e 15,7%. Valente (2011) relatou para abacaxi 12,13% de resíduos. Esses resultados referentes ao subproduto do abacaxi foram semelhantes aos encontrados neste trabalho, no entanto, menores do que o valor de 17,65% determinado por Nunes et al. (2017) a 50, 60 e 70 °C. Porém, no trabalho realizado por Ramos (2017) para sementes de maracujá desidratadas a 60 °C, o rendimento de 72% está de acordo com a presente pesquisa. Rendimentos diferentes para rejeitos agroindustriais têm sido encontrados na literatura, por exemplo, Lousada Júnior et al. (2006) encontraram níveis maiores para os subprodutos de abacaxi (84,7%), acerola (85,1%) e maracujá (83,3%).

Os resultados encontrados, neste trabalho, podem ser considerados compatíveis com as pesquisas anteriores, as pequenas diferenças verificadas podem estar relacionadas com a homogeneidade entre as quantidades de cascas, sementes e bagaço da polpa dos frutos coletados durante o processamento na saída da esteira da máquina agroindustrial.

5.3 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS DOS RESÍDUOS

5.3.1 Análise físico-química da farinha do resíduo de abacaxi

Na Tabela 5.8, estão representados os resultados das análises físico-químicas das farinhas do subproduto agroindustriais do abacaxi produzida a partir do material seco nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C. Os valores percentuais para os teores de água, cinzas, lipídeos, proteína bruta, fibra bruta e energia metabolizável foram determinados para possibilitar o balanceamento das rações experimentais.

Tabela 5.8. Composição das quatro farinhas do resíduo do abacaxi, após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C analisadas a partir do material seco

Nutrientes	Resíduo de abacaxi			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Teor de água	11,30±0,218 a	10,72±0,163 aA	10,25±0,051 a	9,90±0,459 aB
Cinzas	1,85±0,030 a	1,81±0,087 bA	1,54±0,030 b	1,47±0,020 bB
Lipídeos	0,42±0,010 a	0,36±0,030 aA	0,35±0,007 aA	0,32±0,017 bA
Proteína	5,23±0,153 a	5,09±0,172 aA	4,71±0,264 aA	4,31±0,030 bA
Fibra Bruta	18,84±0,227 b	18,06±0,137 b	21,05±0,676 a	20,10±0,186 a
Carboidratos	62,36±0,252 a	63,96±0,522 a	62,11±0,893 a	63,90±0,283 a
Total %	100,00	100,00	100,00	100,00
En. Met. (kcal kg ⁻¹)	2741,7±5,18 a	2794,5±13,05 a	2703,8±26,20 bA	2757,4±13,35 aA

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os dados observados mostram que o material proveniente do abacaxi, apresentou tendência de redução no teor de água à medida que foi elevada a temperatura de desidratação. Este comportamento já foi verificado em pesquisas anteriores quando Sonmete et al. (2016) secaram fatias de cenouras por convecção forçada a 55, 65 e 75 °C e Horus et al. (2017) desidrataram nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, damasco cortados em metades. Estes autores também relataram que o aumento da temperatura do ar de secagem implicou em maior retirada de água do produto.

Os teores de água dos resíduos do abacaxi, neste trabalho, variaram em todas as temperaturas de 11,30 a 9,9%, porém com diferença significativa para 10,72 e 9,9% referentes a 50 e 70 °C, respectivamente, (Tabela 5.8). Lemos et al. (2010) analisaram os rejeitos de dois tipos de abacaxi desidratados a 45 °C, o teor de água de 8,37% no cultivar Japi e 10,79% na variedade Pérola. Leonel et al. (2014) determinaram no resíduo do abacaxi *cv Smooth Cayenne* (com dois estágios de maturação) desidratados a 45 °C os teores de água de 11,85 e 11,48%, respectivamente. Para Nunes et al. (2017) o abacaxi é um dos frutos com característica ácida que evita a proliferação de micro-organismos, entre eles, bolores e leveduras, assim, o menor teor de água aumenta a estabilidade do produto processado. Os resultados do presente trabalho

corroboram em valores aproximados aos determinados por Lemos et al. (2010) e Leonel et al. (2014) relatados anteriormente.

As cinzas do abacaxi obtidas nas temperaturas 50, 60 e 70 °C nos níveis de 1,81, 1,54 e 1,47% respectivamente, foram significativamente menores do que 1,85% determinado a 40 °C, sendo este estatisticamente maior do que 1,81% e 1,47% referentes a 50 °C e 70 °C. Leonel et al. (2014) analisaram o resíduo do abacaxi *cv Smooth Cayenne* cultivado em Bauru SP, encontrando teores de cinzas 4,80 e 4,83%. Lima et al. (2017) trabalharam com abacaxi Pérola cultivado em Minas Gerais, descobriram na casca do fruto, teores de cinzas na faixa de 0,54%. Esses valores diferem dos resultados alcançados no presente trabalho com o resíduo do abacaxi Pérola, no qual os valores de cinzas variaram entre 1,81 a 1,47% (Tabela 5.8), porém segundo Lemos et al. (2010), as diferenças podem estar associadas à homogeneidade dos rejeitos e às características do solo da região onde o produto foi cultivado.

Os níveis de proteína analisados no co-produto do abacaxi revelaram tendência de redução à medida que foi aumentada a temperatura do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), resultando em valores de 5,23; 5,09; 4,71 e 4,31% respectivamente. No entanto, apenas o valor 4,31% referente a 70 °C foi significativamente menor em relação a 5,23% (40 °C), porém os demais níveis de proteína foram estatisticamente iguais (Tabela 5.8).

Lima et al. (2017) analisando partes do abacaxi Pérola constataram 0,84% de proteína bruta na casca e 0,39% no cilindro central, totalizando 1,23% no resíduo total. Leonel et al. (2014) quantificaram em duas espécies da mesma fruta 4,45 e 4,15%. Santos et al. (2017) obtiveram na farinha da casca 5,54% do mesmo nutriente. Os resultados determinados no presente trabalho diferem do de Lima et al. (2017), no entanto, são semelhantes aos encontrados por Leonel et al. (2014) e Santos et al. (2017). Estes níveis de proteína do resíduo do abacaxi podem ter boa contribuição na composição de rações, conforme relatado por Mendes-Filho et al. (2014), a proteína dos alimentos tem função biológica no funcionamento metabólico, no processo reprodutivo e na estrutura de todas as células do organismo animal.

Em relação aos lipídeos determinados nos subprodutos do abacaxi secos a 40, 50, 60 e 70 °C, os níveis foram 0,42; 0,36; 0,35 e 0,32% respectivamente, a exemplo do que foi observado com a proteína, houve tendência de redução à medida que aumentou a temperatura de secagem, não apresentando diferença estatística entre os valores 0,42; 0,36 e 0,35% (40, 50 e 60 °C), porém, sendo estes significativamente maiores do que 0,32% (70 °C), entretanto, os valores 0,36; 0,35 e 0,32% (50, 60 e 70 °C) foram iguais entre si (Tabela 5.8).

Resíduos de abacaxi analisados por diversos autores apresentaram níveis diferenciados de lipídeos. Santos et al. (2017) encontraram na farinha de casca 2,14%. Leonel et al. (2014) obtiveram 1,87 e 4,64% na caracterização química do subproduto completo da variedade *cv Smooth Cayenne*. Lima et al. (2014) obtiveram 0,58% quando realizaram a inclusão na ração da tilápia do Nilo. Lima et al. (2017) constataram 0,47% no rejeito composto de casca e cilindro central da variedade Pérola.

Os resultados para lipídeos, neste trabalho, foram aproximados aos encontrados por Lima et al. (2014) e Lima et al. (2017). As pequenas diferenças observadas podem ter sido devido ao estágio de maturação, a forma de processamento dos frutos, a característica do solo e as condições de manejo durante a realização do cultivo (LEMOS et al., 2010). Os valores encontrados para proteína e lipídeos nas temperaturas 40, 50, e 60 °C não apresentaram diferença significativa, indicando que o processamento nestes níveis de temperatura de secagem não alteraram a composição destes nutrientes.

Em relação a fibra bruta, os resultados oscilaram entre as temperaturas de desidratação, sendo estatisticamente iguais os níveis encontrados a 60 e 70 °C, que foram 21,05 e 20,10 %, respectivamente, enquanto estes foram também diferentes quando comparados aos valores 18,84% e 18,06% obtidos nas temperaturas 40 e 50 °C (Tabela 5.8).

Níveis de fibra diferentes têm sido encontrado nos co-produtos do abacaxi, em função do tipo de análise e da constituição da matéria-prima trabalhada. Leonel et al. (2014) encontraram na farinha da casca 2,31% de fibra solúvel e 35,26% de fibra insolúvel. Santos et al. (2017) obtiveram na farinha de casca maiores valores de fibras, sendo 5,09% de fibras solúveis e 32,61% de fibras insolúveis. Enquanto, Lima et al. (2017) encontraram 3,47% na análise de fibra bruta na casca do abacaxi Pérola. No resíduo do abacaxi avaliado, neste trabalho, constatou-se que o produto tem uma boa qualidade nutricional e está dentro da conformidade previsto na legislação brasileira (ANVISA RDC 54) que qualifica alimentos com mais de 6% em fibras adequados a nutrição (BRASIL, 2012).

Os níveis de carboidrato no resíduo do abacaxi oscilaram nas quatro temperaturas trabalhadas entre 62,36 a 63,96%, não havendo diferença significativa entre as médias, indicando que não houve influência da temperatura (Tabela 5.8).

Os níveis de carboidratos para co-produtos do abacaxi encontrados na literatura são diversificados. Silva et al. (2014a) encontraram na farinha do resíduo do abacaxi 45,0% de carboidrato. Leonel et al. (2014) quantificaram na farinha das cascas da variedade *cv Smooth*

Cayenne em estágios de maturação diferentes 43,36 e 47,3%, sendo significativamente maior no produto mais maduro.

Lima et al. (2017) analisaram as farinhas de partes separadas do abacaxi Pérola, determinando 92,7% na casca e 6,5% no cilindro central. Santos et al. (2017) encontraram na farinha da casa 39,36% de carboidratos. Segundo Mendes-Filho et al. (2014), os carboidratos têm como funções principais oxidar completamente as gorduras para função energética, evitando que o organismo queime proteínas para esta finalidade e ajudar na absorção do cálcio.

A determinação de carboidrato, no presente trabalho, foi de 62,11 a 63,90%, sendo, portanto, superiores aos encontrados nas pesquisas anteriores. De acordo com as informações relatadas, o resíduo do abacaxi pode ser um alimento alternativo bem aproveitado na produção de rações para os animais.

Os valores da energia metabolizável das farinhas do subproduto do abacaxi foram 2741,7; 2794,5 e 2757,4 kcal kg⁻¹ referentes ao processamento a 40, 50 e 70 °C respectivamente, não apresentaram diferença, no entanto, o valor 2703,8 kcal kg⁻¹ determinado a 60 °C foi significativamente menor em relação a 2757,4 kcal kg⁻¹ correspondente a 70 °C (Tabela 5.8). Lima et al. (2017) analisaram partes separadas do abacaxi Pérola, determinando 55,35 kcal 100g⁻¹ na polpa, 45,38 kcal 100g⁻¹ na casca e 29,15 kcal 100g⁻¹ no cilindro central. Santos et al. (2017) encontraram na farinha de casca 1988,6 kcal kg⁻¹.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária na RDC 263 Brasil (2005), o teor de água em farinhas deve ser no máximo 15% para evitar a proliferação de microrganismos e garantir a conservação das qualidades nutricionais. Neste trabalho, os teores determinados nas temperaturas 40 °C e 50 °C foram 11,30 e 10,72% respectivamente, considerando para as mesmas temperaturas, os valores dos nutrientes lipídeos, proteínas, fibras, carboidratos e energia conferem ao produto baixo valor energético e alta fonte de fibras conforme os valores encontrados (SANTOS et al., 2017).

Para Leonel et al. (2014), este subproduto é rico em fibras solúveis (pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses) e insolúveis (lignina, celulose e algumas hemiceluloses), segundo estes autores, as fibras solúveis retardam o trânsito intestinal, a absorção da glicose e reduzem o colesterol no sangue. Enquanto as insolúveis aceleram o trânsito intestinal, retardam a hidrólise do amido e a absorção da glicose, reduzindo o risco de doenças do intestino. Os níveis de fibras neste alimento estão acima da recomendação do Ministério da Saúde, Secretaria

de Vigilância Sanitária RDC nº 54, que considera teores de fibras acima de 6% ideais para a nutrição (BRASIL, 2012).

Dentro do exposto, os resultados aqui apresentados, no presente trabalho, sugerem que o resíduo do abacaxi pode ser um alimento importante como fonte de fibras na alimentação humana ou animal.

5.3.2 Análise físico-química da farinha de sementes da acerola

Na Tabela 5.9, constam os resultados da análise físico-química da farinha da semente da acerola, desidratada nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C). Estudos sobre o potencial alimentar dos resíduos alimentares têm sido do interesse de alguns estudiosos com o objetivo de aproveitamento para alimentação animal (NASCIMENTO & FRANCO, 2015).

Os teores de água encontrados nas farinhas de sementes de acerola desidratadas a 40, 50, 60 e 70 °C foram 13,47; 11,70; 11,78 a 10,51% respectivamente. O nível de 13,47% referente à temperatura 40 °C foi significativamente maior quando comparado aos encontrados para as demais temperaturas testadas. Entretanto, os valores 11,70 e 11,78% referentes às temperaturas 50 e 60 °C, não apresentaram alteração significativa, porém, estes foram estatisticamente maiores em relação a 10,51% determinado em 70 °C (Tabela 5.9).

Tabela 5.9. Composição da farinha da semente da acerola analisada a partir do material seco, após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C

Nutrientes	Semente da acerola			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Teor água	13,47±0,118 a	11,70±0,252 bA	11,78±0,357 bA	10,51±0,112 bB
Cinzas	1,54±0,020 a	1,40±0,112 a	1,39±0,030 a	1,41±0,098 a
Lipídeos	4,63±0,004 a	4,64±0,008 a	4,64±0,004 a	4,628±0,003 a
Proteína	11,73±0,268 a	11,59±0,018 aA	10,64±0,043 bB	10,06±0,033 bB
Fibra Bruta	40,31±0,112 a	40,35±0,371 a	40,28±0,390 a	40,618±0,047 a
Carboidrato	28,32±0,382 bB	30,48±0,621 bA	31,32±0,043 aA	32,77±0,218 a
Total%	100,00	100,00	100,00	100,00
En. Met. (kcal kg ⁻¹)	2018,88±8,88 b	2100,44±24,67 a	2096,08±2,46 a	2129,85±9,86 a

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Algumas pesquisas têm sido realizadas com subprodutos de acerola e teores de água diferentes estão registrados na literatura para farinhas do produto. Reis et al. (2017) determinaram na farinha do fruto com a semente o teor de água entre 15,68 e 21,69%. No entanto, na farinha do resíduo oriundo da produção de polpas valores diferentes para níveis de teores de água têm sido encontrados. Nascimento & Franco (2015) relatam 16,55%. Nunes et al. (2015) obtiveram 8,31%. Pereira et al. (2013) encontraram 8,25%.

O teor de água nos alimentos é uma variável que deve ser mantida em nível baixo, para preservar a qualidade do produto (REIS et al., 2017). Isso porque, conforme relatado anteriormente, a recomendação sanitária (RDC n° 263/2005) diz que o valor de referência para o teor de água em farinhas é até 15%, assim, níveis acima deste favorecem a deterioração do alimento pelo crescimento de microrganismos (BRASIL, 2005).

No presente trabalho, o nível máximo encontrado na farinha da semente de acerola foi 13,47%, diferindo dos encontrados nos trabalhos anteriores, porém dentro da recomendação prevista na legislação brasileira.

Os níveis de cinzas das farinhas de sementes de acerola processadas em 40, 50, 60 e 70 °C foram 1,54; 1,40; 1,39 e 1,41% respectivamente, não apresentando diferença significativa,

indicando que os minerais não sofreram influência dos níveis de temperatura utilizadas (Tabela 5.9).

Batista Sobrinho (2014) analisou a composição de resíduos agroindustriais, encontrou na farinha do resíduo da acerola níveis de cinzas entre 4,87 a 5,58%, valores estes, maiores do que os encontrados no presente trabalho. No entanto, STORCK et al. (2015) determinaram no mesmo tipo de farinha 1,93 a 2,51%. Pereira et al. (2013) encontraram 1,41% de cinzas, estando estes resultados de acordo com a presente pesquisa.

Segundo Lemos et al. (2010), este parâmetro representa a quantidade de minerais contido no alimento e, em muitos casos, pode não sofrer mudanças pela influência da temperatura. Entretanto, em vários trabalhos, os níveis de cinzas variaram, porém é evidente que isso não foi em função da temperatura de secagem, mas, sim devido às particularidades do próprio fruto, devido à origem, à forma de processamento que foi empregado na agroindústria, a técnicas de plantio, e à composição do solo que pode alterar a quantidade de minerais absorvidos pela planta (ORDONNEZ, 2005).

Em relação aos lipídeos da farinha das sementes de acerola processada a 40, 50, 60 e 70 °C neste trabalho, os valores determinados foram 4,63; 4,64; 4,64 e 4,628% respectivamente, sendo iguais estatisticamente, demonstrando que a elevação da temperatura durante o processo de desidratação do produto não afetou a quantidade deste nutriente.

Farinhas dos resíduos da produção de polpa de acerola têm sido processadas em várias temperaturas e apresentado diferentes níveis de lipídeos.

Pereira et al. (2013) processaram o resíduo de acerola a 60 °C por 24 horas, a farinha apresentou 1,16% de lipídeos. Silva et al. (2014a) desidrataram o resíduo da acerola a 55 °C por 72 horas, e obtiveram ao final do processo o teor de água de 2,51%. Quando Batista Sobrinho (2014) determinou a composição nutricional de vários resíduos agroindustriais, encontrando para a farinha do subproduto da acerola os níveis de lipídeos entre 2,41 a 2,47%. STORCK et al. (2016) constataram no mesmo tipo de produto 1,24 a 3,10% de lipídeos. Esses valores estão mais próximos dos encontrados no presente trabalho, porém essa diferença pode estar associada ao tipo do resíduo analisado, uma vez que, nas pesquisas anteriores, as farinhas foram produzidas com o resíduo bruto, enquanto, estas foram produzidas utilizando apenas as sementes do fruto.

Segundo Mendes-Filho et al. (2014), nos lipídeos estão incluídas as gorduras que dependendo da sua quantidade podem influenciar diretamente no armazenamento,

desenvolvendo características rançosas e a perda de alguns nutrientes, tais como, as vitaminas A e D.

Em relação a proteína contida na farinha das sementes de acerola produzidas a 40, 50, 60 e 70 °C, os valores determinados foram 11,73; 11,59; 10,64 e 10,06% respectivamente, sendo, que, os níveis 11,73 e 11,59% (40 e 50 °C) foram iguais entre si, porém significativamente maiores do que 10,64 e 10,06% (60 e 70 °C), sendo estes últimos estatisticamente menores do que 11,59% referente a 50 °C (Tabela 5.9).

A exemplo do que tem ocorrido com outros nutrientes em farinhas de subprodutos agroindustriais, os níveis de proteínas também têm apresentado valores diversificados na literatura.

Batista Sobrinho (2014) determinou a composição nutricional de vários resíduos agroindustriais, encontrando no resíduo da acerola níveis de proteína bruta entre 6,11 a 8,7%. Pereira et al. (2013) encontraram 2,14% de proteína bruta na farinha de resíduo processada a 60 °C por 24 horas. Silva et al. (2014a) obtiveram 9,01% com o processamento realizado a 55 °C por 72 horas. STORCK et al. (2015) produziram as farinhas em cinco granulometrias diferentes >0,600; 0,600; 0,425; 0,300 e ≤0,250mm, os respectivos valores de proteína bruta foram 8,3; 9,2; 10,3; 11,1 e 12,0%, aumentando conforme a redução do tamanho das partículas. Estes resultados estão de acordo com os valores determinados para proteína bruta das farinhas de acerola produzidas no presente trabalho.

Os resultados da fibra bruta obtidos nas sementes de acerola desidratados a 40, 50, 60 e 70 °C foram 40,31; 40,35; 40,28 e 40,62% respectivamente, sem apresentar diferença significativa (Tabela 5.9). Atualmente, existem poucas informações sobre caracterização química de sementes de acerola. Batista Sobrinho (2014) encontrou valores entre 55,75 a 75,0%, de fibras totais no resíduo da acerola, sendo maiores do que os encontrados no presente trabalho. Storck et al. (2015) pesquisaram cinco granulometrias de farinhas dos rejeitos da acerola processados a 50 e 55 °C, encontrando de 33,2 a 40,4%, concluindo que o método de análise de fibra bruta pode subestimar os resultados, devido à perda de fibras solúveis da amostra, como por exemplo a pectina, podendo apresentar na análise de fibra bruta, menor teor deste nutriente que é tão importante para a alimentação humana.

Estes resultados obtidos com o presente trabalho, indicando que a semente da acerola pode ser considerada boa fonte de fibras para a alimentação dos animais, uma vez que, segundo a legislação brasileira, através da “Resolução da Diretoria Colegiada - RDC” nº 54, de 12 de

novembro de 2012, determina que alimentos com teores de fibras a partir de 6% são considerados ideais para a nutrição (BRASIL, 2012).

Em relação aos carboidratos determinados por diferença para as farinhas de sementes de acerola processadas a 40, 50, 60 e 70 °C, os níveis foram na ordem de 28,32; 30,48; 31,32 e 32,77%. Percebe-se que existe uma tendência de aumento conforme a elevação da temperatura. Os valores 31,32 e 32,77% correspondentes aos produtos secos a 60 e 70 °C apresentaram diferença significativa em relação a 28,32 e 30,48% referentes a 40 e 50 °C, enquanto 28,32% relacionado a farinha produzida a 40 °C foi significativamente menor do que os valores encontrados para as farinhas produzidas a 50 e 60 °C (Tabela 5.9).

As informações sobre as características físico-químicas de farinhas do resíduo de acerola existentes na literatura ainda são escassas. Storck et al. (2014) processaram cinco farinhas de resíduo de acerola em granulometrias decrescentes de $>0,600$ a $\leq 0,250$ mm, encontrando 45,3 a 49,1% de carboidratos na ordem crescente conforme o tamanho das partículas. Silva et al (2014a) obtiveram um valor de carboidratos de 37,95%, enquanto, Freitas (2017) obteve 21,1% no mesmo tipo de farinha. Os níveis de carboidrato determinados, no presente trabalho, foram aproximados aos valores médios encontrados na literatura, todavia como se trata de análise em resíduos, os resultados podem ter sido influenciados pela forma de processamento da matéria prima na indústria.

Os níveis energéticos das farinhas de sementes de acerola processadas a 40, 50, 60 e 70 °C foram 2018,88; 2100,44; 2096,08 e 2129,85 kcal kg⁻¹ respectivamente. Os valores referentes a 50, 60 e 70 °C foram iguais entre si e, significativamente, maiores do que 2018,88 kcal kg⁻¹ correspondente a 40 °C (Tabela 5.9). Storck et al. (2014) encontraram em quatro farinhas de resíduo da acerola desidratados a 55 °C, os níveis de energia entre 2256,0 a 2727,0 kcal kg⁻¹. Freitas (2017) encontrou valores de energia de 3470,0 kcal kg⁻¹ na farinha do resíduo desidratado a 60 °C.

Os resultados encontrados no presente trabalho foram aproximados aos existentes na literatura, as diferenças podem estar relacionadas à origem ou à forma de processamento da matéria-prima realizado na agroindústria. O subproduto da acerola estudado, nesta pesquisa, apresentou qualidades nutricionais satisfatória para compor rações para animais, podendo contribuir com redução de custos de produção nas atividades zootécnicas.

5.3.3 Análise físico-química da farinha de sementes do maracujá

Na Tabela 5.10, estão apresentados os resultados da composição físico-química das farinhas de sementes do maracujá após a extração de parte do óleo que continha originalmente o produto.

As farinhas elaboradas a partir das sementes de maracujá desidratadas nas quatro temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, apresentaram os tores de água 6,86; 6,50; 5,20 e 4,58% respectivamente. Pôde-se observar que a quantidade de água a exemplo dos outros produtos experimentais analisados diminuiu com o aumento da temperatura do ar de secagem. Os valores determinados para 40 e 50 °C foram iguais entre si, e significativamente diferentes em relação aos valores encontrados para 60 e 70 °C, enquanto, o valor encontrado para 60 °C foi estatisticamente maior em relação ao valor determinado à temperatura de 70 °C (Tabela 5.10).

Tabela 5.10. Composição físico-química das farinhas de semente do maracujá após o processamento realizado nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, analisado a partir do material seco

Nutrientes	Semente do maracujá			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Teor água	6,86±0,074 a	6,50±0,102 aA	5,20±0,145 bB	4,58±0,148 bB
Cinzas	1,07±0,115 a	1,03±0,034 a	1,04±0,129 a	1,07±0,129 a
Lipídeos	13,76±0,051 a	13,62± 0,082 a	13,50± 0,041 a	13,57±0,160 a
Proteína	17,62±0,085 aA	18,26±0,172 a	15,71±0,058 bB	15,60±0,205 bB
Fibra Bruta	57,25±0,065 bA	57,71±0,089 bA	56,36±0,288 bB	58,80±0,266 a
Carboidrato	3,45±0,129 bB	2,98±0,075 bB	8,20±0,230 a	6,30±0,388 bA
Total%	100,00	100,00	100,00	100,00
En.Met. (Kcal kg ⁻¹)	2080,8±9,78 bA	2075,0±11,502 bA	2171,0±6,52 a	2100,6±21,44 bA

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Amorim (2015) analisou o resíduo do maracujá para compor a alimentação de ovinos, encontrando o teor de água de 7,73%. Nascimento Filho & Franco (2015) pesquisando o potencial de resíduos agroindustriais, relataram para as sementes de maracujá o teor de água de 6,89%. Silva et al. (2014a) determinaram o teor de água em 12,15% no resíduo do maracujá

Pérola. Os teores de água encontrados nesta pesquisa para as farinhas de sementes de maracujá estão de acordo a literatura acima citada.

Os níveis de cinzas das quatro farinhas experimentais foram 1,07; 1,03; 1,04 e 1,07% respectivamente, sem diferença significativa entre os tratamentos realizados (Tabela 5.10). Para Lemos et al. (2010) as cinzas de um alimento representam a quantidade de minerais contidos no mesmo. Portanto, os alimentos produzidos a partir de produtos de mesma origem, nem sempre deverão sofrer alteração nos níveis de minerais em função de determinados limites de temperatura. No entanto, como já foi relatado anteriormente, produtos de origens diferentes podem apresentar outras quantidades de minerais em função das características dos solos e condições de cultivo realizado durante a produção.

Dentro do exposto, farinhas de resíduos do maracujá têm sido processadas para diversos tipos de aproveitamento, apresentando níveis de cinzas em valores diferentes de acordo com a constituição do material utilizado.

Ramos (2017) elaborou a farinha utilizando cascas e sementes do maracujá que apresentou 9,4% de cinzas, quando o produto foi parcialmente desengordurado, o nível da matéria mineral diminuiu para 2,1%. Silva et al. (2014a) processaram a farinha com o resíduo total que ficou com 4,17% em minerais. Para farinhas produzidas somente com sementes do maracujá, os resultados mostraram valores de cinzas aproximados, tais como, Ferrari et al. (2004) encontraram 1,80%. Nascimento Filho & Franco (2015) relataram 1,47%. Togashi et al. (2008) obtiveram 1,4%. Esses valores estão aproximados dos encontrados no presente trabalho para a farinha das sementes fabricadas após a extração parcial do óleo, que entre outros fatores, talvez possa ter influenciado nos resultados.

A extração de óleo foi realizada em cada lote de sementes de maracujá desidratadas nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C, sendo extraído 16,48; 17,20; 17,29 e 14,97% respectivamente, correspondendo a 16,49% de óleo antes da análise físico-química. A semente do maracujá possui alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, dessa forma, a redução do óleo pode evitar a degradação do produto pela oxidação lipídica, aumentando assim, a vida de prateleira do produto (BARBIERI & LEIMANN, 2014).

Na torta restante da extração parcial do óleo das sementes de maracujá, os níveis de lipídeos remanescentes foram 13,76; 13,62; 13,50 e 13,57%, porém não houve diferença significativa entre os valores encontrados (Tabela 5.10). Nesse contexto, as sementes de maracujá utilizadas nesta pesquisa tinham inicialmente 30,24; 29,82; 30,79 e 29,54%.

A extração do óleo da semente de maracujá também foi realizada por Wilhelm, et al. (2014) em uma prensa com quatro tratamentos, conseguindo níveis de 24,43; 24,18; 24,52 e 24,08%, em seguida, determinaram na torta o lipídeo residual de 5,27; 5,53; 5,17 e 5,61% respectivamente, detectando o total de 29,60; 29,71; 29,69 e 29,69% de óleo nas sementes da fruta. Outros pesquisadores determinaram os níveis totais de lipídeos nas sementes de maracujá, tais como, Barbieri & Leimann (2014) que obtiveram 29,5%. Jorge et al. (2009) encontraram 28,1% e Ferrari et al. (2004) 25,7%. Nascimento Filho & Franco (2015) relataram 28,12% de lipídeos e Lopes et al. (2010) determinaram 27,3 a 28,0%.

O óleo extraído da semente do maracujá tem ácidos graxos dos tipos linoleico de 69,23 a 69,42%, oleico de 15,88 a 15,93%, palmítico de 10,59 a 10,62%, linolênico de 0,42 a 0,43% e esteárico 0,19%, destacando a sua importância para a alimentação (WILHELM et al., 2014). Os resultados para o quantitativo total de lipídeos encontrado para as sementes de maracujá, neste trabalho, estão de acordo com os encontrados na literatura, e, considerando suas características nutricionais, ressalta a importância de incluir este alimento na ração animal.

Com relação à proteína bruta das sementes de maracujá desidratadas a 40, 50, 60 e 70 °C, os níveis encontrados foram 17,62; 18,26; 15,71 e 15,60% respectivamente. Os valores 17,62 e 18,26% referentes a 40 e 50 °C foram iguais entre si, e estatisticamente maiores do que 15,71 e 15,60% correspondentes a 60 e 70 °C, porém sendo estes significativamente menores do que 17,62% referente a 40 °C (Tabela 5.10).

Informações sobre a caracterização físico-química de sementes de maracujá ainda são escassas na literatura, e alguns trabalhos encontrados refletem a variedade em valores de proteína bruta para resíduos e sementes. Ramos (2017) encontrou em duas farinhas de sementes e cascas de maracujá: sendo uma integral e outra parcialmente desengordurada, os níveis de 6,3 e 6,2% de proteína. No resíduo total, Lousada Júnior et al. (2006) encontraram 17,36% de proteína bruta. Amorim (2015) obteve 9,21% e Silva et al (2014a) obtiveram 7,74%. Na farinha da semente, Nascimento Filho & Franco (2015) relataram ter encontrado um valor de 12,57%.

Os níveis para proteína bruta determinados, nesta pesquisa, foram superiores aos encontrados na literatura, esta diferença pode ter sido devido à retirada do óleo e à lavagem no início do processamento que retirou o arilo das sementes, maximizando a quantidade do nutriente que contribuiu no nível proteico pretendido para a ração.

Quanto à fibra bruta das farinhas de sementes de maracujá processadas a 40, 50, 60 e 70 °C, os níveis determinados foram 57,25; 57,71; 56,36 e 58,80% respectivamente. Os 58,80%

encontrados para 70 °C foi significativamente maior em relação aos valores para as três temperaturas inferiores. Entretanto, os níveis encontrados para 40 e 50 °C (57,25 e 57,71%) são significativamente maiores do que 56,36% correspondente a 60 °C.

Na literatura, constam resultados referentes a teores de fibras tanto dos resíduos como das sementes de maracujá. Ramos (2017) elaborou duas farinhas, sendo uma com cascas e sementes (integral) e a outra com o mesmo material parcialmente desengordurado, que apresentaram, respectivamente, 55,0 e 38,4%. Em farinhas de sementes: Jorge et al. (2009) obtiveram 44,65% e Ferrari et al. (2004) quantificaram no farelo 58,98%. Abud & Narain (2009) obtiveram na farinha do resíduo total 47,00% de fibras.

As informações sobre a composição do resíduo do maracujá ainda são escassas. No entanto, os resultados encontrados, neste trabalho, para os teores de fibras condizem com os resultados encontrados na literatura.

Os níveis de carboidratos calculados por diferença oscilaram entre as temperaturas, 40, 50, 60 e 70 °C com valores de 3,45; 2,98; 8,20 e 6,30%. Observa-se nos resultados uma tendência de aumento acompanhando a elevação da temperatura, entretanto, o nível encontrado para 60 °C foi significativamente maior em relação aos determinados nas demais temperaturas trabalhadas, porém, o valor correspondente a 70 °C foi estatisticamente maior em relação aos valores determinados em 40 e 50 °C, respectivamente. Pode ser que esses resultados estejam relacionados com a redução do teor de água decrescendo com a elevação da temperatura observado na Tabela 5.10.

Teores de carboidratos têm sido determinados tanto em resíduos quanto nas sementes do maracujá. Amorim (2015) determinou no resíduo valores de 74,42% e Lousada Júnior et al. (2006) encontraram 22,78%. Em sementes, Nascimento Filho & Franco (2015) relataram um valor de 13,19% e Ferrari et al. (2004) o valor de 12,39%, no entanto Jorge et al. (2009) encontraram valores de 13,19%.

Os resultados encontrados, no presente trabalho, estão abaixo dos valores encontrados nos resultados anteriores, provavelmente, tenham sido influenciados pela forma de processamento empregado no presente trabalho, pois além da retirada do óleo, também foi feita a lavagem até retirar todo o resíduo e o arilo das sementes do maracujá.

Valores energéticos calculados para a farinha das sementes de maracujá processadas a 40, 50, 60 e 70 °C foram 2080,8; 2075,0; 2171,0 e 2100,6 kcal kg⁻¹ respectivamente. Esses dados apresentaram comportamento semelhante ao que ocorreu com os valores para

carboidratos, onde observou-se a tendência de redução com o aumento da temperatura e o valor corresponde a 60 °C foi, estatisticamente, maior quando comparado com os valores referentes às demais temperaturas (Tabela 5.10).

Subprodutos oriundos da produção de polpas de maracujá têm apresentados excelente valor energético. Togashi et al. (2008) determinaram no resíduo do maracujá um valor de 3311,65 kcal kg⁻¹, enquanto Silva et al. (2014a) obtiveram 2442,4 kcal kg⁻¹. Na farinha de sementes de maracujá Ferrari et al. (2004) encontraram um valor de 1117,5 kcal kg⁻¹.

Os níveis de energia das farinhas de sementes de maracujá determinados, no presente trabalho, diferem dos encontrados na literatura com valores aproximados. Esses resultados podem estar relacionados com a forma de processamento realizado, como por exemplo, a extração de parte da gordura que tem influência direta no valor energético dos alimentos. Porém este fator não inviabiliza o uso do subproduto nas rações, porque o mesmo é rico em muitos nutrientes importantes para a alimentação.

Os tempos de secagem a 40 e 50 °C foram, respectivamente, de 18,25 e 16,25 h para o resíduo de abacaxi, 16,25 e 10,25 h para as sementes de acerola e 12,25 e 11,25 h para as do maracujá. Observou-se que, nas duas menores temperaturas, as concentrações de nutrientes foram mais elevadas, principalmente lipídeos e proteínas (Tabelas 5.8, 5.9 e 5.10). De acordo com Reis et al. (2017), a forma de processamento mais adequada para um produto alimentício é aquela que mantém a sua melhor qualidade nutricional. Por outro lado, a enzima bromelina existente no abacaxi tem sua atividade máxima a 40 °C, sofrendo desnaturação em temperaturas acima desta (FRANÇA-SANTOS et al., 2009). Dentro do exposto, a manutenção dos melhores níveis de nutrientes associada ao menor custo energético sugerem que entre as temperaturas trabalhadas, 40 °C pode ser a melhor para o processamento dos resíduos e a fabricação das rações.

ETAPA III

5.4 FORMULAÇÃO DAS RAÇÕES E ARMAZENAMENTO

5.4.1 Formulação das rações

Na Tabela 5.11, consta o resultado do balanceamento nutricional calculado pelo Quadrado de Pearson, para a formulação das quatro rações básicas (isocalóricas e issoproteicas) com 36% de proteína bruta e energia digestível de 3000 kcal kg⁻¹, para o estudo da vida de

prateleira através de armazenamento para envelhecimento acelerado na temperatura 45 °C durante 60 dias.

O valor percentual é referente à quantidade de cada ingrediente contido nas rações (R1, R2, R3 e R4), os quais foram processados individualmente em cada temperatura de secagem. A complementação com farelo de soja teve o objetivo de atingir os níveis nutricionais compatíveis com as rações comerciais para peixes jovens, enquanto a farinha de trigo foi acrescentada apenas para dar consistência necessária aos pellets.

Tabela 5.11. Formulação percentual dos ingredientes das quatro rações, balanceadas pelo Quadrado de Pearson, com 36% de proteína bruta e 3000 kcal kg⁻¹

Rações	R1	R2	R3	R4
Temperaturas de processamento	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Ingredientes	(%)	(%)	(%)	(%)
Semente de Maracujá	41,1	41,2	41,1	41,2
Semente de Acerola	12,5	12,4	12,7	12,7
Resíduo do Abacaxi	8,4	8,4	8,2	8,1
Farelo de Soja	30,0	30,0	30,0	30,0
Farinha de Trigo	8,0	8,0	8,0	8,0
Total	100	100	100	100

Após a fabricação das rações, o resultado das análises bromatológicas apresentou os conteúdos proteicos e energéticos suficientes para atender às necessidades nutricionais dos peixes conforme pesquisas anteriores, como por exemplo, Silva et al. (2017a) alimentaram juvenis de tilápias do Nilo com 32% de proteína bruta e 3000 kcal kg⁻¹, conseguindo crescimento uniforme durante o período de arraçoamento dos animais.

Souza & Hayashi (2004) produziram uma ração com 20% de farelo de algodão, contendo 30% de proteína bruta e 2999,99 kcal kg⁻¹, cujo desenvolvimento das tilápias (*Oreochromis niloticus*, L.) apresentaram bom desempenho. Lima et al. (2011) fabricaram uma ração para a mesma espécie de peixes com adição de 15% de farinha contendo 29,8% de proteína digestível e energia digestível 3484 kcal kg⁻¹ resultando em seu bom desenvolvimento.

Koch et al. (2014) também alimentaram tilápias com 32% de proteína bruta e 3000 kcal kg⁻¹ resultaram em bom desempenho nos peixes criados em tanques redes. Soares Junior et al. (2013) obtiveram um desenvolvimento satisfatório na alimentação em juvenis de piavuçu (*Leporinus macrocephalus* L.) com cinco rações contendo 28% de proteína bruta e 3193; 3326; 3413; 3510 e 3621 kcal kg⁻¹. Bezerra et al. (2014) adicionaram 50% de farinha de manga em ração para tambaqui (*Colossoma macropomum*) com 23% de proteína bruta e 3110 kcal kg⁻¹, o que resultou em bom padrão de crescimento para os animais.

Souza et al. (2013a) adicionaram 33% de farinha de manga na ração com 33,03% de proteína bruta e 2913 kcal kg⁻¹ e Geraldo Junior et al. (2014) testaram rações com 3.000 e 3.400 kcal kg⁻¹, conseguindo crescimento satisfatório, porém pela regressão linear, recomendaram 3213,37 kcal kg⁻¹ para tilápia do Nilo com 30% de proteína bruta.

Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyianus*) foram alimentados com rações contendo de 24 a 42% de proteína bruta e 3000 kcal kg⁻¹, os melhores resultados foram obtidos com as rações que continham entre 26 a 36% de proteína bruta (SÁ & FRACALLOSSI, 2002).

5.4.2 Análises físico-químicas durante o armazenamento

Nas Tabelas 5.12, 5.13, 5.14 e 5.15, estão representados os resultados das análises físico-químicas das quatro rações, para envelhecimento acelerado durante o armazenamento de 60 dias na temperatura 45 °C.

Os níveis nutricionais foram alcançados para os níveis proteína bruta e, para os de energia, ficaram aproximados do valor pretendido. No entanto, as rações elaboradas, no presente trabalho, estão dentro da faixa nutricional utilizada na piscicultura, uma vez que, estes parâmetros são diversificados em função da espécie cultivada e do estágio de vida dos animais.

Tabela 5.12. Análises físico-químicas da ração R1, processada na temperatura 40 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias

Parâmetro	Período de armazenamento		
	0 dia	30 dias	60 dias
Teor de água (%)	5,197±0,012 a	4,667±0,134 b	4,580±0,0115 b
pH	5,177±0,0865 a	5,063±0,0273 a	5,113±0,0120 a
Proteína (%)	36,517±0,0845 a	36,327±0,0825 a	36,503±0,186 a
Lipídeos (%)	6,630±0,255 a	6,480±0,135 a	6,610±0,0854 a
Carboidrato (%)	17,633±0,935 a	18,670±0,487 a	18,197±0,613 a
Fibra (%)	31,060±0,588 a	31,110±0,411 a	31,117±0,304 a
Cinza (%)	2,963±0,174 a	2,750±0,0231 a	2,993±0,188 a
Energia (kcal kg ⁻¹)	2762,794±19,926 a	2783,009±22,460 a	2783,074±14,969 a

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 5.13 Análises físico-químicas da ração R2, processada na temperatura 50 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias

Parâmetro	Período de armazenamento		
	0 dia	30 dias	60 dias
Teor de água (%)	3,297±0,0219 a	2,703±0,170 b	2,987±0,0219 a
pH	5,113±0,00667 a	5,250±0,0208 a	5,023±0,0987 a
Proteína (%)	36,727±0,147 a	36,400±0,0794 a	36,520±0,136 a
Lipídeos (%)	6,653±0,0176 a	6,637±0,0167 a	6,647±0,165 a
Carboidrato (%)	18,230±0,195 a	19,150±0,782 a	18,010±0,873 a
Fibra (%)	32,203±0,105 a	32,490±0,805 a	32,787±0,560 a
Cinza (%)	2,883±0,0617 a	2,620±0,107 a	3,053±0,0426 a
Energia (kcal kg ⁻¹)	2797,067±6,266 a	2819,463±26,758 a	2779,400±16,695 a

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 5.14 Análises físico-químicas da ração R3, processada na temperatura 60 °C e armazenada à 45 °C durante 60 dias

	Período de armazenamento		
	0 dia	30 dias	60 dias
Teor de água (%)	3,103±0,0433 a	3,077±0,0384 a	3,110±0,026 a
Ph	5,300±0,0153 a	5,110±0,0833 a	5,187±0,119 a
Proteína (%)	36,533±0,137 a	36,620±0,148 a	36,400±0,145 a
Lipídeos (%)	6,653±0,0722 a	6,483±0,0167 a	6,530±0,0200 a
Carboidrato (%)	17,863±0,877 a	17,750±0,651 a	17,757±1,354 a
Fibra (%)	32,703±0,837 a	32,803±0,644 a	32,977±1,461 a
Cinza (%)	3,270±0,0208 a	3,263±0,0167 a	3,223±0,0448 a
Energia (kcal kg ⁻¹)	2763,253±34,883 a	2758,507±25,463 a	2754,200±56,889 a

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 5.15 Análises físico-químicas da ração R4, processada na temperatura 70 °C, armazenada à 45 °C durante 60 dias

	Período de armazenamento		
	0 dia	30 dias	60 dias
Teor de água (%)	3,267±0,0745 a	3,310±0,0814 a	3,293±0,0348 a
Ph	5,217±0,0203 a	5,040±0,0872 a	4,973±0,0636 a
Proteína (%)	36,440±0,0666 a	36,720±0,142 a	36,560±0,0866 a
Lipídeos (%)	6,127±0,0133 a	6,140±0,0173 a	6,280±0,00577 b
Carboidrato (%)	18,453±0,735 a	18,563±0,439 a	18,343±0,565 a
Fibra (%)	32,437±0,625 a	31,987±0,231 a	32,260±0,530 a
Cinza (%)	3,280±0,0361 a	3,283±0,0367 a	3,263±0,0441 a
Energia (kcal kg ⁻¹)	2746,913±28,762 a	2763,957±10,756 a	2761,200±20,104 a

Médias de três repetições ± erro padrão da média. Valores de uma mesma linha que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

A retirada do óleo da semente do maracujá, durante o processamento, refletiu nos níveis de lipídeos finais das quatro rações R1, R2, R3 e R4, que ficaram em 6,63; 6,65; 6,5 e 6,13%, respectivamente, (Tabelas 5.12; 5.13; 5.14 e 5.15). Esses valores estão dentro dos níveis ideais,

porque, para rações de peixes, os teores de lipídeos recomendados variam entre 4 a 8% (HONORATO et al., 2013). Por outro lado, níveis mais altos desse nutriente podem prejudicar a qualidade das rações, porque durante o processamento final, os ácidos graxos podem ser alterados pela temperatura e pressão, sendo transformados em compostos indigestíveis para os peixes, prejudicando o desempenho dos animais (COUTINHO, 2016).

Os resultados dos teores de água da ração R1 (processada a 40 °C) determinados nos períodos 0, 30 e 60 dias de armazenamento foram 5,197; 4,667 e 4,58% respectivamente, sendo o valor referente a “zero dia”, significativamente, maior do que os valores encontrados em 30 e 60 dias da armazenagem (Tabela 5.12). Na ração R2 que foi processada a 50 °C, os teores de água entre o início e o final do armazenamento foram 3,30, 2,7 e 2,99% respectivamente, os valores encontrados em zero e 60 dias foram iguais e significativamente maiores do que o valor determinado em 30 dias (Tabela 5.13). Os teores de água durante o armazenamento, para a ração R3 fabricada com secagem a 60 °C foram 3,10; 3,08 e 3,11% respectivamente e para a ração R4 processada com uma secagem a 70 °C foram 3,27; 3,31 e 3,29% respectivamente, para estas duas rações R3 e R4 os níveis de teor de água não apresentaram alteração significativa durante o armazenamento (Tabelas 5.14 e 5.15).

A legislação brasileira através da “Resolução de Diretoria Colegiada – RDC” nº 263, de 22 de setembro de 2005 regulamenta que o teor de água de 14% é o valor máximo para a conservação sanitária de farinhas (BRASIL, 2012). Aranha et al. (2017) fabricaram uma ração farelada, aproveitando quatro tipos de resíduos de frutos com os percentuais de: abacaxi 47,25%, melão 31,87%, mamão 15,38% e maçã 5,50%, desidratados na temperatura de 70 °C, que apresentaram teor de água em 19,19%, superior ao valor de referência constante na legislação brasileira. Para Nunes et al. (2017), o teor de água no produto armazenado é fator decisivo para a multiplicação de microrganismos, assim, baixos conteúdos de água tornam o produto mais estável durante o armazenamento, aumentando o tempo de vida na prateleira.

Os valores de pH das quatro rações R1, R2, R3 e R4 processadas nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C armazenadas a temperatura 45 °C durante 60 dias apresentaram os níveis de pH entre 5,3 a 4,973, não havendo diferença significativa durante o período de armazenamento, considerando o pH inicial referente ao período “zero dia” como testemunha. Observando os dados encontrados para o pH durante o armazenamento, percebe-se uma leve tendência ao decaimento no tempo de armazenamento de 30 dias para as amostras, com exceção da R2, já a ração R4 apresentou um decréscimo constante, porém essa tendência não foi estatisticamente diferente em nenhum dos casos (Tabelas 5.12; 5.13; 5.14 e 5.15).

Barbosa et al. (2014) analisaram abacaxi, manga, caju e banana desidratados a 60 °C, encontrando valores de pH entre 3,29 e 4,90, sendo o valor do pH 4,1 para o abacaxi desidratado. De acordo com estes autores, o valor de pH dentro desta faixa dificulta o crescimento de microrganismos, proporcionando a conservação do produto durante o armazenamento.

A ração na forma de farinha formulada com os resíduos das frutas abacaxi (47,25%), melão (31,25%), mamão (15,38%) e maçã (5,50%) foi processada a 70 °C, sendo embalada e monitorada durante o armazenamento em 0, 7, 14 e 21 dias e apresentaram o pH oscilando entre 4,39 a 5,50 (ARANHA et al., 2017). Nunes et al. (2017) processaram resíduo de abacaxi em 50, 60 e 70 °C, e os valores de pH foram de 2,26; 4,37 e 4,43 respectivamente. Para Carlos & Deleruck (2015), quando armazenaram a farinha de trigo integral por 90 dias verificaram que o desenvolvimento de bolores e leveduras foi limitado pelo nível de acidez e o teor de água. Para Nunes et al. (2017), a condição ácida de um alimento associada ao baixo teor de água contribui para prolongar a estabilidade da qualidade e o tempo de prateleira do produto. Os resultados anteriores, aqui apresentados, estão condizentes ao observado no presente trabalho, na existência de baixos teores de água e valores dos pH das rações, durante o período de armazenamento (Tabelas 5.12; 5.13; 5.14 e 5.15).

Observando os dados encontrados para todas as rações analisadas depois do armazenamento, pode-se verificar que os teores de proteína bruta, lipídeos, carboidratos, fibra bruta, cinzas e energia, todos expressos nas Tabelas de 5.12 a 5.15, não apresentaram diferença significativa durante os 60 dias de armazenamento quando comparadas com a testemunha, com exceção dos lipídeos da ração R4 em 60 dias que variou de 6,127 para 6,280%. Porém considerando que, em todas as amostras trabalhadas, essa foi a única diferença físico-química encontrada durante o armazenamento. Essa variação isolada pode estar associada a uma possível falha na homogeneidade da ração durante o processo de fabricação, uma vez que, as mesmas foram feitas artesanalmente.

5.4.3 Microbiologia

Nas Tabelas 5.16 e 5.17, contam os resultados das análises microbiológicas de bolores e leveduras das rações produzidas com subprodutos de abacaxi, acerola e maracujá oriundos da produção de polpas para sucos, armazenadas em B.O.D para envelhecimento acelerado na temperatura de 45 °C durante 60 dias. Os baixos níveis de bolores e levedura verificados entre

o início (dia de fabricação) e o final do período de armazenamento indicaram que todas as rações analisadas apresentaram qualidade microbiológica satisfatória, estando aptas a serem utilizadas na alimentação animal.

Tabela 5.16 Contagem de bolores (UFC g⁻¹) nas amostras das rações (R1, R2, R3 e R4) processadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e armazenadas na BOD à 45 °C durante 60 dias

	Temperaturas de fabricação			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Tempo dias	R1	R2	R3	R4
0	3,3 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻³	Ausente	7,0 x 10 ⁻⁵
30	Ausente	Ausente	3,3 x 10 ⁻⁴	3,3 x 10 ⁻⁴
60	4,4 x 10 ⁻⁴	6,7 x 10 ⁻⁴	Ausente	3,3 x 10 ⁻⁴

Médias de nove repetições. (Ausente) corresponde a amostras que durante o período de armazenamento não apresentaram presença de contaminação pelos tipos de microrganismos analisados.

Tabela 5.17 Contagem de Leveduras (UFC g⁻¹) nas amostras das rações (R1, R2, R3 e R4) processadas nas temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e armazenadas na B.O.D à 45°C durante 60 dias

	Temperaturas de fabricação			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Tempo dias	R1	R2	R3	R4
0	1,0 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻³	3,0 x 10 ⁻⁴	6,0 x 10 ⁻⁴
30	Ausente	Ausente	3,0 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻³
60	3,0 x 10 ⁻³	Ausente	4,0 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻⁴

Médias de nove repetições. (Ausente) corresponde a amostras que durante o período de armazenamento não apresentaram presença de contaminação pelos tipos de microrganismos analisados.

Durante o armazenamento, não houve presença de bolores nas rações R1 e R2 em 30 dias, e na R3 em zero e 60 dias. Nos outros períodos, a presença de contaminação desses microrganismos foi muito baixa entre 1,0 x 10⁻³ a 7,0 x 10⁻⁵ UFC g⁻¹. Quanto a leveduras, a

ausência ocorreu na ração R1 em 30 dias e na R2 em 30 e 60 dias, nos outros períodos, houve contagens também com níveis insignificantes entre $1,0 \times 10^{-3}$ a $6,0 \times 10^{-4}$ UFC g⁻¹.

Carlos & Delezuck (2015) processaram farinha de trigo integral com moagens em diferentes granulometrias e com teor de água entre 9,9 a 11%, as amostras foram armazenadas durante 90 dias na temperatura ambiente variando entre 22,5 a 29,5 °C, encontrando bolores e leveduras na faixa de 120 a 660 UFC g⁻¹. Segundo os autores, estes valores encontrados estão dentro dos níveis aceitáveis de acordo com a legislação brasileira para o produto. A conservação de cereais e seus derivados, durante o armazenamento, depende das condições de embalagem e do teor de água do produto, porque níveis altos de teor de água favorecem a proliferação de organismos tais como fungos, ácaros e insetos que podem deteriorar os produtos, dando origem a elementos nocivos à saúde (MOURA et al., 2014).

Oliveira et al. (2015) analisaram bolores e leveduras em farinhas de linhaça (*Linum usitatissimum* L.), vendidas, embaladas e a granel, em lojas de produtos naturais, feiras livres e supermercados de Vitória da Conquista - BA, encontrando, respectivamente, os seguintes resultados: para a linhaça dourada as contagens para bolores foram $2,5 \times 10^1$; $7,5 \times 10^1$ e 5×10^1 UFC g⁻¹ e leveduras $2,5 \times 10^2$; $7,7 \times 10^2$ e $1,1 \times 10^2$ UFC g⁻¹, enquanto para linhaça marrom as contagens de bolores foram $1,27 \times 10^2$; $1,25 \times 10^2$ e $3,25 \times 10^2$ UFC g⁻¹ e leveduras $7,5 \times 10^1$; $3,55 \times 10^2$ e 4×10^1 UFC g⁻¹, a contaminação mais alta na linhaça marrom foi atribuída à preferência do consumidor pela linhaça dourada, que retarda naquela região a rotatividade da linhaça marrom, no entanto, segundo os autores, as duas ainda estão dentro de padrões sanitários. A contaminação mais alta também pode estar relacionada com a manipulação dos produtos comercializados a granel, em feiras livres, que estão sujeitos à contaminação (RODRIGUES et al., 2015).

Para Mendes et al. (2014), rações estocadas em ambientes com temperatura e umidade variadas, com o tempo de armazenagem prolongado podem causar riscos à saúde dos animais. Análise para detectar a presença de microrganismos torna-se importante, porque eles são responsáveis por acelerar a deterioração dos alimentos, reduzir o valor nutricional e mudar as qualidades organolépticas do produto, fatores estes indesejáveis, uma vez que acabam afetando a vida de prateleira dos alimentos (OLIVEIRA et al., 2015).

Rodrigues et al. (2015) analisaram bolores e leveduras em quatro tipos farinhas de mandioca (*Manihot esculenta* Cratz) vendidas a granel, nas feiras de Ji-Paraná-RO, encontrando os níveis de contaminação nas amostras das seguintes farinhas, branca fina: $1,0 \times$

10^2 a $1,2 \times 10^5$ UFC g^{-1} , branca grossa: $<1,0 \times 10^1$ a $2,0 \times 10^5$ UFC g^{-1} , amarela e fina: $<1,0 \times 10^1$ a $3,0 \times 10^3$ UFC g^{-1} e amarela e grossa: $<1,0 \times 10^1$ a $9,0 \times 10^4$ UFC g^{-1} , os autores concluíram no final do trabalho que, entre os produtos analisados houve maior contaminação nas farinhas branca grossa e branca fina, porém a maioria das amostras demonstraram contagens inferiores aos padrões estabelecidos na legislação.

Em rações para avestruz, peixes e equinos, armazenadas por 12 meses no depósito da indústria, as contagens de bolores e leveduras se mantiveram entre $0,1447 \times 10^4$; $0,055 \times 10^4$ e $0,1912 \times 10^4$ UFC g^{-1} , para o armazenamento em ambiente controlado a contagem foi de $2,4298 \times 10^4$; $0,0054 \times 10^4$ e $0,0626 \times 10^4$ UFC g^{-1} , no entanto, as mesmas rações armazenadas em um distribuidor com sérios problemas de umidade, com 90 dias de armazenamento foi o suficiente para a contaminação alcançar níveis impróprios para consumo na ordem de $220,016 \times 10^4$; $130,005 \times 10^4$ e $120,0300 \times 10^4$, respectivamente (GABBI et al., 2011).

Fungos se desenvolvem em certas condições de umidade, oxigênio e temperatura, em produtos agrícolas e alimentos, produzindo micotoxinas elementos tóxicos, estáveis e termo-resistentes, sendo, portanto, difíceis de serem eliminados, causando inúmeros problemas de saúde tanto ao homem como aos animais, em maior gravidade por via digestiva, pela ingestão de alimentos contaminados (INMETRO, 2018). Dessa forma, o teor de água em farinhas e rações, assim como as condições do local de estocagem aceleram a deterioração dos produtos tornando-os de má qualidade (MENDES et al., 2014).

Para Franco (1996), quando microrganismos se encontram em ambiente neutro a multiplicação depende da sua capacidade de modificar o pH, porém em acidez próxima de 4,0 as aminoácido-descarboxilases de muitos deles são ativadas, para a produção de aminas, aumentando o pH, no entanto, bolores se multiplicam em pH mais alto que as leveduras, que são mais tolerantes do que bactérias.

Durante o armazenamento todas as rações apresentaram valores de pH entre 4,6 a 5,3 (Tabelas 5.12; 5.13; 5.14 e 5.15). De acordo com Franco (1996), nesses valores de pH poderia haver crescimento de bolores, no entanto, as contagens das colônias realizadas nas quatro rações trabalhadas foram extremamente baixas, ocorrendo ausência total em alguns períodos do armazenamento (Tabelas 5.16 e 5.17).

Na legislação brasileira, segundo Mendes et al. (2014) e Reinoso et al. (2017), atualmente não consta especificamente o limite para bolores e leveduras em rações, dessa forma para a conclusão dos resultados deste trabalho foram considerados os valores de referência na

faixa 10^3 a 10^4 UFC g^{-1} , constantes na RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, no item “Frutas, produtos de frutas e similares” (BRASIL 2001).

Dentro do exposto, os resultados para bolores e leveduras, no presente trabalho, estão abaixo dos valores padrão recomendados pela legislação brasileira. A preservação da qualidade das rações pode ter sido beneficiada pela manipulação preventiva realizada no início do processamento, como por exemplo, a higienização com a solução de cloro e o tratamento térmico aplicado nos resíduos. Uma vez que a Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos RDC nº 12/2001 Brasil (2001) preconiza que as práticas de manipulação da matéria prima, estocagem e erros durante o processamento podem resultar em níveis altos de contaminação, ficando os alimentos fora dos padrões sanitários e impróprios para o consumo.

6. CONCLUSÕES

- O aumento da temperatura do ar de secagem nos resíduos de abacaxi, acerola e maracujá diminuiu o tempo de desidratação dos produtos;
- À medida que a temperatura aumentou entre 40 a 70 °C, os coeficientes de difusão aumentaram, sendo para o resíduo do abacaxi de $3,69 \cdot 10^{-10}$ a $8,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, para as sementes da acerola de $7,58 \cdot 10^{-10}$ a $15,54 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e para a do maracujá de $1,25 \cdot 10^{-09}$ a $2,76 \cdot 10^{-09} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ respectivamente;
- A relação dos coeficientes de difusão com a temperatura de secagem pode ser descrita pela equação de Arrhenius, apresentando os valores da energia de ativação no resíduo do abacaxi de $24,213 \text{ kJ mol}^{-1}$, na semente de acerola de $21,583 \text{ kJ mol}^{-1}$ e na de maracujá de $21,967 \text{ kJ mol}^{-1}$.
- O modelo matemático Cavalcanti Mata foi o que melhor se adequou aos dados experimentais para os três produtos avaliados, obtendo para todas as temperaturas selecionadas, os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,99 e os menores valores de desvio quadrático médio (DQM) igual ou menor do que $1,29 \cdot 10^{-4}$.

- A composição química dos subprodutos trabalhados atendeu os níveis de nutrientes suficientes para atender à exigência proteica e energética necessária para elaborar rações para peixes onívoros.
- As rações de R1 a R4 elaboradas com resíduos agroindustriais e armazenadas para envelhecimento acelerado a 45 °C por 60 dias, apresentaram qualidade sanitária satisfatória, com valores de pH entre 4,9 a 5,3 e as contagens de bolores variando entre ausentes e $1,0 \times 10^{-3}$ UFC g⁻¹, e de leveduras entre ausentes e $4,0 \times 10^{-3}$ UFC g⁻¹, com resultados abaixo do valor de referência previsto na legislação brasileira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, A. K. S. & NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Braz. J. Food Technol.**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.
- ACEB/MAP - 1º anuário brasileiro da pesca e aquicultura: 1st Brazilian Fishery and aquaculture yearBook. Victor Carlson, Editor-executivo: Alexsandro Vanin. 2014. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf acessado em: 14/09/2018.
- ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 640–646, 2013.
- ALMEIDA, R. D. **Desidratação osmótica com secagem complementar de banana pacovan**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2013.
- ALMEIDA, B. C.; TOMASELLI, I.; KLITZKE, R. J. Avaliação da secagem artificial de madeiras em três polos madeireiros do Mato Grosso. **Revista Espacios**, v. 38, n. 28, 2017. 23 p.
- AMORIM, R. N. L. **Consumo, digestibilidade, desempenho e características da carcaça de ovinos alimentados com resíduo de maracujá (*Passiflora edulis* L.) em substituição ao milho**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado – Universidade Federal do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal), Mossoró-RN, 2015.
- ARANHA, J. B.; NEGRI, T. C.; MARTIN, J. G. P.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama nos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e compostos fenólicos de farinha de resíduos de frutas durante armazenamento. **Braz. J. Food Technol.**, v. 20, n. e2016123, 2017.
- ARAÚJO, C. D. M.; **Eficiência energética em sistema de secagem**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2013.

- ARAÚJO, C. S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; OLIVEIRA, A. N. O.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leite de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Braz. J. Food Technol.** v. 20, n. e2016152, 2017.
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.
- ARÉVALO-PINEDO, A.; ARÉVALO, Z. D. S.; BESERRA, N. S.; ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; PINEDO, R. A. Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.
- ASSOCIAÇÃO OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. Washington D.C. 13th edition. 1995. 937 p.
- AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEJA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; WASIM SIDDIQUI, Md.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Res. Int.**, v. 44, p. 1866-1874, 2011. Disponível em: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jaislocr/QUIMICA_DE_ALIMENTOS/potencial_de_pigmentos_frutas_exoticas.pdf.
- BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**. v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004.
- BARBIERI, J. C. & LEIMANN, F. V. Extração de Óleo da Semente do Maracujá e Microencapsulação em Poli (ϵ -Caprolactona). **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos** v. 5, n. 2, p. 1-9, 2014.
- BARBOSA, L. S.; MACEDO, J. L.; SANTOS, C. M. MACHADO, A. V. Estudo da Secagem de Frutos Tropicais do Nordeste. **Revista Verde (Mossoró – RN)**, v. 9, n. 1, p. 186-190, 2014.

- BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. Instruções para o cultivo da acerola. Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Circular Técnica, nº 6. Aracajú, SC. 1996. 42 p.
- BARRETO, H. F. M.; LIMA, P. O.; SOUZA, C. M. S.; MOURA, A. A. C.; ALENCAR, R. D.; CHAGAS, F. P. T. Uso de coprodutos de frutas tropicais na alimentação de ovinos no semiárido do Brasil. **Arch. Zootec.** v. 63(R): p. 117-131, 2014.
- BATISTA SOBRINHO, I. S. **Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas.** UESB, 2014. 166 f. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais). Itapetinga – BA, 2014.
- BEZERRA, S. K.; SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B.; CAMPECHE, D. F. B. Crescimento de tambaqui alimentado com diferentes níveis de farinha de manga e proteína na ração. **Arch. Zootec.** v. 63, n. 244, p. 587-598, 2014.
- BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A. A.; BARD, J. J.; ISHIDA, A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 3, p. 629-633, 2006.
- BOTELHO, F. M.; GARCIA, T. R. B.; VIANA, J. L.; BOTELHO, S. C. C.; SOUSA, A. M. B. Cinética de secagem e determinação do coeficiente de difusão efetivo de grãos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 260-272, 2015.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada - (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União (DOU) nº 7, Brasília, 10 de janeiro de 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada - (RDC) nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União (DOU) nº 184, Brasília, 23 de setembro de 2005.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico Mercosul sobre informação nutricional complementar. Diário Oficial da União de 13 de novembro de 2012.

- CAMICIA, R. G. M., CHRIST, D.; COELHO, S. R. M.; CAMICIA, R. F. M. Modelagem do processo de secagem de sementes de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 206-214, 2015.
- CARLOS, L. E. & DELEZUCK, N. Z. Avaliação Da Vida De Prateleira Da Farinha De Trigo Integral Comparando Diferentes Processos De Moagem. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, v. 2, n. 12, p. 125-131, 2015.
- CARLSON, V. & VANIN, A. 1º anuário brasileiro da pesca e aquicultura: 1st Brazilian Fishery and aquaculture yearBook. Victor Carlson, Editor-executivo: Alexsandro Vanin. 2014. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf acessado em: 14/09/2018.
- CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K.; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. L.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. I. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, 2014.
- COELHO, E. M.; AZÊVEDO, L. C.; UMSZA-GUEZ, M. A. Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. **Cad. Prospec.**, Salvador, v. 9, n. 3, p.323-336, 2016.
- COELHO, L. M. & WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 30, n. 3, p. 582-588, 2010.
- CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; O. ANDRADE, M. G.; CAMILO, L. J.; SOUZA, A. H. S. Secagem de grãos de milho do cerrado em um secador comercial de fluxos mistos. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10 n. 1, 14-26, 2016.
- 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.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.501-510, maio/ago. 2007.

- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; OLIVEIRA, D. E. C. Modelagem matemática da secagem de frutos de crambe em camada delgada. **Biosci. J.**, v. 31, n. 2, p. 392-403, 2015.
- COUTINHO, J. J. O. **Relações entre carboidratos e lipídios em dietas para tilápias do nilo em tanques-rede**. 2016. 72 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2016.
- CROCHEMORE, M. L.; MOLINARI, H. B.; STENZEL, N. M. C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 25, n. 1, p. 5-10, 2003.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. Oxford: Clarendon Press, 2ed. 1975. 414 p.
- CRUZ, L. S.; LIMA, R. Z.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; PINTO, L. M. A. Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner., **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 43, n. 12, p. 2280-2284, 2013.
- DAIUTO, É. R.; TREMOCOLDI, M. A.; SEVERINO MATIAS DE ALENCAR, S. V.; VIEITES, R. V.; MINARELLI, P. H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 36, n. 2, p. 417-424, 2014.
- DERLAN, J. M.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; LEITE, A. L. M. P.; PASTRO, D. C. Análise da cinética de secagem de pimenta cambuci em diferentes temperaturas e formas de processamento. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17; p. 97-107, 2013.
- DIETERICH, F.; BOSCOLO, W. R.; LÖSH, J. A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W. M.; SIGNOR, A. A. Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-Nilo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 47, n. 3, p. 417-424, 2012.
- DIÓGENES, A. M. G.; QUEIROZ, A. J. Q.; ROSSANA MARIA FEITOSA DE FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SANTOS, D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 71-80, 2013.
- FAO BRASIL. Novo relatório da FAO aponta que produção da pesca e aquicultura no Brasil deve crescer mais de 100% até 2025. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/423722/2016> acessado em: 14/09/2018.

- FAO - Food and agriculture organization of the united nations: The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 2016. 200 p.
- FALEIRO, F. G. & JUNQUEIRA, N. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Ed. Fábio Gelape Faleiro, Nilton Tadeu Vilela Junqueira, Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá aproveitamento das sementes. **Rev. Bras. Frutic.** v. 26, n. 1, p. 101-102, 2004.
- FERREIRA, L. A.; SILVA, D. P.; SOARES, D. R.; SCHEIDT, G. N. A utilização de resíduos das agroindústrias de suco de abacaxi para a produção de bromelina. **Revista Sítio Novo**, vol. 1, ano 201, p. 247-257, 2017.
- FILETI, A. M. F.; FISCHER, G. A.; SANTANA, J. C. C.; TAMBOURGI, E. B. Batch and Continuous Extraction of Bromelain Enzyme by Reversed Micelles. **Braz. Arch. Biol. Technol.** v. 52 n. 5, p. 1225-1234, 2009.
- FRANCO, B. D. G. M. **Microbiologia dos alimentos**. Maria Bernadete Gombossy de Melo Franco, Maria Landgraf/colaboradora Maria Tereza Destro. São Paulo: Editora Atheneu, 1996.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu, 1989. 230 p.
- FRANÇA-SANTOS, A.; ALVES, R. S.; LEITE, N. S.; FERNANDES, R. P. M. Estudos bioquímicos da enzima bromelina do *Ananas comosus* (abacaxi). **Scientia Plena**, v. 5, n. 11, 2009.
- FREITAS, E. C.; SILVA, M. V.; SILVA, A. C. M. Coprodutos da agroindústria processadora de polpa de fruta congelada *Fragaria sp* como fonte de alimento funcional. **C&D-Revista Eletrônica da Fainor**, v. 8, n. 2, p. 108-113, 2015.
- FREITAS, T. L. **Subprodutos de acerola como fontes de compostos fenólicos em leite fermentados probióticos**. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado - Faculdade de ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo - Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental) – Universidade de São Paulo. 2017.

- GABBI, A. M.; CYPRIANO, L.; PICCININ, I. Aspectos microbiológicos e físico-químicos de três rações comerciais sob diferentes condições de armazenamento. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 12, n. 3, p. 784-793, 2011.
- GARCÍA, P.; ROMERO, C.; BRENES, M. Influence of olive tree irrigation and the preservation system on the fruit characteristics of Hojiblanca black ripe olives. **LWT - Food Science and Technology**. v. 55, n. 1, p. 403-407, 2014.
- GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 03, n. 02, p. 56-65, 2009.
- GERALDO JUNIOR, E.; MEURER, F.; TREVISAN, L.; SILVA, L. C. R. Energia digestível para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em baixa temperatura. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 2, p. 36-43, 2014.
- GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M. O.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.
- GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014a.
- GONELI, A. L. D.; NASU, A. K.; GANCEDO, R.; ARAÚJO, W. D.; SARATH, K. L. L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 16, n. 2, supl. I, p. 434-443, 2014b.
- 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.
- HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.
- HOEHNE, F. C. Frutas indígenas. São Paulo: Instituto de Botânica, 1946. 88 p apud SOARES W. S.; RÊGO M. M.; RÊGO E. R.; BARROSO P. A.; MEDEIROS L. R. N.

- Caracterização de frutos e sementes em acessos de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 13, especial, p. 569-573, 2011.
- HONORATO, C. A.; NUNES, C. S.; CARRILHO, E. N. V. M.; MORAES, G. Efeito do processamento de dietas com diferentes níveis de carboidratos e lipídeos sobre a composição corporal e perfil de ácidos graxos do filé do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Ciência Animal Brasileira**, v.14, n.1, p. 49-58, 2013.
- HORUZ, E.; BOZKURT, H.; MASKAN, M. Drying kinetics of apricot halves in a microwave-hot air hybrid oven. **Heat Mass Transfer**. v. 53, n. 5 p. 2117–2127, 2017.
- INFANTE, J.; SELANI, M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr.**, v. 24, n. 1, p. 87-91, 2013.
- INMETRO. Informação ao Consumidor <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/racao.asp> acesso em 17 de agosto de 2018.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal - PAM: culturas temporárias e permanentes**. Prod. agric. munic., Rio de Janeiro, v. 43, 2016, 62 p.
- JORGE, N.; MALACRIDA, C. R.; ANGELO, P. M.; ANDREO, D. Composição centesimal e atividade antioxidante do extrato de sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) em óleo de soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 39, n. 4, p. 380-385, 2009.
- 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.
- KOCH, J. F. A.; ESPERANCINI, M. S. T.; BARROS, M. M.; CARVALHO, P. L. P. F.; FERNANDES JUNIOR, A. C.; TEIXEIRA, C. P.; PEZZATO, L. E. Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. **Bol. Inst. Pesca**, v. 40, n. 4, p. 605-616, 2014.

- KUBITZA, F. Manejo na produção de peixes. In: Manejo Alimentar e Nutricional. **Panorama da aqüicultura**, v. 18, n. 111, p. 14-27, 2009.
- LAZZARI, R.; UCZAY, J.; RODRIGUES, R. B.; PIANESSO, D.; ADORIAN, T. J.; MOMBACH, P. I. Utilização de resíduos de frutas em dietas para piava. **Bol. Inst. Pesca**, v. 41, n. 2 p. 227-237, 2015.
- LEITE, A. L. M. P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P. Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015.
- LEITE, D. D. F.; SANTOS, F. S.; SANTOS, D. C.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi. **Revista Verde**, v. 12, n. 4, p. 769-774, 2017.
- LEMOS, D. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. S. Sousa, E. P.; Matias, M. L. Composição físico-química de resíduos de abacaxi *in natura* e desidratado. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, v. 4, n. 2, p. 53-56, 2010.
- LEONEL, S., LEONEL, M., SAMPAIO, A. S. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv Smooth Cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 36, n. 2, p. 433-439, 2014.
- LIMA, E. N.; ARAUJO, M. E. B.; BERTINI, C. H. C. M.; MOURA, C. F. H.; HAWERROTH, M. C. Diversidade genética de clones de aceroleira avaliada por meio de marcadores moleculares ISS. **Com. Sci.**, Bom Jesus, v. 6, n. 2, p. 174-180, 2015.
- LIMA, M. R.; LUDKE, M. C. M. M.; PORTO NETO, F. F.; COSTA PINTO, B. W.; TORRES, T. R.; SOUZA, E. J. O. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 65-71, 2011.
- LIMA, P. C. C.; AVILA, R. G.; SILVA, D. V.; CARDOSO, P. F.; OLIVEIRA, M. D. Utilização de resíduo do processamento de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) na confecção de biscoito tipo língua de gato. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 08, n. 02 suplemento, p. 1488-1500, 2014.
- LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento Agroindustrial de Resíduos Provenientes do Abacaxi 'Pérola' Minimamente Processado. **HOLOS**, ano 33, vol. 02, p. 122-136, 2017.

- LIMA, W. A.; CONSTANT, P. B. L.; SANTOS, J. A. B.; CARNLELOSSI, M. A. G. Caracterização e armazenamento de farinhas obtidas a partir do resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Geintec**, v. 3, n. 4, p. 109-120, 2013.
- LISBÔA, J. F.; SILVA, J. N.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, E. M. C. A.; GONÇALVES, M. C. Análise da hidratação de grãos de alpiste. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 218-223, 2015.
- LOPES, P. C.; PINTO, E. K. R.; MATTAR, M. S.; COSTA, H. B. Determinação do teor de proteínas totais e da atividade proteolítica de resíduos agroindustriais do processamento de frutos do abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola. **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, (2013).
- LOPES, R. M. A.; SEVILHA, C. A.; FALEIRO, F. G. SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de passifloras nativas do cerrado brasileiro. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, n. 2, p. 498-506, 2010.
- LOPES, S. C. Citogenética do maracujá, *Passiflora* spp. In: SÃO JOSÉ, AR. **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, p.201-209, 1991 apud SOARES W.S.; RÊGO M. M.; RÊGO E. R.; BARROSO P. A.; MEDEIROS L. R. N. Caracterização de frutos e sementes em acessos de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 13, especial, p. 569-573, 2011.
- LORENA, E. M.; BEZERRA, A. P. X. G.; SANTOS. Í. G. S.; FABRÍCIO ÂNGELO GABRIEL. F. Â.; HOLANDA, R. M. Gestão de resíduos industriais do setor sucroalcooleiro: estudo de caso de Pernambuco, Brasil. **R. Gest. Industr.**, v. 13, n. 2, p. 182-197, 2017.
- LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.
- MACHADO, M. P.; BERGO, C. L.; DESCHAMPS, C.; BIZZO, H. R.; BIASI, L. A. Efeito da secagem natural e artificial da biomassa foliar de *Piper hispidinervum* na composição química do óleo essencial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 265-270, 2013.

- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa Nº 62. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2003. 194 p. PUBLICADO NO DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO DE 18/09/2003, SEÇÃO 1, p. 14.
- MARINHO, F. B.; CRISPIM, M. C. B.; TORELLI, J. E. R.; PEIXOTO, G. M.; CARDOSO, M. M. L. Desempenho produtivo e análise econômica das espécies tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) e carpa comum (*Cyprinus carpio*) (Linnaeus, 1758) cultivadas em viveiros escavados. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, p. 760-773, 2016.
- MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Rev. Nutr.**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.
- MARTIN, J. G. P.; MATTA JÚNIOR, M. D.; ALMEIDA, M. A.; SANTOS, T.; SPOTO, M. H. F. Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 3, p. 281-287, 2012.
- MARTINS, J. J. A.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Biosci. J.**, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.
- MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015.
- MATA, M. E. R. C. M.; ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M. Secagem de sementes. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. (Ed.). **Tecnologia de armazenamento em sementes**. Campina Grande: UFCG, 2006. p. 271-370.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. et al. **Animal nutrition**. 7. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1979. 602 p. apud SÁ, M. V. C. & FRACALOSSO, D. M. Exigência

- protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2002.
- MELO, J. F. B.; SEABRA, A. G. L.; SOUZA, S. A.; SOUZA, R. C.; FIGUEIREDO, R. A. C. R. Substituição do farelo de milho pela farinha de manga no desempenho da tilápia-do-Nilo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 64, n. 1, p. 177-182, 2012.
- MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.
- MENDES, J. V.; PIRES, P. G. S.; TEIXEIRA, L.; MAIER, J. C.; BERNARDI, E. Avaliação de alimentos secos industrializados para cães e gatos expostos ao ambiente. **BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 10, n. 19, p. 2014.
- MENDES-FILHO, N. E.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, J. M. T. Determinação de macro componentes e nutrientes minerais da polpa de manga (*Mangifera indica* L.). **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.6, n. 1/2, p. 22-36, 2014.
- MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. T. B.; ALMEIDA, F. A. C.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 382-387, 2015.
- MENEZES, M. L.; STRÖHER, A. P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, p. 176-178, 2013.
- MENESES, V. P.; SILVA, J. R. A.; FERREIRA NETO, J.; ROLIM, H. O.; ARAÚJO, A. L. M.; LIMA, P. S. E. Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva. **Revista Verde**, v. 13, n. 4, p. 472-482, 2018.
- MICHELATO, M.; FURUYA, W. M.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; FURUYA, V. R. B. Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g. **R. Bras. Zootec.**, v. 42, n. 1, p. 7-12, 2013.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002 apud GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade

- efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014a.
- MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 3: p. 733-737, 2008.
- MONTEIRO, M. L. G. **Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado**. 2013. 177 f. Tese (Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) — Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2013.
- MORAES FILHO, F. C.; OLIVEIRA, E. L.; NÓBREGA, E. M. M. A.; OLIVEIRA, J. A.; CORREIA, R. T. P. Secagem convectiva da acerola (*Malpighia emarginata* DC.): aplicação de modelos semiteóricos. **HOLOS**, ano 30, v. 01, 2014.
- MORAIS, S. J. S.; DEVILLA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 44, n. 3, p. 455-463, 2013.
- MOURA, A. C.; TASCA, A. C.; PINTO, F. G. S.; SOARES, I. A.; ASSUMPÇÃO, R. B. Qualidade microbiológica de farinhas de trigo (*Triticum aestivum*) comercializadas na cidade de Cascavel (Paraná). *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 499-504, 2014.
- MPA - MINISTRO DA PESCA E AQUICULTURA. Plano de desenvolvimento da aquicultura brasileira - 2015/2020. Ministro da Pesca e Aquicultura. 2015. Disponível em: http://seafoodbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Plano_de_Developmento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf acessado em: 15/09/2018.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, L. M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.
- NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

- NOGUEIRA, N. C. L.; FARIA FILHO, D. E.; CAMARGO, A. C. S. Análise econômica da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com resíduos de hortaliças. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 8, n. 1, p. 22-27, 2016.
- NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. *Revista Agropecuária Técnica*, Areia-PB, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2017.
- NUNES, J. S.; SILVA, F. B.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. Caracterização físico-química de farinha resíduo de polpa de acerola. CONTECC, 72^a SOEA, Fortaleza, 15 a 18/09/2015. 4p.
- OLIVEIRA, F. B.; MIRANDA, A. S.; VIANA JÚNIOR, N. M.; SANTANA, R. F. Qualidade Microbiológica de Farinhas de Linhaça Dourada e Marrom. **UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 17, n. 3, p. 176-180, 2015.
- OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Braz. J. Food Technol.**, v. 18, n. 4, p. 314-321, 2015.
- OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, J. A. B.; NARAIN, N.; FONTES, A. S.; CAMPOS, R. S. S.; I TACIANA LIMA DE SOUZA, T. L. Caracterização e extração de compostos voláteis de resíduos do processamento de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, 2012.
- ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos - Alimentos de origem animal**, v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PAGE, G. E. Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer. 1949. Dissertation (Master's Thesis) Department of Mechanical Engineering, Purdue University, Purdue.
- PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93-127, 2014.
- PEDROZA FILHO, M. X. Diagnóstico da cadeia produtiva da piscicultura no estado de Tocantins. Manoel Xavier Pedroza Filho – Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 65 p.

- PEREIRA JUNIOR G.; PEREIRA, E. M. O.; PEREIRA FILHO, M.; BARBOSA, P. S.; SHIMODA, E.; BRANDÃO, L. V. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, CRANTZ) em substituição ao milho (*Zea mays*). *Acta Amazonica* v. 43, n. 2, p. 217-226, 2013.
- PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. P.; LIMA, A.; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. N.; CAVALCANTE NETO, A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante *in vitro* da farinha de resíduo da acerola (*Malpighia glaba* L.). *Acta Tecnológica*, v. 8, n. 2, 2013.
- PEREZ, L. G.; OLIVEIRA, F. M. N.; ANDRADE, J. S.; MOREIRA FILHO, M. Cinética de secagem da polpa cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 44, n. 1, p. 102-106, 2013.
- RAMOS, B. C. Z. **Desenvolvimento e caracterização física, química e nutricional de farinhas de cascas e sementes de *Passiflora edulis* Sims e utilização na elaboração de cookies.** 2017. 139 f. Dissertação de mestrado / Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Brasília, 2017.
- REINOSO, A. C. L.; SOUZA, R. R.; CARNELOSSI, M. A. G.; CONCEIÇÃO, A. M.; BERY, C. C. S.; OLIVEIRA, J. K. Efeitos das temperaturas na conservação dos minerais em farinhas de cascas de manga. **Interfaces Científicas, Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 25-32, 2017.
- REIS, D. S.; FIGUEIREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. *Campinas*, v. 20, n. e2015083, 2017, <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.8315> ISSN 1981-6723 on-line version.
- ROCHA, C. M. C.; RESENDE, E. K.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesq. agropec. bras.**, v. 48, n. 8, p. iv-vi, 2013.
- RODRIGUES, E. B.; ARAÚJO, A. M.; SOBRAL, F. O. S.; ROMÃO, N. F. Avaliação da presença de bolores e leveduras em farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Cratz) comercializadas a granel em feiras livres do município de Ji-Paraná-RO. **South**

- American – Journal of Education, Technical and Technological**, v. 2, n. 2, p. 15-22, 2015.
- RODOVALHO, R. S.; SILVA, H. W.; SILVA I. L.; ROSSETTO, C. A. V. Cinética de secagem dos grãos de pimenta bode. **GI. SciTechnol, Rio Verde**, v. 08, n. 02, p.128 – 142, 2015.
- SÁ, M. V. C.; FRACALOSSI, D. M. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). *R. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2002.
- SANCHES, E. G.; SILVA, F. C.; RAMOS, A. P. F. A. Viabilidade econômica do cultivo do robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v, 40, n. 4, p. 577-588, 2014.
- SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014a.
- SANTOS, A. C. A.; MARQUES, M. M. P.; SOARES, A. K. O.; FARIAS, L. M.; FERREIRA, A. K. A.; CARVALHO, M. L. Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares: revisão sistemática. **Revista Interdisciplinar**. v. 7, n. 3, p. 149-156, 2014c.
- SANTOS, C. C. S; GUIMARÃES, P. B. G.; RAMOS, S. B. G.; CAPOBIANGO, M. Determinação da composição centesimal de farinha obtida a partir da casca de abacaxi. **Sinapse Múltipla**, v. 6, n. 2, p. 341-344, dez., 2017. Disponível em: <file:///D:/Bibliotecas%20-%20D/Documentos%20-%20D/Documentos-D/Doutorado%20UFCG%20campina%20grande/Artigos%20Literatura%20Projeto%20Doutorado%20ufcg/Arq%20Piscicultura/2017%20-%20Santos%20et%20al%20-%20Determ%20comp%20cent%20farinha%20da%20casca%20do%20abacaxi%20-%2016601-59162-1-PB.pdf>
- SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M. Q.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 17, n. 2, p. 223–231, 2013b.

- SANTOS, E. L.; CAVALCANTI, M. C. A.; FREGADOLLI, F. L.; MENESES, D. R.; TEMOTEO, M. C.; LIRA, J. E.; FORTES, C. R. Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 191, v. 10, n. 1, p. 2216-2255, 2013a.
- SANTOS, H. H.; RODOVALHO, R. S.; SILVA, D. P.; MORGADO, V. N. M. Drying kinetics of passion fruit seeds. **Científica**, v. 46, n. 1, p. 49-56, 2018.
- SANTOS, I. A. F.; SIEBER, S. S.; FALCON, D. R. Piscicultura de base familiar como estratégia para o desenvolvimento rural: experiências no estado de Pernambuco. **Revista Extensão Rural**, DEAER – CCR – UFSM, v. 21, nº 1, p. 1-26, 2014b.
- SANTOS-FILHO, L. G.; VIEIRA-SANTOS, S. G. A.; SILVA, C. E. L. S.; SILVA, R. C. A.V. Utilização de indicadores de viabilidade econômica na produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação: estudo de caso de uma piscicultura de pequena escala em Parnaíba-PI. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 304-314, 2016.
- SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi - ‘pérola’. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, n. 2, p. 376-380, 2002.
- SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Contexto do mercado da produção pesqueira no Brasil e no mundo. In: **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, p. 9-12, 2017.
- SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A cadeia produtiva da tilápia. In: **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, p. 22-29, 2017.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Com. Sci.**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 370-379, 2014a.

- SILVA, D. A. **Utilização da farinha de resíduos de acerola e umbu cajá na produção de bolo tipo cupcake**. 2017. 89 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, Meio ambiente e desenvolvimento sustentável, Sergipe, 2017.
- SILVA, D. F.; LOPES, J. H.; SANTOS, E. L.; LIMA, M. R.; SOARES, E. C.; OLIVEIRA, W. D. S.; SILVA, L. L. A. Crescimento heterogêneo de tilápia do Nilo alimentados com resíduo de biscoito na dieta. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, n. suplementar, p 41-43, 2017a.
- SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GUIMARÃES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Hade. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 354-361, 2016.
- SILVA, F. N. L.; MEDEIROS, L. R.; LIMA, A. A. N.; XAVIER, D. T. O.; MACEDO, A. R. G.; REIS, A. A. R.; BRANDÃO, L. V.; SOUZA, R. A. S. Alimentos alternativos da agricultura familiar como proposta em rações para Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **PUBVE**. v. 11, n. 2, p. 103-112, 2017b.
- SILVA, J. B.; SCHLABITZ, C.; SOUZA, C. F. V. Utilização tecnológica de semente de abóbora na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e sem adição de açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 4, n. 1, p. 58-71, 2010.
- SILVA, L.A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V.; MORAIS, W. A.; VIDAL, V. M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 17, n. 4, supl. II, p. 953-963, 2015.
- SILVA, L. M. M; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Braz. J. Food Technol.**, v. 17, n. 4, p. 310-318, 2014b.
- SILVA NETO, H. C. SILVA, I. L.; SILVA, D. P.; RODOVALHO, R. S.; SOUSA, C. M.; ALVES, J. J. L. Modelagem matemática dos grãos de urucum. **Revista Agrotecnologia**, v. 9, n. 1, p. 34-45, 2018.
- SILVA, R. M. Desafios da criação de pirarucu (*Arapaima gigas*) na Amazônia. **Zootecnia em Foco**, ano I, edição II, 2015.

- SILVA, W. P.; MATA, M. E. R. M. C.; SILVA, C. D. P. S. E; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. Determinação da difusividade e da energia de ativação para feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), variedade sempre-verde, com base no comportamento da secagem. **Eng. Agríc.**, v. 28, n. 2, p. 325-333, 2008.
- SINDIRAÇÕES – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Efeitos da gangorra agropecuária. São Paulo: Sindirações, maio 2017. (Boletim Informativo do Setor). Disponível em: http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2017/05/boletim_informativo_do_setor_mai_2017_vs_final_port_si_ndiracoes.pdf acesso em: 15/09/2018.
- SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, MÁRCIO, D.; PEREIRA, E. P. Efeito da inclusão de soja integral em rações extrusadas no desempenho de juvenis de piavuçu (*Leporinus macrocephalus* L.). **Cienc. anim. bras.**, v. 14, n. 4, p. 399-405, 2013.
- SOARES W. S.; RÊGO M. M.; RÊGO E. R.; BARROSO P. A.; MEDEIROS L. R. N. Caracterização de frutos e sementes em acessos de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 13, especial, p. 569-573, 2011.
- SONMETE, M. H.; MENGES, H. O.; ERTEKIN, C.; ÖZCAN, M. M. Mathematical modeling of thin layer drying of carrot slices by forced convection. **Food Measure**. v. 11, n. 3, p. 629-638, 2016.
- SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de *Raphanus sativus* secagem do nabo forrageiro (L.). **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.
- SOUSA, F. C; MARTINS, J. J. A.; ROCHA, A. P. T; GOMES, J. P.; PESSOA, T; MARTINS, J. N. Predição de modelos sobre a cinética de secagem de folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 17, n. 2, p. 195-200, 2015.
- SOUSA, M. B. Processo de desintoxicação da torta de mamona destinada à ração animal: secagem e simulação. 2013. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2013.
- SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B.; NOGUEIRA FILHO, R. M.; CAMPECHE, D. F. B.; FIGUEIREDO, R. A. C. R. Influência da farinha de manga no crescimento e composição corporal da tilápia do Nilo. **Arch. Zootec.** v. 62, n. 238, p. 217-225, 2013a.

- SOUZA, S. R.; HAYASHI, C. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo submetidos a diferentes níveis de inclusão do farelo de algodão. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 2, p. 151-158, 2004.
- STATSOFT SOFTWARE. Statistica Version Trial 13.0: for Windows. Computer program manual. System reference. TIBCO Statistica Installation Instructions. Tulsa: StatSoft, Inc., 2017. 205p.
- STORCK, C. R.; BASSO, C.; FAVARIN, F. R.; RODRIGUES, A. C. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas v. 18, n. 4, p. 277-284, 2015.
- SYSTAT SOFTWARE. SigmaStat Version Trial 4.0 Statistics Software by Systat Software Inc., 2016.
- TEIXEIRA, U. H. G.; SIMIONI, T. A.; PINA, D. S.; GOMES, F. J.; PAULA, D. C.; BOTINI, L. A. Potencial de utilização de co-produtos agroindustriais para Suplementos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 244, v. 11, n. 02, p. 3363-3386, 2014. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO244.pdf
- THOMAZ, A. M. A. U.; SOUSA, E. C.; LIMA, A.; LIMA, R. M. T.; FREITAS, P. A. P.; SOUZA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. A.; CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, ano 30, v. 5, p. 199-210, 2014.
- TIAGO, G. G.; GIANESELLA, S. M. F. O uso da água pela aquicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **B. Inst. Pesca**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2003.
- TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; COSTA, A. P. D.; SILVEIRA, K. F.; DETMANN, E. Subprodutos do maracujá em dietas para frangos de corte. **Acta Sci. Anim. Sci.** v. 30, n. 4, p. 395-400, 2008.
- TORELLI, J. E. R.; OLIVEIRA, E. G.; HIPÓLITO, M. L. F. & RIBEIRO, L. L. Uso de resíduos agroindustriais na alimentação de peixes em sistema de policultivo. **Rev. Bras. Eng. Pesca.** v. 5, n. 3, p. 1-15, 2010.
- UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós

- Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.
- VALENTE, T. N. P. Utilização de resíduos de frutas na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v. 5, n. 15, ed. 162, Art. 1099, 2011. 13p.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. & FISHLOW, A. Perspectiva histórica da agricultura brasileira. In: **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade** / José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, Albert Fishlow. – Brasília: Ipea, 2017. 305 p.
- VILLEGAS, I. C. **La acerola como opción productiva para Costa Rica**. Ed. Iván Calvo Villegas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José. Costa Rica, 2007. 28 p.
- VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; MOURA, C. M. A.; CALIARI, M.; SOUZA, T. A. C.; SILVA, F. A. Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 514-21, 2011.
- WILHELM, A. E.; ANTONIASSI, R.; FARIA-MACHADO, A. F.; BIZZO, H. R.; REIS, S. L. R.; CENCI, S. A. Diferentes taxas de alimentação de prensa do tipo expeller na eficiência de extração e na qualidade do óleo de semente de maracujá. *Ciência Rural*, v. 44, n. 7, p. 1312-1318, 2014.
- WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.
- ZOGZAS, N. P.; MAUROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373939608917205>