



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**



TESE DE DOUTORADO

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE POLPA, CASCA E CILINDRO CENTRAL DE
ABACAXI cv. PÉROLA PARA PRODUÇÃO DE BOLO**

Arali da Silva Oliveira

**Campina Grande - Paraíba
Julho – 2016**

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE POLPA, CASCA E CILINDRO DE ABACAXI cv.
PÉROLA PARA PRODUÇÃO DE BOLO**

Arali da Silva Oliveira

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor.

Orientadores: Dra. Josivanda Palmeira Gomes

Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida

Dr. Wilton Pereira da Silva

Campina Grande - Paraíba

Julho – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O48e Oliveira, Arali da Silva.
Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro de abacaxi cv. Pérola para produção de bolo / Arali da Silva Oliveira. – Campina Grande, 2016.
186 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.
"Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva, Profa. Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida".
Referências.

1. Abacaxi Pérola (*Ananas comosus*). 2. Secagem Convectiva. 3. Armazenamento. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Silva, Wilton Pereira da. III. Almeida, Maria Helena Guimarães de. IV. Título.

CDU 634.774:631.563.2(043)

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE POLPA, CASCA E CILINDRO DE ABACAXI cv.
PÉROLA PARA PRODUÇÃO DE BOLO**

Tese aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Doutora em Engenharia de Alimentos/UFCG
Orientadora

Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva
Doutor em Engenharia de Processos/UFCG
Orientador

Prof^a. Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida
Doutora em Engenharia de Alimentos/ISA-UL
Orientadora

Prof^a. Dra. Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva
Doutor em Engenharia de Processos /UFCG
Examinadora Externa

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida
Doutor em Agronomia/UFCG
Examinador Externo

Prof. Dr. Douglas Alexandre Saraiva Leão
Doutora em Engenharia de Processos /UFCG
Examinador Externo

Prof. Dr. Dyego da Costa Santos
Doutor em Engenharia Agrícola/UFCG
Examinador Externo

Campina Grande, 2016

PB - Brasil

AGRADECIMENTOS

A Deus por me fazer acreditar que eu conseguiria vencer os obstáculos, proteção e força. Fé incondicional!

À Capes (PDSE) pela oportunidade e suporte financeiro na realização desse estudo, inclusive no exterior, através da concessão da bolsa de estudo.

A meus orientadores brasileiros, Josivanda e Wilton, pela compreensão, ensinamentos, confiança e conselhos.

À minha orientadora em Lisboa Maria Helena, pela solicitude com que me recebeu, paciência, atenção, dedicação, conhecimento compartilhado, sugestões e apoio em toda execução da segunda etapa desse trabalho.

À professora Maria Isabel, por ensinar e acompanhar todas as análises correspondentes aos açúcares e as fibras, estando disponível e auxiliando durante todo tempo de forma amável.

Aos Professores, Manoel Malfeito, pelas explicações e sugestões, nas análises microbiológicas, Miguel, pelas instruções relativas aos minerais, e Anabela Raymundo pela ajuda e manuseio do texturômetro.

A pesquisadora Maria José pela disponibilidade e explicações no tratamento estatístico dos dados.

À nossa equipe de trabalho e também amigas, no exterior, Daniela, Juliana e Maria por toda parceria, companhia de horas a fio no laboratório, passeios, momentos de descontração e troca de conhecimento. Todas unidas deram a contribuição necessária para conclusão desse trabalho, são de fato, pessoas especiais.

A todos os técnicos, professores, engenheiros e funcionários do Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, por todo apoio na realização das análises, seja no manuseio dos equipamentos seja partilhando conhecimento, são eles: Carla, Margarida, Helena, Paula, Daniel, Diana, Mara, Patrícia, Miguel, Graça e Ricardo.

Aos professores Rossana, por disponibilizar o Aqualab, e Francisco de Assis, ambos, cederam estufas, para parte do estudo das farinhas.

As minhas mães, Teresa e Alaide, pelo apoio, inspiração e cuidado, a minha tia Maria, pelos incentivos e orações, a meus irmãos, Júnior e Aracélio, por acreditarem em mim.

A meu namorado, Márcio, pela confiança, companheirismo, amor, incentivo e por entender minha ausência durante toda essa fase.

Às minhas primas, Vanusa e Karla, e minha amiga Louize, pelo conforto e estímulo.
A Esther, pela companhia nas viagens, colaboração e conversas.
Ao colega Dyego, pela disponibilidade e por ceder algumas de suas embalagens para a exportação da matéria-prima.
Aos provadores que se disponibilizaram a vir às inúmeras provas e sessões da análise sensorial, contribuindo com seus comentários.
A todos os professores que aceitaram fazer parte da banca examinadora pelas sugestões para melhoria do trabalho e pela disponibilidade.
À Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, a UFCG e ao ISA-Lisboa, por fazerem parte dessa realização profissional.
Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para realização desse trabalho, direta ou indiretamente, e sem os quais não seria possível concluí-lo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	xi
SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Abacaxi e resíduos.....	5
2.1.1 Valor nutricional.....	6
2.2 Secagem.....	7
2.2.1 Secagem por liofilização.....	7
2.2.2 Secagem convencional.....	8
2.2.2.1 Cinética.....	9
2.2.2.2 Modelos matemáticos.....	10
2.3 Farinha.....	11
2.4 Estado da arte.....	13
2.5 Fibras na alimentação.....	15
2.6 Substitutos da sacarose.....	16
2.6.1 Estévia.....	18
2.6.2 Poliol: isomalte.....	19
2.7 Bolos hipocalóricos enriquecidos com fibra.....	20
2.8 Análise sensorial descritiva quantitativa.....	21
2.9 Armazenamento e vida útil dos alimentos.....	22
2.10 Isotermas.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Local de realização dos experimentos.....	25
3.2 Matéria-prima.....	25
3.3 Obtenção da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.....	26
3.4 Caracterização física e química do fruto fresco: polpa, casca e cilindro	

central.....	26
3.4.1 Teor de água.....	27
3.4.2 Atividade de água.....	27
3.4.3 Cor.....	27
3.4.4 pH.....	27
3.4.5 Sólidos solúveis totais (°Brix).....	27
3.4.6 Acidez total titulável.....	27
3.5 Secagem por liofilização.....	28
3.6 Caracterização da polpa, casca e cilindro central do abacaxi liofilizados..	28
3.6.1 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	28
3.6.2 Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel.....	28
3.6.3 Cinzas.....	29
3.6.4 Minerais.....	29
3.6.5 Lipídeos.....	29
3.6.6 Proteína.....	30
3.6.7 Hidratos de carbono totais.....	30
3.6.8 Valor energético.....	30
3.6.9 Análise microbiológica.....	31
3.7 Secagem convencional.....	31
3.7.1 Cinética de secagem do fruto do abacaxi: polpa, casca e cilindro central.....	32
3.8 Seleção e obtenção da farinha de abacaxi.....	33
3.9 Caracterização da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central.....	34
3.10 Isotermas de adsorção da farinha do fruto: polpa, casca e cilindro central.....	34
3.11 Armazenamento da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central..	35
3.12 Elaboração dos bolos.....	36
3.13 Otimização das formulações dos bolos enriquecidos com farinha de abacaxi.....	38
3.13.1 Planejamento experimental dos bolos.....	39
3.13.2 Caracterização física da matriz de planejamento.....	40
3.13.2.1 Volume específico e massa específica.....	41
3.13.2.2 Perfil de textura.....	41

3.14	Análise sensorial descritiva quantitativa.....	41
3.14.1	Condições gerais das provas.....	42
3.14.2	Pré-seleção do painel sensorial.....	42
3.14.3	Treino.....	42
3.14.4	Seleção.....	44
3.14.5	Análise descritiva quantitativa.....	44
3.15	Seleção e caracterização dos bolos formulados.....	45
3.16	Armazenamento dos bolos selecionados.....	45
3.17	Análise estatística.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Caracterização física e química do fruto do abacaxi fresco.....	47
4.2	Caracterização física, química, nutricional e microbiológica da polpa, casca e cilindro central do abacaxi liofilizado.....	50
4.3	Secagem convencional: polpa, casca e cilindro central do abacaxi.....	53
4.4	Caracterização física, química, microbiológica e composição nutricional da farinha do fruto do abacaxi.....	62
4.5	Armazenamento da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central....	71
4.6	Isotermas de adsorção.....	86
4.7	Otimização dos bolos.....	92
4.7.1	Caracterização dos bolos incorporados com farinha de polpa de abacaxi.....	93
4.7.2	Caracterização dos bolos incorporados com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi.....	97
4.7.3	Textura da matriz de planejamento dos bolos incorporados com farinha de abacaxi.....	102
4.8	Análise sensorial descritiva quantitativa.....	111
4.8.1	Perfil dos provadores.....	111
4.8.2	Análise sensorial para os bolos com farinha de abacaxi.....	112
4.9	Seleção e caracterização das formulações.....	120
4.10	Caracterização e composição nutricional dos bolos.....	121
4.11	Armazenamento dos bolos selecionados.....	126
5	CONCLUSÃO.....	143
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	145

7 REFERÊNCIAS.....	146	
Apêndice A	Formulações obtidas pelo delineamento experimental central composto.....	176
Apêndice B	Questionário de recrutamento para análise sensorial descritiva quantitativa.....	177
Apêndice C1	Treino.....	178
Apêndice C2	Folha de prova do treino para análise sensorial descritiva quantitativa.....	180
Apêndice D	Folha de prova para análise sensorial descritiva quantitativa.....	181
Apêndice E	Secagem convencional da farinha da polpa de abacaxi.....	182
Apêndice F	Secagem convencional da farinha da casca de abacaxi.....	183
Apêndice G	Secagem convencional da farinha do cilindro central de abacaxi.....	184
Apêndice H	Isotermas de adsorção das farinhas de polpa, casca e cilindro central do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, para os diferentes modelos.....	185

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Fluxograma das etapas para a obtenção da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.....	26
Figura 3.2	Farinhas armazenadas em embalagens de polietileno e laminada.....	36
Figura 3.3	Massa das diferentes formulações dos bolos antes de ir ao forno utilizado.....	37
Figura 3.4	Fluxograma da produção dos bolos com diferentes formulações de farinha da polpa e farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.....	37
Figura 3.5	Matriz central compósita rotativa (CCRD).....	38
Figura 3.6	Bolo Padrão e em diferentes formulações distribuídos durante o treino dos provadores na análise sensorial.....	44
Figura 3.7	Bolos armazenados em diferentes embalagens: cartão (A), PET/RPET (B) e PPBio (C).....	46
Figura 4.1	Curvas de secagem para a polpa do abacaxi, em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Page.....	54
Figura 4.2	Curvas de secagem para a casca (A) e cilindro central (B) do abacaxi, em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Page.....	61
Figura 4.3	Valores médios do teor de água das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	721
Figura 4.4	Valores médios da atividade de água das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento....	74
Figura 4.5	Valores médios da luminosidade (L^*) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento....	76
Figura 4.6	Valores médios da intensidade de vermelho ($+a^*$) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	77
Figura 4.7	Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	79
Figura 4.8	Valores médios do pH das farinhas da polpa, casca e cilindro	

	central do abacaxi durante o armazenamento.....	80
Figura 4.9	Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico em função de matéria seca) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	81
Figura 4.10	Valores médios dos sólidos solúveis totais (% ácido cítrico em MS) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	83
Figura 4.11	Valores médios dos aeróbios totais (log) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento....	85
Figura 4.12	Isotermas de adsorção de água da polpa do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de GAB.....	89
Figura 4.13	Isotermas de adsorção de água da casca (A) e cilindro central (B) do abacaxi, ajustadas ao modelo de Peleg e Gab, respectivamente, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	92
Figura 4.14	Superfícies de Resposta referentes aos atributos da cor crosta (L*), crosta (b*) e miolo (a*) em função do teor de margarina (%) e farinha de polpa (%) de abacaxi.....	97
Figura 4.15	Superfícies de Resposta referentes à cor miolo (L*) e cor miolo (a*), e massa específica em função do teor de margarina (%) e farinha de casca e cilindro (%) de abacaxi.....	102
Figura 4.16	Superfícies de Resposta referentes à dureza, mastigabilidade e gomosidade em função do teor de margarina (%) e farinha de polpa (%) de abacaxi.....	109
Figura 4.17	Superfícies de Resposta referentes a dureza, coesividade, mastigabilidade e gomosidade em função do teor de margarina (%) e farinha de casca e cilindro central (%) de abacaxi.....	111
Figura 4.18	Superfícies de Resposta referentes aos atributos Saboroso e Avaliação Global em função do teor de margarina (%) e farinha de abacaxi, para bolos com FP (%), (A) e (B), e para bolos com FCC, (C) e (D).....	119
Figura 4.19	Projeções planas dos atributos Saboroso e Avaliação Global	

	para as equações obtidas da análise de MSR para bolos com farinha de polpa e bolos com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro de abacaxi.....	120
Figura 4.20	Valores médios do teor de água (% b.u) dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	128
Figura 4.21	Valores médios da atividade de água dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	128
Figura 4.22	Valores médios da luminosidade (L*) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento....	130
Figura 4.23	Valores médios da luminosidade (L*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento....	130
Figura 4.24	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	132
Figura 4.25	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	132
Figura 4.26	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	133
Figura 4.27	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	134
Figura 4.28	Valores médios do pH dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do	

	abacaxi durante o armazenamento.....	135
Figura 4.29	Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico em MS) dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.....	136
Figura 4.30	Valores médios da dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e as embalagens.....	137
Figura 4.31	Valores médios da dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e os produtos.....	138
Figura 4.32	Valores médios da adesividade, coesividade e elasticidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e as embalagens.....	139
Figura 4.33	Valores médios da adesividade, coesividade e elasticidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e os produtos.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Exemplos de modelos matemáticos e suas expressões.....	11
Tabela 3.1	Equações de fibra alimentar total, solúvel, insolúvel e do branco.....	29
Tabela 3.2	Limites microbiológicos estabelecidos por diferentes órgãos.....	31
Tabela 3.3	Ingredientes das formulações do bolo dietético padrão e do bolo simples tradicional (g/100g).....	36
Tabela 3.4	Matriz central rotativa codificada para duas variáveis, X1 e X2.....	39
Tabela 3.5	Valores reais e decodificados das variáveis independentes.....	40
Tabela 3.6	Matriz central compósita rotativa codificada e decodificada das duas variáveis independentes, farinha do fruto de abacaxi e margarina, para a formulação dos bolos.....	40
Tabela 3.7	Equações de massa específica e volume específico.....	41
Tabela 3.8	Formulações dos bolos utilizados para o treino dos provadores para a análise sensorial descritiva quantitativa.....	43
Tabela 3.9	Formulações selecionadas.....	45
Tabela 4.1	Caracterização física e química da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.....	47
Tabela 4.2	Caracterização física, química, nutricional e microbiológica da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi liofilizado.....	51
Tabela 4.3	Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem da polpa do abacaxi.....	55
Tabela 4.4	Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem da casca do abacaxi.....	59
Tabela 4.5	Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis,	

	Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem do cilindro central do abacaxi.....	60
Tabela 4.6	Caracterização física, química e nutricional da farinha da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.....	63
Tabela 4.7	Composição centesimal da farinha de polpa, casca e cilindro central do abacaxi.....	69
Tabela 4.8	Parâmetros de ajuste dos modelos de Gab, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção para a farinha da polpa de abacaxi nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	87
Tabela 4.9	Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção para a farinha da casca do abacaxi nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	90
Tabela 4.10	Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção para a farinha do cilindro central do abacaxi nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	90
Tabela 4.11	Caracterização física, exceto textura, da matriz de planejamento para os bolos incorporados com farinha de polpa de abacaxi.....	93
Tabela 4.12	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação às variáveis físicas no bolo, exceto textura.....	95
Tabela 4.13	Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para os parâmetros físicos no bolo com farinha de polpa, exceto textura.....	96
Tabela 4.14	Caracterização física, exceto textura, da matriz de planejamento para os bolos incorporados com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.....	98
Tabela 4.15	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi e margarina em	

	relação às variáveis físicas no bolo, exceto textura.....	100
Tabela 4.16	Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para os parâmetros físicos no bolo com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central, exceto textura.....	101
Tabela 4.17	Caracterização da textura para a matriz de planejamento dos bolos com farinha de abacaxi.....	103
Tabela 4.18	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação aos parâmetros de textura nos bolos.....	106
Tabela 4.19	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi e margarina em relação às variáveis de textura.....	107
Tabela 20	Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para a textura dos bolos com farinha de abacaxi.....	108
Tabela 4.21	Resultados obtidos da análise sensorial descritiva quantitativa para a matriz de planejamento dos bolos incorporados com as farinhas de abacaxi.....	113
Tabela 4.22	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação a cada atributo da análise sensorial descritiva quantitativa.....	116
Tabela 4.23	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis FCC de abacaxi e margarina em relação a cada atributo da análise sensorial descritiva quantitativa.....	117
Tabela 4.24	Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância da análise sensorial descritiva quantitativa para os bolos com farinha de abacaxi.....	118
Tabela 4.25	Caracterização física, química e nutricional dos diferentes bolos formulados com farinha de abacaxi.....	122
Tabela 4.26	Composição centesimal dos bolos com FP e com FCC do abacaxi (em MS).....	124
Tabela 4.27	Valores médios da análise microbiológica do bolos com FP e do com FCC do abacaxi durante o armazenamento.....	141

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANR - Açúcares não redutores

AR – Açúcares redutores

AT – Açúcares totais

ATT – Acidez total titulável

a_w – Atividade de água

BFP – Bolo com farinha de polpa

BFCC – Bolo com farinha de casca e cilindro

DQM – Desvio quadrático médio

EL – Embalagem laminada

EP – embalagem de polietileno

FAI - Fibra alimentar insolúvel

FAT - Fibra alimentar total

FC – Farinha da casca de abacaxi

FCC – Farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi

FCi – Farinha do cilindro central do abacaxi

FP – Farinha da polpa de abacaxi

MS – Matéria seca

PA - Polietileno + folha de alumínio

PEBD – Polietileno de baixa densidade

PEBD/PA/PEBD - Polietileno de baixa densidade/poliamida/polietileno de baixa densidade

PT - Polietileno transparente

PET cristal/PEBD cristal – Polietileno tereftalato cristal/ PEBD cristal (embalagem laminada)

PET/Al/PEBD – Politereftalato de etileno/alumínio/polietileno de baixa densidade

PETmet/PEBD – Politereftalato de etileno metalizado/polietileno de baixa densidade

PVDA - Policloreto de vinilideno sob vácuo + folha de alumínio

PVDT - Policloreto de vinilideno sob vácuo transparente

SST - Sólidos solúveis totais

R^2 – Coeficiente de determinação

X – Teor de água

RESUMO

OLIVEIRA, Arali da Silva. **Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. Pérola para produção de bolo.** Doutorado, 186 f. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande - UFCG – PB, 2016.

Objetivou-se neste trabalho obter farinha de polpa, casca e cilindro central do abacaxi da variedade Pérola, através da secagem convencional com circulação forçada de ar a 60 °C, temperatura selecionada para todo o estudo. O produto foi avaliado após a desidratação e monitorado durante 180 dias de armazenamento, a 25 °C, em câmara frigorífica em embalagens laminadas e de polietileno de baixa densidade. Foram realizadas secagens convencionais com circulação forçada de ar na polpa, casca e cilindro central do abacaxi, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, a fim de descrever a cinética de secagem ajustando os modelos matemáticos propostos por Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii. Os critérios de avaliação considerados foram o coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio, os quais determinaram o modelo de Page como o de melhor ajuste aos dados experimentais para todas as farinhas. Na liofilização, as diferentes partes do fruto do abacaxi foram secas sem aditivo por 96 h. A polpa, casca e cilindro central do abacaxi fresco, liofilizado e na forma de farinha foram caracterizados física, química e nutricionalmente através da análise de teor de água, atividade de água, cor (luminosidade, intensidade de verde e vermelho, e intensidade de amarelo), pH, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, cinza, minerais, lipídeos, proteína, hidratos de carbono e valor energético; e microbiologicamente com base no estudo dos aeróbios totais. Durante o armazenamento das farinhas a embalagem laminado mostrou maior eficiência que a de polietileno, embora não tenham impedido a completa absorção de água. Determinaram-se as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C nas farinhas obtidas a 60 °C. O modelo de GAB foi de melhor ajuste aos dados obtidos para o cilindro central, e o de Peleg para a polpa e a casca. As amostras foram classificadas como tipo III. Desenvolveram-se diferentes formulações de bolos dietéticos e ricos em fibras, utilizando estévia, isomalte e farinha de abacaxi (polpa - FP e 80% de casca + 20% de cilindro central - FCC) através da Metodologia de Superfície de Resposta. Traçou-se um perfil sensorial fixado na análise quantitativa descritiva, cuja apreciação global determinou a seleção das melhores formulações. A formulação 4, com FP, e 3, com FCC, foram armazenadas durante 4 dias em embalagens de cartão, polipropileno biorientado (PPBio) e politereftalato de etileno com percentagem de reciclado (PET/RPET), em temperatura ambiente (18 °C, Lisboa), avaliou-se os parâmetros físicos e microbiológicos. Os dados foram tratados estatisticamente através da análise de variância com teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nenhum bolo expressou crescimento microbiano. A embalagem de cartão propiciou perda no teor de água e na cor, e aumento de dureza a partir do segundo dia; nas demais embalagens, esse aumento ocorreu a partir do quarto dia, considerado o tempo de vida útil dos bolos. A embalagem de PPbio mostrou-se ser a mais eficiente sensorialmente, de fácil transporte e baixo custo.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, secagem convectiva, armazenamento.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Arali da Silva. **Pulp flour formulation, peel and central cylinder of pineapple cv. Pearl for the production of cake.** PhD, 186 f. (Graduate Program in Process Engineering). Federal University of Campina Grande - UFCG - PB, 2016.

The aim of this work is to obtain flour from the pulp, peel and central cylinder of the Pearl variety pineapple by conventional drying with forced air at 60 °C, selected temperature for the entire study. The product was evaluated after dehydration and monitored during 180 days of storage at 25 °C in a cold chamber laminated packaging and low density polyethylene. Conventional dryings were conducted with forced air circulation on the pulp, peel and pineapple core at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C, in order to describe the drying kinetics of adjusting the mathematical models proposed by two terms, Henderson and Pabis, Henderson and Modified Pabis, Logarithm, Page and Silva et alii. The evaluation criteria considered were the coefficient of determination and the mean square deviation, which determined the Page model as the best fit to the experimental data for all flours. In lyophilization, the different parts of pineapple fruit were dried for 96 h without additive. The pulp, peel and central cylinder of the fresh pineapple, lyophilised and in the form of flour were characterized physically, chemically and nutritionally through the water content analysis, water activity, color (brightness, intensity of green and red, and yellow intensity), pH, total soluble solids (°Brix), titratable acidity, total sugars, reducing and non-reducing food total soluble and insoluble fiber, ash, minerals, lipids, protein, carbohydrates and energy value; and microbiologically based on the study of total aerobic. During storage of the flour in laminated packaging it showed higher efficiency than that of polyethylene, although they have not prevented complete absorption of water. They determined the adsorption isotherms of water at temperatures of 20, 30 and 40 °C on the flours obtained at 60 °C. The GAB model was best fit the data to the central cylinder, and Peleg for pulp and peel. The samples were classified as type III. It was developed different formulations of dietary and cakes rich in fiber using stevia, isomalt and pineapple flour (pulp - FP and 80% bark + 20% central cylinder - FCC) by Response Surface Methodology. It was drawn up a sensory profile fixed in the descriptive quantitative analysis, the overall assessment determined the selection of the best formulations. Formulation 4, PF, and 3, FCC, were stored for 4 days in cartons, biaxially oriented polypropylene (PPBio) and polyethylene terephthalate with a percentage of recycled (PET/RPET) at room temperature (18 °C, Lisbon), was evaluated the physical and microbiological parameters. The data were statistically analyzed by analysis of variance with mean comparison test by Tukey test at 5% probability. No cake expressed microbial growth. The cardboard packaging increased loss in water content and color, and hardness increase from the second day; in other packages, this increase occurred from the fourth day, considered the useful life of the cakes. The packaging PPBio proved to be the most efficient sensorially, easy to transport and low cost.

Keywords: *Ananas comosus*, convective drying, storage.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões e condições climáticas continentais que favorecem a fruticultura, com destaque para a região Nordeste, por reunir condições ideais para o plantio de diversas culturas, dentre elas o abacaxi da variedade Pérola.

As formas de consumo mais comuns, do fruto, são como fruta fresca, compota, licor, vinho, vinagre, aguardente, suco, "crush", geleia e pedaços em calda ou cristalizada; ao passo que os resíduos (talos, coroas, cilindro e cascas) são usados para a produção de álcool etílico, ácidos cítrico, málico e ascórbico, bromelina, ração para animais, barra de cereal, chá (FONSECA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014a; EMBRAPA, 2016).

Todavia, as longas distâncias, a perecibilidade dos frutos e os resíduos gerados ao longo da cadeia de produção, tanto pela comercialização *in natura* como pela indústria de alimentos, associado aos danos ambientais, constituem questões importantes para a economia do país e agrava o problema de desperdício alimentar.

O aproveitamento integral do fruto do abacaxi constitui numa alternativa eficaz para o destino desses subprodutos como a casca e o cilindro central, através do desenvolvimento de novos alimentos ou como ingrediente para produtos.

Uma maneira viável para o melhor aproveitamento é através da secagem onde se pode obter um produto em pó ou na forma de farinha, com base no tempo de secagem e na adequação da temperatura a fim de assegurar suas características nutricionais, físicas, químicas e microbiológicas, atendendo as necessidades do mercado e a busca por alimentos saudáveis, pontos de interesse da indústria e do consumidor.

Para isso, o uso da casca, polpa e cilindro central do abacaxi através da secagem permite a elaboração de uma farinha que pode vir a ser uma alternativa alimentar, agregue hábitos saudáveis aos interessados por produtos prontos nutritivos, aumente a ingestão de fibras, reduza os danos ao meio ambiente, minimize gastos operacionais da indústria no descarte, seja de baixo custo para o consumidor, sirva como ingrediente de ingestão individual ou para elaboração de outros produtos com igual importância nutricional, tais como alimentos infantis, produtos de confeitaria ou como pré-misturas para panificação.

As farinhas das diversas porções de abacaxi representam um produto diferenciado, compacto, de fácil disponibilidade, com potencial para atender as

necessidades nutricionais de ingestão diárias recomendadas, indispensáveis para o funcionamento e manutenção do organismo, apesar disso não são usados em sua totalidade em função das frações desprezadas como a casca e o cilindro central. Apesar do potencial de utilização do fruto inteiro como alimento voltado para dieta humana, poucos estudos foram feitos neste sentido, principalmente no tocante aos resíduos.

Logo, a aplicação das farinhas de abacaxi em produtos de panificação, como bolos, viabiliza a substituição parcial da farinha de trigo, balanceando as formulações e criando bolos com diferentes composições frente ao padrão de qualidade, contribuindo para o aumento no teor de fibras na alimentação, evitando e tratando problemas decorrentes da má alimentação, e minimizando os desperdícios domésticos e industriais.

Embora não constitua alimento básico como o pão, o bolo é aceito e consumido por pessoas de qualquer idade. Trata-se de produto obtido pela mistura, homogeneização e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, fermentadas ou não e outras substâncias alimentícias como leite, ovos e gordura (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Mas, para atestar a segurança do produto é necessário investigar as alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais durante um determinado período de tempo para assegurar sua qualidade e confiabilidade, sendo possível apenas por meio do armazenamento.

Diante do exposto com o presente trabalho propõe-se o estudo da secagem sobre a polpa, cilindro central e casca do fruto do abacaxi da variedade Pérola, por haver poucos registros na literatura sobre seu comportamento e estabilidade, permitindo assim o conhecimento da cinética de secagem seguido de comparação com modelos matemáticos, a fim de produzir farinhas dos diferentes segmentos do fruto como alternativa eficiente de aproveitar os compostos nutricionais e de baixo custo bem como sua aplicação na elaboração de bolos dietéticos enriquecidos com fibra a partir da farinha obtida.

1.1 Objetivo geral

- Produzir farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. Pérola para desenvolver bolos nutricionalmente enriquecidos.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa, a casca e o cilindro central do abacaxi quanto às propriedades físicas, químicas e nutricionais do produto fresco, liofilizado e farinha, assim como dos bolos elaborados, mediante: teor de água, atividade de água, cor, volume, massa específica, textura, pH, sólidos solúveis totais (^oBrix), acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, cinza, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, proteína, minerais, lipídeos;

- Avaliar a influência de diferentes temperaturas (50, 60, 70 e 80 °C) sobre a polpa, casca e cilindro central do abacaxi, determinando as curvas de secagem e o modelo matemático que melhor representa à cinética de secagem;

- Produzir farinhas na temperatura de 60 °C, selecionada com base na análise da cinética de secagem, para estudo de todo trabalho;

- Determinar as isotermas de adsorção de água das farinhas, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C;

- Avaliar o comportamento das amostras de farinha produzidas, selecionada com base nas características observadas na cinética, durante 180 dias de armazenamento, acondicionadas em embalagens laminadas e de polietileno, em câmara frigorífica, a 25 °C, simulando o ambiente natural;

- Elaborar bolos dietéticos, com estévia, isomalte e com alto teor de fibras, com diferentes formulações e dois tipos de farinha: polpa (FP) e 80% casca + 20% cilindro (FCC) com base na matriz de planejamento;

- Avaliar as farinhas e os bolos através da análise microbiológica;

- Verificar a relação entre a farinha do fruto do abacaxi (polpa e 80% casca + 20% cilindro) e a margarina, nas diferentes formulações através da superfície de resposta;

- Montar o painel sensorial das formulações otimizadas através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ);

- Identificar, descrever e confrontar os resultados obtidos nos atributos sensoriais no teste de ADQ;

- Caracterizar física, química, nutricional e microbiologicamente os bolos;
- Traçar o perfil de textura e valor energético dos bolos;
- Submeter os melhores bolos a um período de 4 dias de estocagem, em ambiente natural (18 °C, Lisboa), em embalagens de cartão, polipropileno biorientado (PPBio) e politereftalato de etileno (PET) através da atividade de água, teor de água, pH, acidez total titulável, cor e análise microbiológica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abacaxi e resíduos

O Brasil é um dos maiores centros de diversidade genética de abacaxi do mundo, contemplando, além de *Ananas comosus*, diversas espécies de *Ananas* e alguns gêneros próximos, como *Pseudananas* e *Bromelia*, todas de ocorrência endêmica em várias regiões brasileiras. O centro de diversidade do gênero *Ananas* atualmente se restringe a áreas localizadas entre as latitudes 10° N e 10° S e 55° L e 75° E de longitude (FERREIRA et al.; 2010).

O abacaxizeiro possui características peculiares preferindo solos leves, de textura argilo-arenosa, razoavelmente profundos, e com boa drenagem. Por ser uma planta tropical resiste bem à seca e é extremamente sensível às geadas, recomendando temperaturas entre 21-32 °C. Desta forma, em condições de calor e umidade elevados, a planta desenvolve-se bastante e os frutos produzidos são grandes, embora a casca fique menos colorida que a daqueles produzidos em condições de temperatura mais baixa (MEDONÇA e MEDEIROS, 2011; EMBRAPA, 2016).

As cultivares de abacaxi, mundialmente mais conhecidas e cultivadas, são: Pérola, Perolera e Smooth Cayenne. Nos estados do Nordeste brasileiro, a cultivar mais produzida é a Perola, possuindo porte ereto, altura (do nível do solo à base do fruto) entre 50 a 70 cm, folhas longas protegidas por espinhos uniformemente distribuídos nas bordas, produzindo elevada quantidade de mudas filhotes (gemas axilares das folhas modificadas do pedúnculo, situado abaixo do fruto em desenvolvimento) e poucas do tipo rebentões. Os frutos apresentam formatos ligeiramente cônicos, coroa grande, casca amarelada, suportados por pedúnculos longos. Mas, quando cultivada nas regiões tropicais, essa cultivar apresenta coroa de tamanho pequeno, provavelmente, devido ao curto intervalo entre a indução floral artificial e a colheita dos frutos. A polpa dos frutos, embora seja de tonalidade esbranquiçada e com acidez moderada é rica em açúcares (RAMALHO et al., 2009).

Dados divulgados pelo IBGE (2015) afirmam que a produção do abacaxi, em toneladas, do Brasil foi 1.767.270 em 2015 dos quais o Nordeste teve uma participação de 36 e a Paraíba 16,5 t. Entre os estados brasileiros com maior

produção, destacam-se Pará, Paraíba, Minas Gerais, Bahia, São Paulo Rio de Janeiro.

Toda essa produção gera resíduo e uma forma de atuação é buscar utilizações viáveis e econômicas para os inevitáveis resíduos agroindustriais gerados, pois é uma prática sustentável, ecologicamente correta, com maior utilização de recursos naturais que permite redução de gastos com alimentação da família, estimula a diversificação dos hábitos alimentares sem esquecer, no entanto, a questão nutricional (SANTANA e OLIVEIRA, 2005; FERNANDES, 2008).

Silva et al. (2008) referem em seu estudo que a porção comestível do ananás representa cerca de 40% do fruto, sendo que o restante é descartado. Os resíduos, principalmente as casca obtidas durante o descasque mecânico do fruto, contém quantidades consideráveis de polpa aderida, que é juntamente descartada com os outros resíduos. Os autores ainda mostram que 60% do peso total do ananás consiste em resíduos (centro, aparas, cascas e coroa) e que a polpa destinada para a elaboração das rodela em calda representa apenas 39,35%. A casca mais a polpa aderida representam 31,72% do peso total do fruto e só a polpa aderida corresponde a 10,54% do peso total do fruto.

2.1.1 Valor nutricional

O cilindro, as cascas e a coroa são considerados rejeitos pela indústria de polpa de frutas, mas contém elevados teores de açúcares, fibras, proteínas e pectina. As fibras do ananás, como referido anteriormente, têm efeitos benéficos na regulação do tráfego intestinal e dos índices glicêmicos (TEIXEIRA, 2015).

Para evitar o desperdício de seus resíduos industriais, como a casca e o cilindro central, estes podem ser utilizados, para a obtenção de farinhas, as quais podem ser adicionadas em alimentos, o que, também, melhora o perfil nutricional. A casca de abacaxi possui elevados teores de proteínas (4,5%) e baixo conteúdo em lipídios (0,5%), sendo boa fonte de fibra (3,1%) (celulose, hemicelulose e lignina) para todas as faixas etárias (FONSECA et al., 2011; MENDES, 2013; ERKEL et al., 2015).

A fruta fresca é rica em vitamina C e bromelina, substâncias anti-inflamatórias e cicatrizantes. A vitamina C, presente em grandes quantidades do ananás, ajuda na absorção do ferro e na produção de aminoácidos e colagênio. A vitamina C é um antioxidante que protege o corpo dos radicais livres e estimula o sistema

imunológico, evitando gripes e infecções. Estudos da Universidade de Nova York revelam também que a vitamina C melhora a saúde bucal, reduzindo o risco de gengivites (TEIXEIRA, 2015).

A bromelina é outra substância importante para a saúde presente no ananás. A bromelina é uma enzima do grupo das proteases, ou seja, que atua nas proteínas quebrando as ligações peptídicas entre os aminoácidos simples. A bromelina ajuda na digestão da carne, pois quebra o material fibroso da carne e promove o seu amaciamento. Esta substância é ainda utilizada como vermífugo, cicatrizante, inibidor de células cancerígenas, anti-inflamatório além de possuir propriedades anti-trombótica e anticoagulante (OLIVEIRA, 2001).

2.2 Secagem

Dentre os processos utilizados para a manutenção da qualidade de produtos agrícolas após a colheita, a secagem é dos mais empregados como forma de reduzir a atividade de água do produto. Com a redução do teor de água até níveis seguros, inibe-se o crescimento de microrganismos, reduz-se a possibilidade de proliferação de insetos praga, além de se minimizar mudanças físicas e químicas durante o armazenamento, que contribuem decisivamente para a perda de qualidade do produto (ULLMANN et al., 2010; GONELI et al., 2011).

Nesse sentido, a secagem é a eliminação da água do material por evaporação. Existindo dois métodos de secagem: a natural, feita pelo sol ou vento (método mais antigo); e a artificial, a qual necessita de fornecimento de energia. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais: a facilidade na conservação do produto; a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; a proteção contra degradação enzimática e oxidativa; a redução do peso do produto; a economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK et al., 2001; FEMENIA et al., 2009).

Dentre os processos artificiais destacam-se: a liofilização e secagem convectiva com circulação forçada de ar.

2.2.1 Secagem por liofilização

A liofilização, também denominada por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecagem, é um processo diferenciado de desidratação de

produtos, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido), ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação (GARCIA, 2009).

Desta forma, a liofilização é um processo de estabilização, no qual uma substância é previamente congelada e então a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e posteriormente por dessorção, para valores tais que impeçam atividade biológica e reações químicas; e passam pelos processos de congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária (MARQUES, 2008).

Assim, o passo prévio a liofilização é o congelamento dos alimentos, a fim de transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases sendo uma constituída por cristais de gelo e a outra pela solução concentrada dos solutos. O congelamento pode ser realizado a parte ou no próprio recinto do liofilizador. O tipo e a velocidade de congelamento têm grande efeito na estrutura final do alimento, porque a distribuição dos poros no alimento depende do tamanho e da localização dos cristais de gelo formados. As condições mais adequadas para o congelamento dependem das características particulares do alimento a ser liofilizado. Ao liofilizar, se houver a formação de cristais de gelo grandes, com geração de uma rede cristalina, tem-se uma boa estrutura porosa, que facilitará o escape de vapor d'água durante a liofilização, bem como a entrada da água em sua posterior reidratação. Ao longo da secagem por liofilização distinguem-se duas etapas: desidratação primária, onde ocorre a maior retirada do conteúdo de água e secundária, que visa retirar uma certa quantia da água ligada (RODRIGUES, 2008).

A desidratação de frutas é um excelente método para o aumento da vida útil e maior facilidade na comercialização desses alimentos. Permite a conversão de produtos perecíveis em estáveis em razão da redução da atividade de água evitando contaminação microbológica e reações bioquímicas indesejáveis (MARQUES et al., 2009).

2.2.2 Secagem convencional

De acordo com Martinazzo et al. (2010), a secagem consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após sua maturidade

fisiológica, para que promova longos períodos de armazenamento, sem que ocorram perdas significativas durante o processo.

Constitui-se no processo comercial mais utilizado para preservar o alimento e, comparado com outros métodos preservativos para períodos longos, como a centrifugação, o enlatamento, os tratamentos químicos, a irradiação, entre outros, é de baixo custo e de operação mais simples. Trata-se de um fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento (FERREIRA e PENA, 2010).

A secagem ou desidratação de frutas é um excelente método para o aumento da vida útil e maior facilidade na comercialização desses alimentos. Permite a conversão de produtos perecíveis em estáveis em razão da redução da atividade de água evitando contaminação microbiológica e reações bioquímicas indesejáveis (MARQUES et al., 2006).

Nesse contexto, a tecnologia de alimentos tem, entre seus elementos de estudo, o aumento da vida útil do produto alimentício convertendo-os em produtos mais estáveis que possam ser estocados por longos períodos, tendo como técnica mais importante à secagem (ALEXANDRE et al., 2013).

A secagem convectiva com circulação forçada com ar quente é a técnica mais utilizada pelas indústrias químicas para secar alimentos. Valores típicos de temperatura do ar variam entre 40 e 80 °C, enquanto que a velocidade do ar varia entre 0,5 a 5 m/s, alcançando em alguns casos, o valor de 10 m/s. O tempo de secagem depende desses e outros parâmetros e pode chegar perto de vinte horas (AVERSA et al., 2007).

A secagem por convecção é um dos métodos mais utilizados para a conservação de frutas por meio da redução do seu teor de água até entre níveis de 10% e 25% base úmida (b.u) (FORNI et al., 1997; KROKIDA et al., 1998).

2.2.2.1 Cinética

De acordo com Oliveira et al. (2002) estudos e análises de curvas de secagem e determinação do teor de água permitem entender e visualizar melhor o processo de secagem, bem como escolher o procedimento, o tratamento, o equipamento e a temperatura adequada para se realizar a desidratação de fruta, para melhor qualidade sensorial e tecnológica.

Portanto, as informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos; com elas, pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, estima-se o gasto energético que refletirá no custo de processamento e influenciará no preço final do produto (VILELA e ARTUR, 2008).

Vários estudos relacionados a desidratação de frutas estão sendo realizados nas últimas duas décadas (ATARÉS et al., 2011). Alexandre et al. (2009) realizaram um estudo em secador de leito fixo de fatias de abacaxi em diferentes temperaturas, 40-70 °C, com espessura de camada 1,0 cm e velocidade de ar 1,4 m.s⁻¹. Os autores determinaram as cinéticas de secagem e constataram influência da temperatura com a redução gradativa nos tempos sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem. Alexandre et al. (2013) também avaliaram a cinética de secagem do resíduo da casca de abacaxi enriquecido com *Saccharomyces cerevisiae* em leito estático, camada fina de secagem, em diferentes temperaturas (40 a 60 °C) e velocidade do ar de secagem (0,8 a 1,3 m.s⁻¹), utilizando-se de planejamento fatorial, perceberam que as curvas descreveram um período de taxa decrescente e verificaram influência da variável temperatura apenas para a variável resposta umidade.

2.2.2.2 Modelos matemáticos

O emprego de modelos matemáticos é de fundamental importância para representar o processo de secagem, devido as informações geradas serem de grande valor para o desenvolvimento de equipamentos e predição dos tempos de secagem (SILVA et al., 2009).

Diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas cuja aplicabilidade na predição de dados experimentais alcança grande importância na prática haja vista que permite a redução dos exaustivos ensaios de laboratório. É considerável o número de modelos matemáticos, teóricos, semiempíricos e empíricos na literatura, que podem ser empregados na predição de dados de secagem (AKPINAR et al., 2003; MOHAPATRA e RAO, 2005; RESENDE et al., 2008). Dentre os modelos destacam-

se: Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii, presentes na Tabela 2.1.

Machado et al. (2012) utilizando sete temperaturas que variaram de 40 a 70 °C avaliaram a qualidade do abacaxi através da cinética de secagem e do ajuste dos dados ao modelo de Page, obtendo resultados satisfatórios. Gomes e Grilo (2015) utilizaram dois modelos para representar a secagem de abacaxi em secador solar com aproveitamento multielétrico e obtiveram melhor resultados com o de Page.

Tabela 2.1 – Exemplos de modelos matemáticos e suas expressões

Modelos	Expressões empíricas	Modelo
Dois Termos	$RX = a.(-k_0.t) + b(-q_1.t)$	Martinazzo et al. (2007)
Henderson e Pabis	$RX = a.exp(-k.t)$	Diamante et al. (2010)
Henderson e Pabis Modificado	$RX = a.exp(-k.t) + b(-k_0.t) + c(-K_1.t)$	Martinazzo et al. (2007)
Logaritmo	$RX = a.exp(-k.t) + c$	Madureira et al. (2011)
Page	$RX = exp(-k.t^n)$	Diamante et al. (2010)
Silva et alii	$RX = exp(-at - b\sqrt{t})$	Silva et al. (2013)

Em que: RX é razão de água; k, k₀, k₁, a, b, n, q₁, c são as constantes do modelo e t é o tempo de secagem (min).

Sousa et al. (2015) ao estudarem casca de cajá e umbu-cajá, em estufa com circulação forçada de ar, entre 50-70 °C, determinaram que o modelo de Page foi um dos melhores que se ajustaram aos dados experimentais.

Menezes et al. (2013a) estudaram a secagem de bagaço de maracujá amarelo, na faixa de temperatura entre 35-65 °C e diferentes velocidade de ar (0,8, 1,0 e 1,3 m.s⁻¹) e perceberam que o modelo de Page foi o que melhor descreveu os dados experimentais.

2.3 Farinha

A crescente demanda de consumidores pela diversidade de produtos alimentares resultou em um rápido desenvolvimento do mercado de ingredientes. A maioria desses gêneros alimentícios é fornecida em forma de pó e as tecnologias envolvidas em sua produção tornam-se extremamente importante para a sua qualidade e funcionalidade, dependendo da eficiência energética dos processos de produção (BHANDARI et al., 2013).

Hoje em dia, a crescente consciência pela saúde dos consumidores está forçando as indústrias de alimentos a adicionar ingredientes naturais nos alimentos produzidos. Os Ingredientes de fruta na forma de pó ou farinha podem ser aplicados em muitos produtos alimentares e farmacêuticos para melhorar a sua cor e sabor (JIANG e ADHIKARI, 2013) e, ao mesmo tempo, fornecer ao corpo humano componente adicional à saúde. Para isso, material vegetal natural, incluindo frutas, é uma fonte valiosa destes compostos (MICHALSKA et al., 2016).

Nesse contexto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1978), Resolução CNNPA nº 12, define farinha como o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados. O produto é designado farinha seguida do nome do vegetal de origem, por exemplo, farinha de abacaxi. Classificam-se mediante as características em: farinha simples obtida da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie vegetal; e farinha mista obtida da mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais. Devem ser fabricadas a partir de matéria-prima limpa, isenta de materiais terrosa e parasitos.

Inúmeros estudos têm sido realizados no sentido de substituir parcialmente o trigo na elaboração de produtos de panificação devido a restrições econômicas, exigências comerciais, enriquecimento nutricional, novas tendências de consumo e hábitos alimentares específicos. Várias farinhas podem ser misturadas a farinha de trigo para uso em produtos de panificação, denominando tal mistura de farinha mista ou composta (EL-DASH e GERMANI, 1994; COLLAR et al. 2007; ANGIOLONI e COLLAR, 2009).

Uma alternativa que vem crescendo nos últimos anos consiste no aproveitamento de resíduos (principalmente cascas) de certos frutos, como matéria prima para a produção de alimentos, perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana. Trata-se de uma proposta plausível, concreta, visto que esses resíduos representam extraordinária fonte de materiais considerados estratégicos para algumas indústrias brasileiras (OLIVEIRA et al., 2002).

Atualmente a indústria de alimentos desidratados constitui um setor muito importante dentro da indústria alimentícia, em virtude, principalmente, da resistência dos consumidores ao uso de conservantes químicos e pelo aumento da popularidade de produtos desidratados de rápido preparo e de alta qualidade

(RAMOS et al., 2008). Esse é o caso das frutas desidratadas utilizadas para consumo imediato ou como ingredientes na formulação de diversos tipos de alimentos, tais como em produtos de confeitaria, sorvetes, sobremesas congeladas, saladas de frutas e iogurtes (TORREGIANNI e BERTOLO, 2001) e a farinha.

A farinha de fruta tem como grande atrativo a extensa vida de prateleira, se comparado à fruta *in natura*, sendo que essa baixa perecibilidade está relacionada com a baixa atividade de água das farinhas em geral, o que dificulta o crescimento de bactérias deteriorativas (SOUZA et. al., 2012).

2.4 Estado da arte

Recentemente, estudos relacionados à secagem de abacaxi na forma de farinha ou pó com a finalidade de aplicá-los em produtos alimentícios ou usá-los individualmente vêm despertando o interesse pelos seus componentes nutritivos.

Leonel et al. (2014) estudando as farinhas de cascas de abacaxi em diferentes graus de maturação (verde e pintado), obtidas em estufa com circulação forçada de ar a 45°C por 48 horas, indicaram serem fontes de fibras insolúveis.

Barbosa et al. (2014) avaliando abacaxi desidratado em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 24 horas, observaram ótimos resultados físico-químicos de qualidade nutricional, somatizado pela agregação de valores e a redução de perdas pós-colheita. A pesquisa resultou em elevada quantidade de sólidos solúveis (81,30 °Brix), pH ácido (4,10), grande quantidade de vitamina C (212,65 mg.100g⁻¹) e umidade alta (15,27%).

Marreiro et al. (2010) analisaram o pó de casca de abacaxi, tratado em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 5 horas, para produção de chá e concluíram que representa uma alternativa não só do aproveitamento do resíduo como uma fonte de nutriente essencial ao corpo pelos elevados índices de vitamina C, 177±0,33 mg por 100g da amostra. Avaliando pós de cascas de abacaxi em leito fluidizado em diferentes temperaturas (70-90 °C) e velocidade do ar (5 m/s e 10 m/s) para confecção de chás, Oliveira et al. (2014a) constataram umidades da ordem 3,1-10% b. u.

Oliveira et al. (2016) estudaram a farinha da casca de abacaxi tipo 'Pérola' (FC), obtida em estufa regulada a 65 °C até peso constante, e sua aplicação em bolo fofo tradicional em diferentes porcentagens (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10%); constatando que

a adição da FCA aumentou os níveis de proteína e interferiu no volume específico dos bolos à medida que aumentavam as concentrações.

Os resíduos *in natura* e desidratados, tratados em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C/24h, de abacaxi das cultivares Jupi e Pérola provenientes de indústria de polpa congelada analisados apresentaram características intrínsecas (acidez, pH e teor de água) que desfavorecem o crescimento microbiano, permitindo o armazenamento por longos períodos, em condições adequadas e preservando os minerais importantes na nutrição animal, servindo de suplemento na dieta de ruminantes (LEMOS et al., 2010).

Dantas (2010) ao analisar pós de polpa de abacaxi, obtido em camada de espuma a 60 e 70 °C, para elaborar iogurtes, constatou pH ácido, elevado teor de sólidos solúveis e baixo teor de lipídeos, proteína e atividade de água.

Batista Sobrinho (2014) estudando a farinha composta de resíduos do cilindro e de resto de polpa de abacaxi, proveniente da secagem em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C até umidade inferior a 10%, constatou quantidades superiores de fibra alimentar total e minerais (cálcio, cobre, ferro, magnésio e potássio) frente às agências reguladoras de alimentos nacionais e internacionais; fontes de compostos bioativos e maiores atividades antioxidantes quando comparadas ao BHT (antioxidante sintético) e a vitamina C (antioxidante natural).

Costa et al. (2007) avaliando os pós de casca e bagaço de abacaxi, desidratados em estufa a vácuo a 65 °C, consideraram baixas as concentrações de umidade representando condições ideais por um longo período de tempo, ricos em fibras, boas quantidades de proteínas e elevados níveis de vitamina C, concluindo que podem ser utilizados como enriquecimento em um novo produto alimentício, ou sendo utilizados na elaboração de produtos de panificação, ou ainda adaptando-os para serem comercializados na forma de pó.

Erkel et al. (2015) analisando a adição de farinha de casca de abacaxi (FC), tratada em estufa com circulação e renovação de ar a 60 °C por 24 h, para elaboração de *cookies* nas concentrações de 8, 16 e 24% com a finalidade de avaliar a aceitabilidade sensorial entre crianças e a composição físico-química do produto, concluíram que um nível de adição de até 8% de FC foi bem aceito pelos provadores, obtendo-se uma aceitação sensorial semelhante ao produto padrão (isento de FC), assim como maior aporte de cinzas, lipídios e fibra alimentar, com

valores inferiores de umidade, carboidratos e calorias em comparação ao padrão, representando expectativas otimistas de comercialização.

2.5 Fibras na alimentação

De acordo com a comissão do Codex Alimentarius, fibras dietéticas, também chamadas de fibras alimentares, são polímeros de carboidratos não digeridos, tampouco absorvidos no intestino delgado. A fibra dietética pode ser classificada nas seguintes categorias: polímeros de carboidratos comestíveis, inerentes aos alimentos que são consumidos; polímeros de carboidratos obtidos a partir de matéria-prima alimentar por meio de procedimentos enzimáticos, físicos ou químicos, os quais tenham mostrado efeito fisiológico benéfico à saúde, através de meios científicos aceitos pelas autoridades competentes; ou polímeros de carboidratos sintéticos que apresentam efeito fisiológico benéfico à saúde, através de meios científicos aceitos pelas autoridades competentes (CUMMINGS et al., 2009; MANN e CUMMINGS, 2009; MENEZES et al., 2013).

As fibras alimentares são amplamente estudadas em decorrência de seus benefícios, entre eles: a redução de colesterol sanguíneo, melhorias na função do intestino grosso e diminuição da glicemia pós-prandial (colaborando desta forma para a prevenção ou redução de doenças intestinais), diminuição do risco de doença cardíaca coronária e diabetes do tipo 2 (MANN e CUMMINGS, 2009; KENDALL et al., 2010; MUDGIL e BARAK, 2013).

Além disso, as fibras também colaboram para as propriedades reológicas de produtos (MUDGIL e BARAK, 2013) através de características como a solubilidade, viscosidade, formação de gel, capacidade de retenção de água e aumento de volume através de associação entre moléculas, a textura, características organolépticas e a vida de prateleira de produtos alimentares. (CUMMINGS e STEPHEN, 2007; MUDGIL e BARAK, 2013).

Dentre as propriedades, a solubilidade das fibras é relevante, principalmente, por definir os efeitos tecnológicos e fisiológicos. Com base nesta característica, os carboidratos não digestíveis podem ser classificados como solúveis e insolúveis, sendo que fibras dietéticas solúveis formam uma solução quando misturado com água e o mesmo não ocorre com os componentes insolúveis (ELLEUCH et al., 2011). Os autores esclarecem que a condição fisiológica e efeitos físico-químicos

das fibras dietéticas dependem da quantidade de fibra, especialmente, no que se refere às frações solúveis e insolúveis.

As fibras dietéticas insolúveis são compostas de celulose, hemicelulose, lignina e amido resistente (ELLEUCH et al., 2011; MUDGIL e BARAK, 2013), sendo caracterizada pela porosidade, baixa densidade, capacidade para aumentar a produção fecal e diminuir o tempo de trânsito intestinal (ELLEUCH et al., 2011; MIRA et al., 2009; MANN e CUMMINGS, 2009). As principais fontes são as verduras, farelo de trigo, cereais integrais (arroz, pão, torrada) (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008).

As fibras solúveis incluem as substâncias pécticas, gomas, mucilagens, alginatos, β -glicanas (ELLEUCH et al., 2011) e arabinoxilanas (IZYDORCZYK e DEXTER, 2008). As algas e subprodutos de frutos parecem ser fontes ricas em fibras solúveis, seguida de frutas, legumes e cereais (CUMMINGS e STEPHEN, 2007; ELLEUCH et al., 2011).

Muitos subprodutos da indústria de alimentos são ricos em fibras e podem servir como fonte de fibra para incorporação em alimentos processados. São exemplos de subprodutos os resíduos de frutas e indústria de cereais que podem ser utilizados para substituição de farinha e gordura, melhora da retenção de água e emulsão de óleo. Deve-se destacar que existe uma variação de incorporação máxima de fibra em diferentes produtos, pois excesso de fibra pode trazer alterações indesejáveis na cor e textura dos alimentos (MUDGIL e BARAK, 2013).

A Food Administration recomenda uma ingestão diária de fibras entre 19 e 38 g, sendo que de 70 a 75% deve ser fibra insolúvel e de 20 a 25% fibra solúvel (ALBUQUERQUE e ROLIM, 2011).

2.6 Substitutos da sacarose

O açúcar é um ingrediente bastante versátil, de propriedades conhecidas e difícil de ser substituído, uma vez que confere sabor doce, realça o sabor, confere brilho e cor (caramelização, reação de Maillard), é agente de corpo (volume e textura); reduz a atividade de água, conserva (apesar de não ser aditivo) e abaixa o ponto de congelamento. Porém, o consumo excessivo está cada vez mais associado à obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes, além de favorecer a formação de cáries. Nesse aspecto, o uso de edulcorantes permite a redução total ou parcial de açúcar em formulações, contribuindo para a redução da ingestão de açúcares e o

efeito adverso na saúde, além de promover a diminuição da embalagem em algumas aplicações (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

Os edulcorantes distinguem-se como: adoçantes de mesa, produto formulado para conferir sabor doce aos alimentos e bebidas, devendo ser constituído por edulcorantes previstos na legislação e açúcar, não sendo indicado para diabéticos; e adoçantes dietéticos, produto formulado para dietas com restrição de sacarose, frutose e/ou glicose para atender às necessidades de pessoas sujeitas à restrição da ingestão desses carboidratos, de forma que, as matérias-primas frutose, sacarose e glicose não podem ser utilizadas em sua fabricação (ABIAD, 2016).

A ANVISA (2005), na Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005, define como adoçante de mesa o produto formulado para conferir sabor doce aos alimentos e bebidas, constituído de edulcorante(s) previsto(s) em Regulamento Técnico específico. Os adoçantes dietéticos, por sua vez são produtos considerados Alimentos para Fins Especiais, pela Portaria Nº 29, de 13 de janeiro de 1998, recomendados para dietas especiais, quer seja de emagrecimento ou de restrição de açúcar.

Portanto, a substância edulcorante constitui o princípio ativo do adoçante. Existem edulcorantes artificiais (produzidos sinteticamente), tais como: aspartame, sacarina sódica, ciclamato de sódio, acesulfame K, sucralose; e edulcorantes naturais como: frutose, manitol, sorbitol, steviosídeo e xylitol. Os adoçantes calóricos (aqueles encontrados nas frutas, no mel e álcoois de açúcar), tem poder dulcificante superior ao do açúcar comum e por isso devem ser utilizados em quantidades reduzidas. Os adoçantes não calóricos geralmente são artificiais ou resultantes de proteínas produzidas a partir de aminoácidos, sal de potássio sintético e de estévia. Fornecem doçura acentuada e não contem calorias (IMMETRO, 2006).

Os edulcorantes calóricos também conferem corpo, viscosidade, textura aos alimentos, influenciando na reologia, ponto de congelamento, ponto de fusão, cristalização, atividade de água, crescimento microbiológico e outras propriedades e características. São integralmente ou parcialmente metabolizados pelo organismo humano, porém por vias metabólicas diferentes em relação ao açúcar, o que explica os diferentes conteúdos energéticos de cada adoçante e os diferentes índices glicêmicos entre estes adoçantes. Os não calóricos são utilizados em quantidades muito menores que as da sacarose, não contribuindo para a viscosidade, corpo ou

textura nos alimentos e bebidas, porém, alguns adoçantes intensos podem aumentar a sensação de corpo, realçar e prolongar a sensação de determinados sabores e aromas, principalmente em bebidas, é o caso da Taumatina (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

2.6.1 Estévia

A *Stevia rebaudiana Bertoni*, membro da família Asteraceae, é originária da fronteira entre Paraguai e Brasil, conhecida como “erva doce”. É um arbusto perene que pode atingir 65-80 cm, mas o cultivo pode atingir 1,0 m altura, suas folhas lanceoladas tem cerca de 5 cm comprimento e 2 cm de largura e estão dispostas alternadamente, crescem em solos arenosos (KUJUR et al., 2010).

Os compostos responsáveis pela doçura desse edulcorante natural são glicosídeos de esteviol isolados e identificados como esteviosídeo, steviolbioside, rebaudiosídeo A, B, C, D, E e F e dulcoside, sendo encontrados nas folhas da planta em percentagens variáveis, dependendo das espécies, das condições de crescimento e das técnicas agronômicas (DÍAZ et al., 2014).

Atualmente é cultivado no Japão, Brasil, Sudeste da Ásia, Canadá e China, sendo este último o maior exportador de esteviosídeo (AGUERO et al., 2012). O esteviosídeo possui grande aplicação na indústria alimentícia devido a sua estabilidade frente ao calor e a uma ampla faixa de pH (GOTO e CLEMENTE, 1998).

Os extratos purificados a partir de folhas de *stevia* contem mais que 95% de esteviosídeo e/ou rebaudiosídeo A (EFSA, 2010). Atualmente, com a evolução dos métodos de extração e isolamento dos componentes da estévia, verificou-se que alguns desses glicosídeos de esteviol apresentavam sabor doce, sem o residual amargo e metálico característico da estévia, sendo o mais destacado pela facilidade de extração e pronunciado sabor doce, o Rebaudiosídeo A, possuindo um poder edulcorante 300 vezes superior á sacarose (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

Em termos de mercado a Europa concentra 40% do volume de lançamentos de produtos com Estévia, sendo hoje o *driver* deste mercado; em 2010, a estévia teve uma penetração de 27% na categoria norte americana de bebidas não alcoólicas (*soft drinks*); globalmente, 73% dos lançamentos de produtos com estévia se concentram em bebidas não alcoólicas, *snacks* e adoçantes; em 2012, a estévia esteve presente em 15% de todos os produtos lançados com adoçantes de alta intensidade; nos últimos 5 anos, acessulfame-K e aspartame vem perdendo

mercado para a estévia; assim como tem aumentado sua participação em diversas categorias, países e marcas de grandes multinacionais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

Dentre os benefícios da estévia pode-se destacar: ação antioxidante, diurética, é uma aliada no combate a diabetes, controla o peso e a obesidade, controla a hipertensão, tem efeito antibacteriano, é imunomodulador (ajuda a regular o sistema imunológico), entre outros (REYES et al., 2014).

2.6.2 Poliol: Isomalte

Os polióis são obtidos a partir da hidrogenação dos carboidratos simples. Consistem em uma das principais opções para substituição do açúcar em alimentos sólidos e pastosos. Diferem dos demais carboidratos porque são parcialmente metabolizados, chegando certa quantidade intacta ao intestino grosso, onde será fermentada pela microflora do cólon, podendo causar variação na pressão osmótica intestinal e ocasionar flatulência, dores abdominais ou diarreia se consumidos em excesso, efeito similar ao de produtos com alto teor de fibras. Possuem calor de dissolução negativo, provocando certo efeito refrescante durante sua solubilização, efeito este mais ou menos pronunciado dependendo do poliol, da concentração de líquido e dos demais ingredientes presentes. Apesar de sua origem em carboidratos simples, os polióis não participam da Reação de Maillard, pois não são redutores (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

Dentre os polióis destaca-se o isomalte, uma mistura equimolar de dois dissacarídeos hidrogenados, o α -D-glicopiranosil-1,6- D-sorbitol (GPS; isomaltitol) e o α -D-glicopiranosil-1,1-D-manitol (GPM). Seu perfil de sabor é puramente doce, sem efeito refrescante ou gosto residual, cujo poder adoçante é 45% a 65% o da sacarose, sendo utilizado em chá e café, bem como em pudins, sobremesas, sorvetes, bebidas refrescantes, balas, chocolates, produtos de panificação e confeitaria. A substituição da sacarose por isomalte apresenta vantagens em decorrência da semelhança de suas propriedades, por exemplo, em relação a corpo e textura, pode substituir a sacarose em proporção 1:1; possui propriedades físicas e químicas muito semelhantes às do açúcar e, em alguns aspectos, no que se refere ao menor valor calórico (2 kcal/g) e estabilidade, superiores as do açúcar; alta estabilidade química, térmica, enzimática e microbiológica; e a baixa

higroscopicidade não exige embalagens especiais, aumenta o tempo de prateleira de muitos produtos (ADITIVOS e INGREDIENTES, 2015).

2.7 Bolos hipocalóricos enriquecidos com fibra

Os principais desafios para os produtos de panificação, em relação às gorduras, são a manutenção do volume, textura (firmeza e dureza), estrutura, maciez, tamanho, além é claro, da aparência, sabor e vida de prateleira dos produtos readequados. As fibras solúveis são fortes candidatas a ser empregadas para redução no teor de gorduras e ainda auxilia na redução do índice glicêmico dos produtos, melhorando o valor nutricional (QUEIROZ et al., 2014).

Arelado a esse fator, o açúcar representa uma grande porcentagem da formulação dos produtos, no setor, pois as propriedades de higroscopicidade, termorresistência, capacidade de cristalização e de conferir corpo, volume e cor, sabor e textura adequados devem ser observadas na escolha do melhor substituto. Os edulcorantes de alta intensidade, naturais se possível, poderão ser incorporados para atingir o sabor doce desejável, garantindo a ausência de sabores desagradáveis ou residuais (QUEIROZ et al., 2014).

A redução da gordura por si só não é suficiente para atender as necessidades do consumidor, com destaque para a combinação da redução de gordura e com a adição de fibras e grãos integrais (QUEIROZ et al., 2014). Além disso, é bastante difícil desenvolver um produto de panificação *sugar-free*, uma vez que a maioria contém farinhas, que, por sua vez, podem conter pequenas quantidades de açúcar, ou seja, é possível o desenvolvimento de produtos sem adição de açúcar ou com redução do teor de açúcar (KEARSLEY e DEIS, 2012).

Conseqüentemente, para reduzir o valor calórico dos produtos de padaria e pastelaria é necessário diminuir a quantidade de ingredientes mais energéticos, substituindo-os por ingredientes que fornecem pouca ou nenhuma energia. Esta alteração torna-se um desafio tecnológico para o desenvolvimento de formulações de bolos ou produtos de panificação *light* ou *diet*. Estes são produtos que têm entre os seus ingredientes interações extremamente complexas e a remoção ou alteração de algum componente pode influenciar nas suas características de textura, maciez, sabor e conservação. Bolos com baixo teor de gordura ou de açúcar podem apresentar perda de viscosidade na massa, diminuição de volume final (apresentando-se com aspecto compacto), aeração e estrutura de células da massa

deficientes (túneis de ar no miolo), redução da maciez e da umidade do miolo, baixa transferência de calor (aparência de massa crua), dificuldade em atingir cor durante o assamento (por não serem realizadas as reações de Maillard), diminuição da vida de prateleira e alterações significativas no sabor e aroma (BENASSI et al., 2001).

Rosa et al. (2009) elaboraram bolo contendo diferentes porcentagens de farinha de yacon (10 e 20%) e frutose como edulcorante, demonstrando propriedades físicas e químicas potencializadas pela introdução de ambos, refletida sensorialmente pela boa aceitabilidade.

2.8 Análise sensorial descritiva quantitativa

A análise sensorial normalmente é realizada por uma equipe montada para analisar as características sensoriais de um produto para um determinado fim. Pode-se avaliar a seleção da matéria-prima a ser utilizada em um novo produto, o efeito de processamento, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros. Para alcançar o objetivo específico de cada análise, são elaborados métodos de avaliação diferenciados, visando à obtenção de respostas mais adequadas ao perfil pesquisado do produto. Esses métodos apresentam características que se moldam com o objetivo da análise. O resultado, que deve ser expresso de forma específica conforme o teste aplicado, é estudado estatisticamente, concluindo assim a viabilidade do produto (TEIXEIRA, 2009).

A qualidade sensorial do alimento e a manutenção da mesma favorecem a fidelidade do consumidor a um produto específico em um mercado cada vez mais exigente (TEIXEIRA, 2009).

Portanto, a análise sensorial é considerada uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento humano por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador; além de fatores externos, como o local da análise, estado emocional e de saúde do julgador, condições e formas de apresentação da amostra-teste, dentre outros. Contudo, a utilização correta da tecnologia sensorial disponível leva à obtenção de resultados reprodutíveis, com precisão e exatidão comparáveis às dos métodos denominados objetivos (CHAVES e SPROESSER, 2006).

Os métodos sensoriais dividem-se em: métodos afetivos, métodos de diferença ou discriminativos, método analítico ou descritivo e de sensibilidade. Estes métodos estão agrupados em testes com funções específicas, tais como: os afetivos

subdividem-se em testes de preferência e teste de aceitação; os de diferença dispõem-se em teste pareado, teste duo-trio, teste triangular, teste de ordenação e teste por comparação múltipla; e o analítico corresponde ao teste de amostra única, perfil de características, teste de escalas e ao teste de duração (TEIXEIRA, 2009).

Atualmente, tem se destacado a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), é a técnica de descrição sensorial mais utilizada na área de alimentos, pois permite o levantamento, a descrição e a quantificação dos atributos sensoriais detectáveis no produto, utilizando julgadores com alto grau de treinamento e análise estatística dos dados (STONE e SIDEL, 2004).

Esta metodologia possui inúmeras aplicações, como por exemplo, o acompanhamento de produtos concorrentes, testes de armazenamento para verificar possíveis alterações no decorrer do tempo, desenvolvimento de novos produtos, controle da qualidade de alimentos, determinações químicas versus respostas sensoriais, além de ser possível realizar relação entre testes sensoriais e instrumentais (BEHRENS e SILVA, 2000; MURRAY et al., 2001).

2.9 Armazenamento e vida útil dos alimentos

A vida útil é uma determinação objetiva e metódica do período de conservação razoavelmente expectável para um determinado alimento, durante o qual não é apreciável qualquer alteração na sua qualidade, baseando-se em análises de degradação e decomposição microbiana em função do tempo, das condições de armazenamento e do tratamento que o alimento sofreu, assim como do monitoramento das características sensoriais (HENRIQUES, 2010).

Portanto, a vida útil permite estabelecer a vida comercial de um alimento, facilita a detecção de eventuais fragilidades no produto, nomeadamente perdas de qualidade, como alterações de sabor, odor e textura e deficiências nas condições de conservação estipuladas. Recolhendo-se informação técnica e científica para perceber como evolui o alimento em estudo ao longo do tempo (HENRIQUES, 2010).

A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido a diversas reações de natureza enzimática, oxidativa, entre outras. De maneira geral, tais produtos quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005).

Por causa disso, os filmes especiais e as embalagens plásticas laminadas, com as propriedades de barreira a gases, a vapor d'água, a aromas, a luz e grande flexibilidade, estão cada vez mais presentes nos supermercados, por atenderem às exigências do consumidor quanto ao acondicionamento e apresentação dos alimentos (SOARES et al., 2002). Assim como, o polietileno de baixa densidade é utilizado em vários plásticos por ser muito versátil, porém sua permeabilidade é moderadamente baixa para o vapor de água, mas alta para o O₂; também apresenta um reduzido efeito de barreira contra os odores (MANTILLA et al., 2010).

Nesse sentido, a embalagem protege os alimentos contra qualquer tipo de dano seja ele de natureza química, física ou microbiológica, desde o acondicionamento até o consumo final, a fim de assegurar a manutenção de suas próprias características por um período de tempo mais longo, após seu processamento. Deste modo, as embalagens devem evitar alterações das características sensoriais como: sabor, textura, doçura, aceitação global, aroma como também deterioração física, química e microbiológica do produto, além de satisfazer as necessidades de marketing tanto da empresa como também do consumidor, custo, disponibilidade entre outros. Onde o tipo de embalagem no qual o produto é acondicionado pode influenciar na sua vida útil (SOUSA et al. 2012).

2.10 Isotermas

As isotermas de sorção relacionam a atividade de água e a umidade de equilíbrio a uma temperatura constante (OLIVERA et al., 2008). Elas são de extrema importância na área da alimentação, uma vez que pode ser utilizado para prever alterações na estabilidade do alimento, determinar métodos de armazenagem, embalagem e selecionar os ingredientes, e otimizar o equipamentos de secagem (STENCL, 2004).

As isotermas são úteis para determinar as propriedades termodinâmicas, que dizem respeito à interação entre os componentes dos alimentos e da água, tais como o calor total de sorção (Δh), diferença de entropia (ΔS), e a energia livre de Gibbs (ΔG) (PEDRO et al., 2010). A entalpia diferencial ou calor de sorção fornece uma medida da força de ligação da água sólida (AL-MUHTASEB et al., 2004). A entropia diferencial é proporcional ao número de sítios de adsorção disponíveis a um nível de energia específica (MADAMBA et al., 1996). A energia livre de Gibbs indica

a afinidade de sorventes para a água e se a adsorção ocorre como um processo espontâneo ou não (TELIS et al., 2000).

Para os frutos desidratados na forma de pó, o estudo das isotermas de equilíbrio higroscópico tem por finalidade estabelecer se o mesmo sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dissolver água. Diante do conhecimento do valor da atividade de água (a_w) pode-se propor sistemas adequados de embalagem para o produto previstas através de reações químicas e enzimáticas, e o desenvolvimento de microrganismos (OLIVEIRA et al., 2011).

A literatura aborda uma série de modelos que representam as isotermas de sorção, no geral empíricos e determinantes na caracterização dos produtos, é o caso dos modelos de GAB, Peleg e Oswin.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização dos experimentos

Os experimentos foram realizados nos seguintes locais:

- Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, (PB), Brasil. Nesta fase, promoveu-se a secagem das diferentes porções do abacaxi (polpa, casca e cilindro central) em diferentes temperaturas (50-80 °C), elaboraram-se as farinhas na temperatura de 60 °C e fizeram-se as isotermas de adsorção para as mesmas;
- Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. Nesta etapa, realizaram-se todas as análises físicas, químicas, nutricionais e microbiológicas do abacaxi fresco, liofilizado e na forma de farinha, bem como o armazenamento das farinhas e os estágios correspondentes ao processamento e armazenamento dos bolos.

3.2 Matéria-prima

Os frutos do abacaxi da variedade Pérola (*Ananas comosus* L. Merrill) foram adquiridos no comércio, Empasa-Ceasa, da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil, e mantidos em temperatura ambiente, cujo estágio de maturação maduro, aspecto, cor da casca alaranjada, tamanhos semelhantes e estado físico por análise visual foram utilizados como critérios de escolha iniciais. A seguir, separou-se a polpa, casca e cilindro central utilizados neste trabalho.

Para os experimentos conduzidos em Portugal, levaram-se amostras secas convencionalmente a 60 °C e importaram-se frutos frescos do Brasil para elaboração das farinhas das partes do fruto.

Para o preparo dos bolos os ingredientes utilizados foram ovo, água, margarina, farinha de trigo, isomalte e fermento adquiridos no comércio local da cidade de Lisboa, Portugal, bem como as farinhas do fruto do abacaxi (polpa, casca e cilindro central) posteriormente incorporadas em substituição parcial da farinha de trigo e a estévia, respectivamente, de origem brasileira e italiana.

3.3 Obtenção da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi

Os frutos do abacaxi foram selecionados manualmente em estágio de maturação maduro, a fim de garantir qualidade do produto final, eliminar os danificados e deteriorados. A seguir, foram colocados em caixas de isopor e levados para o laboratório onde foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.1, visando à obtenção da polpa, casca e cilindro central.

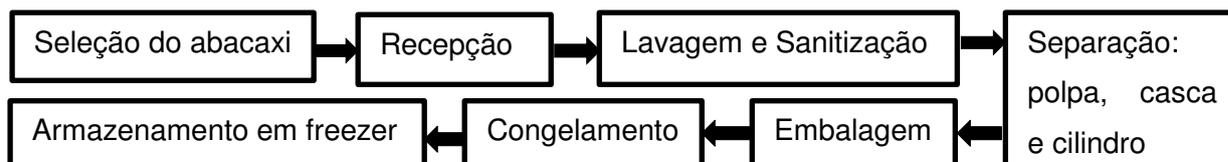


Figura 3.1 - Fluxograma das etapas para a obtenção da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.

Os frutos foram lavados em água corrente com escova, para eliminar o excesso de impurezas nas cascas, em seguida, repetiu-se a operação utilizando detergente neutro, para retirar as sujeiras mais aderidas, sendo posteriormente cortadas as coroas, passando para a etapa de sanitização por meio da imersão dos frutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm durante 15 minutos, para eliminar os microrganismos; posteriormente, foram enxaguados em água corrente para retirar o excesso dessa solução. Com auxílio de uma faca de aço inoxidável os frutos foram, então, cortados manualmente e separados em diferentes partes, a saber, polpa, casca e cilindro central; embalados manualmente em sacos de polietileno de baixa densidade (1L), etiquetados e armazenados em freezer a -18 °C para serem utilizados posteriormente nos experimentos.

3.4 Caracterização física e química do fruto fresco: polpa, casca e cilindro central

A polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi foram submetidos às seguintes análises físicas e químicas: teor de água, atividade de água, cor, pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.4.1 Teor de água

O teor de água foi determinado conforme as normas analíticas do IAL (2008) expresso em percentagem.

3.4.2 Atividade de água

A atividade de água foi determinada a 25 °C utilizando-se o higróscopo para medição das amostras, composto por um leitor (marca Rotronic HygroPalm 23 – AW) e um banho-maria (marca Haake D8).

3.4.3 Cor

As medidas do parâmetro da cor foram efetuadas utilizando-se o espectrofotômetro CR-400 Chroma Meter da Konica Minolta, ângulo de observação de 10° e padrão de calibração com placas preta, em que $L^* = 0$, e branca, com $L^* = 100$. Observaram-se os parâmetros L^* (luminosidade), a^* definido como a transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a) e b^* que representa a transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b).

3.4.4 pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico com o peagâmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.4.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (SST, °Brix) foram determinados por leitura direta da amostra em refratrômetro Abbé, com correção de temperatura, com base na tabela contida no manual do IAL (2008). Para as farinhas a quantidade a diluir para leitura foi calculada com base nos resultados da umidade final em % b. s. da cinética e dos SST das amostras frescas.

3.4.6 Acidez total titulável

Determinou-se a acidez total titulável através do método acidimétrico pelo manual do IAL (2008), em que as amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico em função de matéria seca.

3.5 Secagem por liofilização

A polpa, a casca e o cilindro central do fruto do abacaxi foram cortados, separadamente, em quadrados de 0,5 cm, preparados sem aditivo, colocados em sacos de polietileno de baixa densidade e congelados em freezer a -18 °C por 24 horas; a seguir foram colocados em pequenos recipientes de acrílico tampados, no interior da câmara de vidro cilíndrica sobre as três bandejas do liofilizador Telstar Lyo Quest, com capacidade de 12 amostras, a uma pressão de 0,1 bar, temperatura de -45 °C por 96 horas cada amostra. Os padrões portugueses consideram produtos liofilizados como *in natura*, por isso a aplicação do processo sobre o abacaxi.

3.6 Caracterização da polpa, casca e cilindro central do abacaxi liofilizados

As amostras liofilizadas foram submetidas às análises físicas (teor de água, atividade de água e cor), itens (3.4.1) - (3.4.3); químicas (açúcares totais, redutores e não redutores), nutricionais (fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, cinza, minerais, lipídeos, proteína, hidratos de carbono e valor energético), e microbiológica, itens (3.6.1) – (3.6.9). As determinações dos açúcares, das fibras e as microbiológicas foram realizadas em duplicata, as demais em triplicata.

3.6.1 Açúcares totais, redutores e não redutores

O teor de açúcares foi realizado com base no método colorimétrico do ácido dinitrosalicílico (DNS) para doseamento de açúcares redutores oficialmente desenvolvido por Miller (1959). Previamente, traçou-se uma curva de calibração utilizando padrões contendo glucose e frutose em diferentes diluições, a seguir, aplicou-se, o método DNS e obteve-se a curva. Procedeu-se, então, o doseamento dos açúcares redutores (AR) nos extratos aquosos, seguido do doseamento dos açúcares totais (AT) após hidrólise ácida dos extratos. Os açúcares não redutores (ANR) foram obtidos por diferença exposta na Equação (3.1).

$$ANR = AT - AR \quad (3.1)$$

3.6.2 Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel

A fibra alimentar total (FAT) foi determinada através do método 985.29 (Equação 3.2) e a fibra alimentar insolúvel (FAI) pelo método 991.42 (Equação 3.3),

os dois da AOAC (1997), originalmente descrito por Prosky et al. (1988). A fibra alimentar solúvel foi obtida pela diferença de ambas (Equação 3.4), Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Equações de fibra alimentar total, solúvel, insolúvel e do branco.

Fibra alimentar total	$FAT(\%) = \left(\frac{M_r - P - C - Branco}{M_a} \right) \times 100$	(3.2)
Fibra alimentar insolúvel	$FAI(\%) = \left(\frac{M_r - P - C - Branco}{M_a} \right) \times 100$	(3.3)
Fibra alimentar solúvel	$FAS = FAT - FAI$	(3.4)
Branco	$Branco = M_{RS} - P_b - C_b$	(3.5)

FAT – fibra alimentar total (%); *FAI* – fibra insolúvel (%); *FAS* – fibra solúvel (%); *M_r* – massa do resíduo da amostra (g); *P* – proteínas (g); *C* – cinzas (g); *M_a* – massa da amostra (g); *M_{RS}* – massa do resíduo sem amostra; *P_b* – proteína do branco; *C_b* – cinza do branco.

3.6.3 Cinzas

Determinou-se pela incineração das amostras em mufla a 550 °C até a formação de cinzas segundo a metodologia do manual do IAL (2008) e os resultados foram expressos em percentagem.

3.6.4 Minerais

As análises para minerais foram realizadas através de uma adaptação do método da AOAC (método 968.08) (1997). Após a obtenção de cinzas em uma amostra de 1 g foram adicionados 10 ml de HCl 3 N. A amostra coberta com vidro relógio foi levada a banho-maria a 100°C por 10 min. Filtrou-se para um balão volumétrico de 100 ml com água destilada quente e levou-se para leitura em espectrofotômetro de absorvância atômico da marca UNICAM modelo UV4-100. Os resultados foram expressos em mg/l.

3.6.5 Lipídeos

Os lipídeos foram determinados utilizando-se o aparelho Soxtec System HT2 1045 Extraction Unit da Tecator, cujo reagente para a destilação éter de Petróleo 40-60°. A seguir, introduziu-se 1g de amostra em cada cartucho que foi mantido na unidade de extração por 20 minutos no modo “Boiling” e 45 minutos no modo “Rising”, a temperatura ambiente de 25 °C. Para os bolos, a amostra foi previamente triturada e seca em estufa a 105 °C por 2 h, antes desse processo. Trata-se do

método soxhlet (números 2003.5 e 2993.6) da AOAC (1997) adaptado para o sistema soxtec indicado.

3.6.6 Proteína

A proteína foi determinada pelo método Kjeldahl conforme o IAL (2008). A hidrólise foi realizada com 15 mL de H₂SO₄ concentrado (95-97% p.a), usando CuSO₄ e K₂SO₄ como catalizadores, à temperatura de 410 °C, durante 6 h, no Tecador Digestion System 20, 1015 Digestor. O teor de nitrogênio foi determinado com ácido bórico, no Kjeltac Auto 1030 Analyzer da Tecator, cujo cálculo baseou-se na Equação (3.6).

$$\text{Proteína (\%)} = N \times F \quad (3.6)$$

em que: *N* - % de nitrogênio dada pelo aparelho e *T* - fator de multiplicação correspondente a 6,25 (fruta) e 5,7 (bolo).

3.6.7 Hidratos de carbono totais ou glúcides totais ou carboidratos

Os hidratos de carbono totais foram determinados através do cálculo da fracção NIFEXT (Nitrogen free extract) que engloba os hidratos de carbono mais digestíveis não incluindo as fibras. Para o cálculo somou-se as cinco determinações do Método de Wendee (OLIVEIRA et al., 1999), conforme a Equação (3.7).

$$\text{Hidratos de carbono} = 100 - (X + GT + PB + FT + C) \quad (3.7)$$

em que: *X* – Teor de água (%); *GT* – gordura total (%) correspondente aos lipídeos; *PB* – proteína bruta (%); *FT* – fibra total (%) e *C* – cinza (%).

3.6.8 Valor energético

O valor energético calculou-se segundo a metodologia de Mahan e Escott-Stump (2008), com base nos valores de proteína, lipídeos, hidratos de carbono e fibras multiplicados, respectivamente, por: 4 kcal/g, 9 kcal/g, 4 kcal/g e 2 kcal/g (Equação 3.8).

$$\text{Valor energético} = [(P \times 4) + (L \times 9) + (HC \times 4) + (FT \times 2)] \quad (3.8)$$

em que: *P* – proteína (%); *L* – Lipídeos (%); *HC* – hidratos de carbono (%) e *FT* – fibra total (%).

3.6.9 Análise microbiológica

A preparação das amostras e análises efetuadas foram realizadas segundo os cuidados de segurança e assepsia. As análises microbiológicas foram realizadas com base na norma Portuguesa NP 3277-1:1987 (Instituto Português de Qualidade, 1988) para os bolores e leveduras a 25 °C e na norma internacional ISO 4833:2003 para a contagem dos microrganismos a 30 °C (AFNOR, 2003). Utilizando-se a solução de Ringer como diluente e o meio de cultura GYP. Os limites microbiológicos utilizados seguiram a recomendação do INSA (2016b), conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Limites microbiológicos estabelecidos por diferentes órgãos.

Microrganismos	Qualidade microbiológica			
	Satisfatório	Aceitável	Não satisfatório	Inaceitável
Microrganismos a 25°C*	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	Não Aplicável
Leveduras*	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	Não Aplicável
Bolores*	≤ 10	$>10 \leq 10^2$	$>10^2$	Não Aplicável
Bolores e Leveduras**		$\leq 10^4$		

Fonte:* INSA (2016b); **ANVISA (2001).

Os dados satisfatórios indicam que o alimento tem boa qualidade microbiológica, os aceitáveis significam que se encontram dentro dos limites estabelecidos, os não satisfatórios determinam a não satisfação em um ou mais dos valores estabelecidos, necessitando de monitorização ou alteração do processo de fabrico, e por fim os inaceitáveis ou potencialmente perigosos indicam a presença de microrganismos patogênicos ou toxinas com potencial risco para a saúde pública, estes alimentos devem ser eliminados (INSA, 2016b).

3.7 Secagem convencional

A polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi, fresco e separadamente, foram submetidos a diferentes temperaturas de secagem 50, 60, 70 e 80 °C, em estufa convencional com circulação forçada de ar e velocidade do ar de secagem de aproximadamente 1 m s^{-1} verificada com auxílio de um termo anemômetro (TAD – 500).

Antes do início da secagem foi determinado o teor de água inicial das amostras (polpa, casca e cilindro), em estufa a $(103 \pm 2) \text{ °C}$ durante 24 h, conforme a metodologia do IAL (2008).

As amostras, em triplicata, cortadas em quadrados com cerca de 0,5 cm, contabilizando aproximadamente 15 g de amostra em cada repetição, foram identificadas e distribuídas em cestas montadas com tela de arames com a massa previamente conhecida. As pesagens foram realizadas em intervalos regulares de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 e 310 minutos até o final do processo. O conjunto (cesta + amostra) foi tarado em balança digital até peso constante. Em seguida, determinou-se o exato teor de água em estufa a $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ por 24 h (IAL, 2008), para calcular os teores de água de equilíbrio.

3.7.1 Cinética de secagem do fruto do abacaxi: polpa, casca e cilindro central

Durante as secagens foram obtidos os dados da cinética através da perda de massa das amostras, calculando-se as razões de água em função do tempo de secagem e o teor de água final após esse processo. O cálculo da razão de água foi feito por meio da Equação (3.9).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.9)$$

em que: RX – razão de água do produto (adimensional); X – Teor de água do produto (b.s.); X_i – teor de água inicial do produto (b.s.) e X_e – teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os valores experimentais provenientes da secagem foram ajustados aos modelos matemáticos dispostos pelas Equações de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii (Tabela 2.1) utilizando o programa computacional Statistica 7.0, por meio de regressão não linear pelo método Quase-Newton.

Os critérios utilizados para determinar os melhores ajustes dos modelos aos pontos experimentais de razão de água em função do tempo foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) conforme a Equação (3.10).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (3.10)$$

em que: DQM – desvio quadrático médio; RX_{pred} – razão de água predito pelo modelo; RX_{exp} – razão de água experimental e n – número de observações.

3.8 Seleção e obtenção da farinha do abacaxi

Com base na cinética observou-se que na temperatura de 50 °C, para a amostra tornar-se seca, levou um tempo considerável e apresentaram uma textura emborrachada; e as temperaturas de 70 e 80 °C por serem elevadas afetariam as propriedades nutricionais de elementos sensíveis ao calor. Mudanças nos hábitos dos consumidores por alimentos nutritivos requerem tecnologias que agridam menos o alimento, como os tratamentos que não utilizam altas temperaturas e aqueles que utilizam controle de umidade, evitando transformações indesejáveis pelo calor, como a alteração no sabor, na cor, na textura e a destruição de vitaminas, conforme descrito por Mercado et al. (1997) e Butz e Tauscher (2002).

Notadamente, o processo convencional de secagem com ar aquecido promove uma série de alterações que resultam em prejuízo à aparência, degradação de nutrientes, pigmentos e compostos de sabor, comprometendo a qualidade sensorial e nutricional do produto, dentre elas a contração dos tecidos (formação de uma película dura e quase impermeável na superfície do produto), resultante da liberação de umidade, particularmente comum em alimentos com altas concentrações de açúcares dissolvidos e outros solutos (AZEREDO, 2012). Selecionou-se, então, a temperatura de 60 °C para obtenção da farinha de polpa, casca e cilindro central do abacaxi para condução de todo trabalho por apresentar características intermediárias frente às demais temperaturas.

Para efetuar a secagem, as diferentes partes do fruto foram retiradas do freezer, descongeladas até atingirem a temperatura ambiente (25 °C) e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, similares às condições expostas no item 3.7 da secagem convencional, acomodadas em cestas montadas com tela de arames contendo cerca 200g, em triplicata, durante 36 horas. Depois de secos, uma parte dos produtos foi acondicionada em embalagem laminada, selados e mantidos em recipientes herméticos, contendo sílica gel, devidamente etiquetados e identificados; e outra parte foi previamente triturada em moinho de facas seguindo um procedimento igual. Depois o material foi referenciado com laudos e encaminhado para o Departamento de Ciência e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia, na Universidade de Lisboa, onde foi mantido numa câmara frigorífica a uma temperatura de 25 °C, simulando a temperatura ambiente brasileira. Amostras

frescas do fruto do abacaxi também seguiram do Brasil para Portugal, a fim de reproduzir tais condições e obter o produto seco para elaborar farinha.

Os produtos secos, em Portugal, foram triturados separadamente em um moinho comercial da marca Moulinex, para obtenção da farinha e imediatamente submetidas às análises físicas, químicas, nutricionais e microbiológicas. Posteriormente, as farinhas foram transferidas para embalagens laminadas e colocadas na câmara frigorífica a 25 °C para prosseguimento da realização do experimento.

3.9 Caracterização da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central

Os produtos em pó foram submetidos à caracterização física, química, nutricionais e microbiológica, a saber: teor de água, atividade de água, cor, pH, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, cinzas, minerais, lipídeos, proteínas, hidratos de carbono valor energético e microbiológica, conforme as metodologias dos itens (3.4.1) - (3.4.6) e (3.6.1) - (3.6.9). As determinações dos açúcares, das fibras e as microbiológicas foram realizadas em duplicata, as demais em triplicata.

3.10 Isotermas de adsorção da farinha do fruto: polpa, casca e cilindro central

Determinaram-se as isotermas de adsorção de água, em triplicata, das farinhas de polpa, casca e cilindro central, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se o método estático-indireto descrito por Capriste e Roststein (1982) com auxílio do medidor da atividade de água Aqualab 3TE (Decagon).

Os modelos matemáticos de GAB, Peleg e Oswin foram ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água dos produtos em pó, através da regressão não linear, com uso do programa Statistica 7.0, expostos nas Equações (3.11 a 3.13).

$$\text{GAB} \quad X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1-K \cdot a_w) \cdot (1-K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (3.11)$$

$$\text{Peleg} \quad X_e = K_1 \cdot a_w^{n1} + K_2 \cdot a_w^{n2} \quad (3.12)$$

$$\text{Oswin} \quad X_e = a \left(\frac{a_w}{1-a_w} \right)^b \quad (3.13)$$

em que: X_e - teor de água de equilíbrio; a_w - atividade de água, X_m - umidade na monocamada molecular; C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto; K_1 , K_2 , n_1 , n_2 - constantes do modelo; a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

Os critérios utilizados para determinar os melhores ajustes dos modelos às isotermas de adsorção de água foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) conforme a Equação (3.14).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(X_{exp} - X_{teor})}{X_{exp}} \right| \quad (3.14)$$

em que: P – desvio percentual médio (%); X_{exp} – valores obtidos experimentalmente; X_{teor} – valores preditos pelo modelo e n – número de dados experimentais.

3.11 Armazenamento da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central

As farinhas da polpa, casca e cilindro central foram colocadas em dois tipos de embalagens: em embalagens laminadas flexíveis composta de uma camada PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12 μm e uma camada de PEBD cristal (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50 μm , resultando em uma espessura total de aproximadamente 74 μm ; e em embalagens de polietileno de baixa densidade. Cada embalagem, em triplicata, continham aproximadamente 25 g das diferentes farinhas, sendo o fechamento feito em seladora manual.

Os dois tipos de embalagens, laminada e polietileno, contendo as farinhas das diferentes partes do fruto, foram colocadas em uma câmara frigorífica, com ventilação e sem luz, na temperatura de 25 $^{\circ}\text{C}$, simulando a temperatura ambiente brasileira, Figura 3.2.

As amostras armazenadas foram avaliadas no início (tempo 0) e a cada 30 dias, durante 180 dias de armazenamento, com intuito de avaliar o grau de estabilidade do produto medindo-se os parâmetros de: teor de água, atividade de água, cor, pH, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e acidez total titulável, conforme as metodologias dos itens (3.4.1) - (3.4.6), e a análise microbiológica de aeróbios totais, de acordo com a metodologia do item 3.6.9.



Figura 3.2 - Farinhas armazenadas em embalagens de polietileno e laminada.

3.12 Elaboração dos bolos

Testes prévios foram realizados para se obter a formulação padrão, utilizando como critérios eliminar a sacarose, baseando-se em um bolo simples tradicional, contendo sacarose e também confeccionado para este trabalho. Para isso, um modelo similar, com a mesma quantidade de ingredientes, foi elaborado substituindo totalmente a sacarose por isomalte, na proporção de 1:1; e estévia, considerando o seu valor edulcorante, originando a formulação padrão *diet* sem sacarose. A Tabela 3.3 contém os ingredientes da formulação para elaboração do bolo dietético padrão e a formulação do bolo simples tradicional ou tradicional com açúcar.

Tabela 3.3 – Ingredientes das formulações do bolo dietético padrão e do bolo simples tradicional (g/100g).

Ingredientes	BDP	BST
Ovo tamanho M	34,16	34,16
Água	8,69	8,70
Margarina com 59% de matéria gorda (marca Auchan)	12,42	12,42
Isomalte (adquirido na Empresa Bene)	12,42	12,42
Estévia com Rebaudeosideo A a 97% de pureza (marca Giusto Faraveli)	0,02	0,00
Sacarose	0,00	12,42
Farinha de trigo sem fermento comercial	31,05	31,06
Fermento químico (amido de milho e levedantes químicos (pirofosfato ácido de sódio e bicarbonato de sódio)) (marca Horeca)	1,24	1,24

BDP = bolo dietético padrão. BST = bolo simples tradicional.

Os ingredientes foram pesados em balança semi analítica (Marca Mettler AJ100) com capacidade máxima de 3 kg. As formulações foram preparadas em porções individuais em batedeira (marca Silver Crest) da seguinte forma: as claras foram separadas das gemas e batidas em neve até obterem uma consistência firme.

Em outro recipiente misturaram-se as gemas, a água, a margarina e o açúcar até todos os ingredientes estarem incorporados obtendo-se uma textura cremosa. Depois, acrescentou-se a farinha trigo e o fermento. Por último foi adicionada as claras em neve lentamente para não perderem o ar, obtendo-se uma massa homogenia (Figura 3.3). A massa foi distribuída em formas de metal de 6 cm de diâmetro, revestidas previamente por forminhas de papel para *cupcakes*, assada em mini forno (marca Bifinett), a 175 °C durante 20 minutos. A seguir foram arrefecidos em temperatura ambiente, conforme as etapas da Figura 3.4. Todos os bolos foram confeccionados no mesmo dia pela manhã, a fim de facilitar as análises, uma vez que estas se efetuaram durante à tarde.



Figura 3.3 - Massa das diferentes formulações dos bolos antes de ir ao forno utilizado.

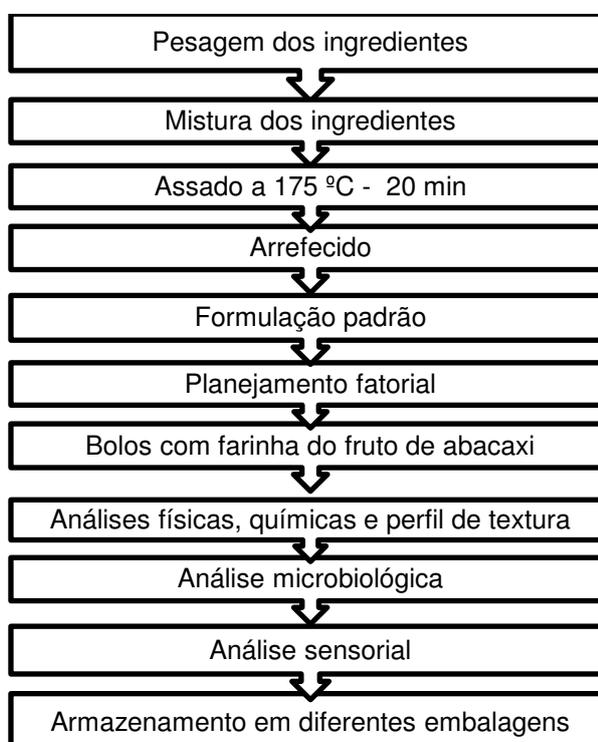


Figura 3.4 - Fluxograma da produção dos bolos com diferentes formulações de farinha da polpa e farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.

3.13 Otimização das formulações dos bolos enriquecidos com farinha de abacaxi

Utilizou-se a matriz central compósita rotativa ou delineamento composto central rotacional (DCCR), constituída por pontos fatoriais, pontos estrela e pontos centrais (CHANDRA et al., 2015), através da metodologia de Superfície de Resposta (MSR), para melhoria e otimização na confecção dos bolos desse estudo:

- Os pontos fatoriais representam os vértices de um cubo de k -dimensões a uma distância de $k^{1/2}$ à origem (ponto $(0,0)$). K corresponde ao número de variáveis independentes em estudo, sendo neste caso duas. Esses pontos contêm dois níveis (mínimo e máximo) que são correspondentes ao vértice de um cubo cujo centro é a origem e os extremos inferior e superior são -1 e $+1$.

- Os pontos estrela são um conjunto de $2k$, pontos nos eixos de referência a uma distância de $2^{k/4}$ representados por $-\alpha$ e $+\alpha$. De acordo com as duas variáveis em estudo os pontos estrela correspondem a valores com distância à origem $-\sqrt{2}$ e $+\sqrt{2}$.

- O ponto central $(0,0)$ situado na origem dos eixos permite estimar a variância do erro experimental, que se considera constante ao longo da totalidade do domínio experimental. Deverão ser efetuadas repetições do ponto central.

Quando $k = 2$, vão existir 4 pontos fatoriais e 4 pontos estrela a uma distância α do ponto central igual a $\alpha = \sqrt{2}$. A Figura 3.5 ilustra a matriz fatorial com as respectivas coordenadas, o ponto central e os pontos estrela, e os pontos que se encontram equidistantes, representando um círculo perfeito, obtendo-se o DCCR (MYERS et al., 2011).

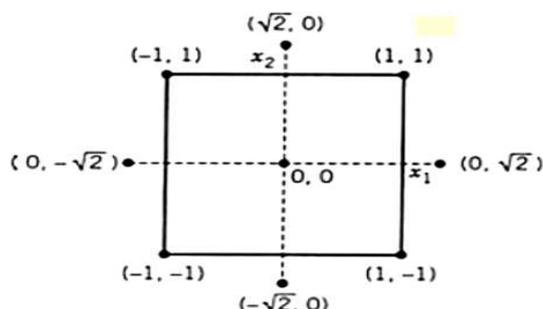


Figura 3.5 – Matriz central compósita rotativa (DCCR). Fonte: Myers et al. (2011).

A Tabela 3.4 representa o DCCR utilizado no presente trabalho, expondo os 10 pontos do ensaio.

Tabela 3.4 – Matriz central rotativa codificada para duas variáveis (X1 e X2).

Ensaio	X1	X2	
1	-1,00	-1,00	
2	-1,00	1,00	Pontos
3	1,00	-1,00	fatoriais
4	1,00	1,00	
5	-1,41	0,00	
6	1,41	0,00	Pontos
7	0,00	-1,41	estrela
8	0,00	-1,41	
9 (C)	0,00	0,00	Ponto
10 (C)	0,00	0,00	central

As variáveis dependentes foram avaliadas estatisticamente e ajustadas as suas respectivas figuras de superfície de resposta a fim de obter o seguinte modelo (Equação 3.15):

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_{1.1} * x_1^2 + \beta_{1.2} * x_1 * x_2 + \beta_{2.2} * x_2^2 \quad (3.15)$$

Em que x_1 e x_2 são as variáveis independentes codificadas, os valores β_0 , β_1 , β_2 , $\beta_{1.1}$, $\beta_{1.2}$ e $\beta_{2.2}$ são os parâmetros do modelo de regressão e y é a variável dependente (BATTOCCHIO et al., 2006).

O ajuste do modelo aos dados experimentais foi determinado pelo coeficiente de determinação (R^2), considerado o coeficiente de correlação entre as variáveis independentes, e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}).

3.13.1 Planejamento experimental dos bolos

O planejamento fatorial foi elaborado para otimizar o processo de produção dos bolos contendo farinha do fruto do abacaxi (farinha da polpa e farinha de 80% da casca + 20% do cilindro central). As variáveis independentes consideradas foram às percentagens de farinha do fruto de abacaxi (g/100g) e margarina (g/100g); definidas em cinco quantidades distintas e codificadas como $-\alpha$, -1, 0, +1 e $+\alpha$. Os valores mínimo, central e máximo, respectivamente -1, 0 e +1, foram apoiados em testes preliminares e registros encontrados na literatura especializada. O teor de margarina foi obtido através da alteração da formulação dos bolos durante a elaboração; e os valores da farinha de fruta basearam-se em pesquisas de vários autores sobre a incorporação de fibras a bolos (SREENATH, 1996; MATTOS e

MARTINS, 2000; MOTA, 2011). Esses limites foram traçados pelo programa computacional Statistica 7.0 (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Valores reais e descodificados das variáveis independentes.

Variáveis	- α	-1	0	+1	+ α
Farinha do fruto do abacaxi (%)	0,34	1,40	3,96	6,52	7,58
Margarina (%)	7,03	9,61	15,86	22,10	24,69

Na Tabela 3.6 se observa a matriz de planejamento codificado e descodificado das variáveis independentes para a formulação dos bolos em diferentes percentagens de gordura (margarina) e farinha do fruto de abacaxi estudado nos 10 ensaios. As formulações obtidas pelo delineamento experimental central composto encontram-se no Apêndice A.

Tabela 3.6 - Matriz central compósita rotativa codificada e descodificada das duas variáveis independentes, farinha do fruto de abacaxi e margarina, para a formulação dos bolos.

Ensaio	Matriz codificada		Matriz descodificada	
	X1	X2	Farinha de fruta (%)	Margarina (%)
1	-1,00	-1,00	1,40	9,61
2	-1,00	1,00	1,40	22,10
3	1,00	-1,00	6,52	9,61
4	1,00	1,00	6,52	22,10
5	-1,41	0,00	0,34	15,86
6	1,41	0,00	7,58	15,86
7	0,00	-1,41	3,96	7,03
8	0,00	1,41	3,96	24,69
9 (C)	0,00	0,00	3,96	15,86
10 (C)	0,00	0,00	3,96	15,86

3.13.2 Caracterização física da matriz de planejamento

Os ensaios obtidos na matriz de planejamento para os bolos, sendo 9 formulações para a farinha de polpa e 9 para a farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do fruto do abacaxi mais uma formulação repetida em ambas, associado à percentagem de gordura (margarina), foram submetidos às análises físicas, respectivamente: teor de água, atividade de água, e cor, dispostas nos itens

3.4.1 - 3.4.3, bem como volume específico, massa específica e textura. Apenas a textura foi realizada em quintuplicata, as demais em triplicata.

3.13.2.1 Volume específico e massa específica

O volume foi determinado pelo método de deslocamento da massa ocupada conforme descrito por Esteller et al. (2006). O método foi realizado preenchendo totalmente um recipiente de vidro transparente de volume previamente conhecido com alpistes. Em seguida, parte do alpiste foi substituída pela amostra, completando-se o volume até a borda e nivelando com auxílio de uma régua. Os alpistes remanescentes foram colocados em uma proveta graduada e o resultado expresso em ml (valor correspondente da amostra). A massa específica e o volume específico foram determinados de acordo com as Equações (3.16) e (3.17), Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Equações de massa específica e volume específico.

Massa específica	$\rho = \frac{m}{v_1}$	(3.16)
Volume específico	$v = \frac{v_1}{m}$	(3.17)

ρ – massa específica; v – volume específico; m – massa (g) e v_1 – volume (ml).

3.13.2.2 Perfil de textura

Determinou-se a análise instrumental de textura, nos bolos com aproximadamente 40mm de altura, no texturômetro TA.XTplus Texture Analyser, equipado com uma sonda cilíndrica de acrílico de 9,945 mm de diâmetro, nas seguintes condições: Análise de Perfil de Textura/*Texture Profile Analysis* (TPA) foi efetuado pelo método de penetração, com velocidade de teste de 2 mm/s, velocidade de pré-teste de 2 mm/s, velocidade de pós-teste de 2 mm/s, distancia de penetração de 8 mm e força de contato de 5g. Os parâmetros avaliados foram: dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

3.14 Análise sensorial descritiva quantitativa

Os apêndices referentes aos questionários e folhas de prova da análise sensorial foram redigidos no idioma português, utilizado em Portugal, uma vez que a análise transcorreu nesse país, mencionados nos tópicos 3.14.2, 3.14.3 e 3.14.5.

3.14.1 Condições gerais das provas

A avaliação sensorial das amostras foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, do Edifício Ferreira Lapa, do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa. A sala apresentava paredes brancas, luz fluorescente e cabines de prova individuais, equipada com uma luz branca individual e uma torneira para acesso a água.

O preparo das amostras foi efetuado em uma sala separada, não sendo visível aos provadores. Os bolos foram divididos ao meio, a fim de se obter uma porção apropriada para a prova e evitar desperdícios; servidos em pratos quadrangulares brancos de porcelana, higienizados e codificados com três dígitos aleatórios, juntamente com um pequeno prato de vidro com fatias de maçã, um copo descartável de plástico e um guardanapo. A maçã e água foram utilizadas pelos provadores, para lavar o palato e impedir que uma amostra interferisse na subsequente. Foram efetuadas várias sessões, durante esse processo a ficha de prova foi aprimorada, para o completo levantamento dos atributos entre as amostras.

A análise foi aplicada durante a tarde, no período entre 15-18 horas, uma vez que os produtos foram elaborados de manhã, sendo pedido aos provadores, para que não fumassem nem ingerissem alimentos de odores fortes, antes da prova, para que não intervissem na mesma.

3.14.2 Pré-seleção do painel sensorial

Os participantes reunidos passaram por uma etapa de pré-seleção, cujo trabalho foi apresentado, indicando os objetivos e a importância da análise sensorial, em seguida, distribuiu-se um questionário, os quais foram respondidos e devolvidos ao moderador, supervisor do treinamento (Apêndice B). Baseadas nas respostas verificaram-se a disponibilidade e o estado de saúde, tais como alergia ou intolerância a algum fator, a fim de esboçar o perfil dos candidatos.

3.14.3 Treino

No treino foi apresentado o produto aos provadores e distribuída a ficha com as definições e as características sensoriais (Apêndice C1 – Tabela C1), juntamente com as folhas de prova (Apêndice C2). As folhas de prova avaliavam cada atributo

através de uma escala não estruturada de nove centímetros ancorada nos extremos com termos definidos pela equipe, conforme metodologia de Bernardi et al., (2007).

Esse teste foi realizado por meio do método de comparação múltipla, em que uma amostra padrão, que pode ser de uma formulação ou marca conhecida, e várias outras codificadas, totalizando mais de três amostras, foram oferecidas ao provador, o qual avaliou-as comparando com o padrão. Essa comparação foi feita pelo questionário em escala, conforme descrito por Teixeira et al. (1987) e Chaves, (2001). Cada sessão, repetida três vezes, disponibilizou quatro amostras: a formulação padrão (Tabela 3.3), a formulação sem a farinha do fruto (farinha da polpa e farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central) e sem margarina, a formulação com teores médios e máximos da farinha do fruto. Totalizando 6 testes divididos em duas sessões: uma com bolos incorporados de farinha de polpa e outra com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do fruto do abacaxi; essas repetições tiveram espaços regulares para não provocar fadiga sensorial no participante. Na Tabela 3.8 estão expressas as diferentes formulações dos bolos disponibilizadas no treino.

Tabela 3.8 - Formulações dos bolos utilizados para o treino dos provadores para a análise sensorial descritiva quantitativa.

Ingredientes	Farinha do fruto do abacaxi		
	Sem FF e MG	Médio	Máximo
Ovo	55g (39,00%)	55g (32,81%)	55g (28,69%)
Água	14g (9,93%)	14g (8,35%)	14g (7,30%)
MG	0g (0,00%)	26,58g (15,86%)	40g (20,86%)
Farinha de trigo	50g (35,45%)	44,42g (25,87%)	39,31g (21,71%)
Farinha de fruta	0g (0,00%)	5,58g (3,96%)	10,5g (5,58%)
Isomalte	20g (14,18%)	20g (11,93%)	20g (10,43%)
Estévia 97%	0,03g (0,02%)	0,03g (0,02%)	0,03g (0,02%)
Fermento químico em pó	2g (1,42%)	2g (1,19%)	2g (1,04%)

FF – farinha do fruto; MG – margarina (matéria gorda).



Figura 3.6 - Bolo Padrão e em diferentes formulações distribuídos durante o treino dos provadores na análise sensorial.

3.14.4 Seleção

A seleção foi feita com base nas informações reunidas no treino, considerando o desempenho dos degustadores em função da habilidade de diferenciar as amostras e na repetibilidade das respostas expressas nas folhas de prova, durante os seis testes das duas sessões (bolo polpa e bolo casca +cilindro), e na eliminação dos indivíduos que não compareceram ao número mínimo de provas.

Os resultados individuais de cada provador para cada atributo foram estatisticamente analisados pelo método de identificação e eliminação de discrepantes a nível de confiança de 95% (Teorema de Tchebichev), como descritos por Triola (2008), através do programa computacional Microsoft Excel 2010.

Contabilizando 18 provadores selecionados, uma vez que os provadores foram treinados e selecionados preliminarmente.

3.14.5 Análise descritiva quantitativa

Após serem selecionados, os provadores recrutados para a Prova de Análise Sensorial Descritiva Quantitativa seguiram o mesmo procedimento apresentado durante o treino, em que as propriedades sensoriais, previamente estudadas, foram novamente avaliadas para a matriz de planejamento, constituindo em 10 ensaios com bolos para a farinha de polpa e 10 para os bolos para a farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi, atrelado a diferentes percentagens de gordura. Os atributos considerados irrelevantes foram retirados para constituir uma nova folha de prova adequada ao estudo (Apêndice D).

3.15 Seleção e caracterização dos bolos formulados

Os resultados obtidos na análise sensorial (variáveis dependentes) e na caracterização através das análises físicas, itens (3.4.1 – 3.4.3, 3.13.2.1 e 3.13.2.2) (teor de água, atividade de água, cor, volume, massa específica e textura) para a matriz de planejamento foram submetidos a tratamento estatístico para identificar a relação entre as variáveis independentes que se destacaram através do Statistica 7.0. Selecionaram-se, então, as amostras correspondentes aos ensaios 4 e 3, respectivamente, para os bolos com farinha de polpa e com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do fruto do abacaxi, (Tabela 3.9), utilizados para determinar a composição nutricional (lipídeos, proteínas, fibras, cinza, minerais e hidratos de carbono), expostas no item (3.6), enfatizando as fibras e os açúcares por constituírem o caráter funcional e dietético dos bolos; o cálculo energético e o armazenamento. O bolo tradicional com açúcar formulado para esse estudo, (Tabela 3.3), também foi caracterizado a fim de compará-lo com os de farinha de abacaxi.

Tabela 3.9 - Formulações selecionadas.

Ingredientes	Bolo FP	Bolo FCC
	Formulação 4 (%)	Formulação 3 (%)
Ovo	30,38	35,25
Água	7,73	8,97
Margarina	22,10	9,61
Farinha de trigo	21,10	25,52
Farinha polpa	6,52	-
Farinha de casca	-	5,22
Farinha de cilindro	-	1,30
Isomalte	11,05	12,82
Estévia 97%	0,017	0,019
Fermento	1,10	1,28

FP – farinha de polpa; FCC – farinha de 80% de casca + 20% de cilindro.

3.16 Armazenamento dos bolos selecionados

As amostras provenientes da seleção dos bolos formulados, definidos através dos ensaios 4 e 3 da matriz de planejamento, foram acondicionados em três diferentes embalagens: papelão, cujas dimensões foram de 18x12x6 cm; PET/R PET (Politereftalato de etileno com percentagem de reciclado) com dimensões de 17x12x4,5 cm; e PPBio (Polipropileno biorientado), em temperatura ambiente a 25

°C, sendo avaliadas no início (tempo 0) e todos os dias, durante quatro dias, com o intuito de avaliar o grau de estabilidade através dos parâmetros de: teor de água, atividade de água, cor, pH, acidez total titulável, análise microbiológica e textura, de acordo com os itens (3.4), (3.6.9) e (3.13.2.2). Cada embalagem foi organizada em triplicata, contendo um bolo para análise microbiológica, 5 para realizar o perfil de textura e 4 para a demais análises, respectivamente.



Figura 3.7 – Bolos armazenados em diferentes embalagens: cartão (A), PET/RPET (B) e PPBio (C).

3.17 Análise estatística

A análise estatística dos dados desse estudo foi feita com o programa computacional Statistica 7.0 (2004):

- *Armazenamento*: as farinhas (polpa, casca e cilindro central), e os bolos (com farinha de polpa e com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central), foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), com base na interação tripla tempo x produto x embalagem, exceto a textura dos bolos cujas interações foram tempo x produto e tempo x embalagem, cuja comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

- *Análise sensorial quantitativa descritiva e as análises físicas referentes à caracterização da matriz de planejamento*: foram avaliadas de acordo com a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física e química do fruto do abacaxi fresco

Na Tabela 4.1 se apresentam os valores médios e desvios padrão da caracterização física e química da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi fresco.

Tabela 4.1 – Caracterização física e química da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.

Parâmetro	Polpa	Casca	Cilindro
	Média e desvio padrão		
Teor de água (% b.u)	92,57±0,18	82,39±0,22	86,74±0,57
Atividade de água (a_w)	0,974±0,004	0,966±0,005	0,979±0,004
Luminosidade (L^*)	51,13±0,18	45,76±0,58	73,07±0,07
Intensidade de vermelho ($+a^*$)	-	8,44±0,03	-
Intensidade de verde ($-a^*$)	-2,41±0,03	-	-4,20±0,04
Intensidade de amarelo ($+b^*$)	12,38±0,26	38,80±0,53	24,20±0,07
pH	3,75±0,00	4,12±0,03	3,91±0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico em MS)	0,864±0,038	0,291±0,0058	0,268±0,007
Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix)	13,99±0,00	6,79±0,00	12,29±0,00

O teor de água indica o estágio de maturação maduro do abacaxi, assim como os demais itens físicos e químicos analisados. Verificou-se que os altos teores de água encontrados nas diferentes partes do abacaxi são característicos de um fruto *in natura*, porém, associado a outros fatores, como a presença do ar, podem favorecer a atuação de microrganismos deteriorantes, corroborando com os dados da atividade de água. O valor elevado observado na polpa frente à casca justifica-se pelo fato dessa parte do fruto também corresponder aos lóculos dos ovários dos frutinhos e pelo tecido parenquimatoso que os une, onde se encontra o suco. Comparando a outros trabalhos, percebe-se que a polpa (92,57%) apontou uma grande diferença em relação aos resultados apresentados por Bortolatto e Lora (2009), Gondim et al. (2005) e INSA (2016a), respectivamente, 83,78; 86,00 e 87,6%. As cascas (82,39%) apresentaram-se inferior ao valor encontrado por Monteiro (2009) que foi 84,94 e compatível aos de Oliveira et al. (2014a), 82%. Sandri et al. (2011) também encontraram valores relativamente altos para a polpa e cilindro central, 91,58 e 86,25%, assim como Cordenunsi et al. (2010) obtiveram

para polpa, casca e cilindro central, 86,05; 72,92 e 78,09%. Entre os resíduos, os valores apontados expressaram uma pequena diferença.

A atividade de água (a_w) é um fator preponderante na qualidade e estabilidade do material; no caso da polpa, casca e cilindro central do abacaxi, respectivamente, 0,974; 0,966 e 0,979 demonstram valores elevados, condição ideal para reações químicas e desenvolvimento microbiano (RIBEIRO e SERAVALI, 2004); nessa faixa considera-se o fruto do abacaxi perecível, comum às frutas frescas, cujo $a_w > 0,95$. A maioria dos microrganismos cresce em meio com a_w no intervalo 0,90–0,99, todavia, vários microrganismos permanecem vivos, por muito tempo em baixa atividade de água, não se multiplicando nesse meio (FERREIRA NETO et al., 2005). Resultados Inferiores foram obtidos por Ramos et al. (2008) cerca de 0,96, e superiores por Silva et al. (2005) que foi de 0,985, e igual ao valor 0,97 reportado por Oliveira et al. (2012), todos relativos a polpa ‘pérola’.

As características internas mais utilizadas para determinar a qualidade dos frutos são pH e sólidos solúveis totais. O pH, assim como a acidez, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita. O valor médio do pH obtido neste estudo para a polpa (3,75) está dentro da faixa considerada apropriada, isto é, ácida por ter sido menor que 4,5, assim como a casca e o cilindro central. Segundo Py et al. (1984), os valores de pH em abacaxis oscilam de 3,0 a 4,0. Inferior aos valores encontrados por Pereira et al. (2009) que foi entre 4,07-4,38 para o abacaxi Pérola colhido em diferentes meses. Semelhante aos valores encontrados por Sarzi e Durigan (2002) de 3,80 e 3,75 para polpa pérola e superior ao de Oliveira et al. (2012) que foi de 3,06. Apesar de ser considerado um resíduo, o cilindro central (3,97) apresentou um comportamento semelhante ao da polpa, mais ácido, quando comparado à casca, 4,12.

A acidez total titulável (ATT) das frutas é responsável pelo sabor ácido ou azedo. É um importante parâmetro na análise do estado de conservação de um produto alimentício (BATISTA et al., 2013). Esse fator foi dado em função do teor de matéria seca, sendo que a polpa (0,864%) apresentou valores superiores em relação à casca e cilindro central. Os baixos valores de ATT, da casca e do cilindro central, podem ser justificados pelo grau de maturação do fruto, uma vez que, à medida que ocorre o amadurecimento, o teor de ácido cítrico diminui (DANTAS et al., 2010). Além disso, Granada et al. (2004) explica que a produção do abacaxi ocorre

no período do verão e gera frutos com maior teor de açúcares e menor acidez. Os componentes avaliados foram inversos aos dados encontrados para o pH, denotando estar dentro do esperado. Resultados inferiores foram encontrados por Araujo et al. (2012) de 0,42, Reinhardt et al. (2004), de 0,46, ambos em percentagem de ácido cítrico; Guerra e Livera (1999) encontraram variações de 0,458 a 0,804% para ATT na variedade Pérola.

Os sólidos solúveis são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidos no suco ou polpa, sendo constituído em sua maioria por açúcares (BATISTA et al., 2013). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os valores ótimos de sólidos solúveis para o abacaxi estão entre 14–16 °Brix para frutos de boa qualidade para o consumo *in natura*, sendo que estabelecem a faixa de 13,2-14,3 °Brix para a 'Pérola'. Frutos com teores de sólidos solúveis inferiores a 12 °Brix (12%) são considerados imaturos segundo as Normas de Classificação do Abacaxi. O valor obtido (13,99 °Brix) neste estudo está dentro da faixa esperada para um fruto de boa qualidade e maduro; além de superior ao valor encontrado por Reinhardt et al. (2004), 11,44 °Brix a média. A casca (6,79 °Brix) e o cilindro central (12,29 °Brix) apresentaram valores discrepantes entre si, entretanto, o cilindro central mostrou um valor aproximado ao da polpa. Valores inferiores foram encontrados por Sandri et al. (2011) para a polpa de 12,06 e para o cilindro central, 9,32 °Brix do mesmo fruto.

Os parâmetros referentes à cor na polpa, casca e cilindro central do abacaxi, expressos pela luminosidade (L^*) e pela intensidade de amarelo ($+b^*$) confirmaram o estágio de maturação maduro do fruto e entraram em consenso com os dados apresentados pelo teor de água, sólidos solúveis totais e pela acidez. Os valores de L^* apontaram para uma tonalidade intermediária, característica da variedade em estudo, e predominância da coloração amarela em detrimento dos baixos valores registrados pela intensidade de verde ($-a^*$) da polpa (2,41) e do cilindro central (4,20), bem como da intensidade de vermelho ($+a^*$) da casca (8,44). Resultados inferiores foram encontrados por Berilli et al. (2014) também para a polpa com valores para L^* , ($-a^*$) e ($+b^*$) respectivamente, 49,80; 1,90 e 11,9.

4.2 Caracterização física, química, nutricional e microbiológica da polpa, casca e cilindro central do abacaxi liofilizado

Os resultados da caracterização física, química e microbiológica da polpa, casca e cilindro central liofilizado, referente às suas médias e desvios padrão encontram-se expostas na Tabela 4.2.

Conforme a Tabela 4.2, o teor de água presente na polpa (12,93%) e nos resíduos, representados pela casca (6,97%) e pelo cilindro central (9,97%) liofilizados, mostra-se acima da determinação imposta pela ANVISA (1978) que estabelece o limite máximo de 5% de umidade para produtos liofilizados. Esses resultados fora dos padrões podem ser consequência dos elevados teores de sólidos solúveis do fruto maduro. Apesar disso, o processo de liofilização reduziu o conteúdo de água consideravelmente em aproximadamente sete (polpa), onze (casca) e oito vezes (cilindro central) em relação aos valores frescos. Comportamento similar foram registrados por Moraes et al. (2012) para abacaxi e resíduo de acerola liofilizados, respectivamente, 17,06 e 10,15% b.u.; e por Marques et al. (2006) que obtiveram 7,06, 5,81 e 7,76% de teor de água para os pós de polpas liofilizadas de abacaxi, goiaba e manga, respectivamente; confirmando a existência de trabalhos na literatura com vários produtos liofilizados com teores acima dos preconizados pela legislação.

Contradizendo os valores indicados pelo teor de água, a a_w da polpa, casca e cilindro central liofilizados, 0,311; 0,319 e 0,291, respectivamente, foram baixos, permitindo inferi-los como estáveis ante a deterioração enzimática e microbiológica (BONAZZI e DUMOULIN, 2011). Moraes et al. (2012) encontraram valores superiores para o abacaxi e resíduo de acerola, respectivamente, 0,70 e 0,57; assim como Aponte et al. (2010) para a pitaita amarela, 0,364.

Nos valores da análise colorimétrica L^* e $+b^*$ aumentaram nas três amostras em detrimento da diminuição de $+a^*$. Neste caso, o abacaxi apresentou propensão à tonalidade amarela, corroborando com o estágio de maturação maduro registrado nos dados obtidos no fruto fresco. Oliveira et al. (2014) também obtiveram para a polpa de cajá integral liofilizada L^* (54,43) e b^* (24,09) elevados e a^* (0,44) menor; Moreira et al. (2013) também determinaram predominância da cor amarela na polpa da manga liofilizada (19,20).

Tabela 4.2 – Caracterização física, química, nutricional e microbiológica da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi liofilizado.

Parâmetro	Abacaxi liofilizado			Referência
	Polpa	Casca	Cilindro	
Média e desvio padrão				
Teor de água (% b.u)	12,93±0,90	6,97±0,25	9,97±0,43	5%*
Atividade de água (a _w)	0,311±0,005	0,319±0,004	0,291±0,002	-
Luminosidade (L*)	66,84±0,02	68,31±0,05	78,89±0,54	-
Intensidade de vermelho (+a*)	7,88±0,03	0,79±0,03	1,26±0,02	-
Intensidade de amarelo (+b*)	35,89±0,01	28,80±0,02	26,92±0,15	-
Açúcares totais (%)	39,99±0,21	20,41±0,21	34,79±1,37	-
Açúcares redutores (% glicose e frutose)	7,11±0,76	9,25±0,68	7,38±0,08	-
Açúcares não redutores (% sacarose)	32,88±0,55	11,17±0,89	27,41±1,46	-
Fibra alimentar total (%)	9,35±0,24	31,55±0,19	2,31±0,06	3% (F) e 6% (R)**
Fibra solúvel (%)	0,82±0,11	1,72±0,23	0,21±0,06	-
Fibra insolúvel (%)	8,53±0,35	29,83±0,05	2,05±0,08	-
Cinza (%)	2,66±0,10	4,41±0,06	2,42±0,34	-
Minerais (mg/l):				-
Ferro (Fe)	0,461±0,031	0,800±0,056	0,325±0,072	14 mg***
Cobre (Cu)	0,046±0,012	0,082±0,023	0,0241±0,010	0,9 mg***
Manganês (Mn)	0,629±0,051	1,526±0,027	0,5386±0,107	2,3 mg***
Zinco (Zn)	0,116±0,019	0,084±0,002	0,117±0,061	7 mg***
Potássio (K)	89,731±0,801	132,312±1,148	68,334±1,078	4700 mg***
Sódio (Na)	3,403±0,433	3,236±0,161	2,034±0,247	2000 mg***
Magnésio (Mg)	13,240±0,848	7,505±0,316	12,444±0,450	260 mg***
Cálcio (Ca)	18,571±0,335	33,609±0,822	14,698±1,058	1300 mg***
Lipídeos (%)	0,330±0,004	0,63±0,01	0,27±0,01	0,5%****
Proteína (%)	5,29±0,31	5,50±0,20	3,48±0,12	< 3,5%*****
Hidratos de carbono (%)	69,77	51,58	81,83	-
Valor Energético (Kcal/100g)	318,95	291,41	345,83	-
Aeróbios totais (UFC/g)	1x10 ¹	9,5x10 ¹	2,35x10 ²	-

Fonte: * ANVISA (1978); ** ANVISA (2012); *** Ingestão Diária Recomendada - IDR (Ferreira et al., 2012); **** Bortolato e Lora, (2009);*****Potter e Hotchkiss, (1999). F = Fonte = menor teor de nutriente. R = Rico = maior teor de nutriente.

A redução no teor de água favoreceu o aumento no conteúdo de açúcares, uma vez que os açúcares diluídos nos altos teores de água registrados nas diferentes porções do abacaxi fresco foram concentrados após a liofilização. Os

dados desse parâmetro entram em conformidade com a literatura vigente, uma vez que o abacaxi apresentou elevado teor de açúcares totais dentro dos quais os açúcares não redutores foram predominantes, representados pela sacarose, quando comparado aos açúcares redutores, composto por glicose e frutose. Contrariamente, Oliveira et al. (2014) encontraram para a polpa de cajá liofilizada valores menores de açúcares totais (27,55%) e elevados de açúcares redutores (26,98%). Silva et al. (2009a) também encontraram teores de açúcares menores na polpa de araticum liofilizada, 32,07 g/100g.

Em relação às fibras, as cascas apresentaram os maiores teores de fibras totais, solúveis e insolúveis em relação à polpa e ao cilindro central, sendo que dentro das fibras alimentares totais as fibras insolúveis mostraram-se superiores. A polpa e casca liofilizadas foram considerados com altos teores de fibras, com percentagens acima do recomendado pela ANVISA (2012), em razão disso, o consumo adequado contribui para a ingestão de refeições balanceadas que permitem a prevenção e o tratamento de problemas de saúde oriundos de hábitos alimentares inadequados (GUTKOSKI et al., 2007). A polpa mostrou-se superior e o cilindro central inferior aos estudos de Bortolato e Lora (2009) para a polpa do abacaxi, 2,99%.

Os teores de cinzas encontrados nas amostras mostraram-se relevantes, sendo superior na casca (4,41%), seguida da polpa (2,66%) e do cilindro central (2,42%), entrando em consonância com os valores obtidos para os minerais, cuja casca destacou-se em relação às demais partes do fruto. Os segmentos do fruto demonstrou ter notável valor nutricional e conseqüentemente, de K, Ca e Mg, embora os outros elementos mostraram contribuir para o índice de ingestão diária recomendada. Medina (1987) confirma que o abacaxi Pérola possui valores apreciáveis de minerais como o potássio, magnésio e cálcio. Percebe-se que o aumento dos minerais foi acompanhado pelo aumento das fibras, principalmente na casca. Bortolato e Lora (2009) encontraram valores inferiores de cinza para a polpa de abacaxi liofilizada, 0,72, assim como Silva et al. (2009a) para a polpa do araticum, 0,68%.

As quantidades de lipídeos presentes nas amostras foram diminutas, 0,33; 0,63 e 0,27% para a polpa, casca e cilindro central, respectivamente, fato comum aos frutos em geral. Contrariamente, as proteínas denotaram valores expressivos,

para a mesma sequência, 5,29; 5,50 e 3,48%, possivelmente devido à diminuição do teor de água que proporcionou a concentração de nutrientes após a desidratação. Geralmente, frutas e hortaliças apresentam 0,5% de lipídeos e o conteúdo de proteínas é inferior a 3,5% (POTTER e HOTCHKISS, 1999; BORTOLATTO e LORA, 2009), vindo ao encontro dos dados neste estudo.

Bortolatto e Lora (2009) encontraram para a polpa do abacaxi liofilizada comportamento inverso em que os lipídeos mostraram-se superiores (2,04%) e as proteínas inferiores (3,29%) aos dados desse estudo. Tonon et al. (2008) encontraram conteúdo proteico para os pós da casca de abacaxi (3,27%) e bagaço de abacaxi liofilizados (3,18%) inferiores aos subprodutos desse estudo.

As quantidades de hidratos de carbono obtidos para o cilindro central (81,83), polpa (69,77) e casca (51,58%), comungaram com os teores de açúcares registrados para as mesmas amostras. As porcentagens apresentadas contribuem com a IDR (2016), cuja recomendação é de 130 g de hidratos de carbono. Silva et al. (2009a) encontraram resultados inferiores de hidratos de carbono para a polpa de araticum liofilizada (32 g/100g).

O valor energético encontrado na polpa (318,95), casca (291,41) e cilindro central liofilizados (345,83 Kcal/100g) apresentaram diferenças entre si, justificadas pelas quantidades de nutrientes que fornecem energia peculiar de cada amostra. As frações do abacaxi possibilitam a inclusão de um cardápio diário com altas fontes energéticas, saudáveis e naturais. Bortolatto e Lora (2009) observaram para a polpa de abacaxi liofilizada (379,2 Kcal/100g) diferindo desse estudo por ser mais calórica.

As amostras foram consideradas seguras microbiologicamente para consumo humano, conforme os padrões estipulados na Tabela 3.2. A polpa e a casca atingiram o nível satisfatório, sendo considerados de boa qualidade, e o cilindro central enquadrou-se como aceitável, dentro dos limites impostos pela legislação nacional e internacional.

4.3 Secagem convencional: polpa, casca e cilindro central do abacaxi

A Tabela 4.3 contém os parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii, aos dados experimentais de razão de água em função do tempo presentes no Apêndice E, obtidos a partir da secagem em estufa com circulação forçada de ar da polpa do abacaxi, nas temperaturas de 50-80 °C.

Com base na Tabela 4.3 os modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo e Silva et alii resultaram em bons ajustes aos dados experimentais da secagem dos quadrados de polpa de abacaxi para a faixa de temperatura estudada, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,98, exceto nas temperaturas de 80 °C correspondente aos modelo de Dois Termos e de Henderson e Pabis, em que o R^2 foi maior que 0,97, e na de 50 e 70 °C do modelo de Silva et alii, cujo $R^2 > 0,99$, equiparando-se ao que representou satisfatoriamente o processo. Todos os modelos analisados conferiram resultados baixos de desvios quadrados médios (DQM) podendo ser utilizados na predição da cinética de secagem da polpa de abacaxi.

O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem, em estufa com circulação forçada de ar, para os quadrados de polpa de abacaxi foi o de Page, em todas as temperaturas, por apresentar os maiores (R^2), superiores 0,99, e DQM entre os menores, 0,0096-0,0239, representado na Figura 4.1.

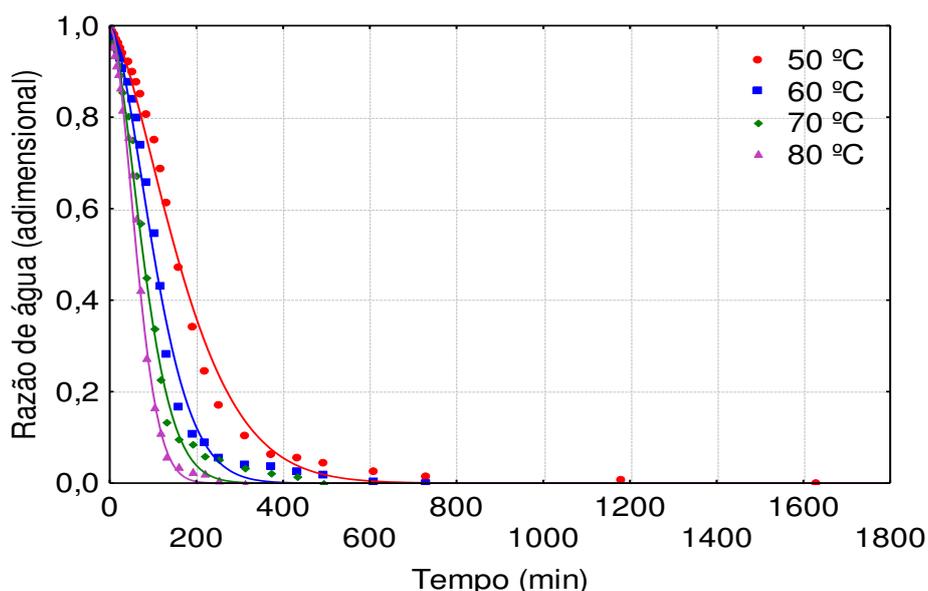


Figura 4.1 – Curvas de secagem para a polpa do abacaxi, em diferentes temperaturas, ajustadas pelo modelo de Page.

Machado et al. (2012) secaram fatias de abacaxi ‘Pérola’ em secador de bandejas, em sete temperaturas diferentes que variaram de 40 a 70 °C, e apresentaram elevados valores de R^2 0,9987; 0,9992 e 0,9990, respectivamente, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, quando ajustaram o modelo de Page aos dados experimentais.

Tabela 4.3 – Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo. Page e Silva et alii com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem da polpa do abacaxi.

Modelo de Dois Termos							Modelo de Logaritmo					
Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	Parâmetros			R^2	DQM	
	a	b	k	q			a	k	c			
50	0,6659	0,0054	0,4333	0,0054	0,9845	0,0413	1,1427	0,0049	-0,0499	0,9857	0,00009	
60	0,4133	0,0083	0,6981	0,083	0,9812	0,0459	1,1547	0,0075	-0,0517	0,9827	$3,9 \times 10^{-8}$	
70	0,5587	0,0109	0,5452	0,0109	0,9851	0,0352	1,1377	0,0101	0,0420	0,9861	$4,3 \times 10^{-6}$	
80	0,5117	0,0140	0,6073	0,0140	0,9777	0,0592	1,2052	0,0116	-0,1055	0,9820	$1,3 \times 10^{-5}$	
Modelo de Henderson e Pabis							Modelo de Page					
Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM	Parâmetros		R^2	DQM				
	a	k			k	n						
50	1,0992	0,054	0,9845	0,0414	0,0004	1,5051	0,9969	0,0206				
60	1,1114	0,0083	0,9812	0,0459	0,0003	1,6464	0,9966	0,0239				
70	1,1039	0,0109	0,9851	0,0352	0,0006	1,6170	0,9974	0,0235				
80	1,1190	0,0141	0,9777	0,0593	0,0004	1,8024	0,9977	0,0096				
Modelo de Henderson e Pabis Modificado							Modelo de Silva et alii.					
Temp. (°C)	Parâmetros						R^2	DQM	Parâmetros		R^2	DQM
	a	k	b	K_0	c	k_1			a	b		
50	0,4045	0,0054	0,3074	0,0054	0,3872	0,0054	0,9845	0,0413	0,0079	-0,0396	0,9922	0,0506
60	0,3705	0,0083	0,3705	0,0083	0,3705	0,0083	0,9812	0,0424	0,0124	-0,0531	0,9898	0,0493
70	0,3678	0,0109	0,3678	0,0109	0,3876	0,0109	0,9851	0,0358	0,0160	-0,0563	0,9923	0,0306
80	0,3725	0,0140	0,3725	0,0139	0,3725	0,0139	0,9851	0,0693	0,0213	-0,0724	0,9882	0,0584

Utilizando-se do mesmo fruto e de diferentes técnicas de secagens, desidratação híbrida resultante de energia solar e eólica, secagem em camada de espuma em estufa com circulação forçada de ar e secagem solar proveniente de energias fotoelétrica e fotovoltaica, respectivamente, Pereira et al. (2014) também relataram o modelo de Page como um dos melhores modelos de ajuste aos dados experimentais de secagem obtendo valores de R^2 e DQM correspondentes a 0,79 e 0,1110 respectivamente; Furtado et al. (2014) verificaram coeficientes de determinação de 0,9986, 0,9994 e 0,9996 para as temperaturas de 60, 70 e 80 °C, consecutivamente; assim como Gomes e Grilo (2015) obtiveram $R^2 = 0,9960$ na adoção desse modelo.

Observou-se uma redução gradativa no tempo de secagem com o aumento da temperatura apontando aumento na taxa de remoção de água na polpa. Essa perda de água foi mais rápida no início do processo, atingindo tempos de secagem de cerca de 27 h (1630 min), na temperatura de 50 °C, 12 h (730 min), na de 60 °C, 8 h (490 min), na de 70 °C, e 5 h (310 min), na de 80 °C. O teor de água inicial médio foi de 85,22 % b.u. e o teor final de 8,55 % b. u.

Alexandre et al. (2009) secaram abacaxi em fatias sem talo cv. 'Pérola' em secador de leito fixo, com espessura de camada igual a 1,0 cm e velocidade do ar de secagem de $1,4 \text{ m s}^{-1}$, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e obtiveram tempos de secagem de aproximadamente 10, 7 e 5 h, respectivamente. Esses tempos de secagem foram inferiores aos apresentados no presente trabalho, exceto o último tempo necessário para secar a amostra na temperatura de 70 °C. Os autores também encontraram maior taxa de secagem no início do processo de desidratação.

De acordo com Resende et al. (2010), a seleção e recomendação do melhor modelo se fundamentam na simplicidade e no número de coeficientes. Porém, os parâmetros expressos em alguns modelos não reportaram comportamento preciso, é o caso de k nos modelos de Dois Termos e Page, entretanto, aumentou na faixa de temperatura estudada para o de Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado e Logaritmo. De acordo com Corrêa et al. (2010) o parâmetro k tende a aumentar visto que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem. Portanto, quanto maior o valor de k maior a difusividade efetiva no processo de secagem (MARTINS et al., 2015).

Percebeu-se que não houve uma tendência definida no parâmetro **a** em todos os modelos, exceto no de Silva et alii que aumentou com a elevação da temperatura, comportamento similar foi observado no coeficiente **c**. Figueirêdo et al. (2013) ao ajustarem modelos matemáticos às curvas de secagem de polpa de mangaba obtidas por secagem em camada de espuma afirmaram que a constante **k** do modelo de Page representa o efeito das condições externas de secagem e o parâmetro indicador da taxa de secagem **a** aumenta gradativamente com o aumento da temperatura.

A constante **b** apresentou comportamento diferenciado e variado em cada modelo estimado, aumentando com a elevação da temperatura no de Dois Termos e diminuindo no de Silva et alii, e mostrando-se oscilante no de Henderson e Pabis Modificado.

O coeficiente **n** possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de água (GUEDES e FARIA, 2000). Nesse estudo não houve tendência observada para esse parâmetro.

As Tabelas 4.4 e 4.5 representam os parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii, aos dados experimentais de razão de água em função do tempo, presentes nas figuras do Apêndice F e G, obtidos a partir da secagem em estufa com circulação forçada de ar para a casca e cilindro central do abacaxi, entre 50-80 °C.

Pode-se verificar que o modelo matemático de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem do cilindro central e da casca, salvo a temperatura de 80 °C com melhores predições para a equação de Dois Termos para o último produto, considerando o R^2 acima de 0,99, denotando representar significativamente o processo em estudo. Todos os modelos conseguem prever satisfatoriamente o processo de secagem para a casca com R^2 superior a 0,99 e baixos valores de DQM. Para o cilindro central, os modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado e Logaritmo representaram bem a aplicação do modelo com $R^2 > 0,98$; o modelo de Henderson e Pabis Modificado com ajuste para a temperatura de 50 °C e o de Silva et alii, assim como o de Page,

expressaram satisfatoriamente o fenômeno de desidratação. Esse comportamento do cilindro central denotou semelhança com a polpa.

Diversos autores sugerem resultados corroborantes com os resíduos do abacaxi (casca e cilindro central), tais como: Sousa et al. (2015), ao secar casca de cajá e umbu-cajá, separadamente, em estufa com circulação de ar, em camada fina, com temperatura entre 50-70 °C, concluíram que o modelo de Page foi um dos melhores adotados, representando satisfatoriamente, com valores de R^2 superiores a 0,99 para todas as temperaturas e DQM entre 0,002–0,0017; Menezes et al. (2013a) analisaram a cinética e o ajuste de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá amarelo, nas temperaturas de 35-65 °C e velocidades do ar de 0,8, 1,0 e 1,3 m.s⁻¹ e perceberam na equação de Page o melhor ajuste aos dados experimentais de secagem, baseando nos maiores valores de R^2 e Teste F e no menor valor da raiz do erro médio; Alexandre et al. (2013), ao realizarem a secagem do resíduo do abacaxi enriquecido com levedura *Saccharomyces cerevisiae*, em leito estático, em camada fina de secagem, em diferentes temperaturas (40, 50 e 60 °C) e velocidade do ar de secagem de 0,8 a 1,3 m s⁻¹, relataram dentre os modelos estudados (Page, Henderson e Pabis e Lewis) superioridade do de Page em relação aos demais, com R^2 acima de 0,99 e DQM entre 0,010-0,017 para todas as faixas de temperatura apontadas.

Constatou-se através das Tabelas, 4.4 e 4.5, que o DQM não apresentou comportamento definido para as temperaturas em estudo, com os menores valores para a equação de Logaritmo, para ambos os resíduos, sendo os menores valores nas temperaturas de 70 e 50 °C, respectivamente, casca e cilindro central, $9,5 \times 10^{-9}$ e $1,4 \times 10^{-8}$. No geral, o DQM dos modelos apontaram coeficientes inferiores a 5% em relação as suas curvas estimadas indicando que os valores observados foram baixos, portanto, tiveram ótima qualidade no ajuste do modelo aos dados experimentais.

Considerando os parâmetros dos modelos para a secagem da casca, verificou-se que a constante **a** não mostrou comportamento padrão no modelo de Henderson e Pabis Modificado, enquanto que no de Henderson e Pabis e no de Logaritmo aumentou entre 50-60 °C seguido de redução até a temperatura de 80°C ao passo que para o modelo de Dois Termos e Silva et alii aumentou com a elevação da temperatura.

Tabela 4.4 – Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alli com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem da casca do abacaxi.

Modelo de Dois Termos							Modelo de Logaritmo					
Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	Parâmetros			R^2	DQM	
	a	b	k	q			a	k	c			
50	0,5035	0,0104	0,5810	0,0104	0,9955	0,0223	1,0773	0,0106	0,0094	0,9956	$2,3 \times 10^{-6}$	
60	0,5613	0,0154	0,5371	0,0154	0,9944	0,0178	1,0932	0,0156	0,0070	0,9945	$1,4 \times 10^{-7}$	
70	0,5647	0,0242	0,5459	0,0242	0,9936	0,0316	1,0725	0,0249	0,0115	0,9939	$9,5 \times 10^{-9}$	
80	1,2339	0,0452	-0,2383	0,1976	0,9946	0,0742	1,0344	0,0407	0,0212	0,9942	$2,7 \times 10^{-7}$	
Modelo de Henderson e Pabis							Modelo de Page					
Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	DQM	Parâmetros		R^2	DQM				
	a	k			k	n						
50	1,0845	0,0104	0,9955	0,0223	0,0017	1,3748	0,9980	0,0697				
60	1,0984	0,0154	0,9944	0,0178	0,0022	1,4379	0,9981	0,0662				
70	1,0806	0,0242	0,9936	0,0316	0,0057	1,3666	0,9969	0,0719				
80	1,0480	0,0384	0,9928	0,0567	0,0191	1,1996	0,9938	0,0845				
Modelo de Henderson e Pabis Modificado							Modelo de Silva et alii.					
Temp. (°C)	Parâmetros						R^2	DQM	Parâmetros		R^2	DQM
	a	k	b	K_0	c	k_1			a	b		
50	0,4587	0,0104	0,3281	0,0104	0,2977	0,0104	0,9955	0,0223	0,0141	-0,0427	0,9979	0,0351
60	0,3704	0,0154	0,3582	0,0154	0,3698	0,0154	0,9944	0,0178	0,0217	-0,0602	0,9978	0,0337
70	0,5800	0,0242	0,2370	0,0242	0,2636	0,0242	0,9936	0,0316	0,0336	-0,0697	0,9966	0,0487
80	0,3493	0,0385	0,3493	0,0385	0,3493	0,0385	0,9928	0,0567	0,0496	-0,0636	0,9942	0,0732

Tabela 4.5 – Parâmetros dos modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alii com seus respectivos R² e desvios quadrados médios (DQM) para a secagem do cilindro central do abacaxi.

Modelo de Dois Termos							Modelo de Logaritmo					
Temp. (°C)	Parâmetros				R ²	DQM	Parâmetros			R ²	DQM	
	a	b	k	q			a	k	c			
50	0,9399	0,0082	0,1742	0,0084	0,9879	0,0215	1,1229	0,0081	-0,0100	0,9880	1,4x10 ⁻⁸	
60	0,5618	0,0100	0,5634	0,0100	0,9856	0,0371	1,1422	0,0097	-0,0204	0,9860	1,6x10 ⁻⁶	
70	0,4345	0,0127	0,6803	0,0127	0,9830	0,0429	1,1370	0,0120	-0,0270	0,9837	1,4x10 ⁻⁶	
80	0,0032	-0,0012	1,0871	0,0426	0,9892	0,0004	1,0868	0,0427	0,0038	0,9893	1,5x10 ⁻⁸	
Modelo de Henderson e Pabis							Modelo de Page					
Temp. (°C)	Parâmetros		R ²	DQM	Parâmetros		R ²	DQM				
	a	k			k	n						
50	1,1145	0,0082	0,9879	0,0206	0,0004	1,5989	0,9977	0,0409				
60	1,1252	0,0100	0,9856	0,0371	0,0003	1,7359	0,9984	0,0175				
70	1,1149	0,0127	0,9830	0,0428	0,0005	1,6967	0,9966	0,0021				
80	1,0893	0,0423	0,9892	0,0114	0,0069	1,5381	0,9954	0,0585				
Modelo de Henderson e Pabis Modificado							Modelo de Silva et alii.					
Temp. (°C)	Parâmetros						R ²	DQM	Parâmetros		R ²	DQM
	a	k	b	K ₀	c	k ₁			a	b		
50	0,6690	0,0082	0,2179	0,0082	0,2276	0,0082	0,9979	0,0206	0,0125	-0,0535	0,9942	0,0176
60	0,6474	0,0100	0,2394	0,0100	0,2383	0,0100	0,9856	0,0371	0,0155	-0,0635	0,9932	0,0342
70	0,6674	0,0127	0,2238	0,0127	0,2237	0,0127	0,9830	0,0429	0,0191	-0,0668	0,9904	0,0397
80	0,3631	0,0423	0,3631	0,0423	0,3631	0,0423	0,9892	0,0114	0,0649	-0,1253	0,9947	0,0334

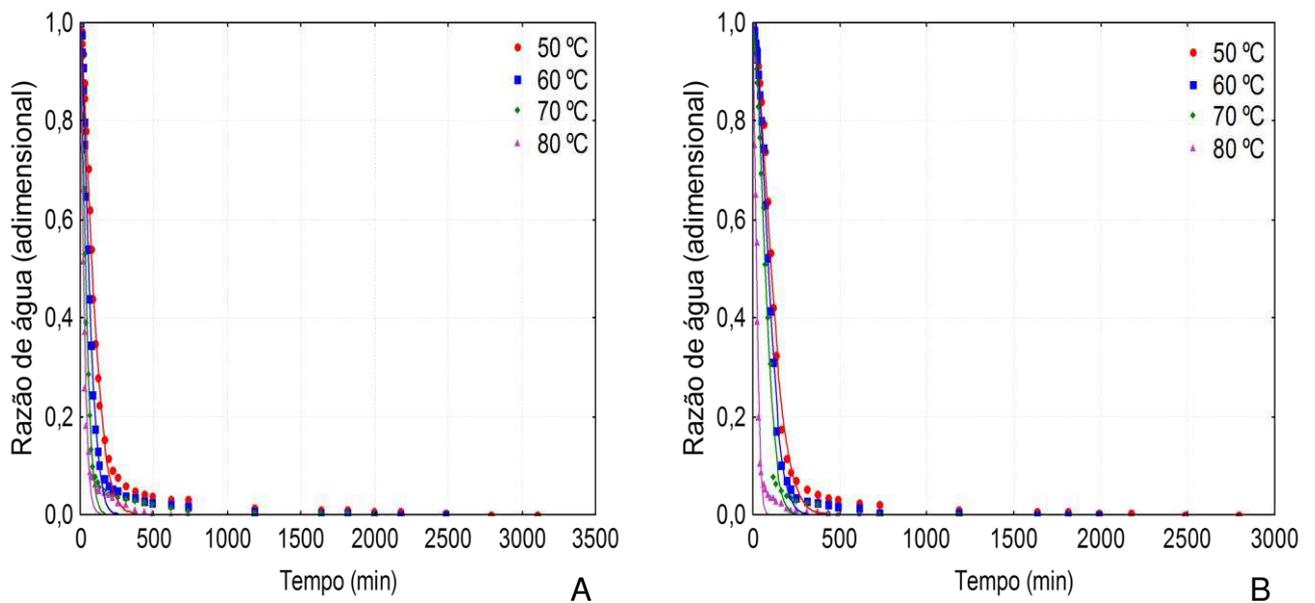


Figura 4.2 - Curvas de secagem para a casca (A) e cilindro central (B) do abacaxi, em diferentes temperaturas, ajustadas pelo modelo de Page.

Da mesma forma **b**, sofreu influência da temperatura, no modelo de Dois Termos, aumentando, comportamento inverso se deu no de Silva et alii diminuindo entre 50-70 °C, e no de Henderson e Pabis Modificado não seguindo um padrão.

O coeficiente **c** diminui entre 50-60 °C seguido de aumento até 80 °C, no Logaritmo, denotando inversão a forma como **n** se apresentou no modelo de Page para as mesmas temperaturas, e não teve padrão definido no de Henderson e Pabis Modificado. A constante **k** denotou variabilidade, apresentando-se com tendência indefinida no modelo de Dois Termos, e aumentando no de Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo e Page.

Em relação ao cilindro central, **a** teve um aumento entre 50-60 °C e seguiu diminuindo até a 80 °C nos modelos de Henderson e Pabis e Logaritmo, contrariamente diminuiu no de Dois Termos e aumentou no de Silva et alii no intervalo de 50 a 80 °C e apontou indefinição de comportamento no de Henderson e Pabis Modificado; **b**, denotou crescimento progressivo entre 50-70 °C, Dois Termos, e declínio no de Silva et alii e não seguiu padrão no de Henderson e Pabis Modificado; **q** apresentou influência do acréscimo da temperatura aumentando; **k** apresentou valores progressivos em todos os modelos, exceto em $T = 60\text{ °C}$ no de Page reduzindo com o aumento da temperatura; **c** interagiu de forma similar com a temperatura, descrevendo irregularidade no de Henderson e Pabis Modificado e

redução entre 50-70 °C no de Logaritmo; e **n** reduziu até T = 60 °C, aumentando até 80 °C.

As curvas obtidas, na Figura 4.2, descreveram boa aproximação dos pontos experimentais, pelo modelo de Page, observando-se a influência da temperatura nos resíduos (casca e cilindro central) do abacaxi, uma vez que o aumento da temperatura acarretou uma maior remoção na taxa de água, representados pelos bons coeficientes de determinação e desvios quadráticos médios, efeito similar foi identificado por Fiorentin et al. (2010) ao estudarem a cinética de secagem do bagaço de laranja.

A perda de água foi mais rápida no início do processo, em ambos, sendo que a casca atingiu tempos de secagem de cerca de 51h (3100 min), na temperatura de 50 °C, 41 h (2480 min), na de 60 °C, 33 h (1990 min), na de 70 °C, e 12 h (730 min), na de 80 °C, cujo teor de água inicial médio foi de 81,80% b.u. e o teor final de 7,00% b. u. Em relação ao cilindro central os tempos foram de 46 h (2790 min), na temperatura de 50 °C, 33 h (1990 min), na de 60 °C, 19 h (1180 min), na de 70 °C, e 10 h (610 min), na de 80 °C. O teor de água inicial médio foi de 86,66% b.u. e o teor final de 8,43% b. u.

4.4 Caracterização física, química, microbiológica e composição nutricional da farinha do fruto do abacaxi

A Tabela 4.6 contém a médias e desvios padrão da caracterização física e química das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi.

Em análise ao teor de água observa-se que o mesmo foi de 10,79; 5,91 e 6,88% para a polpa (FP), casca (FC) e cilindro central (FCi), resultados que se acham abaixo do limite máximo estabelecido para a farinha de trigo pela legislação brasileira, 15%. Nesse contexto, como não há legislação para a farinha de abacaxi, pode-se inferi-las dentro dos padrões legais (BRASIL, 2005). Além disso, os valores registrados denotam influência do estágio de maturação do abacaxi, comprovado pelo teor de sólidos solúveis das amostras frescas presentes nesse estudo, sobre o teor de água do produto final mesmo após a secagem. Portanto, não é viável desidratar as amostras até um teor de água muito inferior ao estabelecido pela legislação, pois gera um gasto desnecessário de energia no processo, fazendo com que o produto obtido tenha um maior teor de extrato seco total em relação a outro

com umidade próxima do ideal, aumentado conseqüentemente os custos de produção. Afirmções que comungam com as de Souza et al. (2012).

Tabela 4.6 – Caracterização física, química e nutricional da farinha da polpa, casca e cilindro central do fruto do abacaxi.

Parâmetro	Farinha			Referência
	Polpa (FP)	Casca (FC)	Cilindro (FCi)	
	Média e desvio padrão			
Teor de água (% b.u)	10,79±0,17	5,91±0,15	6,88±0,10	15%*
Atividade de água (a _w)	0,294±0,003	0,315±0,005	0,295±0,002	-
Luminosidade (L*)	67,74±0,05	57,09±0,05	64,85±0,03	-
Intensidade de vermelho (+a)	1,47±0,01	2,64±0,02	6,78±0,02	-
Intensidade de amarelo (+b)	21,00±0,01	18,45±0,03	25,29±0,05	-
pH	3,95±0,02	4,40±0,02	3,98±0,02	-
Acidez total titulável (% ácido cítrico em MS)	0,307±0,001	0,213±0,004	0,308±0,0004	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	4,72±0,00	2,70±0,00	3,80±0,00	-
Açúcares totais (%)	33,85±0,95	20,38±2,43	34,76±0,53	-
Açúcares redutores (% glicose e frutose)	12,53±0,08	9,20±1,01	11,79±0,42	-
Açúcares não redutores (% sacarose)	21,32±0,87	11,18±1,41	22,97±0,95	-
Fibra alimentar total (%)	10,40±0,03	20,23±0,32	9,25±0,22	3% (F) e 6% (R)**
Fibra solúvel (%)	8,17±0,11	1,36±0,03	0,46±0,08	-
Fibra insolúvel (%)	2,32±0,09	18,87±0,29	8,79±0,14	-
Minerais (mg/l):				-
Ferro (Fe)	0,767±0,523	0,945±0,027	0,429±0,295	14 mg***
Cobre (Cu)	0,057±0,021	0,064±0,025	0,047±0,012	0,9 mg***
Manganês (Mn)	0,447±0,182	0,847±0,016	0,519±0,111	2,3 mg***
Zinco (Zn) (mg/l)	0,084±0,018	0,146±0,037	0,046±0,004	7 mg***
Potássio (K)	56,642±0,573	142,295±0,235	41,465±0,509	4700 mg***
Sódio (Na)	3,051±0,566	4,898±0,370	2,729±0,244	2000 mg***
Magnésio (Mg)	6,979±0,716	7,478±0,199	6,800±0,524	260 mg***
Cálcio (Ca)	13,337±0,565	21,266±0,955	5,000±0,218	1300 mg***
Aeróbios totais (UFC/g)	2,2x10 ³	1,55x10 ³	1,07x10 ³	-

Fonte: * ANVISA (1996); ** ANVISA (2012); ***Ingestão Diária Recomendada - IDR (Ferreira et al., 2012). F = Fonte = menor teor de nutriente. R = Rico = maior teor de nutriente.

O teor de água da FP foi superior aos valores apontados por Machado et al. (2012), 10,65% ao desidratar fatias de abacaxi em secador de bandeja, e inferior

aos de Barbosa et al. (2014) estimado em 15,27%, em estufa com circulação forçada de ar, ambos a 60 °C por 24 horas e variedade Pérola. As farinhas do resíduo (FC e FCi) foram inferiores aos dados encontrados por Lemos et al. (2010) para a farinha de resíduo de abacaxi, entre 8,37-10,79%. Oliveira et al. (2014a) apontaram valores dentro desse estudo para o pó da casca de abacaxi, obtido em secador de leito fluidizado por 90 min a 80 °C e $v = 8 \text{ m. s}^{-1}$, 5,0-6,3 (% b.u). Queiroz et al. (2015) ao estudarem farinhas de casca e sementes de lichia, secas em estufa a 45 °C, separadamente, obtiveram respectivamente, $(6,10 \pm 0,14)$ e $(8,700 \pm 0,004)$ g/100g e alegaram que baixos teores de água são importantes para conservação das farinhas, pois impedem o desenvolvimento microbiano e as reações químicas e enzimáticas que promovem alterações indesejáveis.

A atividade de água das farinhas demonstra ser estável microbiologicamente, resultado das taxas baixas apresentadas pela polpa (0,294), casca (0,315) e cilindro central (0,295), conferindo condições adequadas a uma longa vida útil do produto. As farinhas dos resíduos desse estudo foram inferiores ao encontrado para a resíduo de abacaxi por Mendes (2013) que foi de 0,34, e da farinha instantânea de fruta-pão retratada por Souza et al. (2012), obtida por cozimento a 90 °C durante 40 min seguido de secagem em secador de bandeja a 60 °C até 14% de teor de água, que foi de 0,538, quando comparada com a FP desse estudo. Divergindo de Dantas (2010) que encontrou a_w de 0,23 para pó de abacaxi produzido por secagem em camada de espuma.

Em todos os parâmetros analisados na cor, a luminosidade (L^*) e a intensidade de amarelo ($+b^*$) foram os fatores predominantes, análogo ao fruto fresco e liofilizado, reiterando a tendência pela tonalidade amarela. A FP e FC tiveram valores maiores de L^* em relação ao fruto fresco, uma vez que L^* se relaciona a claridade da superfície, representado numa escala de 0 a 100, onde maiores valores indicam maior claridade, implica que ambas aumentaram a claridade com o processo de secagem. Observações que comungam com Mendes et al. (2013). Contrariamente o cilindro central fresco teve resultado superior sobre sua farinha, o fato pode estar relacionado ao baixo teor de água da farinha proveniente de maior retirada de água com a desidratação, concentrando o produto e deixando-o escuro, portanto com L^* menor. A maior tonalidade amarela na FP e na

FCi sobre suas partes frescas foram compatíveis ao aumento dos açúcares após a secagem.

Batista Sobrinho (2014) analisando a farinha de resíduo de abacaxi composto apenas do miolo e restos de polpa proveniente de três lotes diferentes, resultante da secagem em estufa à 50 °C até atingirem teor de água inferior a 10%, observou no lote 1 valores elevados em L* (66,69) e b* (17,35) e menor em a* (4,66) semelhante as três farinhas deste estudo.

Em relação ao pH, as farinhas obtidas apresentaram valores superiores aos seus correspondentes frescos, tornando-se menos ácida após o processo de secagem. Segundo Vasconcelos e Melo filho (2010) os alimentos se classificam em relação à acidez do pH da seguinte maneira: alimentos de baixa acidez (pH > 4,5) e alimentos ácidos (pH < 4,5). De acordo com essa classificação as farinhas foram consideradas ácidas, característica desfavorável para a deterioração, comungando com o a_w obtido. O pH foi inferior ao valor encontrado para a polpa por Barbosa et al. (2014), que foi 4,10, seca em secador de bandeja com circulação forçada de ar a 60 °C por 24 horas; e para a casca e o cilindro central, quando comparados com o pH de 4,42 obtido na farinha de resíduo de abacaxi desidratado por Mendes (2013) em estufa com circulação de ar por 24 horas, a 60 °C, e por Marreiro et al. (2010) que foi de 5,0 para o pó da casca de abacaxi, tratado em estufa a 60°C durante 5 horas; mas superior aos valores determinados por Costa et al. (2007) e Lemos et al. (2010), respectivamente, 3,66 e 3,77.

Os parâmetros tabelados para a acidez (ATT), estipulada em função da matéria seca, foram 0,307; 0,213 e 0,308% para a FP, FC e FCi considerados baixos corroborando com o grau de maturação do fruto fresco que propicia a redução no teor de ácido cítrico e a elevação do conteúdo de açúcares. Entre si, o cilindro apresentou a acidez ligeiramente maior que a polpa em pó. Contrariando os efeitos da secagem, a FP reduziu o teor de acidez após o processo. Resultados superiores foram encontrados por Costa et al. (2007) e Lemos et al. (2010), respectivamente, 2,98 e 2,76, ambos referenciados em percentagem de ácido cítrico. Essas diferenças podem ser provenientes do processamento e do beneficiamento do produto (STORCK et al., 2015).

O comportamento dos sólidos solúveis diferenciou em todos os constituintes do fruto quando comparado ao fresco, possivelmente em função da temperatura

empregada no processo de fabricação. Os maiores registros foram encontrados na FP (4,72), seguido da FCi (3,80) e da FC (2,70 °Brix). Compatível com Braga et al. (2011) que encontraram valores de 2,35 a 4,96 °Brix para a farinha do resíduo de acerola e superior as médias de Storck et al. (2015) para as farinhas do resíduos de acerola (1,15), laranja (3,64) e maçã (4,29 °Brix).

Os teores médios de açúcares totais foram elevados em todas as farinhas, sendo que a FCi (34,76) indicou semelhança com a FP (33,85), quando comparadas com a FC (20,38), implicando em excelentes fontes energéticas. Comportamento semelhante foi observado nos açúcares redutores e não redutores. Os açúcares do abacaxi representam uma fração muito importante de sua parte comestível. A sacarose representa em média 66% dos açúcares no fruto maduro, sendo muito mais significativa que os açúcares redutores. O abacaxi é um dos frutos que apresentam maior teor de sacarose (GORGATTI NETTO et al., 1996).

Nessa sequência percebe-se que o processo de secagem concentrou os teores desses açúcares, pois os não redutores mostraram-se superiores aos redutores, conseqüentemente, maior a percentagem de sacarose nas três farinhas. Ainda assim, os valores expressivos de açúcares redutores na FP e na FCi, foram beneficiados pelos baixos teores de pH, provável explicação para os elevados teores de água frente a FC, uma vez que a glicose e a frutose que os representam conseguem absorver mais água que a sacarose (açúcares não redutores).

Gonçalves et al. (2010) estudando a polpa de abacaxi desidratado com branqueamento (96 °C) e sem branqueamento, em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 32 h, obtiveram valores de açúcares redutores de 10,19 e 16,52%, respectivamente; e valores para açúcares não redutores (9,76 e 11,85%), inferiores aos registrados para a FP e próximo a FC desse estudo. Lima et al. (2015) estudando a farinha de entrecasca de melancia obtiveram açúcares totais e não redutores menores, 18,59 e 5,14%, e açúcares redutores maiores, 13,45%.

As quantidades de fibras totais (FT) foram 10,40; 20,23 e 9,25% para a FP, FC e FCi, dentro das quais as fibras solúveis (FS) foram 8,17; 1,36 e 0,46% e as fibras insolúveis (FI), 2,32; 18,87 e 8,79% para a mesma sequência. As farinhas foram consideradas alimentos ricos em fibras com valores acima dos preconizados pela legislação nacional (6%) e por Mattos e Martins (2000), citando a quantidade de fibras em diferentes alimentos, adotaram a seguinte classificação: alimentos com

teor muito alto de fibras (mínimo 7 g fibras 100 g⁻¹); alto (4,5 a 6,9 g fibras 100 g⁻¹); moderado (2,4 a 4,4 g fibras 100 g⁻¹) e baixo (inferior a 2,4 g fibras 100 g⁻¹). Portanto, a quantificação de fibras nas farinhas é considerada muito alta, permitindo reparar deficiências de consumo.

Percebe-se que as farinhas dos subprodutos tiveram comportamento semelhante, destacando-se as fibras insolúveis, enquanto a FP, mostrou-se rica em fibra solúvel. Nesse contexto, as farinhas dos resíduos do abacaxi podem contribuir para acelerar o trânsito intestinal, aumentar o peso das fezes, desacelerar a hidrólise do amido e retardar a absorção da glicose, contribuindo para a redução do risco de alguns males do cólon, enquanto a da polpa retardaria a passagem intestinal, o esvaziamento gástrico e a absorção de glicose, ajudando a reduzir o colesterol no soro sanguíneo (LEONEL et al., 1999).

A FT presente na FC foi compatível aos valores encontrados por Novais et al. (2013) correspondendo a 20,38%; e por Leonel et al. (2014) ao indicarem maior percentagem de fibra insolúvel em farinhas de casca de abacaxi, agrupadas conforme o grau de maturação em malha aberta (38,34 g.100g⁻¹) e pintado (35,26 g.100g⁻¹) quando comparadas com a fibra solúvel, 2,49 e 2,31.

Os teores de minerais das três farinhas destacaram-se pelos valores de K e Ca (56,642 e 13,337 e 142,295 e 21,266 mg l⁻¹) para a polpa e casca; e K e Mg (41,465 e 6,800 mg l⁻¹) para o cilindro central. A FC denotou superioridade tanto nos macronutrientes (K, Na e Mg) quanto nos micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, Mg e Ca) em relação as demais amostras. Desta forma, as três farinhas contribuem para a ingestão diária recomendada, com valores expressivos de minerais do ponto de vista nutricional, conforme a Tabela 4.6. Esse valor alimentício se reveste de grande importância, principalmente, para as populações de baixa renda, que têm nesse alimento uma alternativa para suplementação alimentar (BORGES et al., 2011).

Os minerais são responsáveis por muitas reações enzimáticas no organismo. O Ca desempenha importantes funções reguladoras em numerosos processos bioquímicos e fisiológicos de plantas e animais. O Mg desempenha papel fundamental nas atividades enzimáticas, estabilidade neuromuscular e cardiovascular, e como regulador fisiológico da função hormonal e imunológica. O Cu desempenha papel importante na maturação dos tecidos linfoides, como cofator para a enzima superóxido desmutase, enzima chave na defesa antioxidante, e como

agente catalizador de espécies reativas de oxigênio (radicais livres) (OLIVEIRA, 1998; MACÊDO et al., 2010; MAHAN et al., 2012). O K ajuda na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio hídrico e ácido-básico do organismo (COZZOLINO, 2007). O Mn ativa inúmeras enzimas envolvidas na síntese do tecido conjuntivo, na regulação da glicose, na proteção das células contra os radicais livres, nas atividades neuro-hormonais e na reprodução (SILVA e MURA, 2007). O Fe atua no transporte de oxigênio, respiração e metabolismo energético, destruição de peróxido de oxigênio e síntese de DNA. O Zn está presente em diversas funções metabólicas agindo na estrutura e na catalisação de metaloenzimas, funcionando como antioxidante, além de ter função-chave na regulação da expressão genética (OLIVEIRA, 1998; MAHAN et al., 2012). O Na ajuda na manutenção do equilíbrio hídrico e ácido básico, é necessário na transmissão do impulso nervoso e estimula a ação muscular, transporta substâncias por meio das membranas celulares (OHMS, 1999).

Conforme os valores microbiológicos estabelecidos pela Tabela 3.2, os resultados obtidos encontram-se dentro das normas exigidas pela ANVISA (2001) e pelo INSA (2016b) apresentando qualidade microbiológica aceitável para todas as amostras em pó. Isso significa que as farinhas seguiram as boas práticas de higiene e segurança, estando dentro dos limites estipulados pela legislação, indicando estarem microbiologicamente seguras para o consumo. Durante a contagem foram identificados bolores e leveduras, em razão do cheiro, morfologia e cor.

Gonçalves e Blume (2008) afirmaram que o abacaxi desidratado osmoticamente seguido de secagem em estufa, também obedeceu aos padrões microbiológicos descritos na legislação de frutas secas. Assim como, utilizando diferente órgão de referência, Borges et al. (2009) ao analisarem a qualidade microbiológica da farinha da polpa de banana verde (coliformes a 45 °C, fungos filamentosos e leveduras, *Bacillus cereus*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* e contagem de aeróbios mesófilos), os resultados microbiológicos obtidos atenderam à legislação da ANVISA (1978) - Brasil, 1978, Resolução CNNPA nº 12 (ausência em 1 g), pois na contagem microbiológica dos grupos coliformes a 45 °C ocorrentes na farinha, não se constatou nenhuma bactéria do grupo coliforme de origem fecal.

Rodrigues et al. (2016) ao analisarem a qualidade microbiológica da farinha do resíduo de uva e maçã, seca em estufa com circulação forçada de ar à 50 °C,

mostraram-se aceitáveis conforme a legislação, com valores de 20-121 UFCg⁻¹; Abud. e Narain (2009) verificando os resíduos do processamento de polpa de fruta, acerola, umbu, goiaba e maracujá, mostraram que eles possuem características microbiológicas aceitáveis para o consumo humano, com ausência de bolores e leveduras e presença de coliformes inferior a 3 NMP.g⁻¹.

A composição centesimal dos produtos hortícolas pode ser influenciada por vários fatores como tipo de solo, clima, adubação e estado fisiológico (CONTADO et al., 2010). Na Tabela 4.7 se apresentam os valores médios e desvios padrão da composição nutricional das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi.

Tabela 4.7 – Composição centesimal da farinha de polpa, casca e cilindro central do abacaxi.

Parâmetro	Farinha (em matéria seca)		
	Polpa (FP)	Casca (FC)	Cilindro (FCi)
Média e desvio padrão			
Fibras (%)	10,49±0,03	20,23±0,32	9,25±0,22
Cinza (%)	2,32±0,05	4,44±0,13	1,53±0,09
Lipídeos (%)	0,36±0,0003	0,73±0,005	0,32±0,0009
Proteína (%)	4,71±0,32	5,74±0,23	3,19±0,13
Hidratos de carbono (%)	71,69	68,12	79,16
dos quais açúcares (%)	33,85±0,95	20,38±2,43	34,76±0,53
Valor energético (kcal/100g)	329,82	342,47	350,78

O percentual de cinza das farinhas se acha acima dos limites impostos pela ANVISA (1996), quando comparada a farinha de trigo especial, 0,65% (b.s), e a farinha de trigo comum, 1,35% (b.s), justificado pelo fato de serem ricas em quantidades minerais, principalmente na FC. Os valores proporcionados apontam considerável significado nutricionais. A cinza em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão e são consideradas como medida geral de qualidade e frequentemente é utilizada como critério na identificação dos alimentos (CHAVES et al., 2004). Lemos et al. (2010) encontraram teor de cinza para os resíduos do abacaxi cv. Jupi e Pérola, desidratados a 70 °C/24h em estufa com circulação forçada de ar, 2,22 e 2,0%, respectivamente, foram inferiores a FC e superiores a FCi; Araújo et al. (2014)

encontraram resultado levemente superior (4,75%) para a farinha da casca de banana verde, obtida em estufa com circulação forçada de ar à 60 °C por 24 h.

A média dos lipídeos avaliados foram maiores na FC (0,73), sendo que a FP (0,36) e da FCi (0,32) tiveram compatibilidade entre si. As farinhas apresentaram baixos teores de gordura, apesar disso, podem contribuir como fornecedores de energia, sendo degradadas nas células durante a respiração celular. Os lipídeos também são precursores de hormônios, auxiliam na absorção e no transporte das vitaminas lipossolúveis e melhoraram a textura e o sabor dos alimentos (PINHEIRO et al., 2005). Similar aos dados verificados por Costa et al. (2007) para os pós de casca e, particularmente, bagaço de abacaxi, proveniente de estufa a vácuo na temperatura de 65 °C, consecutivamente, 1,60 e 0,72%; e inferior a FC e superior a FCi, Bublitz et al. (2013) obtiveram para a farinha do albedo da laranja 0,42, seca em estufa a 70 °C por 10h; Cruz et al. (2013) apresentaram percentuais superiores na farinha mista de polpa de banana 'semi-madura', obtida em estufa a 65 °C por 8-10 h de 3,8%.

O teor de proteína encontrado no subproduto da casca (5,74) foi superior ao cilindro (3,19) e a porção nobre do fruto, a polpa do abacaxi (4,71). As farinhas que contém maiores teores desse nutriente são importantes, uma vez que as proteínas são primordiais no organismo, por exercerem funções estrutural, de catalizadores biológicos, hormônios, anticorpos, transporte de nutrientes e metabolitos (PINHEIRO et al., 2005). Ferreira et al. (2012) encontraram valores inferiores (5,23%) para a farinha da casca de jabuticaba obtida através da secagem em estufa com circulação de ar à 60±5 °C por 12 h; e superiores aos de Simon et al. (2015) para a polpa de abacaxi desidratado (3,05%).

Os hidratos de carbono mostraram-se superiores na farinha do cilindro central (79,16), seguido da polpa (71,69) e casca (68,12%). Os resultados expostos nas farinhas representam fontes saudáveis de hidratos de carbono em função das quantidades de fibras e minerais presentes, diferente daqueles oriundos do processamento industrial quase sempre composto por calorias vazias, uma vez que alguns nutrientes e fibras são retirados, prejudicando a forma como uma das principais fontes de energia é metabolizada pelas células. Os produtos contribuem satisfatoriamente com a IDR (2016) que recomenda cerca de 130 g de hidratos de carbono. Em estudos anteriores, Conceição et al. (2007) encontraram valores

levemente maiores para as farinhas de banana (85,97%) e do albedo da laranja (87,06%); Cruz et al. (2013) também obtiveram um percentual elevado para a farinha mista da polpa de banana 'semi-madura' (82,6%), desidratada em estufa, sem interrupção, entre 8-10 h à 65 °C; e inferiores a farinha de resíduo de maçã obtida por Favarin et al. (2016), 63,4%, através de secagem em estufa com circulação de ar entre 50-55 °C por 24 h.

O valor energético encontrado nas farinhas da polpa (329,82), casca (342,47) e cilindro central (350,78 kcal/100 g) denotaram serem produtos calóricos, apesar da composição química diferente, podem ser recomendadas para uso individual, suplementos ou como potenciais ingredientes na panificação, atendendo as necessidades energéticas e nutricionais no fabrico de diversos alimentos. Abud et al. (2009) encontraram valores próximos para os resíduos em pó da acerola (332,53) e inferiores aos maracujá (254,36), goiaba (266,65) e ao do umbu (314,17), obtidos a 55 °C em secador de cabine, até peso constante; Cruz et al. (2013) apresentaram teor energético maior para farinha mista da polpa de banana 'semi-madura' (383,4 kcal/100 g); e inferior a Bublitz et al. (2013), 279,82 kcal/100 g, para a farinha de albedo de laranja, e Simon et al. (2015) para a polpa de abacaxi desidratado (189,68 kcal/100 g).

4.5 Armazenamento da farinha do abacaxi: polpa, casca e cilindro central

Para o estudo do armazenamento utilizaram-se as farinhas de polpa (FP), casca (FC) e cilindro central (FCi) do abacaxi, acondicionadas em embalagem laminada (PET cristal/PEBD cristal) - EL e embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) - EP, durante 6 meses (180 dias) simbolizados pela sequência 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 nos gráficos, a 25 °C, em câmara frigorífica. Os resultados das médias das determinações físicas e microbiológicas foram expostos nas Figuras 4.3 a 4.11.

Analisando os dados, Figura 4.3, o teor de água apresentou diferença significativa em relação ao tempo, embalagem e produto. Estatisticamente todas as amostras armazenadas em embalagem de polietileno (EP) e laminada (EL) apresentaram aumento significativo no teor de água entre o início e final do período de estocagem. Em relação ao tempo, constata-se aumento do teor de água à medida que o armazenamento se vai prolongando, exceto nos tempos 3 e 5 em todos os produtos. Entre o início e final do período de estocagem, na EL a FP

passou de 10,79 à 15,42%, a FC de 5,91 a 9,98% e a FCi de 6,88 à 11,40%, representando aumentos de 42,84; 68,97 e 65,76% para cada uma, enquanto na EP a FP passou de 10,79 para 15,46%, a FC de 5,91 para 10,78% e para a FCi de 6,88 à 13,06%, resultando em aumentos de 43,22; 85,91 e 89,89%.

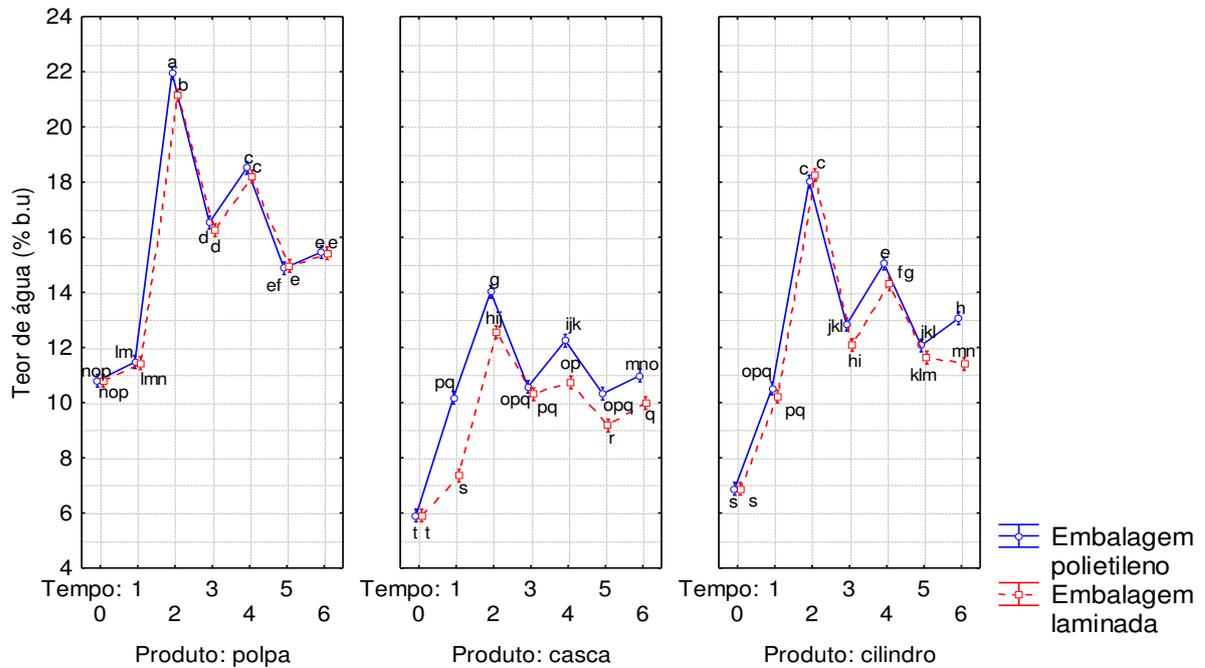


Figura 4.3 – Valores médios do teor de água das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Os valores obtidos durante o armazenamento estiveram dentro dos 15% impostos pela legislação brasileira para farinha de trigo, exceto entre os tempos 1-4 para FP e em T2 para a FCi. Além disso, valores acima de 15% tendem a formar grumos, dificultando o processamento. Isto pode ser explicado por diferenças de propriedades de barreiras mecânicas, ópticas e térmicas existente entre os materiais de embalagem que são produzidos com diferentes tipos e espessuras de filme, orientação das moléculas dos polímeros, pela composição química e estrutura, e ainda estas diferenças se devem a temperatura e umidade relativa a que os produtos foram expostos (FELLOWS, 2007). Tais resultados indicam que as embalagens não impediram a absorção de água pelas farinhas, porém, a laminada foi ligeiramente mais eficiente na tentativa de manter as características físicas. Nesse sentido, quanto menos água as farinhas absorverem mais estáveis serão, pois assegura a qualidade da conservação, do contrário, favorecerá alterações

físico-químicas, nutricionais, microbiológicas e tecnológicas ativadas por reações químicas indesejadas.

Nas duas embalagens, estatisticamente o aumento no teor de água ocorreu, principalmente, a partir de T2 a T5. Compatível com incidência de bolores e leveduras detectados nas farinhas. As discrepâncias estatísticas das embalagens e dos produtos provêm da própria constituição química diferente e do nível de permeabilidade, em ambos, associado ao longo período que ficaram conservadas.

Dentre os produtos monitorados a FC apresentou valores absolutos inferiores ao longo do armazenamento, seguida da FCi e da FP. Considerando cada embalagem individualmente ao longo do tempo de estocagem, para a FC, observou-se diferença significativa até 2 meses (60 dias), em ambas, e aos 4 meses (120 dias) na EP e aos 5 meses na EL; a FCi demonstrou o mesmo comportamento que a EP da FC, sendo que esse comportamento também ocorreu no tempo 6, e na EL deu-se até aos 4 meses (120 dias); por fim a FP procedeu igual a embalagem laminada da FCi, nas duas embalagens. Confrontando as embalagens, em cada farinha, também não tiveram diferença estatística no início do monitoramento e entre os tempos 3, 4 e 6 para a polpa e aos 2 meses (60 dias) para o cilindro central. Observando as três farinhas em relação à EP apresentaram diferença significativa na maioria dos tempos, exceto entre os tempos 4 da FP e 2 da FCi, 6 da FP e 4 da FCi, (3 e 4) da FC e 1 da FCi que não tiveram diferença significativa; enquanto para a EL esse comportamento procedeu apenas entre os tempos 4 da FP e 2 da FCi, 1 da FC e 0 da FCi. Entre embalagens os maiores registros estatísticos estiveram presentes na embalagem de polietileno.

Comparado a outros trabalhos, Loureiro et al. (2013) observaram para o buriti em pó obtido por secagem em estufa com circulação de ar a 50, 60 e 70 °C, armazenado por 3 meses (90 dias) à 26 °C/78%UR, que a embalagem laminada foi mais eficiente na manutenção da estabilidade em relação a de polietileno de baixa densidade, no tocante ao teor de água, permanecendo estatisticamente inalterado até os 75 dias de armazenamento e aumentando estatisticamente entre os 75 e 90 dias, com um aumento percentual de 4,30% no período de zero a 90 dias. Novais et al. (2013) ao estudarem farinha de casca de abacaxi obtida em desidratador elétrico a 70 °C por 10 h, armazenada em embalagem de polietileno de baixa densidade com vácuo e sem vácuo por 3 meses a 30 °C (ambiente) verificaram aumento no

teor de água, respectivamente, 9,42-13,29 e 8,82-14,49, em razão do contato direto da amostra com o ar ambiente facilitando a absorção de umidade devido as condições não serem controladas.

No tocante a atividade de água (a_w), Figura 4.4, percebeu-se tendência a aumento ao longo do tempo de armazenamento em todas as farinhas e nas duas embalagens. Comparando-se os valores de a_w entre as farinhas para a EP a maioria dos tempos apresentou diferença significativa, exceto, nos tempo 0, 1 e 6 entre a FP e FCi, no 4 entre FP e FC, e entre 3, 6 e 4 da FP, FC e FCi que foram estatisticamente iguais, enquanto na EL apenas no tempo 0 entre FP e a FCi, e entre o 3 e 2 da FC e da FCi. Confrontando os produtos também mostraram diferença significativa na maioria dos tempos.

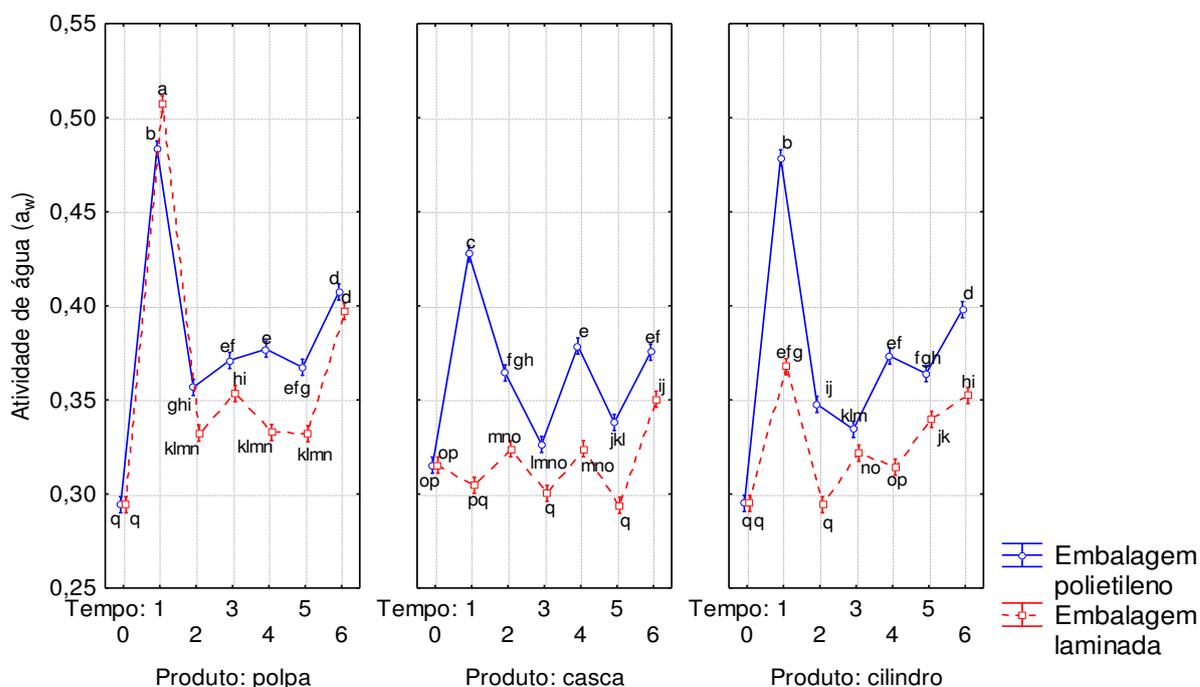


Figura 4.4 – Valores médios da atividade de água das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Ao final do tempo de armazenamento as EL e EP, respectivamente, tiveram aumento de 34,88 e 38,39% para a FP; 11,10 e 19,03% para a FC; e 19,44 e 34,92% para a FCi do tempo 0 para o tempo 6. Analisando a linha de tendência de cada farinha individualmente, observou-se para a FP aproximação entre os tempos 3 a 5 na EP denotando possível estabilidade, comportamento similar se deu entre os tempos 2, 4 e 5 na EL onde não houve diferença significativa; na FC detectou-se

comportamento semelhante entre os tempos 4 e 6 na EP, enquanto na EL os tempos 2 e 4 e 3 e 5 não diferiram estatisticamente bem como entre 0 e 2 da FCi.

No geral, embora a elevação da atividade de água comungue com o aumento do teor de água e da análise microbiológica nas amostras, nas duas embalagens, os resultados obtidos na a_w contradizem seus efeitos sobre as amostras, pois pressupõe que haja água livre no alimento para que ocorram reações que encurtem a vida útil, todavia, dos resultados obtidos verifica-se que completados os 6 meses (180 dias) de armazenamento as amostras não ultrapassaram 0,397; 0,350 e 0,352, respectivamente, para as farinhas de polpa, casca e cilindro central em EL, e 0,407; 0,375 e 0,398, consecutivamente para os produtos em EP. Segundo Melo Filho e Vasconcelos (2011) a velocidade de crescimento dos microrganismos diminui com a menor a_w , podendo até sofrer paralização completa em atividades de água menor que 0,6, com variação mínima com o tipo de microrganismo.

Alves et al. (2012) estudando a estabilidade de farinha de batata biofortificada, secada em estufa à 65 °C, acondicionada com e sem vácuo, em embalagens com diferentes barreiras ao oxigênio, vapor d'água e luz (PET/Al/PEBD, PETmet/PEBD, PEBD/PA/PEBD e PEBD) e estocada a 25 °C/75%UR com e sem exposição à luz por 1 ano (360 dias), também perceberam aumento da a_w nos produtos estocados em embalagens de PEBD e PEBD/PA/PEBD por ter maior taxa de permeabilidade ao vapor d'água, atingindo 0,43 após 55 dias de armazenamento, sendo que na PETmet/PEBD esse fato ocorreu aos 235 dias, enquanto a PET/Al/PEBD a a_w praticamente não se alterou. Lima et al. (2013) avaliando a farinha de resíduos de caju, obtidas em diferentes temperaturas (50 °C/350 min e 60 °C/250 min), em secador convectivo com circulação forçada de ar, armazenadas em embalagens plásticas de polietileno transparente em temperatura ambiente durante 6 semanas, verificaram comportamento elevatório desse parâmetro, obtendo 0,4949 (50 °C) e 0,4990 (60 °C) ao fim do experimento e apontaram a embalagem e a forma de armazenamento, sem vácuo, como facilitadores da passagem de ar.

No decorrer do tempo de armazenamento, a luminosidade (L^*), Figura 4.5, manteve tendência de diminuição, sugerindo escurecimento ao longo do período de monitoramento. Esse escurecimento pode ter sido ocasionado por reações não enzimáticas em função dos elevados teores de açúcares presentes na composição das farinhas que propiciaram as reações de Maillard. Além disso, a taxa de

escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5% b.u (FELLOWS, 2006). Por outro lado, verificou-se um relativo aumento na FCi para a EL, possivelmente associado a relativa redução do pH nessa amostra ou alteração dos componentes do meio, cuja acidez potencializou o brilho deixando-a mais clara.

A redução de L^* ao longo do tempo de armazenamento, na EP, foi 27,92 (FP), 20,63 (FC) e 14,83% (FCi), e na EL, 23,71 (FP) e 27,49 (FC), sendo que a amostra FCi estocada em EL deteve aumento de 6,20%.

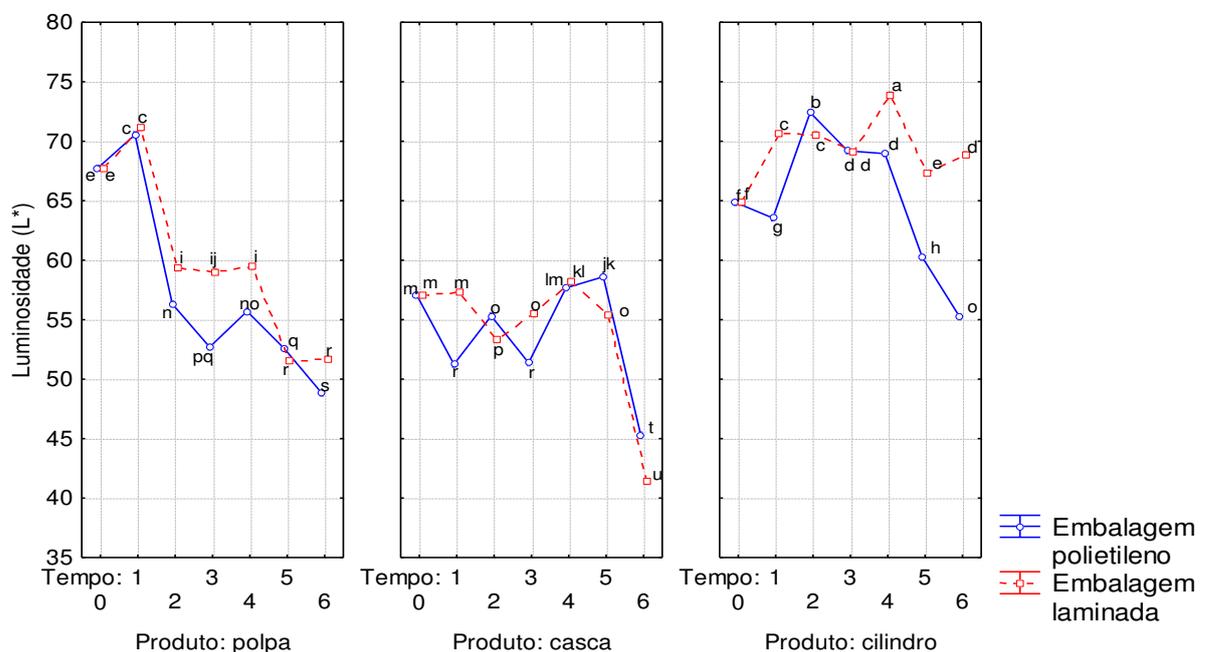


Figura 4.5 – Valores médios da luminosidade (L^*) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Os efeitos das embalagens, nas três farinhas foram significativos, menos entre os tempos 2 da FC e 6 da FCi não houve diferença significativa na EP, e entre os tempos 0 da FP e 5 da FCi, 1 da FP e (1 e 2) da FCi na EL. Em relação ao tempo de estocagem a EP não apresentou diferença apenas entre os tempos 1 e 3 na FC e 3 e 4 na FCi, enquanto na EL esse comportamento foi detectado entre os tempos 5 e 6 da FP, 0 e 1 e 3 e 5 da FC, 1 e 2 e 3 e 6 da FCi.

Confrontando-se as embalagens, dentro de cada produto, tem-se, em quase todos os tempos, diferença significativa, exceto do tempo inicial em todas as amostras, estendendo-se até os 30 dias (tempo 1) na FP, entre os tempos 2 da EP e

(3 e 5) da EL para a FC, e 4 da EP e (1 e 2) da EL da FCi, apesar de ambas terem exercido influência sobre a luminosidade das farinhas, a embalagem de polietileno denotou menos eficiência e estabilidade. Em relação ao produto, a FC mostrou-se menos instável frente à luminosidade seguido da polpa e do cilindro. Loureiro et al. (2013) comparando os valores de L^* para o buriti em pó em cada tempo avaliado entre as embalagens (PEBD e laminada), constataram que nas três temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) não foram influenciados estatisticamente pelo tipo de embalagem usada nem pelo período de armazenamento (90 dias).

A coordenada da intensidade de vermelho ($+a^*$), Figura 4.6, apresentou acréscimo em todas as farinhas, nas duas embalagens, exceto na EL da FCi, ao longo do armazenamento. Inicialmente as amostras apresentaram coloração amarelo claro ($+b^*$), após o armazenamento as farinhas mostraram-se amarelo-avermelhada, em função da redução do parâmetro ($+b^*$), em razão da quantidade de açúcares presentes nas amostras como dito anteriormente. A intensificação da cor vermelha também foi observada em abacaxis por Gonçalves (1998) ao trabalhar com abacaxi Smooth cayene.

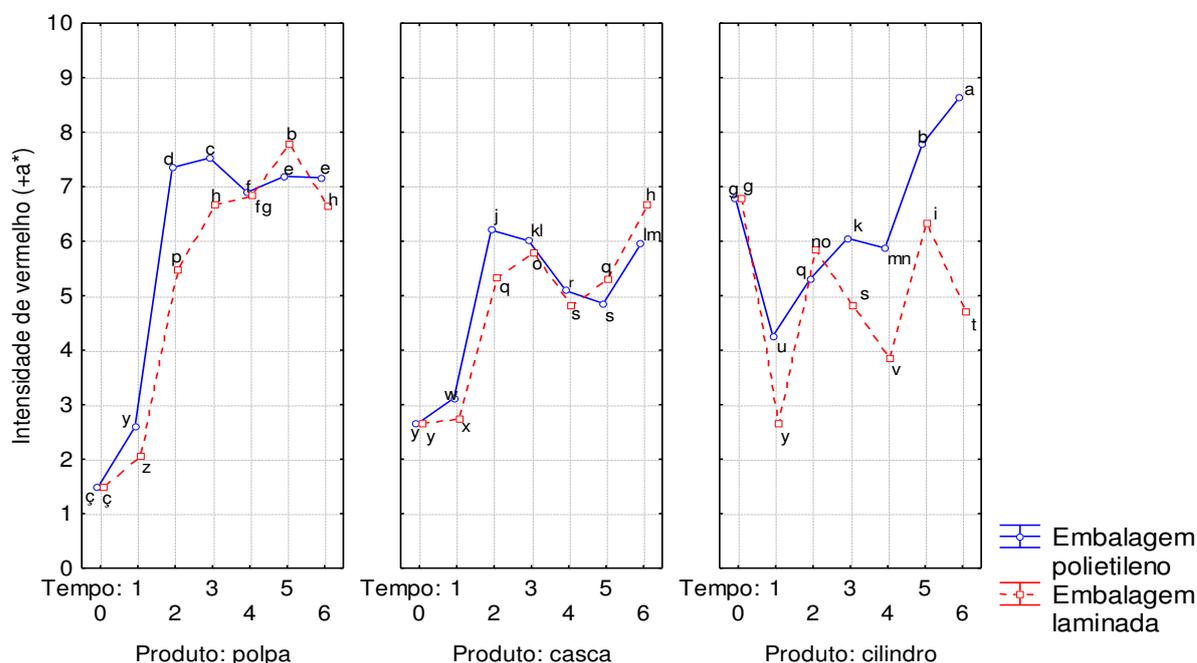


Figura 4.6 – Valores médios da intensidade de vermelho ($+a^*$) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Verificou-se nas embalagens, diferença significativa entre todas as amostras, exceto entre os tempos 1 da FP e 0 da FC na EP, ao passo que na EL se deram

entre os tempos 0 da FC e 1 da FCi, 2 e 5 da FC e 0 da FCi, 4 da FC e 3 da FCi, 3 e 6 da FP e 6 da FC. Quando observado cada produto ao longo do tempo de armazenamento, individualmente na EP, apenas a FP mostrou-se estatisticamente igual entre os tempos 5 e 6; em relação a EL ocorreu entre os tempos 3 e 6 da FP, 2 e 5 da FC.

Registrou-se entre os tempos inicial e final, para a FP, FC e FCi, respectivamente, aumentos de 79,47; 55,63; e 21,53% para a EP; e para a EL, consecutivamente, aumento de 77,82 e 60,47% e redução de 43,94%.

Entre as embalagens, considerando cada produto, os valores da EP foram estatisticamente maiores que os valores da EL, ou seja, os produtos acondicionados na EP apresentaram maior deslocamento em direção ao vermelho, portanto, mais instável para o parâmetro analisado. Entre amostras, a FCi revelou ser mais uniforme seguido da casca e polpa, manifestando condutas divergentes entre si, já que houve menor variação durante o período de estocagem.

Em relação à intensidade de amarelo (+b*), Figura 4.7, identificou-se tendência de redução dessa tonalidade ao fim do armazenamento em todos os produtos e nas duas embalagens, exceto na EL da FCi onde houve aumento.

O comportamento da EP frente as farinhas, denotou diferença significativa entre todos os tempos nas três amostras, quanto a EL, apontou ser igual apenas entre os tempos 1 da FP e do FCi, 4 da FP e 3 da FCi, e entre 5 da FP e 6 da FCi. Porém, analisando as farinha individualmente em função do tempo na EP verifica-se na FC que não houve diferença significativa entre os tempos 0 e 1, e na FCi entre 2, 3 e 5; considerando o efeito da EL, percebeu-se diferença em todos os tempos sendo que 2 e 3 da FP e 3 e 4 da FCi tiveram médias próximas.

Avaliando o produto individualmente em função das duas embalagens, observou-se para a FP na EP um acréscimo da intensidade de amarelo entre os tempos 0 e 2 e aos 120 dias (tempo 4) e diminuição nos demais tempos; e uma elevação progressiva até o tempo 4, seguido de decréscimo nos últimos tempos na EL, com reduções percentuais de 2,70 e 2,32% para cada embalagem, entre o tempo 0 e 6. A FC apresentou redução acentuada entre os tempos 3 e 6 para a EP e nos tempos 2, 5 e 6 para EL, com diferença entre o tempo inicial e final de 14,09 e 19,31%, respectivamente. A FCi registrou para a EP elevação do monitoramento até o tempo 2, seguido de decréscimo entre os tempos 3 e 4, aumentando no tempo 5 e

novamente diminuindo até o tempo final; e para EL as quedas foram visualizadas nos tempos 1, 3 e 6, com redução de 4,18 e aumento de 3,97%, entre o início e o final do armazenamento, consecutivamente.

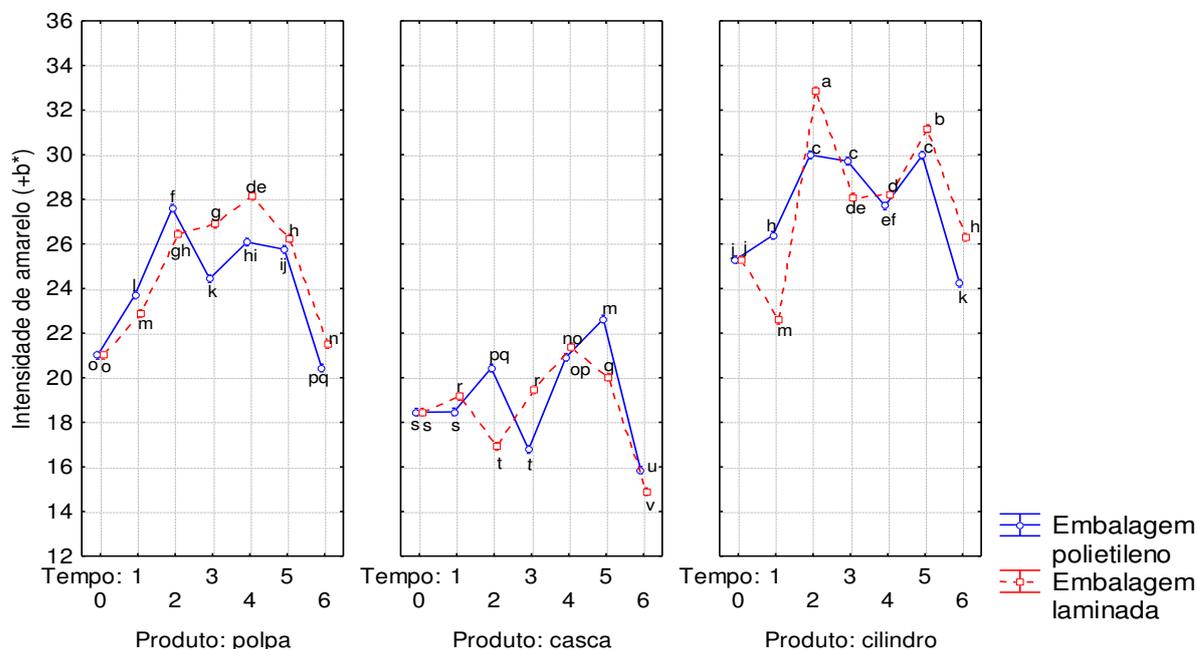


Figura 4.7 – Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Alexandre et al. (2014) indicaram para a pitanga em pó, proveniente de secagem em camada de espuma em estufa com circulação forçada de ar à 70 °C, velocidade do ar de 0,5 ms⁻¹ por 4 h, armazenada durante 2 meses (60 dias), em embalagem flexível multifolhada (PET/PP - poliéster- polipropileno transparente), a 25°C/75%UR e exposta a luz, redução progressiva da (+b*), exceto aos 10 dias de armazenamento, culminando com uma diferença entre o tempo inicial e final de 21,95%.

Dentre as amostras, a FP apontou menos alterações ao final do armazenamento, seguido da FCi e da FC quando comparados aos efeitos da intensidade de amarelo. Confrontando os valores entre as embalagens, a embalagem de polietileno demonstrou ligeira estabilidade na FP e na FCi quando contrastada à laminada; fato inverso ocorreu na FC.

Portanto, as diferenças de cor (L*, (+a*) e (+b*) durante o armazenamento podem ser provenientes de uma série de fatores o aumento do teor de água e da a_w, as mudanças do pH e da acidez, a composição da embalagem, o tempo em que as

farinhas foram estocadas ou da própria temperatura a que foram submetidas a conservação. Considerando as maiores médias obtidas em cada tempo de armazenamento, às três farinhas, nas duas embalagens, em relação aos parâmetros de cor mostraram predominância pela luminosidade e intensidade de amarelo.

Com base na Figura 4.9 percebeu-se comportamento inverso da acidez em relação ao pH nos mesmos tempos, apenas em relação a FC, as demais farinhas apresentaram comportamento uniforme. Portanto, o pH ao final da estocagem aumentou na FP, reduziu na FC e na FCi, embora o comportamento tivesse apresentado algumas oscilações, ao final do armazenamento os valores permaneceram muito próximos aos iniciais conforme a Figura 4.8, apesar disso as amostras mantiveram-se numa faixa que continua a identifica-las como alimentos ácidos com pH menor que 4,5.

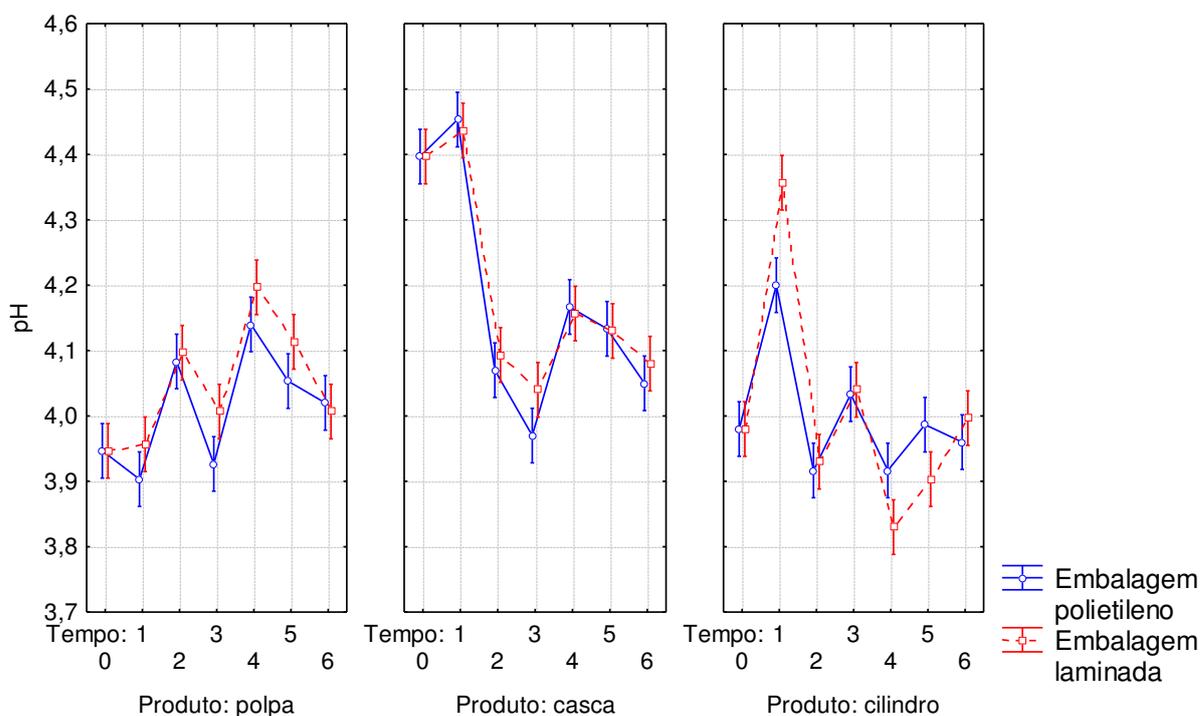


Figura 4.8 – Valores médios do pH das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento.

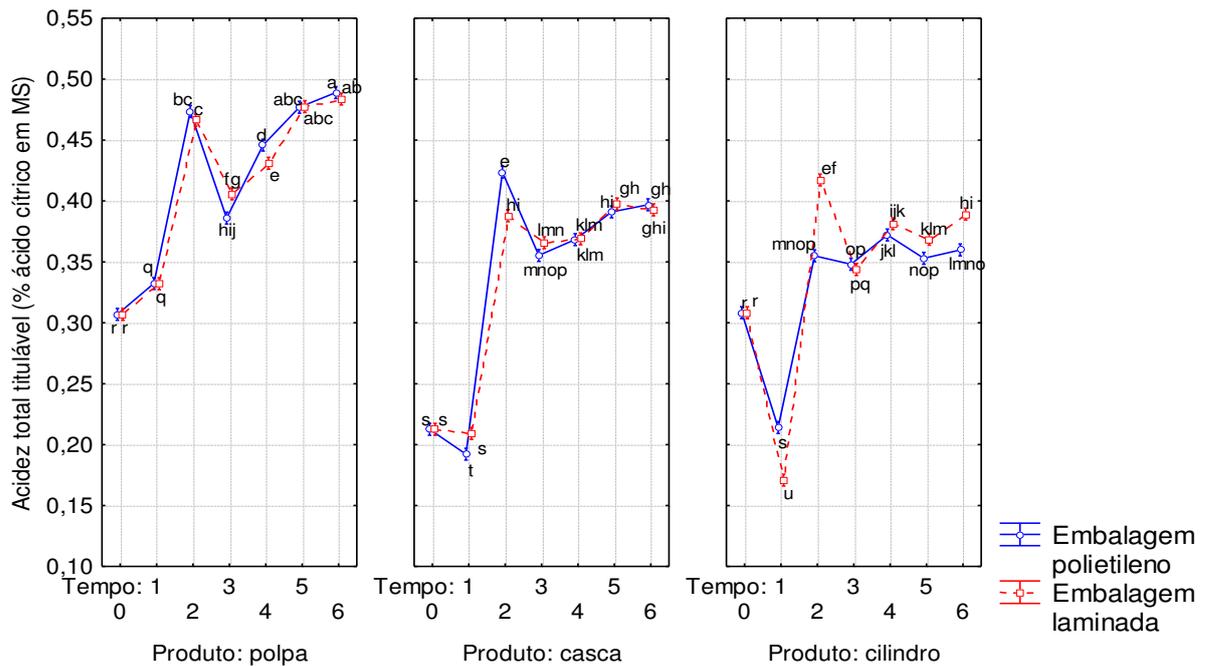


Figura 4.9 – Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico em função de matéria seca) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

O pH é uma variável auxiliar para a avaliação da acidez total titulável, porém, observou-se que esse parâmetro não seguiu comportamento inverso na maioria das amostras. Isso se deve ao fato da acidez representar o estado de conservação das farinhas, envolvendo aspectos químicos e microbiológicos, cujo crescimento microbiano inclui a produção de ácidos orgânicos e hidrólise de proteínas e carboidratos (ORTOLAN et al., 2008). Geralmente, um processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio, e por consequência a sua acidez (AROUCHA et al., 2010).

Nesse contexto, confrontando cada farinha dentro das duas embalagens, observando os gráficos da Figura 4.9, verificou-se que a FP e da FC denotaram aumento de acidez ao longo do armazenamento, menos no tempo 3 em que houve uma queda seguida de aumento, em ambas, e apenas na FC nos tempos 1 e 6 (EL), enquanto a FCi não apresentou comportamento definido, apesar disso, houve uma tendência de aumento dos valores na maioria dos tempos, ou seja, apontaram diferença significativa na maioria dos tempos, porém, verificou-se na FP

comportamento igual estatisticamente em 0, 1 e 5; na FC entre 0 e 1 (EL) e 5 (EL) e 6 (EP); e na FCi em 0.

Comparando as três farinhas em relação à EP, Figura 4.9, mostraram diferença significativa em todos os tempos, menos entre os tempo 0 da FP e da FCi, 0 da FC e 1 da FCi, 2 da FCi e 3 da FC que foram estatisticamente iguais; e na EL esse efeito foi percebido entre os tempos 0 da FP e da FCi, e entre 2 da FC e 6 da FCi. Quanto aos efeitos simultâneos do 'produto, embalagem e tempo' observou-se diferença significativa do trio sobre a acidez, exceto entre os tempos 0 da FP e da FCi, 4 da FC e 5 FCi, 1 da FC em EL e 1 da FCi em EP, 2 (EL) e 5 (EP) da FC e 6 da FCi em EL, 4 da FP em EL e 2 da FC em EP, 0 e 1 (EL) da FC e 1 da FCi em EP.

Novais et al. (2013) avaliando a farinha de casca de abacaxi, adquirida em desidratador elétrico a 70 °C por 10 h, também observaram aumento da acidez em ambas as formas de acondicionamento (com vácuo e sem vácuo), respectivamente, 1,62-2,25 e 1,71-2,47 armazenadas em temperatura ambiente (30°C) em PEDB, por 90 dias, ao passo que o pH exprimiu valores fixos até os 60 dias (4,04) aumentando para 5,05 apenas no último dia de estocagem para a embalagem sem vácuo, e comportamento oscilatório na de vácuo variando de 4,4-4,58; e Simon et al. (2015), armazenando polpa de abacaxi desidratado, obtido no comércio local de Curitiba, mantido em recipiente plástico à temperatura ambiente e sem iluminação, durante 7 dias, constataram diminuição do pH nos últimos dias de estocagem e consideraram um fator desfavorável por elevar a acidez, diferindo a palatabilidade e favorecendo a degradação do produto; enquanto a acidez tiveram os maiores aumentos nos tempos 1 e 2 e 5 e 6.

Consta-se maiores efeitos do tempo em todas as amostras nos primeiros 2 meses de armazenamento nas três amostras e nas duas embalagens, além de se verificar relativa estabilidade da acidez na laminada para FP e FC, e na de polietileno para a FCi durante o período monitorado. A FC e a FCi denotaram comportamento constante, em relação ao tempo e as embalagens, quando comparada com a FP.

De acordo com os resultados, Figura 4.10, a quantidade de sólidos solúveis totais apresentou tendência de diminuição em todas as amostras, nas duas embalagens, entre o início e o final do armazenamento, essas reduções podem ser devidas ao aumento do teor de água durante o armazenamento, alterando a

proporção de sólidos na massa total, ou estar relacionados com o consumo de parte do substrato por microrganismos, comungando com Loureiro et al. (2013).

Considerando a EP, houve diferença significativa em todas as amostras e em todos os tempos, exceto entre os tempos 5 e 6 na FP que foi igual. Na EL os tempos 4 da FP e 0 da FCi, assim como os tempos 5 e 6 da FP e o 3 da FCi foram estatisticamente iguais. Comparando as farinhas, os tempos 5 e 6 da FP, na EP e na EL, e 3 e 6 da FCi na EL, assim como T4 da FP e T0 da FCi, também não diferem estatisticamente, ao contrário, dos demais.

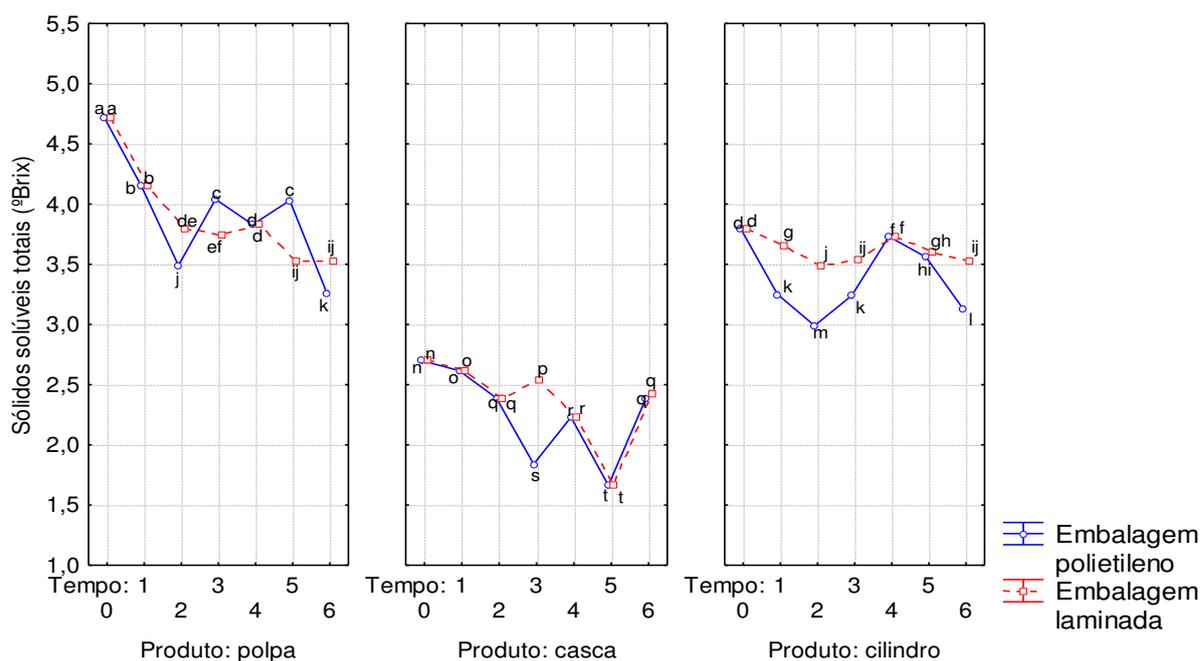


Figura 4.10 – Valores médios dos sólidos solúveis totais (% ácido cítrico em função de matéria seca) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Analisando os produtos separadamente ao longo do tempo em cada embalagem, a FP não apresentou diferença significativa entre os tempos 3 e 5 (EP), enquanto na EL ocorreu entre os tempos 5 e 6 e foram estatisticamente iguais entre si nos tempos 2 e 3 e 2 e 4; a FC foi estatisticamente diferente em todos os tempos nas duas embalagens ao longo do armazenamento, exceto, entre os tempos 2 e 6 na de polietileno; e a FCi não apresentou diferença estatística entre 3 e 6 e estatisticamente iguais destes para com o tempo 2, assim como nos tempos 1 e 5, para a EL, e na EP apenas entre os tempos 1 e 3. Para cada farinha, comparando as embalagens, foram estatisticamente igual nos tempos 0, 1 e 4 para a FP, 0 e em

4 na FCi e em todos os tempos para a FC, exceto no tempo 3 que houve diferença significativa. Quanto ao efeito 'tempo, embalagem e produto' apresentou diferença significativa, exceto entre os tempos 2 da FP na EP e da FCi na EL, entre o tempo 4 da FP e o da FCi, 6 da FP e 3 da FCi ambas na de polietileno, e por fim entre 5 e 6 da FP e 3 e 6 da FCi ambas na EL.

A redução entre o tempo inicial e final atingiu 25,21 (EL) e 30,93% (EP) para a FP, 10,00 (EL) e 11,73% (EP) para FC, e 7,11 (EL) e 17,63% (EP) para o FCi, esses valores reproduzem uma perda mais consistente de sólidos solúveis na EP, ao longo do tempo, e por conseguinte menor instabilidade para a EL. Considerando-se os períodos intermediários de monitoramento percebeu-se que a embalagem de polietileno apresenta-se quase sempre abaixo da linha graficada da laminada, denotando maior variabilidade e menos segurança. Ramos et al. (2008) ao armazenar abacaxi desidratado a 60 °C em secador de bandejas e velocidade de ar de 1,5 m.s⁻¹, em diferentes embalagens (PT, PA, PVDT e PVDA), durante 75 dias à 27±2 °C, observaram diminuição do teor de SST nas amostras embaladas em polietileno (transparente PT; e com folha de alumínio PA) ao longo dos 75 dias de armazenamento e uniformidade nas demais.

Em relação aos produtos, a FC sofreu menos alterações em referência ao tempo, as embalagens e as demais amostras.

Percebeu-se pela Figura 4.11, redução do crescimento microbiano ao longo do armazenamento, com aumentos pontuais, na FP nos tempos 1, 3 e 6, igual à FCi em EL, na FC 1 e 3, em ambas as embalagens, e 5 (EP), e 2 e 5 para FCi em EP. As reduções percentuais entre o tempo inicial e final correspondeu, nas EP e EL, respectivamente, 52,07 e 58,18 % (FP), 56,18 e 25,97% (FC) e 18,17 e 4,92% (FCi). Entre as embalagens, estatisticamente a maioria dos tempos mostraram-se semelhantes entre si, denotando consonância em seus efeitos. Apesar disso, a FP na EL apresentou-se relativamente instável em relação a EP, divergindo das demais farinhas quando considerado essas reduções ao final da estocagem.

Os microrganismos correspondentes aos aeróbios totais identificados nas contagens foram bolores e leveduras, diferenciados pelo cheiro e aspecto visual durante as contagens, nesse grupo estão presentes os deterioradores de alimentos. Embora as farinhas tenham passado por tratamento térmico e seguido às boas práticas de fabrico, o crescimento desses agentes podem ter sido resultado de

deficiência em alguma etapa durante seu processamento ou recontaminação após a secagem, enquadrando-se como não satisfatório, isso significa que as farinhas não satisfazem um ou mais dos valores estabelecidos, necessitando de monitorização ou alteração do processo de fabrico como informa os padrões preconizados pelo INSA (2016b) e a ANVISA (2001). Além disso, a união de fatores extrínsecos e intrínsecos podem ter potencializado esse desenvolvimento. Por isso, os cuidados com os processos que envolveram o fabrico das farinhas para elaboração dos bolos foram superiores para se evitar contaminação.

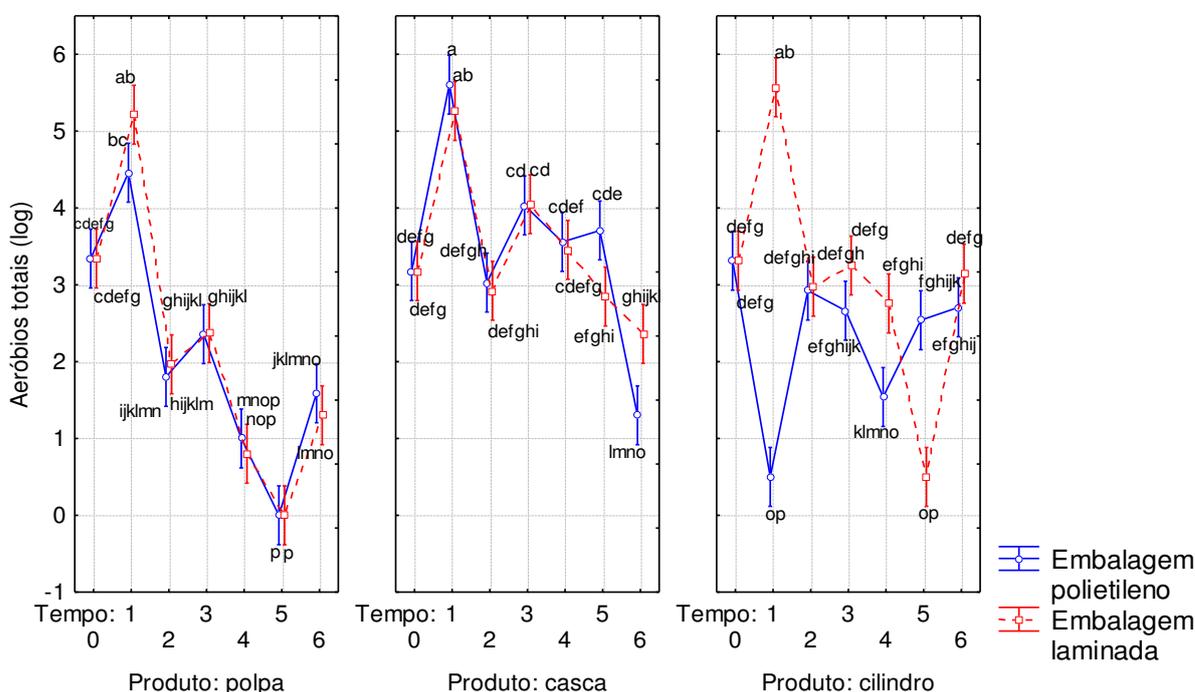


Figura 4.11 – Valores médios dos aeróbios totais (log) das farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Tais características entram em consonância com os outros parâmetros descritos durante o armazenamento como a elevação no teor de água e a_w (embora tenha sido menor que 0,6, os microrganismos podem estar latentes, ou seja, presentes, porém, sem crescer), em razão da água disponível para efetuar reações químicas e desenvolverem-se; o pH, cujos valores mais elevados na sequência foram FC (3,97-4,45 e 4,04-4,40), FCi (3,92-4,20 e 3,83-4,36) e FP (3,93-4,14 e 3,95-4,20), embalagem de polietileno e laminada, respectivamente, gerou a acidez em sentido crescente da FC para FP, comprovou os menores índices de contaminação para a FP, uma vez que a redução desse elemento restringiu seu

desenvolvimento devido o pH ser mais ácido. Nos trechos onde os SST caíram o crescimento também foi afetado, visto que corresponde dentre outros componentes aos açúcares das amostras e de onde esses agentes podem retirar carbono, elemento básico para os seres vivos.

Goldmeyer et al. (2014) estudando a estabilidade microbiológica das farinhas do fruto e do bagaço de mirtilo, desidratadas em estufa à 60 °C por 36 h, mantidas em potes de polipropileno, à temperatura ambiente de 25 °C e estocadas por 90 dias, denotaram ausência de coliformes a 35 e a 45 °C, enquanto os valores para bolores e leveduras variaram de $8,25 \times 10^2$ - $5,75 \times 10^2$ e $1,2 \times 10^2$ - $4,5 \times 10^1$ UFC.g⁻¹, do tempo inicial ao final, para cada farinha, e concluíram inalteração microbiológica nas amostras.

4.6 Isotermas de adsorção

No Apêndice H (Figuras H1, H2 e H3) verificam-se os modelos matemáticos de Oswin e Peleg ajustados às farinhas da polpa e do cilindro central, e os de GAB e Oswin à farinha da casca do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

A Tabela 4.8 contém os valores dos parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção da farinha da polpa de abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Com base nos resultados obtidos o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção para a farinha da polpa de abacaxi (FP), nas temperaturas de 20 e 30 °C, por apresentar os maiores R^2 , superiores a 0,99, e os menores desvios percentuais médios (P) 3,73 e 4,34%, respectivamente. Na temperatura de 40 °C o modelo de Peleg e o de GAB apresentaram o mesmo valor de R^2 (0,9908) e diferentes P (8,81 e 6,61), entretanto, quanto menor o valor de P e maior o de R^2 maior será a precisão do modelo, em razão disso o de GAB demandou melhor desempenho.

Fato similar ocorreu com Silva et al. (2015a) ao adotarem o modelo de Peleg às isotermas de adsorção, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, para o umbu-cajá em pó, como sendo o de maior ajuste aos dados experimentais, expressos em $R^2 > 0,90$ e $P \leq 11,43\%$, exceto na temperatura de 30 °C em que o modelo apontou P (3,11) maior que na equação de GAB (2,84). Viganó et al. (2012) também consideraram o modelo de GAB apropriado para estimar os dados experimentais

das polpas de abacaxi em pó produzidos por diferentes métodos de secagem (vibro-fluidizado, secagem por aspersão, liofilização e em estufa à vácuo) à 20, 30, 40 e 50 °C.

Tabela 4.8 – Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção para a farinha da polpa de abacaxi nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		x_m	C	k			
GAB	20	206,5637	0,1489	1,0362		0,9950	5,62
	30	218,1245	0,1660	1,0119		0,9973	5,19
	40	514,1759	0,0817	1,0340		0,9908	6,61
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	P		
		a	b				
Oswin	20	18,0525	0,6670	0,9945	5,76		
	30	20,7544	0,6582	0,9972	5,17		
	40	20,5613	0,6621	0,9817	8,65		
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		K_1	n_1	K_2	n_2		
Peleg	20	107,3833	6,8098	24,8877	0,4991	0,9978	3,73
	30	40,0579	0,8513	144,3212	9,5750	0,9982	4,34
	40	454,0402	26,0546	60,2632	1,3005	0,9908	8,81

Embora o modelo de Peleg tenha sido o de melhor desempenho, o de GAB permite explicar o entendimento físico da teoria da adsorção (ANDRADE et al., 2011), conferindo uma avaliação do conteúdo de umidade na monocamada molecular (x_m) dos alimentos (MOREIRA et al., 2013). Observa-se que com o aumento da temperatura das isotermas aumentou os valores de x_m . Segundo Goula et al. (2008) a quantidade de umidade na monocamada é aquela que proporciona, em determinada temperatura, maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento; abaixo deste valor as taxas de reações de deterioração, exceto oxidação de gorduras insaturadas, são mínimas.

Moreira et al. (2013) afirmaram que o aumento de x_m com aumento da temperatura não é comum a todos os alimentos. Entretanto, Ferreira e Pena (2003) explicaram que um aumento na temperatura pode provocar modificações na estrutura física do produto, disponibilizando maior quantidade de sítios ativos com

afinidade por moléculas de água ou aumentar a solubilidade de solutos presentes no produto, retendo mais moléculas de água na monocamada.

Os valores de **c** foram menores que 2 e, no caso de **k** igual a 1, classificando as isotermas como sendo do tipo III (BLAHOVEC, 2004). Neste modelo **c** corresponde à função da interação entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água e **k**, o fator de correção das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (ALEXANDRE et al., 2007). Silva et al. (2015a) encontraram estudando as isotermas de adsorção de pó de umbu-cajá desidratado em camada de espuma, valores para **k** menores que 1.

Em relação ao modelo de Oswin, apenas a temperatura de 40 °C teve $R^2 > 0,98$, as demais temperaturas obtiveram valores superiores a 0,99, porém, com menores índices para **P**. Observando os parâmetros **a** e **b** seguiram comportamento esperado. Conforme Blahovec (2004) $a > 0$ e $0 < b \leq 1$.

No modelo de Peleg, **k₁** e **n₁**, foram reduzidos da temperatura de 20 a 30 °C, seguidos de aumentos a 40 °C, **k₂** e **n₂** se comportaram de forma contrária aumentando da temperatura de 20 para a de 30 °C, e decrescendo na de 40 °C.

A Figura 4.12 representa as isotermas de adsorção da polpa de abacaxi nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustado ao modelo de Peleg, considerado o melhor quando comparado com o de GAB e Oswin. As isotermas foram classificadas como sendo do tipo III, neste caso, os elevados teores de açúcares presentes na composição da farinha da polpa justificam não só essa característica, como também o aumento do teor de água de equilíbrio com o aumento da temperatura e a inversão do efeito da temperatura entre 0,7-0,88 da temperatura de 40 °C em relação às demais. Moreira et al. (2013) explicaram que este comportamento é característico de alimentos ricos em compostos solúveis. Além disso, ocorreu o aumento da solubilidade dos açúcares na água pelo incremento na temperatura (PEDRO et al., 2010). O mesmo comportamento foi observado por Gabas et al. (2007) no estudo das isotermas do pó de polpa de abacaxi e por Pedro et al. (2010) em polpa de maracujá.

Embora o processo de secagem tenha diminuído a disponibilidade de água na polpa de abacaxi, verificou-se um aumento da atividade de água no início das isotermas e pouca elevação do teor de água de equilíbrio, esse fenômeno pode ter ocorrido em função da quantidade de água livre ainda presente na superfície da

amostra que agiu como solvente e pela quantidade de água adsorvida proveniente dos açúcares, forças de Van der Waals e pontes de hidrogênio que também atuaram como solvente por não se ligar quimicamente a outros elementos. Contrariamente, o teor de água adsorvida na polpa provocou menor variação da atividade de água e aumento no teor de água como forma de atingir o equilíbrio com o vapor d'água da amostra, no final das isotermas.

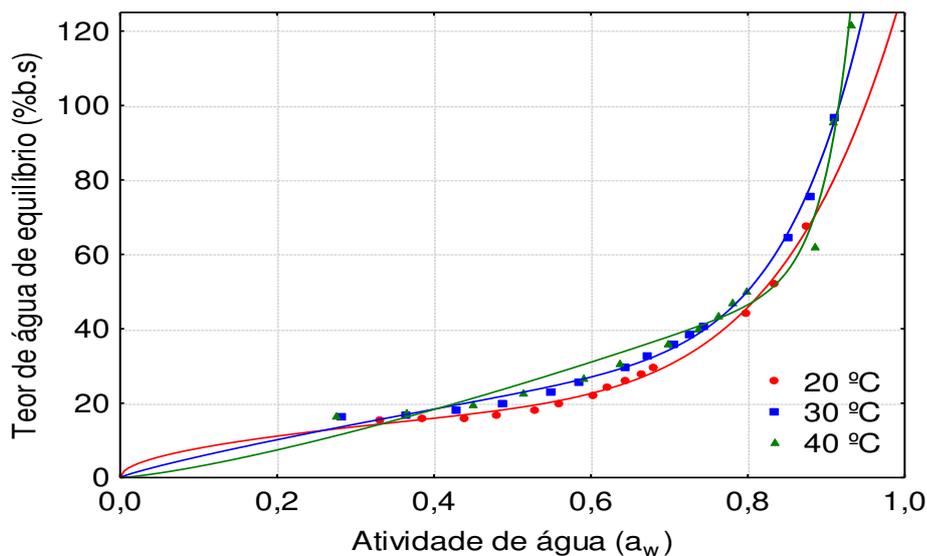


Figura 4.12 – Isotermas de adsorção de água da polpa do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg.

Nas Tabelas 4.9 e 4.10 foram expostos os valores dos parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção da casca e do cilindro central do abacaxi, respectivamente, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

A farinha do cilindro central (FCi) obteve o melhor ajuste às isotermas com modelagem de GAB, apresentando altos coeficientes de determinação, $R^2 > 0,99$, e baixos desvios percentuais médios, embora, dentre os modelos ajustados, os menores resultados de P foram identificados no modelo de Oswin; enquanto na farinha da casca (FC), comportou-se de forma análoga ao da polpa, aquele que melhor representou a isoterma do produto foi o de Peleg, nas temperaturas de 20 e 30 °C, com $R^2 > 0,99$ e os menores P (2,28 e 6,92%), respectivamente. A temperatura de 40 °C seguiu o comportamento da farinha do cilindro central, adotando satisfatoriamente o de GAB.

Tabela 4.9 – Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, (R^2) e (P) das isotermas de adsorção para a farinha da casca do abacaxi a 20, 30 e 40 °C.

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		X_m	C	k			
GAB	20	14,4948	0,8506	0,9271		0,9952	7,23
	30	112,5832	0,2364	1,0008		0,9969	7,54
	40	235,5822	0,1264	1,0189		0,9993	4,23
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	P		
		a	b				
Oswin	20	10,4559	0,7651	0,9940	7,07		
	30	15,8875	0,7142	0,9967	7,47		
	40	15,3813	0,6830	0,9962	7,11		
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		K_1	n_1	K_2	n_2		
Peleg	20	76,2310	4,9306	7,5937	0,0996	0,9979	2,28
	30	37,2881	1,0705	163,0953	12,4129	0,9970	6,92
	40	220,5716	20,0078	45,3699	1,3348	0,9977	7,42

Tabela 4.10 – Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, (R^2) e (P) das isotermas de adsorção para a farinha do cilindro central a 20, 30 e 40 °C.

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		X_m	C	k			
GAB	20	119,8060	0,2052	1,0280		0,9976	5,47
	30	109,7511	0,2499	0,9955		0,9990	4,44
	40	254,3057	0,1346	1,0155		0,9981	5,50
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	P		
		a	b				
Oswin	20	14,9908	0,7227	0,9970	5,25		
	30	16,7228	0,6963	0,9920	3,62		
	40	18,0802	0,6703	0,9962	5,58		
Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P
		K_1	n_1	K_2	n_2		
Peleg	20	130,4870	10,5261	35,4473	1,1842	0,9970	6,31
	30	133,0254	10,8761	40,3797	1,1936	0,9984	5,91
	40	54,4890	1,4072	248,4684	20,3146	0,9968	8,55

Verifica-se que, entre 20-30 °C, os valores de x_m diminuíram, seguido de acréscimo a 40 °C na FCi; e tiveram valores acrescidos com o aumento da temperatura na FC. Os valores de **c** foram menores que 2 e **k** aproximadamente 1,

na três temperaturas, tal comportamento classifica os resíduos das farinhas de abacaxi como tipo III, por apresentar $0 \leq c < 2$ e $0 < k \leq 1$ (BLAHOVEC, 2004). Esse tipo de isotermas apresenta uma zona mais plana na sua primeira parte, em formato de J, são típicas de alimentos ricos em componentes solúveis, como açúcares (AL-MUHTASEB et al., 2004). Lemos et al. (2015) também classificaram a farinha das cascas de manga *Haden* como tipo III, obtidas por secagem solar após 24 h seguida de trituração, na mesma faixa de temperatura desse estudo.

Os modelos de Oswin e Peleg tiveram $R^2 > 0,99$ e $P < 10\%$, podendo-se utilizar também esses modelos para estimar as isotermas nas temperaturas avaliadas. De acordo com critérios estabelecidos por Aguerre et al. (1989), onde P inferior a 10% indica razoável representatividade dos modelos, e por Labuza et al. (1985), em que a representação das isotermas é considerada extremamente boa para P inferior a 5%.

No modelo de Oswin, o parâmetro **a** aumentou com o aumento da temperatura, na FC e entre 20-30 °C na FCi, enquanto **b** apresentou comportamento inverso, em ambos as farinhas; e no de Peleg **k₁** e **n₁**, no caso da FC seguiram comportamento similar ao da FP, enquanto, a FCi aumentou da temperatura de 20 para a de 30 °C, e diminuiu na de 40 °C, **k₂** e **n₂** mostraram valores que aumentaram na FCi em todas as temperaturas e entre 20-30 °C na FC.

Na Figura 4.13 se observam os modelos de Peleg e GAB, respectivamente, ajustados as isotermas de adsorção das farinhas da casca e do cilindro central do abacaxi, nas temperaturas 20, 30 e 40 °C, considerados, no geral, os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais. Silva et al. (2015b) também apontaram o modelo de Peleg como sendo o que melhor representou a higroscopicidade da farinha das fibras residuais secas de manga em condições iguais de temperatura, obtidas a partir de secagem solar, apresentando $R^2 > 0,99$ e P iguais a 0,74; 2,29 e 6,21%, respectivamente. Viganó et al. (2014) estudando as isotermas de adsorção em diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) pelo método gravimétrico, dos resíduos de casca e cilindro central do abacaxi, separadamente, apontaram o modelo de GAB como sendo o mais satisfatório com $R^2 > 0,99$ e RMSE $\leq 0,009$ e classificou-os também como tipo III.

Percebeu-se, em todas as temperaturas, que o aumento do teor de água de equilíbrio foi acompanhado por um aumento de a_w , denotando influência do

ambiente sobre o teor de água de equilíbrio. Constataram-se intercruzamentos entre as temperaturas nas isotermas da farinha da casca, justificado pelos teores de açúcares redutores (9,20%), encontrado no resíduo durante a caracterização. Tal efeito foi concomitante a Moreira et al. (2013) e a Goula et al. (2008) que afirmaram que tal comportamento ocorre nas isotermas de sorção de alimentos ricos em açúcares cristalinos, como glicose.

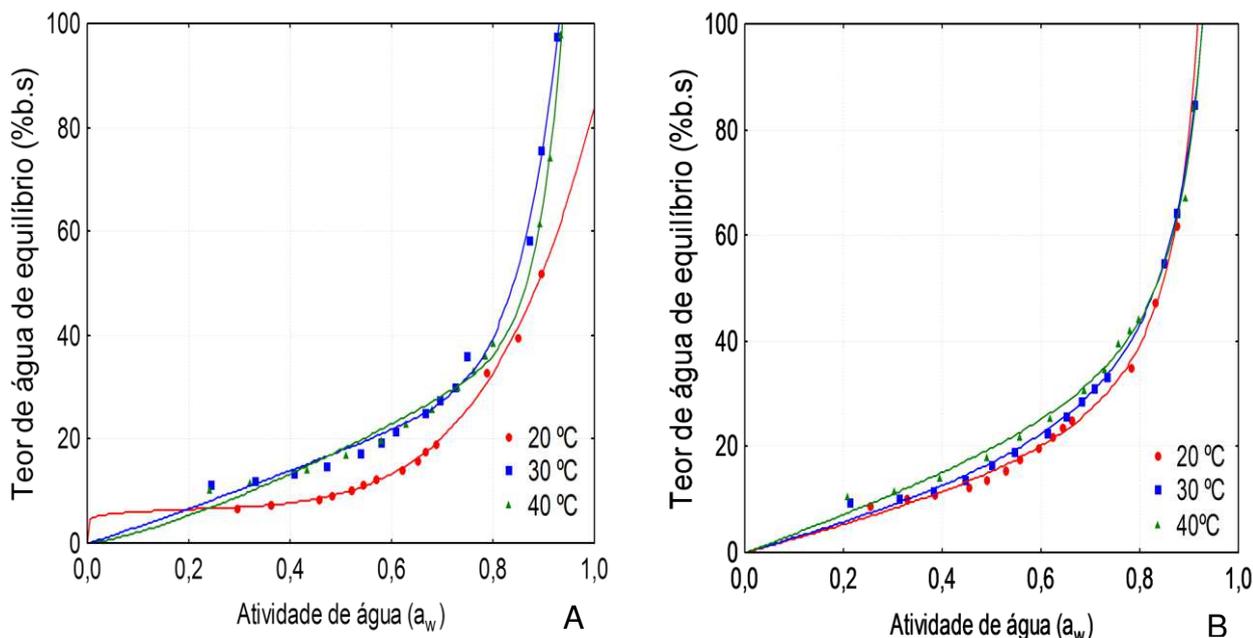


Figura 4.13 - Isotermas de adsorção de água da casca (A) e do cilindro central (B) do abacaxi, ajustadas ao modelo de Peleg e GAB, respectivamente, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

4.7 Otimização dos bolos

No Apêndice A estão presentes as formulações resultantes do delineamento experimental, cujos dados das análises físicas, químicas, nutricionais e sensoriais determinaram a influência das variáveis independentes, a relação entre as variáveis e o binômio farinha de fruta/margarina nos bolos elaborados, direcionando os melhores resultados no quesito qualidade.

4.7.1 Caracterização dos bolos incorporados com farinha de polpa de abacaxi

A Tabela 4.11 expressa os resultados das médias das determinações físicas da matriz de planejamento para os bolos incorporados com farinha de polpa (FP) de abacaxi.

Tabela 4.11 – Caracterização física, exceto textura, da matriz de planejamento para os bolos incorporados com farinha de polpa de abacaxi.

Ensaio	a_w	X (% b.u)	L* crosta	(+) a* crosta	(+) b* crosta	L* miolo	(+/-) a* miolo	(+) b* miolo	ρ (gml ⁻¹)	v (mlg ⁻¹)
1	0,860	29,07	56,10	11,45	26,01	71,67	-1,32	24,47	0,4147	2,411
2	0,871	27,72	55,47	11,12	25,96	70,19	-1,50	23,68	0,4266	2,344
3	0,862	31,67	43,34	11,46	20,21	58,54	2,51	23,32	0,4397	2,274
4	0,873	28,05	43,48	12,14	20,12	62,23	1,27	23,54	0,3950	2,531
5	0,907	29,43	63,24	6,04	27,83	72,23	-2,73	23,79	0,4095	2,442
6	0,890	30,02	46,43	8,52	21,25	64,63	1,71	23,18	0,4390	2,278
7	0,899	31,17	40,61	13,68	18,47	62,65	0,93	22,69	0,3635	2,751
8	0,924	30,69	50,46	11,68	22,70	68,56	-0,21	21,64	0,3913	2,556
9	0,888	31,41	46,58	12,30	21,11	63,28	2,01	22,49	0,3733	2,679
10	0,891	28,68	44,22	13,89	20,14	68,20	0,55	23,46	0,3803	2,629

Para X = teor de água; L* = luminosidade; (-a*) = intensidade de verde; (+a*) = intensidade de vermelho; (+b*) = intensidade de amarelo; ρ = massa específica; v = volume específico (mlg⁻¹).

Verifica-se que a_w apresentou comportamento elevatório à medida que o teor de margarina aumentou relação que não se observou com o teor de água, conseqüentemente as menores faixas de a_w representadas pelas formulações 1 e 3 tiveram as menores percentagens de margarina, ao contrário das formulações 5 e 8 onde se identificou as maiores porções de gordura. O teor de água mostrou-se em torno de 30%. De acordo com Esteller et al. (2006), em bolos industrializados o valor do teor de água fica em torno de 30%; corroborando com os estudos que fizeram para o bolo com pó de cupuaçu e Kefir; e inferior a Rosa et al. (2009) para o bolo elaborado com 20% de farinha de yacon, 35,17%.

Referente aos dados da cor, as formulações com menor quantidade de farinha de polpa tiveram resultados superiores de L*, na crosta e no miolo, bem como no parâmetro b* da crosta; enquanto a*, tanto no interior quanto no exterior do bolo, tiveram médias elevadas nas formulações com maior quantidade da farinha correspondente. Desta forma, os maiores valores na crosta em L* foram em 5 e 7,

em (+a*) foram 7 e 10 e em (+b*) foram 1 e 5; e os menores para a mesma sequência, foram 3 e 4, 5 e 6 e 4 e 7. Em relação aos maiores valores no miolo em L* tem-se 1 e 5, em (+/-a*) 1 e 9 e em (+b*) 1 e 5, da mesma forma os menores índices registrados para os mesmos parâmetros, respectivamente, foram 3 e 4, 1 e 5 e 8 e 9. Os ensaios com L* maiores demonstram que as amostras eram mais claras, enquanto as menores identificam bolos mais escuros, assim como as farinhas observa-se predominância pela tonalidade amarela, uma vez que os resultados mostram-se superiores ao croma a*. Os valores de L* da crosta entram em concordância com os resultados propostos por Padilha et al. (2010) para os bolos com farinha de yacon com L* < 50. Gomes et al. (2014) também tiveram comportamento compatíveis para os bolos sem glúten elaborados com farinha de quirera de arroz e farinha de feijão extrusada (45 e 75%), respectivamente, com L* de 55,0 e 49,3, porém, a* e b* foram inferiores, variando entre 6,88-7,92 e 18,84-17,95, para cada um.

A densidade específica (ρ) constitui a medida de incorporação e retenção de ar na massa de bolo (MOTA et al., 2011) e o volume específico (v) é um parâmetro de qualidade que indica se a fermentação do bolo foi excessiva, resultando num volume específico muito grande, ou se ocorreram problemas na formação da estrutura do bolo na fermentação, resultando num baixo volume específico (BUSHUK, 1985). Neste caso, os baixos teores de ρ e os valores adequados de v , nesse estudo, implicaram em maior incorporação de ar, impedindo que o interior dos bolos ficasse massudo e espesso, conferindo um aspecto agradável aos provadores. A provável razão para isso deve-se aos teores de água regulares, fabrico correto, relação equilibrada entre teor de sólidos e ar, favorecidos pela quantidade de fibras presentes na farinha da polpa em níveis satisfatórios. As formulações com maiores v foram 7 e 9 (2,751 e 2,679 mlg⁻¹), correspondendo as ρ de 0,3635 e 0,3733 gml⁻¹.

A Tabela 4.12 representa o efeito linear e quadrático das variáveis farinha de polpa, margarina e sua interação na introdução dos bolos. As variáveis apresentam efeito significativo quando $p < 0,05$. Analisando os parâmetros a_w , teor de água e (+b*) do miolo, verifica-se que não houve efeito significativo para o modo linear, quadrático e na interação, uma vez que todos apresentaram p superiores a 0,05 e tiveram R^2 e R^2_{ajust} baixos, culminando com a desconsideração da equação devido à falta de ajuste do modelo aos dados experimentais.

Tabela 4.12 – Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação às variáveis físicas no bolo, exceto textura.

a_w	Efeito	p	X (%b.u)	Efeito	p	(L*) crosta	Efeito	p	(+a*) crosta	Efeito	p	(+b*) crosta	Efeito	p
FP (L)	-0,0051	0,8059	FP (L)	0,9422	0,4349	FP (L)	12,1309	0,0032	FP (L)	1,1325	0,3254	FP (L)	-5,2395	0,0041
FP (Q)	-0,0097	0,7242	FP (Q)	-0,9183	0,5578	FP (Q)	9,1483	0,0228	FP (Q)	-5,0347	0,0197	FP (Q)	4,1724	0,0240
M (L)	0,0143	0,5033	M (L)	-1,4109	0,2641	M (L)	3,3620	0,1552	M (L)	-0,6220	0,5717	M (L)	1,4598	0,1767
M (Q)	0,0027	0,9213	M (Q)	0,2868	0,8516	M (Q)	-0,1555	0,9541	M (Q)	0,3645	0,7987	M (Q)	0,2203	0,8608
FP x M	-0,0003	0,9907	FP x M	-1,1310	0,5027	FP x M	0,3852	0,8941	FP x M	0,5104	0,7391	FP x M	-0,0212	0,9873
R²	0,1734		R²	0,4776		R²	0,9364		R²	0,8352		R²	0,9285	
R²_{ajust}	0,0000		R²_{ajust}	0,0000		R²_{ajust}	0,8570		R²_{ajust}	0,6292		R²_{ajust}	0,8391	
(L*) miolo	Efeito	p	(+a*) miolo	Efeito	p	(+b*) miolo	Efeito	p	ρ (gml⁻¹)	Efeito	p	v(mlg⁻¹)	Efeito	p
FP (L)	-7,9613	0,0180	FP (L)	3,2195	0,0012	FP (L)	-0,5380	0,3739	FP (L)	0,0088	0,5707	FP (L)	-0,0445	0,6413
FP (Q)	2,0085	0,5016	FP (Q)	-1,6289	0,0368	FP (Q)	0,9730	0,2434	FP (Q)	0,0565	0,0402	FP (Q)	-0,3524	0,0422
M (L)	2,6440	0,2682	M (L)	-0,7575	0,1308	M (L)	-0,5134	0,3940	M (L)	0,0016	0,9150	M (L)	-0,0213	0,8251
M (Q)	-0,8119	0,7803	M (Q)	-0,7573	0,2252	M (Q)	-0,3470	0,6513	M (Q)	0,0097	0,6345	M (Q)	-0,0590	0,6478
FP x M	2,5887	0,4240	FP x M	-0,5267	0,4040	FP x M	0,5067	0,5419	FP x M	-0,0283	0,2337	FP x M	-0,1619	0,2745
R²	0,8214		R²	0,9517		R²	0,5848		R²	0,7505		R²	0,7384	
R²_{ajust}	0,5983		R²_{ajust}	0,8914		R²_{ajust}	0,6583		R²_{ajust}	0,4387		R²_{ajust}	0,4115	

FP = farinha da polpa; M = margarina; a_w = atividade de água; X = teor de água, L* = luminosidade; (+a*) = intensidade de vermelho; (-a*) = intensidade de verde; ρ = massa específica, v= volume específico.

A massa específica e o volume específico apontaram valores de p elevados para o efeito linear da farinha de polpa e margarina, assim como para os valores quadráticos da margarina e para interação (farinha de fruta e margarina), entretanto, apresentaram efeito significativo para a margarina quanto ao termo quadrático, com p menor que 0,05.

Em relação aos atributos da cor para a crosta, L^* e $(+b^*)$, e para o miolo, $(+/- a^*)$, o efeito linear e quadrático da variável da farinha de polpa de abacaxi tiveram efeito significativo, comportamento inverso se observou para os efeitos linear e quadrático da variável margarina e para a interação (farinha de polpa x margarina). Desta forma, eliminaram-se as equações do modo quadrático da variável margarina e a interação entre as variáveis farinha de polpa e margarina, devido aos altos valores apresentados por p. Os indicadores $(+a^*)$ da crosta, a massa específica e volume específico apresentaram efeito significativo para o termo quadrático da variável da farinha da polpa, enquanto o L^* do miolo denotou esse efeito para o modo linear, ao contrário os demais termos mostraram p elevados. Resultando nas seguintes equações da Tabela 4.13:

Tabela 4.13 – Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para os parâmetros físicos no bolo com farinha de polpa, exceto textura.

Cor Crosta $L^* = 6,71 - 7,94 FP + 0,70 FP^2$	$R^2 = 0,886; R^2_{ajust} = 0,866$
Cor Crosta $b^* = 29,68 - 3,49 FP + 0,31 - FP^2$	$R^2 = 0,880; R^2_{ajust} = 0,846$
Cor Miolo $a^* = -3,20 + 1,41 FP - 0,10 FP^2$	$R^2 = 0,873; R^2_{ajust} = 0,837$

Após a eliminação dos termos das equações, percebeu-se que os valores de R^2 e R^2_{ajust} apresentaram maior aproximação, significando que os valores preditos pelo modelo e os dados experimentais se assemelham.

Identificou-se através da Figura 4.14, redução de L^* (luminosidade) e de b^* (azul/amarelo), ambos da crosta, e aumento de a^* (vermelho/verde) do miolo com o acréscimo de farinha da polpa. Panzarini (2014) refere que a combinação dos atributos de cor a^* e b^* positivos resultam na cor castanha, característica dos bolos, e quanto menores os valores de L^* mais escuras são as amostras. O aumento na percentagem de farinha de polpa provocou tendência ao escurecimento nos bolos em razão dos elevados teores de açúcares totais (33,85%) presente na composição da farinha que promoveram as reações de escurecimento não enzimático (reações

Maillard). Valores de L^* elevados indicam maior reflexão da luz traduzindo-se num bolo com coloração mais clara, pobre em açúcares (ESTELLER et al., 2006).

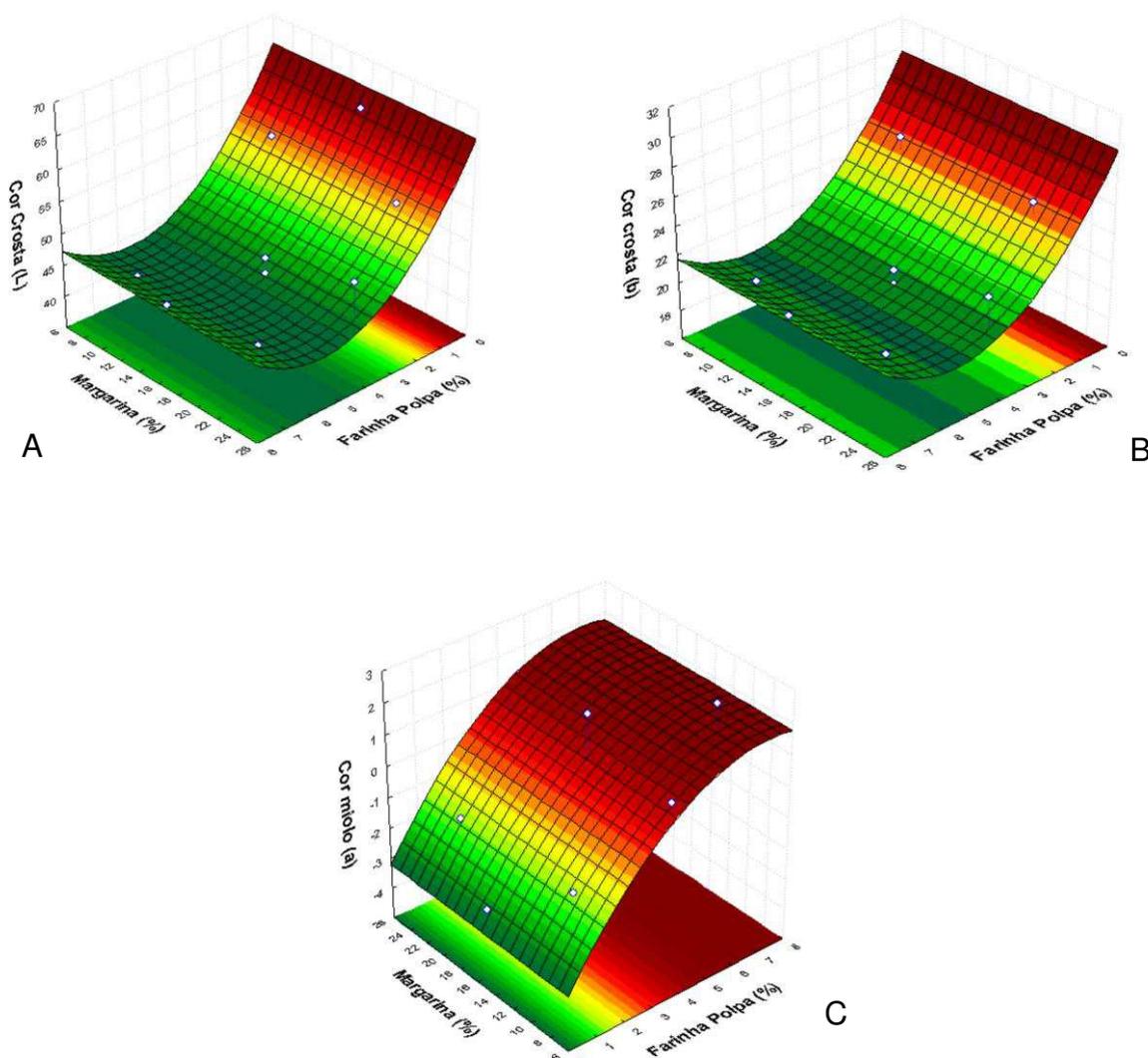


Figura 4.14 - Superfícies de Resposta referentes aos atributos da cor crosta (L^*) - A, crosta (b^*) - B e miolo (a^*) - C em função do teor de margarina (%) e farinha de polpa (%) de abacaxi.

4.7.2 Caracterização dos bolos incorporados com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi

A Tabela 4.14 expressa os resultados das médias das determinações físicas dos 10 bolos elaborados com farinha de 80% de casca e 20% de cilindro central de abacaxi (FCC).

Tabela 4.14 – Caracterização física, exceto textura, da matriz de planejamento para os bolos incorporados com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.

Ensaio	a_w	X (% b.u)	L* crosta	(+) a* crosta	(+) b* crosta	L* miolo	(+) a* miolo	(+) b* miolo	ρ (gml ⁻¹)	v mlg ⁻¹
1	0,921	31,95	62,28	4,08	24,57	69,37	-0,66	21,67	0,5048	1,981
2	0,911	29,24	63,36	3,33	25,92	65,78	-1,01	22,04	0,4548	2,190
3	0,916	33,07	48,84	4,69	21,02	56,64	0,65	20,78	0,3941	2,538
4	0,943	29,91	46,69	7,79	21,04	59,40	0,39	20,16	0,4411	2,267
5	0,920	32,39	71,74	-1,24	23,66	73,63	-2,87	21,56	0,5485	1,823
6	0,872	29,57	42,09	8,46	18,80	52,59	2,91	20,51	0,3865	2,587
7	0,929	32,13	45,07	12,34	21,52	57,77	1,24	20,69	0,4238	2,359
8	0,921	30,15	50,54	11,43	22,72	64,20	-0,20	21,56	0,3906	2,560
9	0,869	28,85	45,19	12,48	20,31	62,40	0,61	20,99	0,4367	2,290
10	0,933	30,90	51,70	12,24	24,88	59,50	0,62	20,79	0,4437	2,254

Para X = teor de água; L* = luminosidade; (-a*) = intensidade de verde; (+a*) = intensidade de vermelho; (+b*) = intensidade de amarelo; ρ = massa específica.

A a_w do bolo incorporado com farinha de casca e cilindro central (FCC) do abacaxi apresentou valores que variaram entre 0,869 e 0,943 faixa considerada elevada. Os maiores valores de a_w encontram-se nas formulações 4 e 10 e os menores em 6 e 9. De acordo com Smith et al. (2004) patamares entre 0,8-1,0, na pastelaria, permitem o desenvolvimento de bolores, leveduras comuns e bactérias.

O teor de água dos bolos na matriz situou em torno de 30%, sendo os resultados mais altos correspondentes aos ensaios 3 e 5 e os menores em 2 e 9, mostraram-se estáveis quanto a adição de margarina e FCC. Oliveira et al. (2016) encontraram valores relativamente superiores para o bolo simples com diferentes percentagens de farinha de casca de abacaxi 'Pérola' (2,5; 5,0; 7,5 e 10%), na sequência 38,64; 38,49; 37,36 e 37,75%. Carvalho et al. (2012) apresentaram valores inferiores para o *cupcake* com 7% de farinha de casca de banana (21,07%). Guimarães et al. (2010) encontraram valores compatíveis para os bolos simples com 7% e 30% de farinha de entrecasca de melancia, respectivamente, 30,41 e 30,44%.

A cor dos bolos com farinha de casca e cilindro central foram superiores aos com farinha de polpa, em razão da elevada quantidade de açúcares redutores presentes na farinha da polpa quando comparada com a da casca e do cilindro. As formulações com maiores valores de L*, (+a*) e (+b*) para a crosta foram 5, 9 e 2 e

os menores foram 6, 5 e 6. No caso do miolo, os maiores foram 5, 6 e 5-8 e os menores 6, 5 e 4 para a mesma sequência cromatográfica. Compatível com as farinhas que os originou e com os bolos com FP, L* e (+b*) foram predominantes. Oliveira et al. (2016) apresentaram para o bolo simples elaborado com farinha de casca de abacaxi nas formulações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10% valores de L* para a crosta entre 37,51-42,24 e para o miolo entre 42,58-57,31; a* para a crosta 10,61-13,89 e para o miolo 4,67-8,66 e para b* da crosta 12,24-19,87 e para o miolo 14,99-22,60; estando em concordância com todos os parâmetros, exceto, L* e a* do miolo.

A massa específica da matriz aumentou à medida que diminuiu a quantidade de farinha de casca e cilindro central os bolos, comportamento inverso do volume específico que reduz com a diminuição da FCC. De acordo com Esteller et al. (2006) a densidade e o volume específico mostram claramente a relação entre o teor de sólidos e a fração de ar existente na massa assada. Bolos com densidade alta ou volume específico baixo (embatumadas), apresentam aspecto desagradável ao consumidor, associadas com alto teor de umidade, falhas no batimento e cocção, pouca aeração, difícil mastigação (maior dureza), sabor impróprio e baixa conservação.

Nesse contexto, os altos teores de fibras presentes na farinha de casca e cilindro central favoreceram a redução da massa específica e aumento do volume específico dos bolos, promovendo maior aeração, deixando-os macios e leves, porém, em excesso pode deixa-los mais consistente e denso. Oliveira et al. (2016) observaram efeito contrário para o volume específico dos bolos que foi aumentando gradativamente à medida que as concentrações de farinha de casca de abacaxi aumentavam.

A Tabela 4.15 expressa os efeitos linear e quadrático das variáveis farinha da casca + cilindro central e margarina, e a interação na elaboração dos bolos, cujo nível de significância ocorre para $p < 0,05$.

Observando os parâmetros a_w e teor de água, percebe-se que não houve efeito significativo para o modo linear, quadrático e na interação, uma vez que todos apresentaram p superiores a 0,05 e tiveram R^2 e R^2_{ajust} baixos, culminando com a desconsideração da equação devido à falta de ajuste do modelo aos dados experimentais.

Tabela 4.15 – Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi e margarina em relação às variáveis físicas no bolo, exceto textura.

a_w	Efeito	p	X (%b.u)	Efeito	p	(L*)	Efeito	p	(+a*)	Efeito	p	(+b*)	Efeito	p
						crosta			crosta			crosta		
FCC (L)	-0,0102	0,6512	FCC (L)	-0,5480	0,6000	FCC (L)	-18,0092	0,0032	FCC (L)	4,6990	0,0608	FCC (L)	-3,8238	0,0494
FCC (Q)	0,0014	0,9618	FCC (Q)	1,0976	0,4378	FCC (Q)	9,9408	0,0585	FCC (Q)	-10,1388	0,0134	FCC (Q)	-0,6318	0,7451
M (L)	0,0014	0,9473	M (L)	-2,1655	0,0879	M (L)	1,6622	0,5926	M (L)	0,2695	0,8892	M (L)	0,7683	0,6052
M (Q)	0,0307	0,3305	M (Q)	1,2557	0,3804	M (Q)	0,8309	0,8370	M (Q)	0,2548	0,4818	M (Q)	0,2548	0,8950
FCC x M	0,0186	0,5641	FCC x M	-0,2246	0,8770	FCC x M	-1,6140	0,7105	FCC x M	-1,8612	0,4949	FCC x M	-0,6649	0,7490
R²	0,3422		R²	0,6226		R²	0,9230		R²	0,8683		R²	0,6782	
R²_{ajust}	0,0000		R²_{ajust}	0,1508		R²_{ajust}	0,8268		R²_{ajust}	0,7038		R²_{ajust}	0,2759	
(L*)	Efeito	p	(+a*)	Efeito	p	(+b*)	Efeito	p	ρ	Efeito	p	v	Efeito	p
miolo			miolo			miolo			(gml⁻¹)			(mlg⁻¹)		
FCC (L)	-12,4127	0,0036	FCC (L)	2,7213	0,0210	FCC (L)	-1,0638	0,0136	FCC (L)	-0,0884	0,0045	FCC (L)	0,4287	0,0069
FCC (Q)	2,5398	0,3905	FCC (Q)	-0,8082	0,4544	FCC (Q)	0,1869	0,6060	FCC (Q)	0,0329	0,1812	FCC (Q)	-0,1111	0,3729
M (L)	2,0629	0,3591	M (L)	-0,6603	0,4216	M (L)	0,2428	0,3912	M (L)	-0,0124	0,4635	M (L)	-0,0555	0,5439
M (Q)	0,4195	0,8817	M (Q)	-0,3102	0,7666	M (Q)	0,2772	0,4537	M (Q)	-0,0273	0,2499	M (Q)	0,1435	0,2649
FCC x M	3,1762	0,3234	FCC x M	0,0477	0,9657	FCC x M	-0,4997	0,2347	FCC x M	0,0484	0,0901	FCC x M	-0,2399	0,1129
R²	0,9106		R²	0,7902		R²	0,8420		R²	0,9203		R²	0,8984	
R²_{ajust}	0,7990		R²_{ajust}	0,5281		R²_{ajust}	0,6446		R²_{ajust}	0,8208		R²_{ajust}	0,7715	

FP = farinha da polpa; M = margarina; a_w = atividade de água; X = teor de água, L* = luminosidade; (+a*) = intensidade de vermelho; (-a*) = intensidade de verde; ρ = massa específica, v = volume específico.

O indicador (+a*) da crosta obteve efeito significativo apenas para o termo quadrático da FCC, ao passo que nos demais (L* e (+b*)) da crosta; L*, (+-a) e (+b*) do miolo; a massa específica e volume específico isso procedeu no modo linear. Portanto, eliminaram-se das equações os termos das variáveis que apontaram valores de p elevados, obtendo as seguintes equações, conforme a Tabela 4.16:

Tabela 4.16 - Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para os parâmetros físicos no bolo com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central, exceto textura.

Cor Crosta a* = -3,51 + 6,56 FCC - 0,71 FCC ²	R ² = 0,829; R ² _{ajust} = 0,781
Cor Miolo L* = 77,07 - 5,39 FCC + 0,18 FCC ² - 0,23 M + 0,01 (FCC)(M)	R ² = 0,910; R ² _{ajust} = 0,838
Cor Miolo a* = -1,64 + 0,94 FCC - 0,05 FCC ² - 0,05 M	R ² = 0,785; R ² _{ajust} = 0,677
Cor Miolo b* = 20,60 + 0,04 FCC + 0,08 M	R ² = 0,813; R ² _{ajust} = 0,719
Massa específica = 0,55 - 0,05 FCC	R ² = 0,871; R ² _{ajust} = 0,807

Com a rejeição dos termos na equação, R² e R²_{ajust} apresentaram valores aproximados, denotando maior simetria entre os valores preditos pelo modelo e os dados experimentais.

Conforme a Figura 4.15 em relação a cor ocorreu redução no parâmetro L* (luminosidade) e elevação de a* (vermelho/verde) no interior dos bolos quando se aumentou a quantidade de farinha de casca e cilindro central de abacaxi. Compatível com os bolos adicionados de farinha de polpa tornaram-se mais escuros com a maior inserção de farinha de casca e cilindro central, uma vez que ao adicionar FCC os teores de açúcares totais aumentavam na formulação, potencializados pela união das duas farinhas. Em relação a a* houve um aumento com a adição de farinha de casca e cilindro central, seguida da redução L* e b*, também consoante aos bolos com farinha de polpa. Oliveira et al. (2016) também verificaram coloração mais escura nos bolos à medida que aumentava o teor de farinha de casca de abacaxi.

Relativo à massa específica verifica-se através da Figura 4.15 decréscimo de seus valores com o aumento percentual de farinha de casca e cilindro central nas formulações dos bolos, isso porque teores de fibras em excesso propiciam um produto mais consistente e menos macio, fato aplicável também aos bolos com farinha de polpa. Possivelmente, o aumento da massa específica deve ser

decorrente da redução da farinha de trigo em detrimento do aumento da FCC o que reduziu a quantidade de glúten da massa.

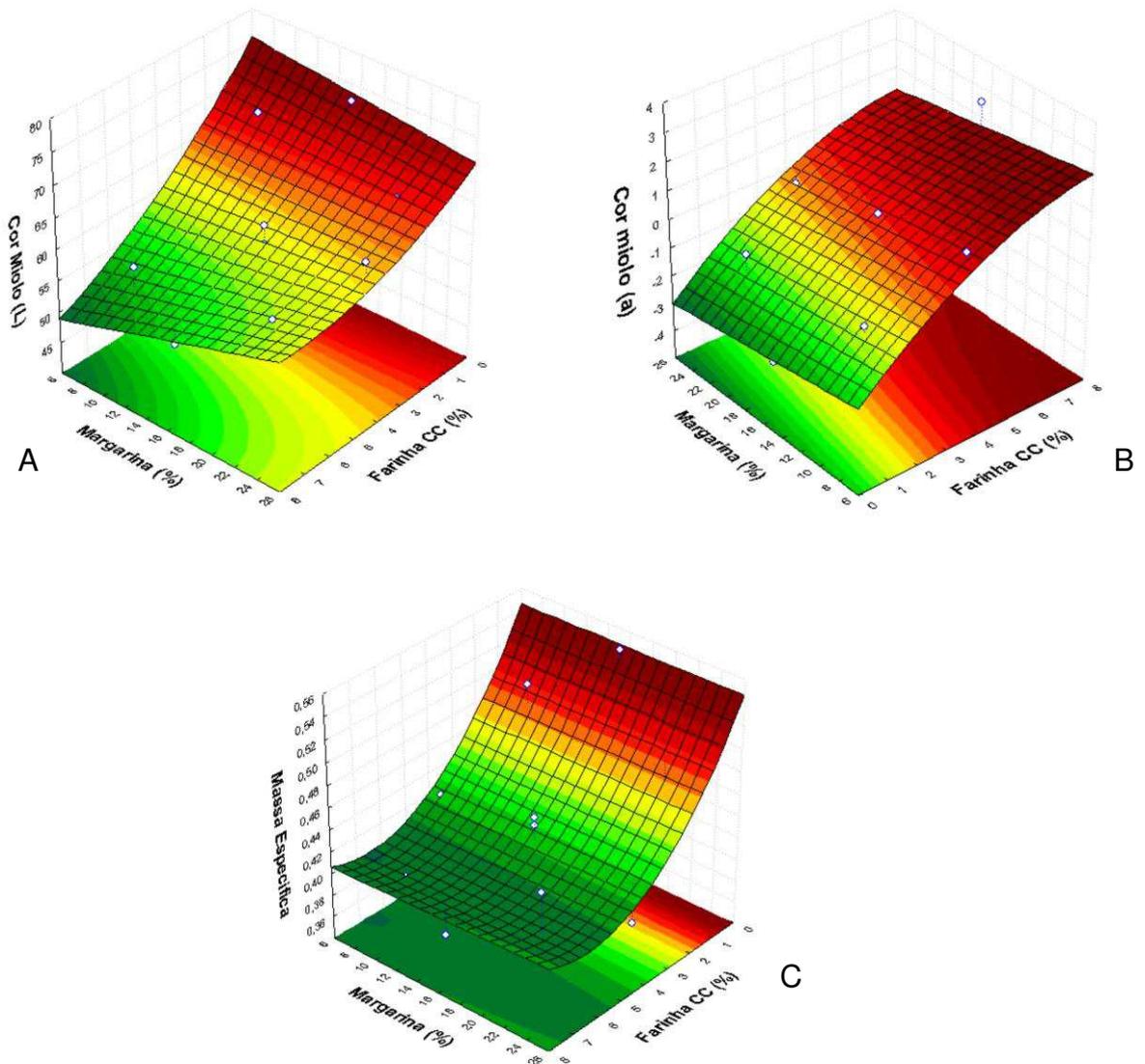


Figura 4.15 – Superfícies de Resposta referentes à cor miolo (L^*) - A e cor miolo (a^*) - B, e massa específica - C em função do teor de margarina (%) e farinha de casca e cilindro (%) de abacaxi.

4.7.3 Textura da matriz de planejamento dos bolos incorporados com farinha de abacaxi

A Tabela 4.17 representa os valores das médias da caracterização da textura para a matriz de planejamento dos bolos adicionados de farinha de polpa (BFP) e com 80% de casca + 20% de cilindro central (BFCC) de abacaxi.

Tabela 4.17 – Caracterização da textura para a matriz de planejamento dos bolos com farinha de popa e com 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.

Bolo com farinha de popa de abacaxi.							
Ensaio	Dureza (N)	Coes.	Elast.	Mastig. (N)	Gomos. (N)	Ades. (N/s)	Frat. (N)
1	5,71	0,45	0,87	2,24	2,58	-0,02	5,36
2	2,61	0,43	0,82	0,92	1,13	-0,02	0,00
3	3,24	0,38	0,84	1,05	1,25	-0,02	0,00
4	4,03	0,47	0,99	1,90	1,91	-0,39	0,00
5	3,94	0,52	0,80	1,65	2,07	-0,01	0,00
6	4,78	0,36	0,79	1,35	1,71	-0,02	0,00
7	5,73	0,43	0,85	2,10	2,46	-0,05	5,22
8	2,35	0,50	0,86	1,01	1,18	-0,02	0,00
9	3,41	0,51	0,81	1,40	1,72	0,00	0,00
10	3,41	0,51	0,81	1,40	1,72	0,00	0,00
Bolo com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro de abacaxi							
Ensaio	Dureza (N)	Coes.	Elast.	Mastig. (N)	Gomos. (N)	Ades. (N/s)	Frat. (N)
1	5,38	0,57	0,81	2,52	3,09	-0,03	0,00
2	3,79	0,57	0,83	1,79	2,16	-0,05	0,00
3	3,79	0,44	0,94	1,58	1,69	-0,37	0,00
4	2,01	0,47	0,81	0,77	0,95	-0,04	0,00
5	4,21	0,59	0,81	2,01	2,47	-0,03	0,00
6	2,60	0,49	0,80	1,02	1,28	-0,04	0,00
7	4,40	0,51	0,85	1,89	2,23	-0,02	0,00
8	2,64	0,58	0,86	1,30	1,52	-0,05	0,00
9	3,00	0,45	0,83	1,12	1,35	-0,01	0,00
10	3,00	0,45	0,83	1,12	1,35	-0,01	0,00

Para Coes. = Coesividade; Elast. = Elasticidade; Mastig. = Mastigabilidade; Gomos. = Gomosidade; Ades. = Adesividade; Frat= Fraturabilidade.

Atributos como a dureza é proporcional à força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra e está correlacionada à mordida humana durante a ingestão desse alimento (ESTELLER et al., 2004); a mastigabilidade origina-se do produto da dureza pela coesividade e elasticidade, correspondendo à energia necessária para mastigar um alimento sólido a um estado de prontidão para engolir (PEREIRA, 2012). A gomosidade é o produto da dureza e da coesividade. A coesividade expressa a capacidade de desintegração de o produto alimentar sob ação mecânica da mastigação, resultado da divisão da energia consumida na segunda compressão pela energia consumida na primeira compressão

(SZCZESNIAK et al., 1975; GUPTA et al., 2009). A elasticidade é a taxa a qual um bolo deformado volta ao seu estado indeformado após a força de deformação ser removida (SZCZESNIAK, 2002). Adesividade é a força necessária para superar a atração entre o alimento e o palato (SCARANTO, 2010). Fraturabilidade força necessária para romper ou fraturar a amostra (SCARANTO, 2010).

No geral nos bolos com farinha de polpa (BFP), as formulações 1 e 7 configuram entre os maiores índices de dureza, mastigabilidade, gomosidade e fraturabilidade, ao passo que os menores foram observados em 2 e 8. Analogamente, nos bolos com farinha de casca e cilindro central (BFCC) os maiores valores de dureza também foi representada pelas mesmas formulações (1 e 7), sendo que os demais parâmetros por 1 e 5, enquanto os resultados mais baixos foram representados pelas formulações 4 e 6 em todos. Portanto, essas variantes texturais se correlacionam, em razão disso, as amostras com altos valores necessitam de maior pressão entre os dentes molares, pois por serem mais firmes exigem mais força na mordida, na fragmentação durante a mastigação e requerem mais tempo de mastigação a fim de que fiquem adequadas para serem engolidas. Proporcionalmente, estes atributos para BFP aumentaram com a redução da margarina, enquanto para o BFCC esse efeito ocorreu com a redução da FCC e da margarina.

De acordo com Hamid e Luan (2000), a mastigabilidade diminuiu com a maior adição de fibras dietéticas de farelo de arroz desengordurado em produtos de panificação. Cervera et al. (2011), ao utilizarem fibra de cacau em diferentes concentrações (11,5; 23 e 34,5%) como substituto de gordura em *muffins*, verificaram que o aumento da porcentagem da fibra promoveu o aumento nas propriedades de dureza (17,59-21,95 N) e mastigabilidade (7,46-8,06 N mm), bem como a redução da coesividade (0,49-0,46) e da elasticidade (0,87-0,75).

Entretanto, apenas o BFP expressou valores elevados para fraturabilidade, das quais a amostra 1 mostrou-se maior, com baixo teor de FP e alto teor de margarina em relação a 7. Isso significa que dos 10 ensaios, 1 e 7, exigem mais força para se esmigalhar ou quebrar em relação aos demais. Análogo aos atributos anteriores, essas duas amostras apresentaram baixas quantidades de margarina. No BFCC, todas as formulações mostraram-se constantes em relação à fraturabilidade, indicando isenção de força para que se quebre.

A formulação 6 está entre os menores valores de coesividade (0,36) e elasticidade (0,79) para o BFP e a 3 apresentou o menor resultado para coesividade (0,44) e o maior para elasticidade (0,94) para o BFCC. O ensaio menos coeso tem mais facilidade para se esfarelar em relação as demais formulações, devido a fragilidade quando comprimido entre os dentes, em contrapartida a elasticidade elevada, necessitou de uma intensidade maior para retornar ao seu estado original depois de ser pressionado pelos dentes. A redução da coesividade e da elasticidade no BFP ocorreu com o aumento da concentração de margarina e da FP, ao passo que no BFCC a diminuição da percentagem de margarina e o aumento da FCC, reduziu a coesividade e elevou a elasticidade.

Lee et al. (2004) avaliaram os efeitos da substituição parcial da margarina por farelo de aveia e linhaça sobre as propriedades físicas e reológicas de bolos. Os autores observaram que a coesividade diminuiu e a maciez aumentou gradualmente com o aumento da substituição. Coelho et al. (2010), também demonstraram que a quantidade de farinha de bagaço de maçã utilizado para elaboração de bolo, que foi de 24%, reduziu coesividade e aumentou maciez.

A adesividade foi menor nas formulações 4 (BFP) e 2 (BFCC), indicando menos força para retirar o bolo que aderiu a boca durante o processo normal de alimentação, isso significa que foi de fácil remoção da boca durante o ato de comer e não foi pegajoso, embora as demais formulações encerrem valores inferiores também. Esse efeito foi ocasionado pelo aumento da quantidade de margarina e das farinhas de abacaxi. Gupta et al. (2009) observaram redução da adesividade em bolos com o aumento da concentração de farinha de cevada (10 e 20%) em substituição à farinha de trigo, 1,46-1,39 N mm.

As Tabelas 4.18 e 4.19 apontam os efeitos linear e quadrático de cada variável e sua interação ao serem adicionadas nos bolos. A variável tem efeito significativo quando p for menor que 0,05.

Observando a Tabela 4.18, a coesividade, elasticidade e adesividade não tiveram efeito significativo nos itens linear, quadrático e interação farinha de polpa de abacaxi e margarina, em função dos elevados valores de p, assim como o R^2 e o R^2_{ajust} mostraram-se distantes, permitindo a exclusão da equação que as representa, em função do modelo não se ajustar aos dados experimentais.

Tabela 4.18 – Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação aos parâmetros de textura nos bolos.

Dureza (N)	Efeito	p	Coesividade	Efeito	p	Elasticidade	Efeito	p	Mastigabilidade (N)	Efeito	p
FP (L)	0,0344	0,9418	FP (L)	-0,0654	0,0779	FP (L)	0,0349	0,3808	FP (L)	-0,1589	0,3081
FP (Q)	0,7945	0,2474	FP (Q)	-0,0725	0,1194	FP (Q)	0,0070	0,8875	FP (Q)	0,0962	0,6215
M (L)	-1,7722	0,0162	M (L)	0,0431	0,1951	M (L)	0,0274	0,4828	M (L)	-0,5009	0,0212
M (Q)	0,4735	0,4652	M (Q)	-0,0481	0,2604	M (Q)	0,0687	0,2174	M (Q)	0,1504	0,4508
FP x M	1,9419	0,0364	FP x M	0,0543	0,2385	FP x M	0,1029	0,1097	FP x M	1,0846	0,0049
R²	0,8726		R²	0,7782		R²	0,6717		R²	0,9219	
R²_{ajust}	0,7134		R²_{ajust}	0,5010		R²_{ajust}	0,2615		R²_{ajust}	0,8244	
Gomosidade (N)	Efeito	p	Adesividade (N)	Efeito	p	Fraturabilidade (N)	Efeito	p			
FP (L)	-0,2644	0,1425	FP (L)	-0,0951	0,3062	FP (L)	-1,3410	0,1343			
FP (Q)	0,0960	0,6431	FP (Q)	-0,0560	0,6292	FP (Q)	0,0171	0,9863			
M (L)	-0,6500	0,0110	M (L)	-0,0805	0,3772	M (L)	-3,1859	0,0112			
M (Q)	0,0263	0,8973	M (Q)	-0,0764	0,5158	M (Q)	2,6242	0,0502			
FP x M	1,0575	0,0067	FP x M	-0,1824	0,1864	FP x M	2,6810	0,0570			
R²	0,9261		R²	0,5772		R²	0,9083				
R²_{ajust}	0,8338		R²_{ajust}	0,0488		R²_{ajust}	0,7938				

Tabela 4.19 – Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis da farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi e margarina em relação às variáveis de textura.

Dureza (N)	Efeito	p	Coesividade	Efeito	p	Elasticidade	Efeito	p
FCC (L)	-1,4125	0,0032	FCC (L)	-0,0893	0,0100	FCC (L)	0,0186	0,4848
FCC (Q)	0,5450	0,1413	FCC (Q)	0,0783	0,0375	FCC (Q)	-0,0199	0,5676
M (L)	-1,4685	0,0028	M (L)	0,0311	0,1837	M (L)	-0,0252	0,3558
M (Q)	0,6647	0,0895	M (Q)	0,0791	0,0368	M (Q)	0,0279	0,4328
FCC x M	0,0952	0,7797	FCC x M	0,0164	0,5824	FCC x M	-0,0714	0,1053
R²		0,9564	R²		0,9031	R²		0,6665
R²_{ajust}		0,9019	R²_{ajust}		0,7821	R²_{ajust}		0,2497
Mastigabilidade (N)	Efeito	p	Gomosidade (N)	Efeito	p	Adesividade (N)	Efeito	p
FCC (L)	-0,8401	0,0026	FCC (L)	-1,0735	0,0021	FCC (L)	-0,0850	0,3147
FCC (Q)	0,4464	0,0556	FCC (Q)	0,5780	0,0462	FCC (Q)	-0,0720	0,5030
M (L)	-0,5911	0,0094	M (L)	-0,6664	0,0121	M (L)	0,0664	0,4205
M (Q)	0,5273	0,0342	M (Q)	0,5762	0,0467	M (Q)	-0,0736	0,4944
FCC x M	-0,0421	0,8248	FCC x M	0,0973	0,6765	FCC x M	0,1725	0,1749
R²		0,9514	R²		0,9521	R²		0,5838
R²_{ajust}		0,8907	R²_{ajust}		0,8923	R²_{ajust}		0,0630

A fraturabilidade apontou efeito significativo para o modo linear e quadrático da variável margarina, ao passo que R^2 e R^2_{ajust} denotaram certa aproximação.

Em relação à dureza, mastigabilidade e gomosidade a significância se aplicou ao modo linear da variável margarina e a interação entre 'farinha de polpa x margarina' expressos pelos baixos valores de p, confirmando que a inclusão de margarina teve maior influência sobre o perfil de textura dos bolos quando comparado a farinha de polpa de abacaxi, conforme se observa na Figura 4.16. Excluíram-se os termos com p elevados a fim de se obter o R^2 e o R^2_{ajust} próximos entre si (Tabela 4.20).

Na Tabela 4.19 os padrões correspondentes a elasticidade e a adesividade não apresentaram efeito significativo no modo linear, quadrático e interação 'FCC x margarina' nas variáveis em estudo, com $p > 0,05$ e R^2 e R^2_{ajust} com valores distantes entre si. Em relação à dureza, coesividade, mastigabilidade e gomosidade, o efeito significativo para o modo linear deu-se para as variáveis FCC e margarina em todos, exceto para a margarina na coesividade e para interação (FCC x margarina) em todos os indicadores; e para o termo quadrático a significância não foi identificada na interação, em todos, na FCC e na margarina para a dureza e apenas na FCC da mastigabilidade, Figura 4.17. Descartando os termos com baixo efeito significativo (interação FCC x margarina), atinge-se R^2 e R^2_{ajust} compatíveis constituindo-se em aproximação entre os valores preditos pelo modelo e os dados experimentais, conforme a Tabela 4.20.

Tabela 20 - Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância para o perfil de textura dos bolos com farinha de abacaxi.

Bolo com farinha de polpa de abacaxi	
Dureza = $6,95 - 0,04 FP^2 - 0,23 M + 0,02 (FP)(M)$	$R^2 = 0,852; R^2_{ajust} = 0,778$
Mastigabilidade = $4,39 - 0,57 FP - 0,17 M + 0,03 (FP)(M)$	$R^2 = 0,908; R^2_{ajust} = 0,861$
Gomosidade = $4,88 - 0,58 FP - 0,18 M + 0,03 (FP)(M)$	$R^2 = 0,921; R^2_{ajust} = 0,882$
Bolo com farinha de 80% de casca + 20% cilindro de abacaxi	
Dureza = $8,75 - 0,61 FCC + 0,04 FCC^2 - 0,39 M + 0,01 M^2$	$R^2 = 0,955; R^2_{ajust} = 0,920$
Coesividade = $0,83 - 0,07 FCC + 0,01 FCC^2 - 0,03 M$	$R^2 = 0,895; R^2_{ajust} = 0,810$
Mastigabilidade = $4,76 - 0,43 FCC + 0,03 FCC^2 - 0,26 M + 0,01 M^2$	$R^2 = 0,951; R^2_{ajust} = 0,911$
Gomosidade = $5,57 - 0,56 FCC + 0,04 FCC^2 - 0,29 M + 0,01 M^2$	$R^2 = 0,950; R^2_{ajust} = 0,910$

Com base na Figura 4.16 os indicadores da dureza, mastigabilidade e gomosidade reduziram conforme o percentual de margarina aumentava, processo

similar se deu com a farinha de polpa a medida que esta aumentava. De acordo com Esteller et al. (2006), geralmente, a adição de gorduras e açúcar nas massas tornam-nas mais macias, mais elásticas e facilitam a mastigação. O seu excesso baixa a coesividade fazendo com que a massa se desfaça com facilidade. Ainda segundo os autores, relativamente às fibras, estas ajudam na maciez do bolo, mas quando presentes em quantidades muito elevadas necessitam de uma maior salivacão e um maior número de mastigações e movimentação da boca, tornando os bolos mais duros.

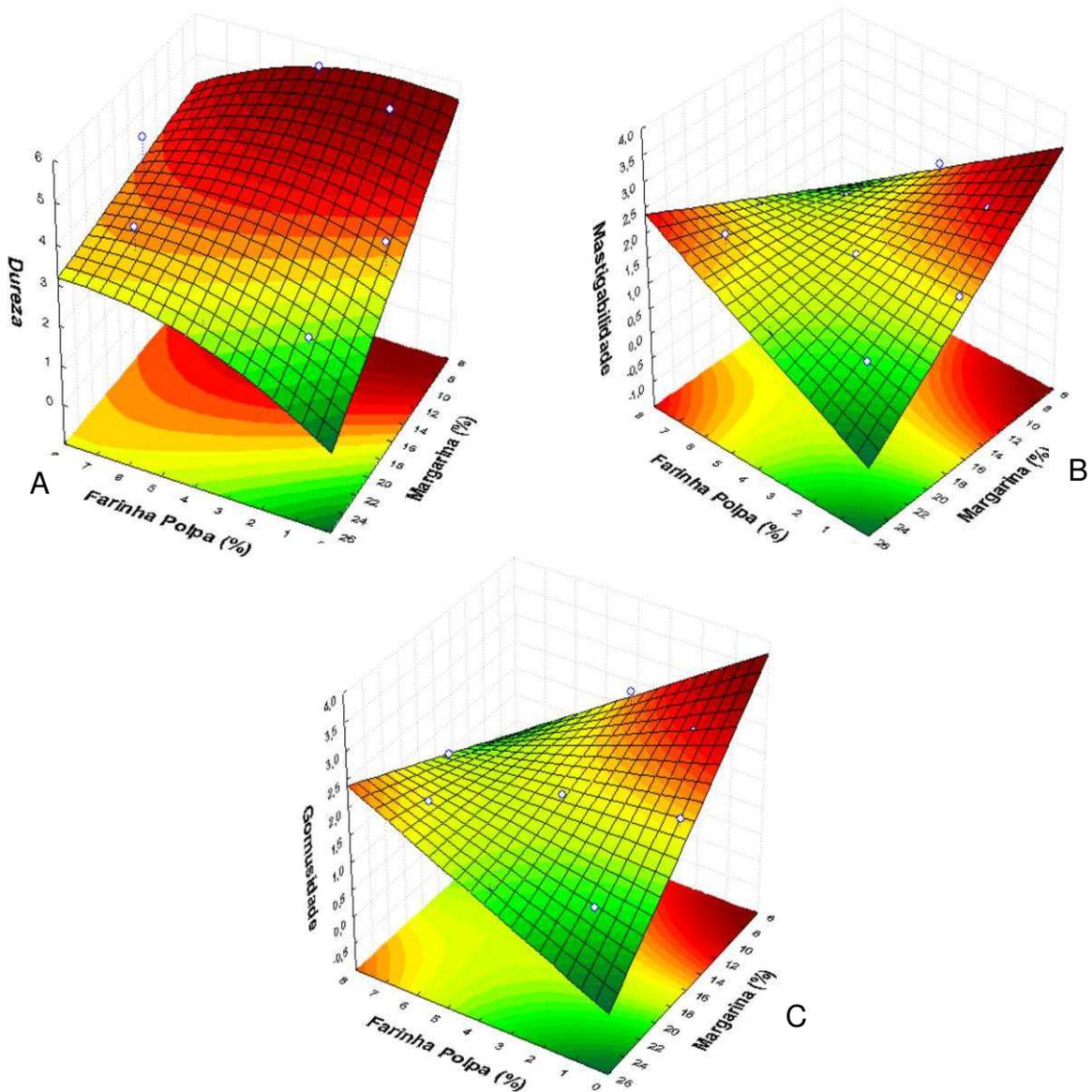


Figura 4.16 – Superfícies de Resposta referentes à dureza (A), mastigabilidade (B) e gomosidade (C) em função do teor de margarina (%) e farinha de polpa (%) de abacaxi.

Todavia, entre a margarina e a FP, a primeira exerceu maior interferência sobre as propriedades da textura dos bolos, como se identifica na Figura 4.16. De acordo com Kumari et al. (2011) a gordura afeta a textura do produto final através da incorporação de ar durante o processo de batimento do creme, promovendo aeração e acabamento do bolo, do revestimento das proteínas e das partículas do amido, prevenindo a hidratação e a continuação da rede glúten-amido, além de atuar como emulsificante para os líquidos da massa em bolos. Mas, no geral, as formulações com maiores percentagens de margarina e farinha de polpa tiveram bolos com menores valores de fraturabilidade, dureza, gomosidade, mastigabilidade e elasticidade, em contrapartida, a introdução da margarina afetou de forma desfavorável a adesividade.

A Figura 4.17 corrobora com os bolos com farinha de polpa, aumentando a margarina e a farinha de casca e cilindro central promoveram a redução da dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos. De acordo com Esteller et al. (2006) a falta de gorduras e fibras na massa torna-as mais densas e duras, diminuindo a elasticidade e a coesividade das mesmas. Os bolos com FCC, a gordura influenciou positivamente na adesividade e a elasticidade dos mesmos.

Verificou-se maior influência da farinha de casca e cilindro central nos bolos sobre a textura em relação à margarina quando comparado com a farinha de polpa de abacaxi inserida nas formulações, conotando com o percentual de fibra presente na casca em detrimento da polpa. Observou-se que a fibra presente na farinha de casca e cilindro central teve papel amaciante, pois os deixou mais leves. Porém, valores muito elevados de FCC podem aumentar a dureza, mastigabilidade e gomosidade em função do excesso de fibras presentes.

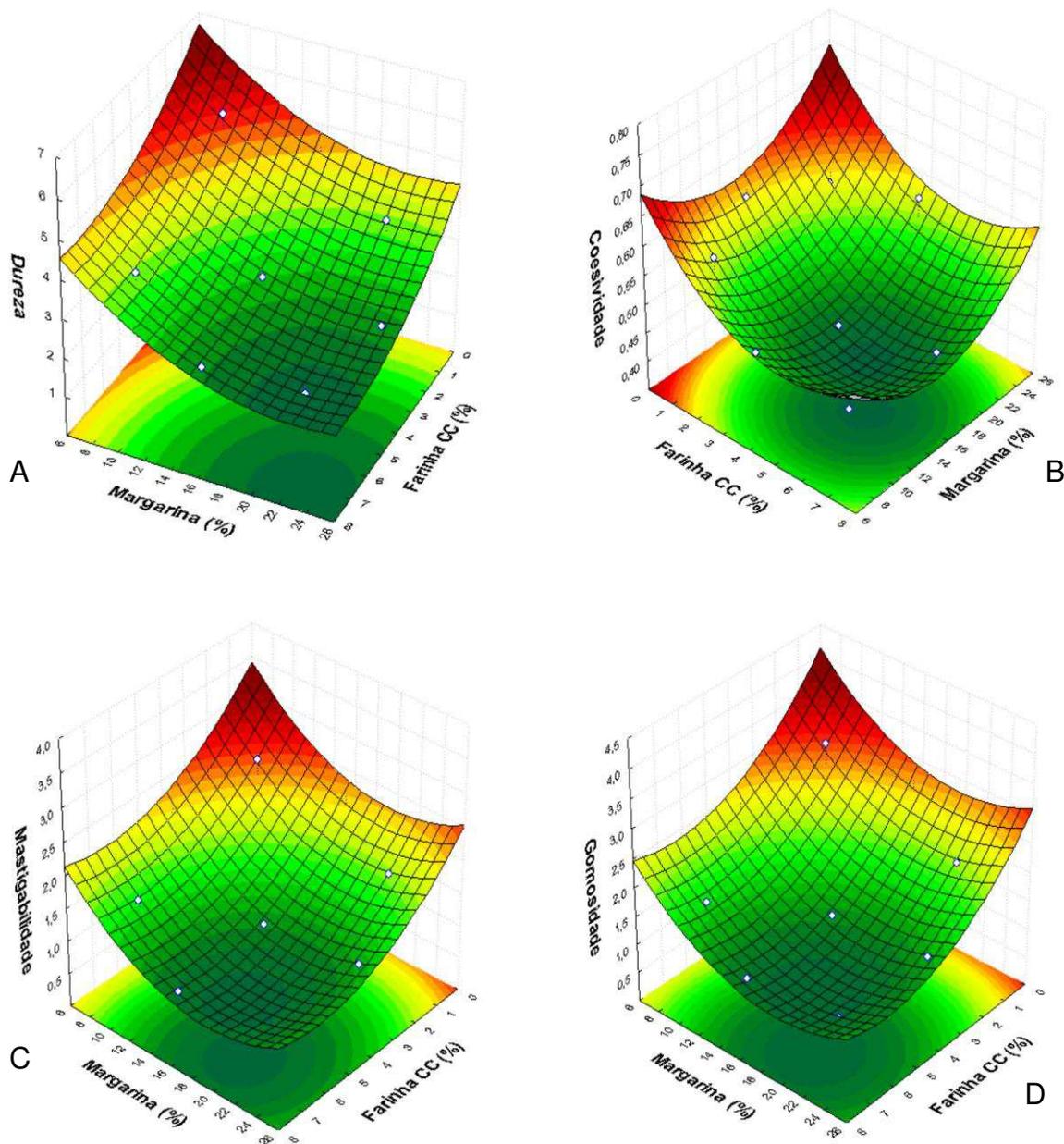


Figura 4.17 – Superfícies de Resposta referentes a dureza (A), coesividade (B), mastigabilidade (C) e gomosidade (D) em função do teor de margarina (%) e farinha de casca e cilindro central (%) de abacaxi.

4.8 Análise sensorial descritiva quantitativa

4.8.1 Perfil dos provadores

O perfil dos provadores que participaram das etapas referentes à análise sensorial descritiva quantitativa foi composto por 54,5% de indivíduos do sexo feminino e 45,5% do masculino. A maioria afirmou gostar (57,6%) ou gostar muito

(6,1%) de produtos ricos em fibra, e 3% mostraram-se indiferentes aos mesmos. 66,7% dos provadores afirmou ser consumidor de produtos ricos em fibra, principalmente, pão, biscoitos e frutas. Quanto aos produtos sem adição de açúcar, 57% do painel denotou consumi-los, na forma de bolachas, sucos e iogurtes. Em relação ao consumo de bolos 61% apresentou restrição ao consumo deste tipo de produtos por questões de saúde. A frequência de consumo de bolos pelos demais provadores é alto com 45,5% afirmar ingeri produtos semelhantes uma vez por semana, 24,2% diariamente, 21,2% uma vez por semana e 9,1% ocasionalmente.

4.8.2 Análise sensorial para os bolos com farinha de abacaxi

A Tabela 4.21 contém os valores médios da análise sensorial descritiva quantitativa para a matriz de planejamento dos bolos adicionados com farinha de polpa (BFP) e com 80% de casca + 20% cilindro central (BFCC) de abacaxi.

Conforme a Tabela 4.21, percebeu-se que segundo os provadores, a formulação 7 denotou menores valores para oleosidade (L) e sabor a margarina (H), em ambos os bolos, bem como os itens referentes a fraturabilidade (J) e cheiro de margarina (C) para o bolo com farinha de polpa (BFP) e sabor cru (G) para o bolo com farinha de casca e cilindro central (BFCC) em função dos baixos teores de margarina inseridos em sua constituição.

Contrariamente a formulação 4 para o BFP, apresentou elevados valores para os atributos da textura (fraturabilidade (J), maciez (K), oleosidade (L) e granulabilidade (M)), estando em consonância com a caracterização da matriz de planejamento para o perfil de textura instrumental, essa elevação foi proporcionada pela alta percentagem de margarina em sua composição; acompanhando esse aumento seguiram os itens cheiro de margarina (D), saboroso (R), doce (E) e a apreciação global (Q).

Para o BFCC, os provadores referiram-se a formulação 2 como a que possui elevado cheiro de margarina (D), oleosidade (L) e sabor a margarina (H), isso se deve aos altos índices de margarina e baixos índices de farinha de casca e cilindro central, enquanto a formulação 8, possuindo o maior teor de margarina em sua composição, sobressaiu-se com alto teor de fraturabilidade (J) e maciez (K).

Resultados compatíveis a formulação 4 (BFP) e 2 (BFCC) deste estudo foram observados por Pinheiro e Penna (2004) ao explicarem que o sabor de produtos com reduzido teor de gordura tende a ter menor aceitabilidade do que produtos com

alto teor de gordura, devido a falta de compostos solúveis em gordura que são liberados durante a mastigação e contribuem para o sabor global.

Tabela 4.21 - Resultados obtidos da análise sensorial descritiva quantitativa para a matriz de planejamento dos bolos incorporados com farinha de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi.

Bolo com farinha de polpa de abacaxi													
Ensaio	Cor		Cheiro		Textura				Sabor				Apreciação global
	A	B	C	D	J	K	L	M	R	E	G	H	Q
1	4,45	3,55	1,88	2,84	2,91	3,70	2,62	1,65	3,00	2,72	1,56	2,11	3,64
2	4,70	3,82	2,21	2,75	4,14	4,36	3,75	1,72	3,79	3,39	1,73	3,47	3,97
3	6,31	5,82	3,48	2,35	3,42	4,04	3,53	3,24	4,83	4,58	1,23	1,74	4,71
4	6,13	5,58	3,32	2,89	5,35	5,76	3,85	3,59	5,23	4,95	1,16	2,27	6,18
5	2,81	2,39	1,92	2,61	2,84	3,30	2,58	1,71	3,36	2,86	1,68	2,31	4,42
6	5,56	5,03	2,51	2,82	4,02	4,50	3,52	3,30	5,17	4,32	0,89	2,12	5,27
7	6,01	5,13	1,82	1,83	2,36	2,63	1,77	2,38	3,82	3,12	0,75	1,53	4,08
8	4,90	4,36	2,50	2,80	4,91	4,78	3,95	1,69	4,73	4,14	1,56	2,63	4,88
9	5,35	4,66	2,42	1,87	4,74	4,91	2,77	2,34	4,36	3,89	1,07	1,72	4,71
10	6,40	4,91	2,38	1,56	3,99	4,30	2,64	2,49	3,98	3,43	0,71	1,58	4,00
Bolo com farinha de 80% casca + 20% cilindro central de abacaxi													
Ensaio	Cor		Cheiro		Textura				Sabor				Apreciação global
	A	B	C	D	J	K	L	M	R	E	G	H	Q
1	2,94	3,07	2,19	2,81	2,09	3,27	3,03	2,43	3,15	2,65	2,35	3,01	3,56
2	3,49	3,58	2,43	3,32	3,61	3,99	4,05	3,04	4,13	3,64	2,49	3,35	4,29
3	6,33	6,02	4,52	2,07	4,18	4,89	2,89	5,67	5,89	4,66	1,33	1,77	5,95
4	6,37	6,19	4,09	2,78	4,29	5,35	3,74	5,11	5,20	4,37	1,57	2,89	5,73
5	1,77	2,01	1,07	3,08	1,77	2,06	3,51	1,21	2,69	1,99	3,86	2,97	2,70
6	6,43	5,79	3,17	2,04	4,57	4,53	2,48	5,84	4,88	3,60	1,07	1,71	5,25
7	5,47	4,64	1,78	1,86	2,76	3,30	1,85	4,68	3,58	2,28	0,98	1,26	3,10
8	4,82	4,20	2,02	2,20	5,84	5,93	3,61	3,74	4,64	3,26	1,50	2,72	4,48
9	5,42	4,61	2,49	1,83	4,38	5,00	3,13	3,91	3,83	3,01	1,34	2,02	4,48
10	5,27	4,77	2,33	1,94	3,92	4,33	3,59	4,52	4,17	3,02	1,15	2,11	4,67

A = cor crosta; B = cor interior; C = cheiro fruta; D = cheiro margarina; E = doce; G = sabor cru; H = sabor margarina; J = fraturabilidade; K = maciez; L = oleosidade; M = granulosidade; R = saboroso; Q = aceitação.

O BFP para o item cor da crosta e do miolo apontou as menores médias para a formulação 5, em razão da menor quantidade de farinha de polpa existente em sua formulação, entrando em consonância com as informações preestabelecidas sobre a relação cor e farinha de polpa de abacaxi, resultando em bolos mais claros. Inversamente, o valor mais elevado para estes discretos sensoriais variaram de 10 (crosta) para 3 (miolo), formulações com coloração mais escura.

Corroborando com os dados obtidos, Dotto (2004) usou teste sensorial afetivo para avaliar formulações de bolos enriquecidos com farinha de banana verde e a coloração mais escura, a formulação com 30 % dessa farinha, mostrou-se mais atrativa para os avaliadores. Miranda et al. (2013) ao investigarem bolos elaborados com farinha da casca de maracujá em diferentes concentrações (7%, 10% e 14%) perceberam a preferência dos provadores pelo mais escuro, e portanto, com maior teor dessa farinha, resultando em maior média 7,56.

Similarmente o BFCC, a formulação 5 apontou as menores médias para cor da crosta (A), seguido de cheiro de fruta (C), fraturabilidade (J), maciez (K), granulidade (M), saboroso (R), doce (E), e apreciação global (Q) e maiores para sabor cru (G) e sabor a margarina (H), tal comportamento ocorreu devido a baixa quantidade de farinha de casca e cilindro central.

Resultados opostos foram obtidos para a textura por Lima Júnior et al. (2016) quando produziram bolos acrescidos de farinha de casca de abacaxi (FC) em diferentes concentrações (2,5; 5,0; 7,5 e 10%), obtendo maior média (7,54) na formulação com menor porcentagem de FC; e por Silva et al. (2013a) também observaram que os bolos com maior teor de substituição da farinha de trigo por farinha de albedo de laranja (8,35%) obtiveram a menor média sensorial para textura (5,78) descrito por uma parcela de 10% dos provadores em escala hedônica, que relataram um aspecto de textura ligada. Por outro lado, Carvalho et al. (2012), utilizando formulações com 2,5 e 4,0% de farinha de casca de banana para elaboração de *cupcake*, obtiveram os melhores índices para textura, sabor e aceitação global, respectivamente, 7,67; 7,38 e 4,18, para o *cupcake* com maior quantidade de farinha de banana na constituição.

Sudha et al. (2007) verificaram que a maior adição de bagaço de maçã resultou em menor aceitação dos bolos, o mesmo não foi observado nesse estudo, uma vez que a formulação 4 (BFP) e a 3 (BFCC) configuraram entre as maiores concentrações de farinha de fruta. Borges et al. (2013), avaliando bolo de laranja com frutanos também perceberam redução de aceitação pela aparência, textura, sabor e aceitação global (82%) em relação ao bolo padrão (92%), embora em relação ao aroma os produtos tenham sido iguais.

Outros autores demonstraram resultados compatíveis com esse experimento, segundo teste em escala hedônica, como Martin et al. (2012), avaliando bolo

elaborado com resíduo de casca de abacaxi obtiveram respostas dos provadores superiores a 7 para a maioria dos aspectos sensoriais (sabor, aroma, textura e aparência global), apresentando boa aceitação para todos os atributos avaliados. Coelho et al. (2010), estudando bolos com 24% de bagaço de maçã, apresentou médias entre 7 e 8 (gostei moderadamente/gostei muito), mostrando aceitação do produto.

Silva et al. (2012) comparando bolo otimizado com 27,5% fécula de mandioca + 7,5% de farinha de albedo de laranja em relação a formulação padrão, apresentaram melhor aceitação junto aos consumidores a formulação otimizada frente as formulações padrão; por fim, Silva et al. (2013a) ao estudar o efeito das variáveis açúcar, polvilho azedo e albedo de laranja nas formulações de bolos obtiveram médias, para todos os atributos, entre 5,52 e 8,14, o que corresponde, na escala hedônica, aos termos 'não gostei/nem desgostei' e 'gostei muito', respectivamente, comprovando que a substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja é uma alternativa na elaboração de bolos.

As Tabelas 4.22 e 4.23 expõem o efeito linear e quadrático das variáveis farinha de abacaxi, margarina e a interação (farinha de abacaxi e margarina) relativo aos atributos da análise sensorial quando foram adicionados aos bolos. Foi dado como efeito significativo $p < 0,05$.

Dos atributos listados, nas Tabelas 4.22 e 4.23, foram selecionados aqueles com comportamento mais relevante, dentre eles: cor interior, maciez, granulidade, saboroso e apreciação global.

Conforme a Tabela 4.22 tem-se para os bolos com farinha de polpa, a cor interior e a apreciação global tiveram efeito significativo para o modo linear na variável farinha de polpa; maciez e granulidade para a margarina no modo linear; e o atributo saboroso para farinha de polpa e margarina, os demais efeitos denotaram $p > 0,05$. Eliminaram-se os termos de baixa significância, aproximando-se R^2 e R^2_{ajust} , Tabela 4.24.

Tabela 4.22 - Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis farinha de polpa de abacaxi e margarina em relação a cada atributo da análise sensorial descritiva quantitativa.

Variável	A – Cor da crosta		B - Cor interior		C – Cheiro fruta		D – Cheiro margarina		J - Fraturabilidade		K - Maciez		L - Oleosidade	
	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p
FP (L)	1,7972	0,0158	1,9391	0,0024	0,8852	0,0733	-0,0150	0,9396	0,8447	0,0420	0,8571	0,0843	0,5884	0,1414
FP (Q)	-1,4047	0,0764	-0,8420	0,0874	0,0818	0,8744	1,0953	0,0114	-0,7218	0,1295	-0,3719	0,4952	0,5893	0,2385
M (L)	-0,3756	0,4481	-0,2680	0,3967	0,2862	0,4789	0,4542	0,0721	1,6885	0,0041	1,3549	0,0225	1,1349	0,0242
M (Q)	-0,1324	0,8338	0,1942	0,6308	0,0290	0,9553	0,6962	0,0481	-0,5170	0,2443	-0,5691	0,3153	0,3986	0,0243
FP x M	-0,2189	0,7466	-0,2517	0,5630	-0,2491	0,6563	0,3169	0,2970	0,3523	0,4337	0,5257	0,3777	-0,3996	0,4021
R²	0,8540		0,9335		0,6257		0,8749		0,9233		0,8377		0,8232	
R²_{ajust}	0,6715		0,8504		0,1579		0,7185		0,8274		0,6349		0,6021	
Variável	M - Granulosidade		R - Saboroso		E - Doce		G – Sabor cru		H – Sabor margarina		Q – Apreciação global			
	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito		p	
FP (L)	1,4306	0,0064	1,4578	0,0004	1,3709	0,0062	-0,5047	0,0566	-0,4605	0,0965	1,1186		0,0266	
FP (Q)	0,2282	0,5629	0,0598	0,7533	0,0799	0,8277	0,5020	0,1165	0,6899	0,0704	0,4672		0,3403	
M (L)	-0,1411	0,6336	0,6222	0,0098	0,6176	0,0764	0,3136	0,1743	0,8594	0,0156	0,7355		0,0874	
M (Q)	-0,2397	0,5444	0,0731	0,7019	0,1203	0,7443	0,3693	0,2158	0,5582	0,1184	0,1032		0,8209	
FP x M	0,1419	0,7327	-0,1926	0,3638	-0,1483	0,7074	-0,1214	0,6748	-0,4113	0,2436	0,5650		0,2882	
R²	0,8793		0,9723		0,8940		0,7830		0,8821		0,8301			
R²_{ajust}	0,7285		0,9378		0,7615		0,5118		0,7348		0,6178			

Tabela 4.23 - Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi e margarina em relação a cada atributo da análise sensorial descritiva quantitativa.

Variável	A – Cor da crosta		B - Cor interior		C – Cheiro fruta		D – Cheiro margarina		J - Fraturabilidade		K - Maciez		L - Oleosidade	
	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p
FCC (L)	3,2154	0,0001	2,7283	0,0011	1,7409	0,0597	-0,6888	0,0487	1,6795	0,0138	1,6149	0,0185	-0,4799	0,2308
FCC (Q)	-1,1646	0,0141	-0,5102	0,3024	0,3595	0,7051	0,8983	0,0507	-1,0743	0,1127	-1,1573	0,1063	-0,0870	0,8560
M (L)	-0,0848	0,7089	0,0136	0,9687	0,0365	0,9591	0,4253	0,1586	1,4985	0,0202	1,2244	0,0437	1,0900	0,0327
M (Q)	-0,1191	0,6922	0,0112	0,9805	0,1387	0,8829	0,3665	0,3228	0,0563	0,9206	0,1632	0,7840	-0,3488	0,4811
FP x M	-0,2566	0,4321	-0,1667	0,7360	-0,3302	0,7444	0,1033	0,7811	-0,7031	0,2827	-0,1266	0,8421	-0,3488	0,8705
R²	0,9844		0,9473		0,6390		0,8228		0,9055		0,8797		0,7638	
R²_{ajust}	0,9648		0,8814		0,1877		0,6013		0,7478		0,7293		0,4686	
Variável	M - Granulosidade		R - Saboroso		E - Doce		G – Sabor cru		H – Sabor margarina		Q – Apreciação global			
	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito	p	Efeito p			
FCC (L)	2,9659	0,0005	1,7233	0,0102	1,2540	0,0787	-1,4759	0,0049	-0,8727	0,0457	1,8551 0,0256			
FCC (Q)	-0,5905	0,2026	0,1071	0,8403	0,3050	0,6882	1,2599	0,0220	0,5720	0,2287	-0,0970 0,8976			
M (L)	-0,3214	0,3346	0,4515	0,2970	0,5170	0,3874	0,2806	0,3440	0,8802	0,0446	0,6143 0,3147			
M (Q)	0,0956	0,8174	0,4316	0,4355	0,2826	0,7095	0,0341	0,9262	0,2192	0,6153	-0,2819 0,7106			
FCC x M	-0,5898	0,2280	-0,8368	0,1915	-0,6401	0,4444	0,0496	0,8998	0,3900	0,4165	-0,4767 0,5627			
R²	0,9646		0,8648		0,6495		0,9243		0,8291		0,7767			
R²_{ajust}	0,9202		0,6958		0,2115		0,8297		0,6154		0,4974			

Enquanto, Tabela 4.23, para os bolos com FCC os atributos selecionados denotaram efeito linear para a variável 'farinha de casca e cilindro central', com $p < 0,05$, enquanto o efeito linear e quadrático da variável margarina, exceto para o parâmetro maciez, e a interação (FCC x margarina) tiveram p elevados. A seguir, retiraram-se os termos menos significativo com intuito de aumentar o nível de semelhança entre R^2 e R^2_{ajust} , Tabela 4.24, tanto para as amostras com FP quanto para com FCC, resultando nas seguintes equações:

Tabela 4.24 – Equações resultantes da eliminação dos termos de baixa significância da análise sensorial descritiva quantitativa para os bolos com farinha de abacaxi.

Bolo com farinha de polpa de abacaxi	
Cor do interior = $2,29 + 0,94 FP - 0,07 FP^2$	$R^2 = 0,907$; $R^2_{ajust} = 0,881$
Maciez = $1,85 + 0,17 FP + 0,11 M$	$R^2 = 0,741$; $R^2_{ajust} = 0,667$
Granulosidade = $1,48 + 0,28 FP - 0,01 M$	$R^2 = 0,831$; $R^2_{ajust} = 0,783$
Saboroso = $1,93 + 0,38 FP + 0,07 M - 0,01 (FP)(M)$	$R^2 = 0,971$; $R^2_{ajust} = 0,956$
Apreciação Global = $3,89 - 0,06 FP - 0,01 M + 0,02 (FP)(M)$	$R^2 = 0,928$; $R^2_{ajust} = 0,893$
Bolo com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro de abacaxi	
Cor do interior = $1,97 + 0,84 FCC - 0,04$	$R^2 = 0,946$; $R^2_{ajust} = 0,930$
Maciez = $0,48 + 1,06 FCC - 0,09 FCC^2 + 0,10 M$	$R^2 = 0,876$; $R^2_{ajust} = 0,814$
Granulosidade = $4,27 + 2,97 FCC - 0,63 FCC^2$	$R^2 = 0,935$; $R^2_{ajust} = 0,917$
Saboroso = $2,88 + 0,29 FCC$	$R^2 = 0,713$; $R^2_{ajust} = 0,631$
Apreciação Global = $4,42 + 1,85 FCC + 0,61 M$	$R^2 = 0,746$; $R^2_{ajust} = 0,673$

Os resultados da análise sensorial para a cor corroborou com os dados da caracterização física experimental para o mesmo parâmetro, ambas confirmaram aumento da coloração à medida que se elevou a proporção de farinha de casca e cilindro central, bem como de farinha de polpa de abacaxi para cada bolo. No BFCC a maciez e a granulosidade seguiram comportamento similar, sendo que a primeira também é influenciada pela quantidade de margarina como já foi exposto no perfil de textura e a segunda apresentou resultados mais expressivos nos bolos elaborados com FCC do que nos bolos contendo farinha de polpa, devido ao alto teor de fibras presentes na farinha. No BFP a maciez e a granulosidade aumentaram à medida que se elevava quantidade de farinha de polpa e de margarina.

Embora tivessem sido treinados, considerou-se que os provadores fossem consumidores, e como tal preferiram os bolos com maiores percentuais de farinha de fruta e margarina, conforme a Figura 4.18.

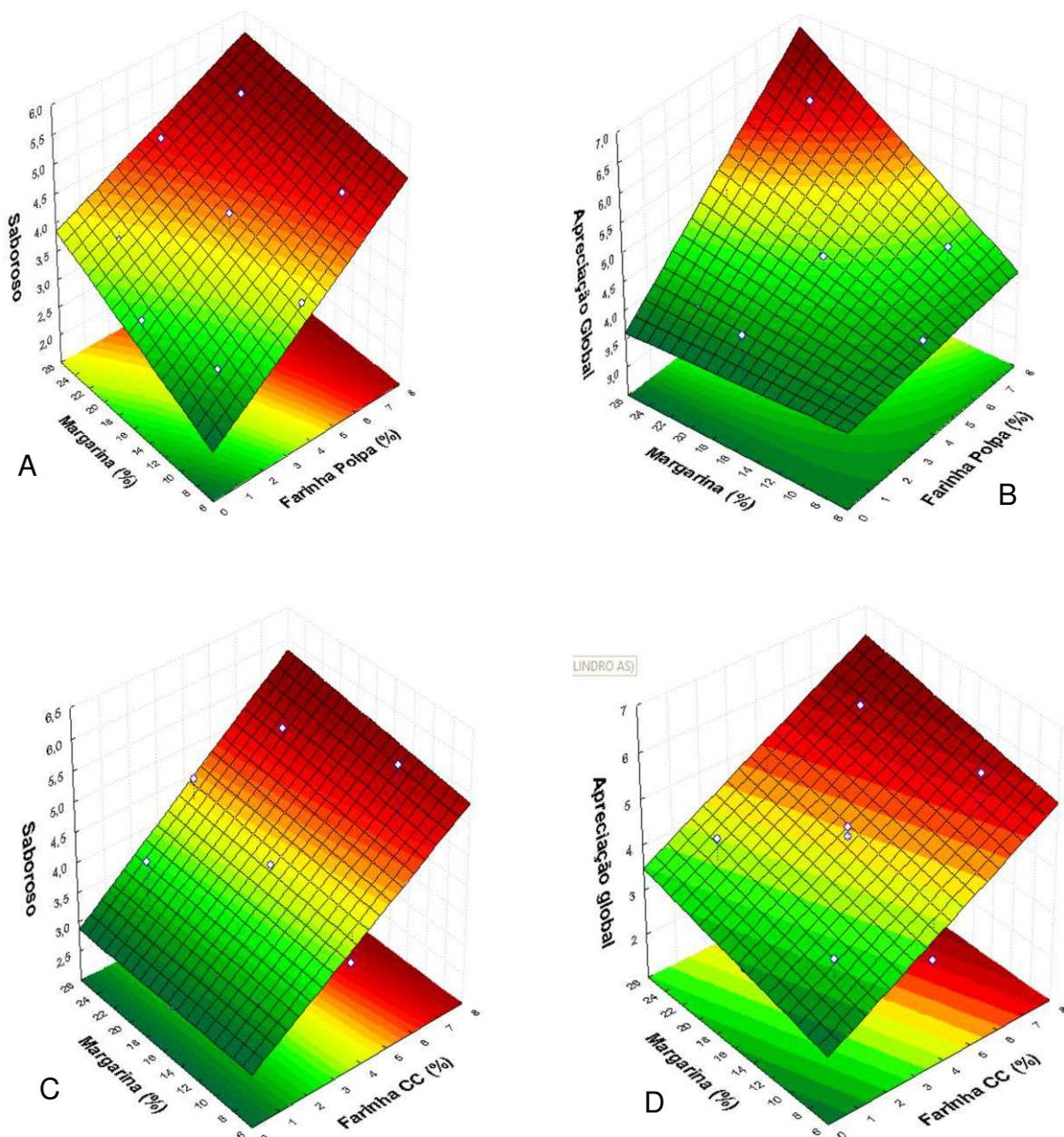


Figura 4.18 – Superfícies de Resposta referentes aos atributos Saboroso e Apreciação Global em função do teor de margarina (%) e farinha de abacaxi (%), para bolos com FP, (A) e (B), e bolos com FCC, (C) e (D).

É imperativo registrar que os bolos elaborados com as duas farinhas, FP (farinha de polpa) e FCC (mistura de farinha de 80% de casca e 20% de cilindro), o painel de julgadores não detectaram cheiro e ou sabor característicos do fruto do abacaxi nas formulações que compunham a matriz de planejamento. Fato também ocorrido com Martin et al. (2012) em bolos incorporados com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras.

4.9 Seleção e caracterização das formulações

Foram selecionadas duas formulações, uma contendo farinha de polpa (FP) e outra contendo farinha de casca + cilindro central (FCC) de abacaxi através das projeções planas de superfície de resposta referentes aos atributos Saboroso e Apreciação Global, por representam o gosto e a preferência do consumidor. As projeções de superfícies de respostas direcionaram para um bolo rico em farinha de fruta e em margarina. Porém, observaram-se as vantagens da FCC quando comparada à da polpa, pois sua região ótima encontra-se numa zona com quantidades inferiores de farinha de fruta e margarina, Figura 4.19.

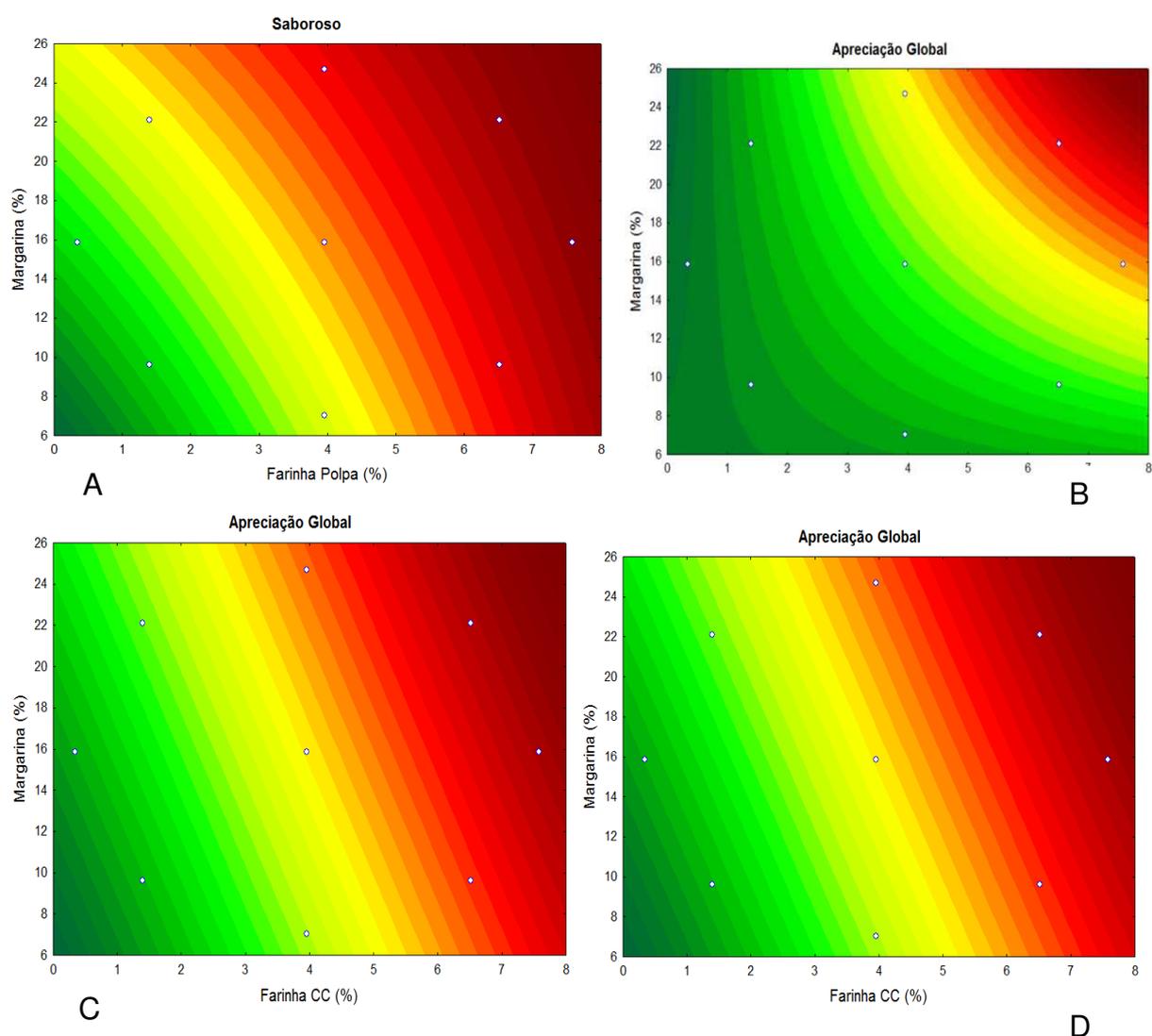


Figura 4.19 - Projeções planas dos atributos Saboroso e Apreciação Global para as equações obtidas da análise de MSR para bolos com FP, A e B, e bolos com FCC, C e D.

Com base nos dados da Figura 4.19 escolheu-se as formulações da matriz experimental com as maiores notas em Avaliação Global e Saboroso, correspondendo a 4 e a 3, respectivamente para os bolos de farinha de polpa e para os bolos de farinha de casca e cilindro (Tabela 3.9).

4.10 Caracterização e composição nutricional dos bolos

A Tabela 4.25 dispõe dos valores médios e desvio padrão encontrados para a caracterização física, química, nutricional e microbiológica dos dois bolos selecionados e elaborados com FP e com FCC.

A atividade de água dos bolos denotaram valores similares, entrando em consonância com o pH. Para pastelaria, pH > 6,0 são considerados produtos não ácidos, ambos enquadraram-se nesse nível, principalmente o bolo com farinha de casca e cilindro central que apresentou maior aproximação da neutralidade, além disso, valores de $a_w > 0,85$ são considerados elevados, estando dentro da faixa ideal para proliferação de bolores e leveduras comuns para bolos secos de acordo Smith et al. (2004), comungando com a faixa de pH (2,0 e 8,5) em que esses microrganismos se multiplicam com facilidade (SIQUEIRA, 1995). Os parâmetros pH e acidez total titulável (ATT) tiveram comportamento inverso. Os resultados da ATT para os bolos com polpa (0,047%) e com casca e cilindro central (0,036%) diferenciaram possivelmente devido à percentagem dos ácidos orgânicos constituidores de cada porção das farinhas do abacaxi usada nas formulações, mensurando a predominância no com polpa.

Os dados referentes à cor, tanto na crosta quanto no miolo, nos bolos com diferentes farinhas de abacaxi, indicaram maiores percentuais de luminosidade e intensidade de amarelo em relação à intensidade de vermelho, assim como nas respectivas farinhas. O L^* da crosta apresentou coloração intermediária, sendo o bolo com FCC mais escuro (52,83), enquanto no miolo verificou-se tonalidade mais clara no bolo com FP (67,79), traduzindo-se em uma coloração amarelada ou dourada em ambos em função dos altos valores de $(+b^*)$ frente a $(+a^*)$, principalmente no bolo com FP. Os resultados obtidos para cor foram considerados adequados, considerando a composição dos ingredientes presentes em sua formulação. A cor é um aspecto fundamental da qualidade de alimentos, sendo o primeiro atributo observado sensorialmente antes do consumo (HECKTHEUER, 1996). Em produtos forneados, a cor é um parâmetro crítico. Os bolos com crostas

muito claras ou muito escuras são associados a falhas no processo e na formulação (ESTELLER et al., 2005).

Tabela 4.25 - Caracterização física, química e nutricional dos diferentes bolos formulados com FP e de FCC.

Parâmetros	Bolo com farinha de polpa (FP)	Bolo com farinha de 80% casca+ 20% cilindro (FCC)
	Média e desvio padrão	
Atividade de água (a_w)	0,904±0,008	0,890±0,003
Cor da Crosta:		
Luminosidade (L^*)	56,30±0,01	52,83±0,03
Intensidade de vermelho (+a)	15,40±0,13	7,65±0,02
Intensidade de amarelo (+b)	39,27±0,28	33,18±0,03
Cor do Miolo:		
L^*	67,79±0,13	56,52±0,03
(+a [*])	3,58±0,01	3,62±0,03
(+b [*])	32,89±0,08	29,24±0,07
pH	6,44±0,03	6,89
Acidez total titulável (% ácido cítrico em MS)	0,047±0,002	0,036±0,004
Açúcares totais (%)	7,38±0,03	4,53±0,02
Açúcares redutores (%glicose e frutose)	2,45±0,01	2,09±0,02
Açúcares não redutores (% sacarose)	4,93±0,02	2,44±0,001
Fibra alimentar total (%)	4,81±0,04	7,96±0,41
Fibra solúvel (%)	2,60±0,04	2,51±0,41
Fibra insolúvel (%)	2,21	5,44±0,001
Minerais (mg/L):		
Ferro (Fe)	0,215±0,040	0,174±0,006
Cobre (Cu)	0,029	0,005±0,001
Manganês (Mn)	0,006±0,004	0,015±0,011
Zinco (Zn)	0,043±0,001	0,123±0,005
Potássio (K)	17,324±0,481	15,766±0,648
Sódio (Na)	72,624±0,513	44,725±0,818
Magnésio (Mg)	1,980±0,054	1,548±0,016
Cálcio (Ca)	4,100±0,043	3,451±0,037
Microbiologia (UFC/g)	2x10 ¹	1x10 ¹

Analisando os dados dos açúcares, os bolos elaborados com farinha de polpa apresentaram teores de açúcares totais superiores aos do bolo com farinha de casca e cilindro central. Isso se deve aos elevados teores de açúcar não redutor

(21,32%), representados pela sacarose, quantificados na farinha da polpa, que refletiram no produto final quando comparado com os açúcares redutores, composto por glicose e frutose, resultando em uma diferença de 0,38% em relação ao bolo com casca e cilindro, apesar de pequena, é um dado expressivo.

Observa-se que o teor de fibras existente nos bolos com farinha de casca + cilindro central (resíduos) mostra-se superior aos bolos com farinha de polpa, entrando em consonância com os dados obtidos para as respectivas farinhas, cujos maiores índices foram encontrados na casca que associada ao cilindro central potencializou os resultados existentes no bolo. Verificando o bolo com farinha de casca e cilindro central a quantidade de fibra total e insolúvel foram mais elevadas quando comparados com a fibra solúvel, contrariando os bolos elaborados com farinha de polpa, corroborando, novamente, com as farinhas da polpa e dos resíduos. Martin et al. (2012) apontaram valores similares para o bolo incorporado com resíduo de casca de abacaxi, 3,38 e 5,21% para fibras solúveis e insolúveis, respectivamente. Mattos e Martins (2000) classificam como 'alto' e 'muito alto' teor fibras, respectivamente, 4,5-6,9 g fibras/100 g e mínimo 7 g fibras/100 g, enquanto a ANVISA (2012) RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012, considera um produto 'fonte' e 'alto' teor de fibra alimentar quando apresentar no mínimo 3% e 6%, respectivamente. Conforme a legislação nacional o bolo com farinha de polpa (4,81%) foi classificado como fonte de fibra e o com farinha de casca e cilindro central (7,96%) com alto teor de fibras.

Os bolos apresentaram uma quantidade significativa de minerais, destacando-se os teores de Na, K, Ca e Mg que se sobressaíram. No geral, o consumo dos bolos representa uma forma interessante de adquirir os valores listados de minerais, reaproveitando integralmente o fruto sem desperdício.

Os dados microbiológicos estão dentro do que é proposto pela legislação nacional e internacional, enquadrando-se como satisfatório.

A Tabela 4.26 contém a composição centesimal dos dois bolos selecionados com farinha de polpa (FP) e com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central (FCC) do abacaxi.

O teor de água foi relativamente maior no bolo incorporado com farinha de casca e cilindro central (27,10%) em detrimento do bolo com farinha de polpa (24,38%), provavelmente devido aos elevados teores de fibras da casca e do cilindro

que juntos conservaram a água durante o forneamento em sua estrutura. Os valores obtidos foram próximos aos dados encontrados por Vieira et al. (2013) para bolo incorporado com casca de banana (24,21%); e por Mota et al. (2011) para bolos com alto teor de fibras *light/diet* (26,09%) e *light/diet* com inulina (26,53%) e inferiores a bolo de maçã acrescido de 28% de inulina (33,34%) proposto por Zanini et al. (2013).

O teor de cinza presente no bolo com farinha de polpa foi 0,30% superior ao bolo incorporado com farinha de casca e cilindro central. Ambos apontaram valores expressivos desse parâmetro, possivelmente em função dos altos valores de minerais provenientes das farinhas correspondentes. Vieira et al. (2010) apresentaram valores aproximados aos desse estudo 1,5 e 2,0, respectivamente, para bolo formulado com 5% e 10% de farinha de casca de maracujá amarelo.

Tabela 4.26 – Composição centesimal dos bolos com farinha de polpa e com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi (em matéria seca).

Parâmetros	Bolo com farinha de polpa	Bolo com farinha de 80% casca+ 20% cilindro	Bolo tradicional com açúcar
	Média e desvio padrão		
Teor de água	24,38±0,42	27,10±0,25	30,60±1,47
Fibras (%)	4,81±0,004	7,96±0,41	-
Cinza (%)	1,74±0,09	1,44±0,02	1,51±0,04
Lipídeos (%)	27,48±0,04	15,30±0,004	18,15±0,01
Proteína (%)	5,43±0,05	5,51±0,61	8,04±0,79
Hidratos de carbono (%)	33,86	40,11	41,69
dos quais açúcares (%)	7,38	4,53	-
Valor energético (kcal/100g)	416,71	333,37	362,32

Os lipídeos apresentaram percentagens compatíveis com a incorporação de margarina, maior no bolo com farinha de polpa em relação ao com farinha de casca e cilindro central. Os resultados foram superiores aos registrados por Silva et al. (2012) para os bolos comercial (10,77%), padrão (11,37%) e de chocolate incorporado com fécula de mandioca juntamente com farinha de albedo de laranja (11,04%).

O teor proteico do bolo com FCC foi relativamente maior que nos bolos com FP, como não possuem leite na composição e a quantidade de ovos utilizados foi

igual, a explicação mais provável provém da somatização dos valores de proteínas da casca e do cilindro central e da farinha de trigo em maior quantidade em sua formulação. Resultados inferiores foram obtidos por Miranda et al. (2013) para bolos elaborados com diferentes concentrações de farinha de casca de maracujá (7, 10 e 14%), respectivamente, 3,74; 3,73 e 3,63g para uma porção de 60 g do produto; e por Baroni et al. (2003) para o bolo inglês *light* composto por frutas desidratadas (maçã, damasco e pera), 6,9-7,0; próximos aos de Guimarães et al. (2010), 5,99% e 6,65%, para bolos contendo farinha de entrecasca de melancia, respectivamente, nas percentagens de 7 e 30%; e de Oliveira et al. (2016) para o bolo com 5% de farinha de casca de abacaxi, 6,88%.

Comparando a quantidade de hidratos de carbono, os bolos com farinha de casca e cilindro central tiveram valores maiores do que no bolo com farinha de polpa, aproximando-se inclusive, dos resultados propostos pelo bolo tradicional com açúcar, isso se deve a maior quantidade de farinha de trigo adicionada em sua formulação, ocasionando assim maior percentagem de amido que promove a elevação desse parâmetro.

Em relação ao valor energético, observou-se redução calórica nos bolos introduzidos por farinha de casca e cilindro central (333,37 kcal/100g) quando comparados com os incorporados por farinha de polpa (416,71 kcal/100g), resultado da diferença da quantidade de margarina utilizada nas duas formulações. Silva et al. (2012) encontraram valores energéticos de 332,57 para os bolos comercial, 359,96 para o padrão e de 354,50 kcal/100g para o de chocolate incorporado com fécula de mandioca juntamente com farinha de albedo de laranja. Storck et al. (2013) apresentaram cálculos energéticos inferiores para os bolos de casca de banana (226,0 kcal/100g) e de semente de mamão e melão (310,0 kcal/100g) e próximos aos valores do de moranga com casca (335,9 kcal/100g) e de laranja com casca (338,3 kcal/100g).

Produtos com menores valores energéticos estão cada vez mais atrativos para os consumidores, pois, hoje em dia, grande parte deles tem se preocupado muito mais com a saúde e, portanto, estão muito mais exigentes, mais conscientes, mais informados e mais curiosos do que anos atrás, buscando por atualização e por saúde (VILARTA et al., 2007; SUELEN, 2014). Apesar disso, perceberam-se os efeitos benéficos da introdução das farinhas nos bolos através dos índices

relevantes de proteínas, do aumento de fibras, da quantidade de elementos minerais, da redução dos lipídeos particularmente no bolo com farinha de casca e cilindro central e da eliminação do açúcar (substituído pelos edulcorantes estévia e isomalte).

4.11 - Armazenamento dos bolos selecionados

Para o estudo do armazenamento utilizaram-se os bolos com farinha de polpa (BFP) e os bolos com farinha de 80% de casca + 20% cilindro central (BFCC) do abacaxi, correspondendo as amostras 4 e 3 da matriz de planejamento, acondicionadas em embalagem de cartão, PET/PPET e PPBio, durante 4 dias, a 18 °C (temperatura ambiente de Lisboa). Os resultados das médias das determinações físicas e microbiológicas foram expostos nas Figuras 4.20 a 4.34.

Analisando os dados, através das Figuras 4.20 e 4.21, constata-se redução do teor de água e da atividade de água na embalagem de cartão à medida que o tempo se vai prologando. As amostras PET e PPBio para o teor de água apresentaram oscilações, entretanto, permaneceram menos instáveis que as de cartão.

Confrontando as três embalagens, a de cartão foi a que menos proteção ofereceu aos produtos; nas de PET/PPET e PPBio o teor de água e a atividade de água aumentaram rapidamente no primeiro dia, apresentando valores absolutos próximos, entre 27-31% e entre 0,860-0,900, respectivamente, para a teor de água e a atividade de água. Analisando o teor de água e considerando simultaneamente o 'tempo, as embalagens e o produto' não houve diferença significativa entre os tempos 1-3 (PET/PPET) e 3 (PPBio) do bolo com FP e o tempo 4 (PET/PPET) do bolo com FCC, nos tempos 2 (PPBio) do BFP e 0 e 2 (PPBio), ambos do BFCC, nos tempos 2 (PET/PPET) e 3-4 (PPBio) do BFCC, no tempo 1 (PPBio) do BFP e 1 (PET/PPET) do BFCC, bem como na embalagem de cartão nos tempos 3 BFP e 2 BFCC e por fim no tempo 4 de ambos os produtos.

Portanto, as embalagens PET/PPET e PPBio, ambas conferiram maior proteção as amostras, mantendo as qualidades físicas com maior eficácia, referência que também se aplica a atividade de água. As amostras estáveis mantiveram-se similares aos dados dos bolos industrializados cerca de 30%, enquanto os acondicionados em cartão fixaram-se em cerca de 20%.

De acordo com Azeredo (2012) os conceitos de atividade de água e umidade relativa estão intimamente relacionados, pois quando um alimento está em equilíbrio com o ambiente, sua a_w se iguala à umidade relativa do ambiente. Portanto, a absorção ou perda de umidade, por um alimento, é determinada pelo gradiente entre a umidade relativa do ambiente e a umidade relativa do produto, conseqüentemente, é a a_w do alimento e não seu teor de água que determina se o produto tenderá a ganhar ou perder umidade.

Nesse sentido, teor de água e a_w são fatores que se correlacionam, uma vez que, produtos acondicionados com elevado teor de água devem ocasionar o aumento da umidade relativa no interior da embalagem, no entanto, verificou-se aumento do teor de água e redução da atividade de água nas amostras de PET/PET e PPBio, este comportamento ambíguo pode ser proveniente da perda umidade da crosta do bolo para o ambiente e da redução de água do miolo. Os produtos da embalagem de cartão tiveram redução proporcional nos dois parâmetros, este comportamento pode ser atribuído ao fato da umidade relativa ser inferior a a_w , ocasionando a perda de umidade dos produtos estocados, também facilitado pelas propriedades de barreira da embalagem frente ao vapor de água e a temperatura não controlada do local de armazenamento.

Borges et al. (2010) estudando pré-mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde em substituição a farinha de trigo durante 120 dias em embalagens de polipropileno, apontou tendência a estabilidade no teor de água atingindo um valor máximo de 4,95% ao longo do armazenamento.

Em relação a atividade de água, a diferença entre o tempo 0 e 4, para as embalagens de cartão, PET/PET e PPBio nos bolos com farinha de polpa reduziram para 18,17; 1,23 e 3,66%, respectivamente; e nos bolos com farinha de casca e cilindro central de abacaxi houve uma redução de 19,14 (cartão) e 2,06% (PPBio), sendo que aumentou 0,11% para a de PET/PET. Os registros da atividade de água, no geral, 0,747-0,903 (BFCC) e 0,765-0,904 (BFP), faixas propensas para o desenvolvimento de bolores, leveduras comuns e bactérias, embora não se tenha detectado contaminação como se observou nas análises microbiológicas das amostras acondicionadas.

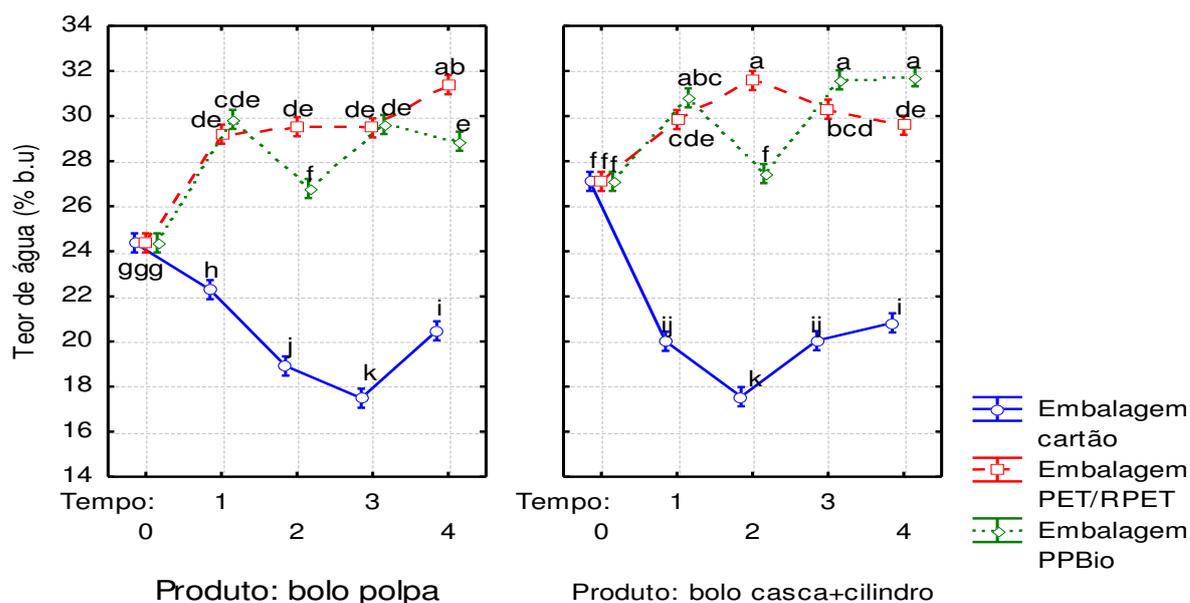


Figura 4.20 – Valores médios do teor de água (% b.u) dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

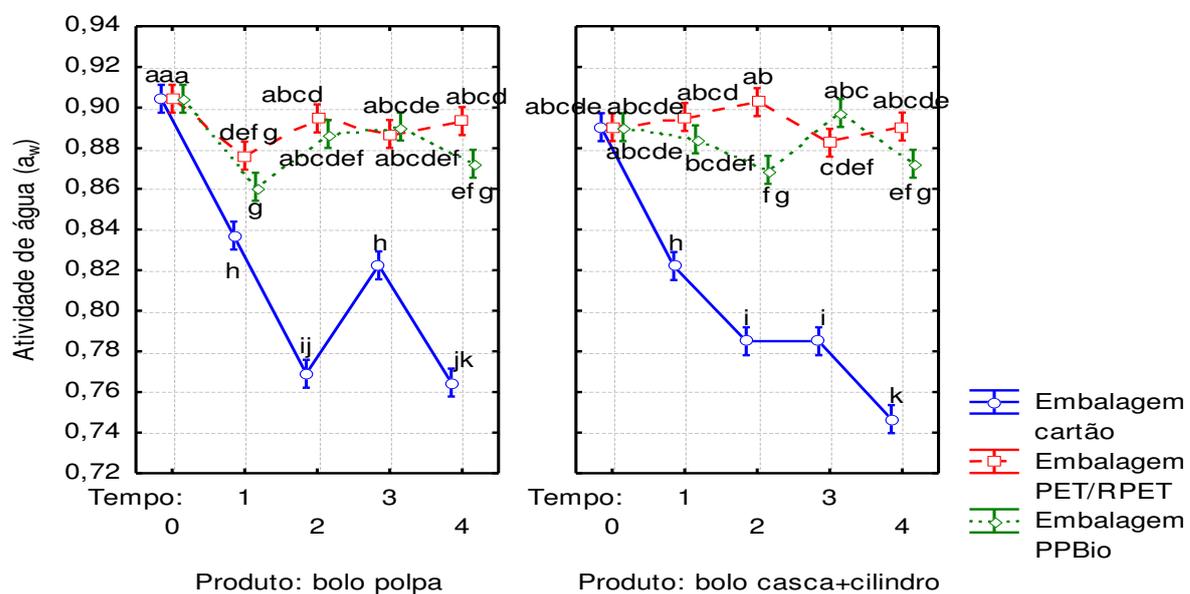


Figura 4.21 – Valores médios da atividade de água dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Crizel (2013) estudando bolos adicionados com 3g e 6g de fibra de laranja durante 5 dias de armazenamento verificou estabilidade da atividade de água ao

longo dos dias, em ambos, mantendo-se em 0,92 e explicou ser um fato benéfico uma vez que a perda de umidade é um dos principais fatores associados a bolos de baixa qualidade.

De acordo com Fabris et al. (2006) as embalagens plásticas são mais utilizadas para o acondicionamento de alimentos, devido ao seu baixo custo e grande facilidade de processamento, incentivando seu uso em larga escala. As embalagens de PP com estruturas laminadas são utilizadas para doces, biscoitos, massas, snacks, chocolates e as embalagens PET com filmes laminados para café, biscoitos, entre outros.

Considerando as embalagens PET/RPET e PPBio, ambas atenderam satisfatoriamente as características das amostras, o custo da de PPBio oferece mais vantagem, uma vez que seu custo individual foi R\$ 0,13, enquanto a de PET com capacidade para 4 bolos foi R\$ 1,01.

Em relação à cor, verifica-se, nas Figuras 4.22 e 4.23, redução da luminosidade no bolo com FP e no com FCC, tanto para a crosta quanto para o miolo. Para a crosta, as embalagens de cartão, PET/RPET e PPBio para o bolo com FP as reduções foram de 29,27; 12,17 e 13,69% para cada uma, ao passo que no bolo com FCC foram de 21,24; 29,51 e 6,41%. Para o miolo, seguindo a mesma sequência de embalagens, as reduções foram de 26,14; 10,98 e 28,78% para o bolo com FP, enquanto para o bolo com FCC foram de 5,17; 11,61 e 7,37%. Isso significa que os bolos foram escurecendo a medida que a luminosidade foi reduzindo. O bolo elaborado com farinha de polpa sofreu maior influência da luminosidade ao longo do tempo de armazenamento, contrariamente, o bolo adicionado de FCC denotou menor instabilidade.

A luminosidade também é altamente dependente do fenômeno de superfície, como porosidade, topografia e umidade de superfície, no caso dos bolos adicionados das farinhas de abacaxi foram afetados pelos altos valores da atividade de água, uma vez que as amostras em presença de água refletem baixos valores de L^* (CAIVANO e BUERA, 2012).

Contrapondo as três embalagens, observaram-se menores alterações na de PET/RPET para o BFP e na de PPBio para o BFCC; contrariamente, a de cartão ofereceu maior instabilidade, uma vez que os produtos denotaram valores inferiores,

sendo que os incorporados com farinha de casca e cilindro central foram ainda menores que os com farinha de polpa.

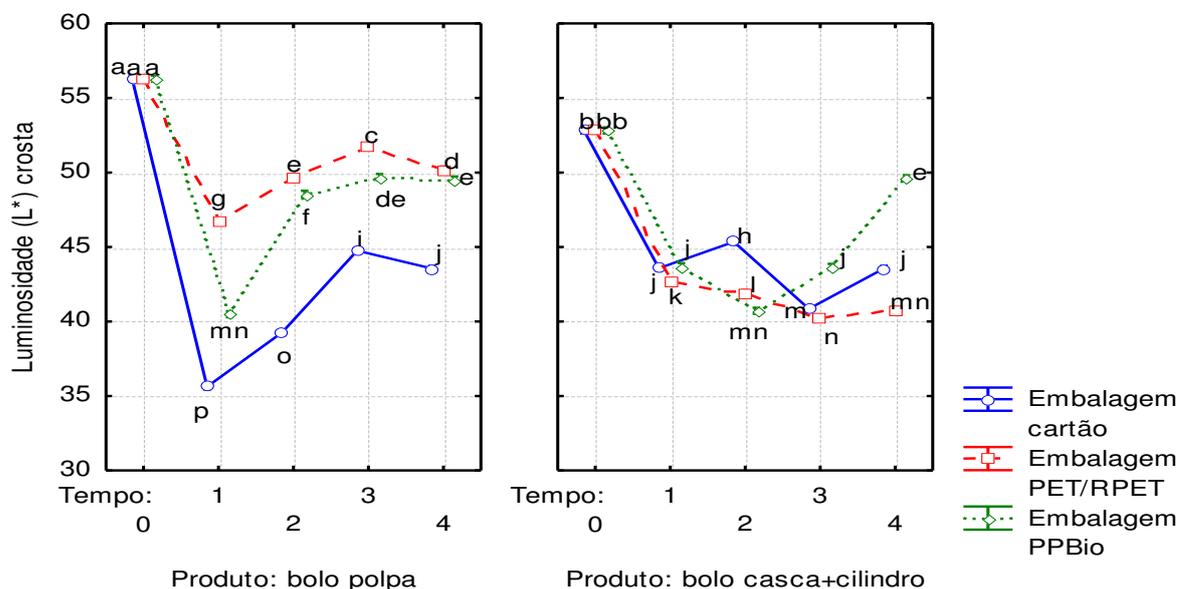


Figura 4.22 – Valores médios da luminosidade (L^*) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

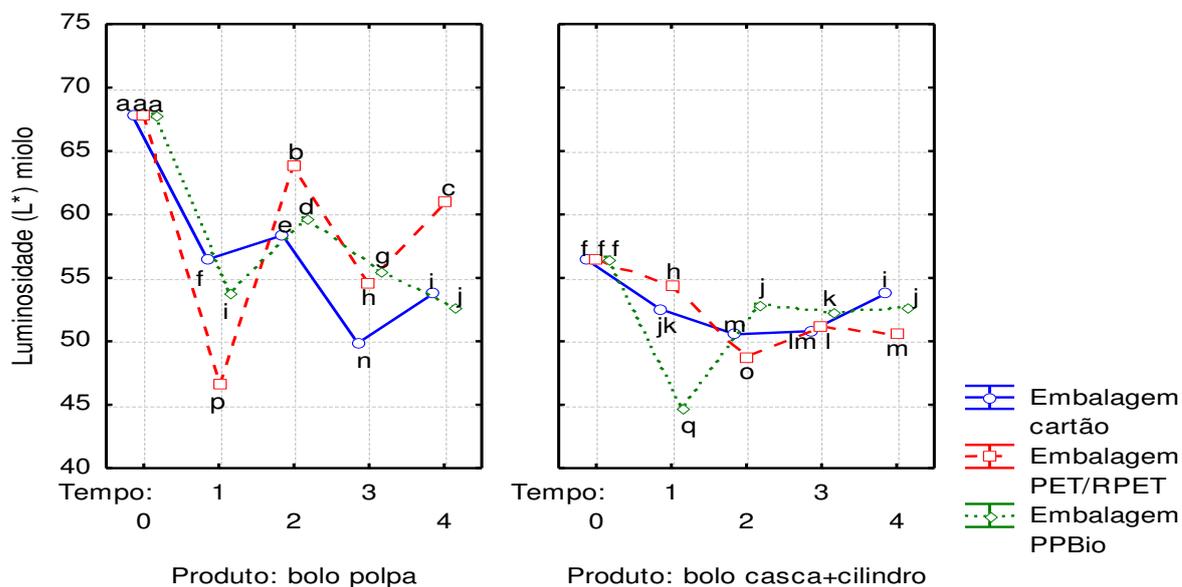


Figura 4.23 – Valores médios da luminosidade (L^*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

No geral, os bolos com farinha de casca e cilindro central apresentaram valores menores aos com farinha de polpa em razão da maior quantidade de margarina presente na formulação dos bolos com polpa e do teor de açúcares totais presentes na própria farinha da polpa ser maior.

A margarina presente em maior concentração no BFP pode ter favorecido a taxa de escurecimento devido a maior sensibilidade aos fatores impostos por condições não controladas do ambiente em que foi armazenado como temperatura, disponibilidade de oxigênio, exposição a luz e a própria composição química do bolo. Além disso, alimentos resultantes do escurecimento das reações de Maillard, incluem polímeros solúveis e insolúveis, encontrados em açúcares redutores e aminoácidos, proteínas e/ou outros compostos que contém nitrogênio, produzidos quando são aquecidos juntos ou durante o armazenamento (DAMODARON et al., 2010); neste caso, a margarina possui nitrogênio em sua estrutura que pode ter potencializado maior redução de L^* , bem como a disponibilidade de água para as reações, proveniente da a_w da amostra.

Osawa et al. (2009) verificaram redução da luminosidade entre o primeiro e o terceiro dia de estocagem, de 40,3 para 25,6, ao avaliarem bolos durante dez dias em embalagens de polipropileno.

Quanto ao parâmetro intensidade de vermelho ($+a^*$) observam-se, nas Figuras 4.24 e 4.25, que os bolos incorporados com farinha de polpa para a crosta e a amostra com FCC para o miolo na embalagem PET/RPET apontaram tendência à diminuição, ao contrário, os bolos adicionados por farinha de casca e cilindro central tanto para a crosta quanto para o miolo (cartão e PPBio) e os produtos com FP para o miolo, tiveram comportamento elevatório ao final do armazenamento, principalmente a partir de terceiro dia. Os resultados presentes no bolo com farinha de casca e cilindro central mostraram-se inferiores quando relacionado ao com farinha de polpa de abacaxi.

Para a crosta as embalagens de cartão, PET/RPET, e PPBio reduziram a intensidade de vermelho em 53,69; 42,85 e 37,01% para o BFP e aumentaram em 23,65 21,86 e 32,12% para o BFCC. Para o miolo, para a mesma sequência de embalagem, houveram aumento de 26,33; 1,37 e 24,78% para o BFP e de 25,51 (cartão) e 23,94% (PPBio), sendo que a amostra na embalagem de PET/RPET

reduziu em 1,68%. Entre as embalagens os bolos sofreram menor variação de intensidade de vermelho na embalagem PET/RPET.

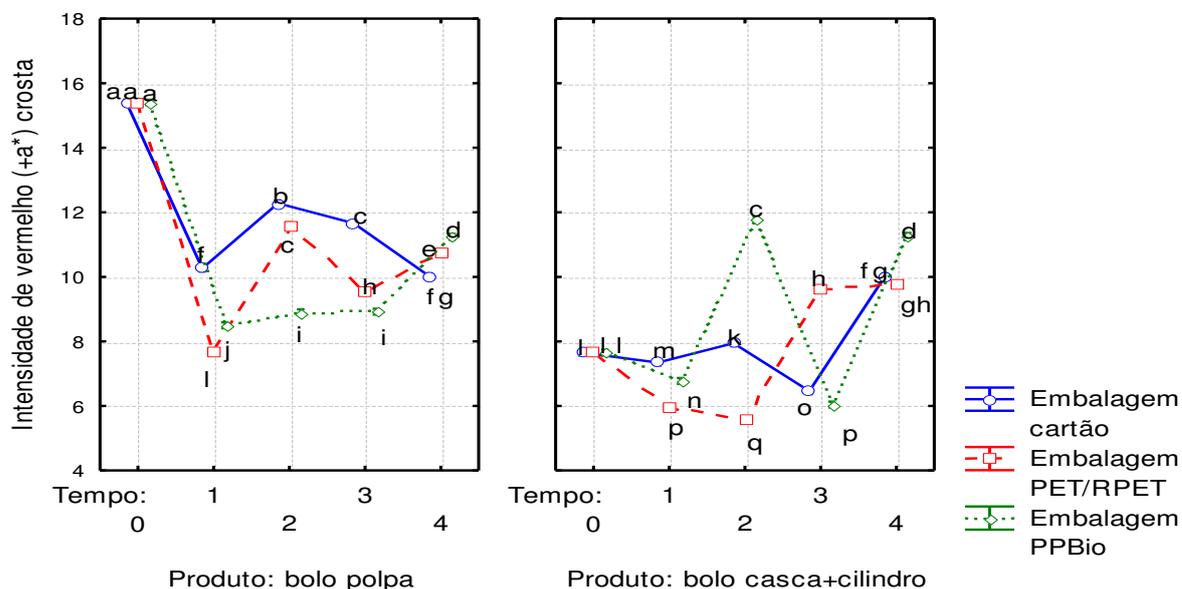


Figura 4.24 – Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

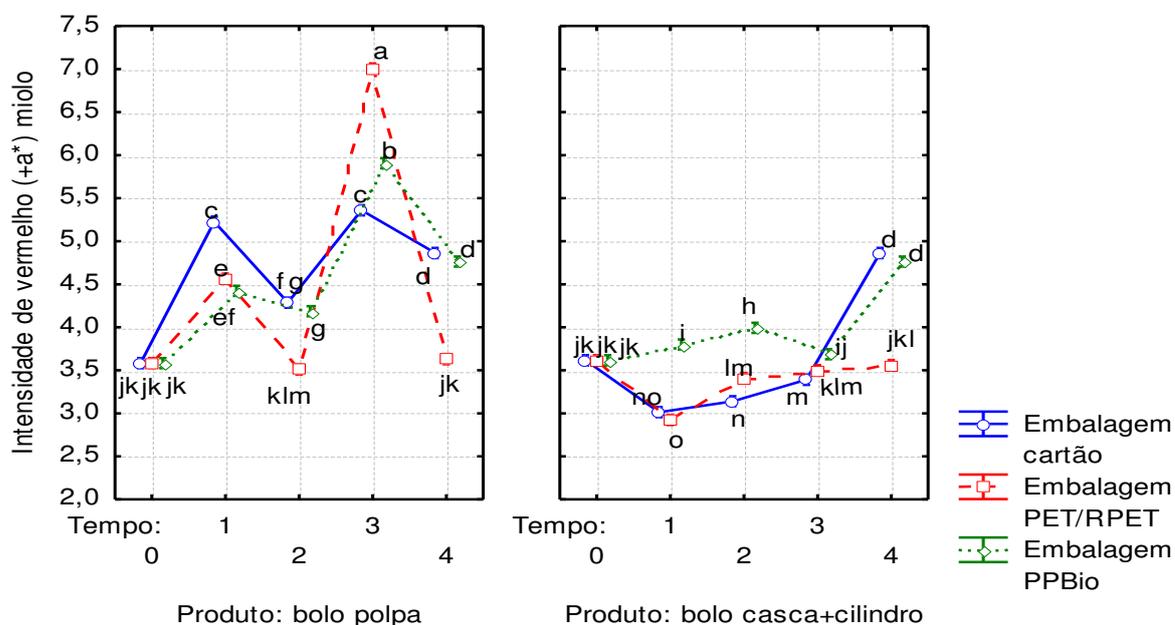


Figura 4.25 – Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Baseando-se nas Figuras 4.26 e 4.27, tem-se diminuição do parâmetro ($+b^*$) na crosta e no miolo dos produtos. A intensidade de amarelo mostrou-se superior no bolo adicionado com farinha de polpa em detrimento ao com farinha de casca e cilindro central. Os menores valores absolutos foram registrados na embalagem de cartão para o BFP, com a anuência dos resultados dos bolos contendo farinha de casca e cilindro central terem sido menores na de PET/RPET, ambos para a crosta. Os valores altos para b^* são traduzidos em forte coloração amarelada ou dourada e aparecem quando produtos são ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos (carotenóides) (ESTELLER et al., 2006).

A diferença entre o tempo inicial e final da intensidade de amarelo nas embalagens de cartão, PET/RPET, e PPBio foram de 91,84; 61,74; 66,54% (crosta) e de 45,80; e 43,50 e 47,09% (miolo) para o BFP, ao passo que para o BFCC foram de 62,09; 83,42 e 40,47% (crosta) e de 29,61; 44,54 e 30,76% (miolo).

As embalagens mais eficientes durante o período de estocagem foi a de PET/RPET para os bolos com farinha de polpa e a de PPBio para os bolos contendo farinha de casca e cilindro central, no tocante a cor.

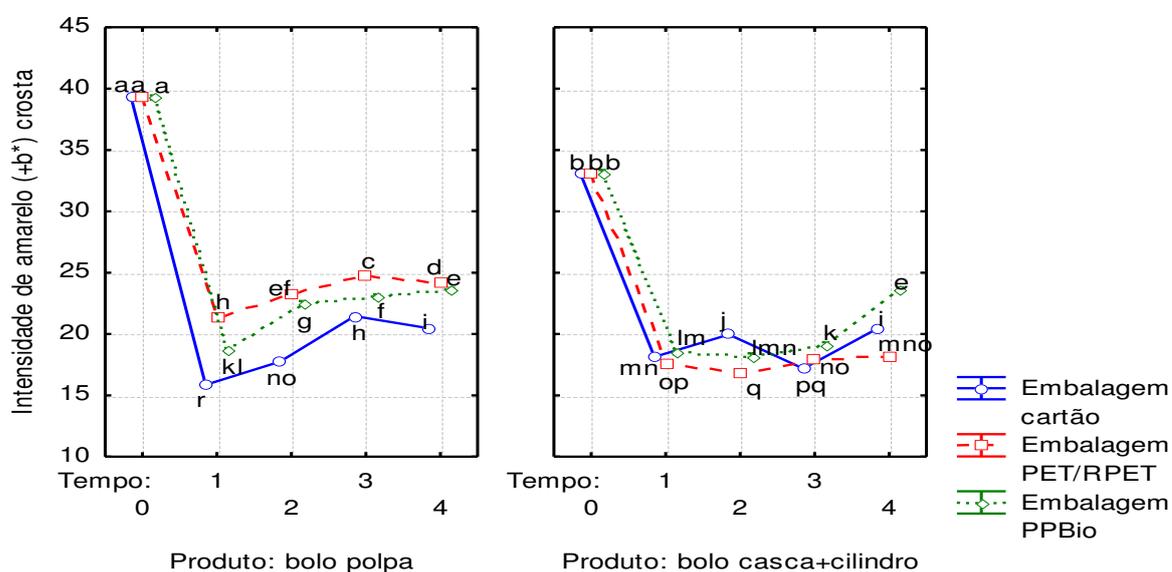


Figura 4.26 – Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) da crosta dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

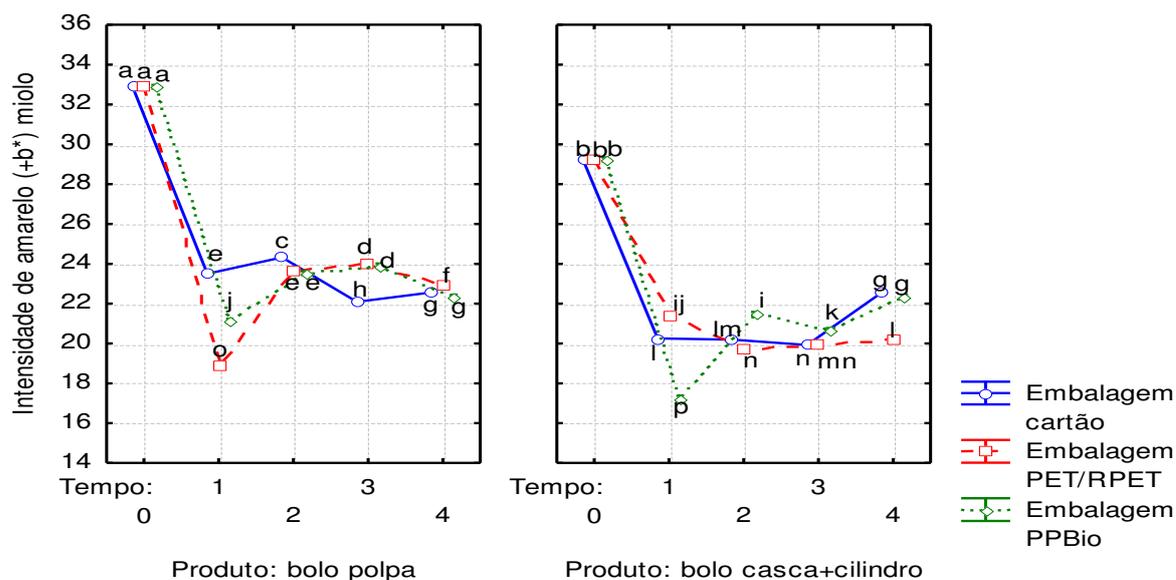


Figura 4.27 – Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do miolo dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

As variações em (+a*) e (+b*) podem estar relacionadas às interações entre os ingredientes, fatores relacionados com o grau de aeração (porosidade da massa) e mudanças na luz que incide na superfície do material (ESTELLER e LANNES, 2005).

Os efeitos das variantes da cor L*, (+a*) e (+b*) tiveram diferenças de comportamento nos bolos durante o armazenamento possivelmente em função do teor de água, que é água de composição do produto, associado aos níveis de açúcares presentes nas farinhas, que viabilizam maior absorção de água e a a_w , resumidos pelos fatores próprios da estrutura de cada produto e dos ambientais e, portanto, a intensificação ou restrição da cor.

Baixauli et al. (2008) e Moscatto et al. (2004) constataram que o armazenamento de bolos prontos para o consumo sofre perda significativa da qualidade da cor, o que não ocorre quando estocado na forma seca, como misturas para bolo.

Referente às Figuras 4.28 e 4.29 o pH apresentou comportamento inverso ao da acidez total titulável. Os níveis de pH obtidos durante o período de estocagem, para as embalagens de cartão, PET/RPET e PPBio foram, respectivamente, 6,31-6,53, 6,37-6,67 e 6,21-6,45 para os bolos contendo farinha de polpa e 6,82-6,94,

6,76-6,89 e 6,74-6,91 para os contendo farinha de casca e cilindro central de abacaxi, essa faixa os classifica como não ácidos. Como dito anteriormente, esses níveis favorecem o desenvolvimento de bolores, leveduras comuns e bactérias, uma vez que se aproxima da faixa de neutralidade viabilizando o crescimento de microrganismos deterioradores nos alimentos. Todavia, o adequado tempo de cocção associado às boas práticas de higiene durante o fabrico contribuiu para aumentar a vida útil dos bolos e impedir a multiplicação desses agentes.

Moscatto et al. (2004) reiteram que o nível de alteração dos valores de pH não foram tão expressivos a ponto de fazer com que os bolos passassem de produtos com pH neutro a produtos com pH ácido que poderia prejudicar os seus sabores.

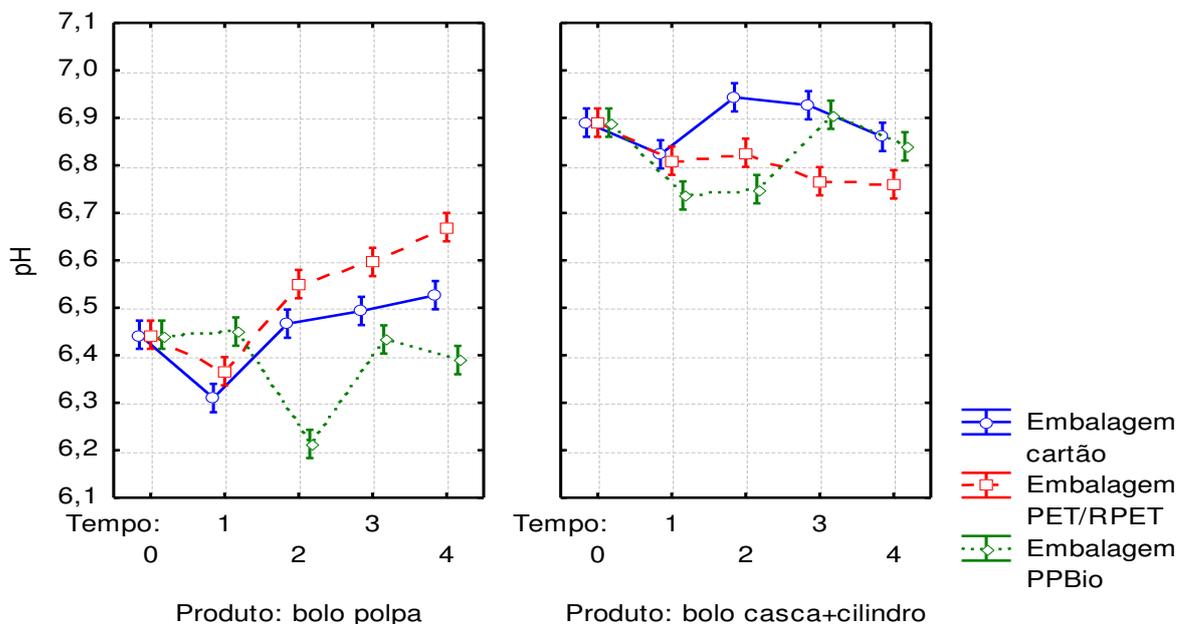


Figura 4.28 – Valores médios do pH dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

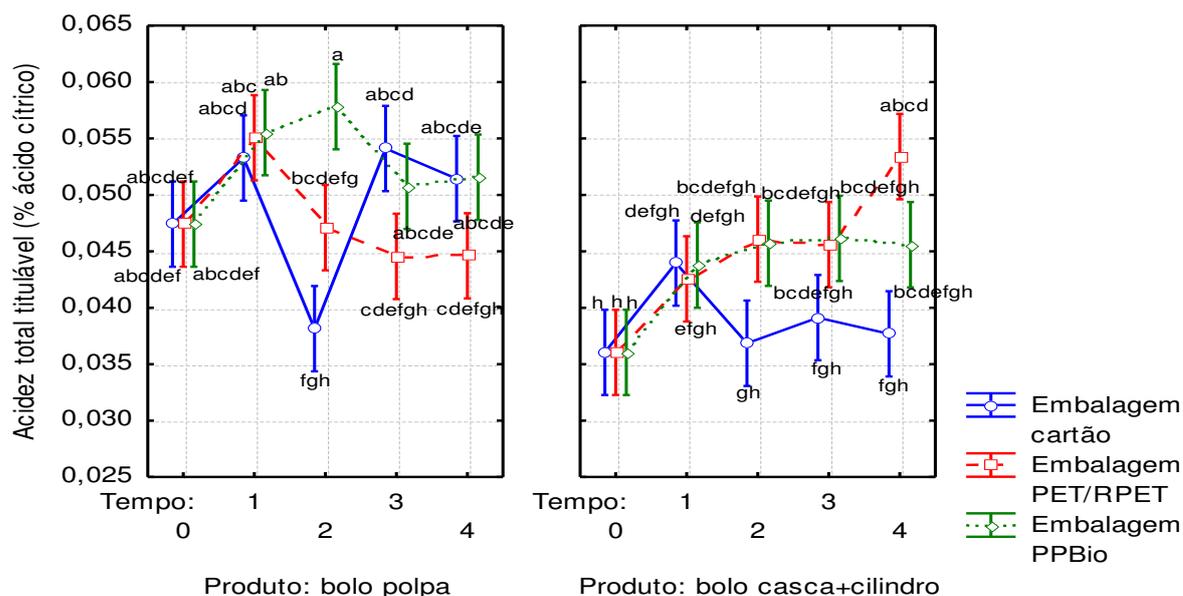


Figura 4.29 – Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico em MS) dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Ao final do armazenamento, os bolos com FCC aumentaram a acidez total titulável em todas as embalagens em 5,26% para a de cartão, 32,08 % para a de PET/RPET e 21,73% para a de PPBio, ao passo que os bolos com FP aumentaram em 7,84 e 9,61% para a de cartão e a de PPBio, sendo que a amostra da de PET/RPET reduziu em 4,44%. Para tanto, o bolo elaborado com farinha de casca e cilindro central mostrou-se menos estável quando confrontado com o de farinha de polpa de abacaxi. Amorim et al. (2012) reiteram que em análise de alimentos, é de suma importância a determinação de componentes específicos como o pH e a acidez, admitindo terem diferentes finalidades, como: avaliação nutricional de um produto; controle de qualidade do alimento; desenvolvimento de novos produtos e a monitoração da legislação.

Guimarães et al. (2010) estudando bolos simples elaborado com entrecasca de melancia, nas proporções de 7% e 30%, também encontraram, valores dentro da faixa de neutralidade, com registros de pH e acidez inversos, respectivamente, 7,45 e 1,00% (para o de 7%) e 6,66 e 4,76% (para o de 30%). Borges et al. (2010) comparando-se o pH com a acidez total titulável (ATT) em pré mistura de bolos com 60% de farinha de banana verde constatou que ocorreu diminuição no pH e aumento na ATT com o avanço do tempo de armazenamento, fixado em 120 dias, decorrente

da redução de ácidos orgânicos na pré-mistura que liberaram H^+ e de seus sais, fazendo com que ocorresse a redução no pH e o acréscimo na ATT.

Apenas no tempo 1 a acidez das amostras apresentaram comportamento semelhante entre si, a partir daí partilharam de características próprias ao tipo de embalagem empregado.

No tocante a textura, a Figura 4.30 denotou comportamento diferenciado das amostras em embalagem de cartão quando contraposta as demais, condizentes aos elevados valores absolutos da dureza, mastigabilidade e gomosidade. Tal fato ocorreu após o primeiro dia e prosseguiu de forma acelerada quando comparado a mastigabilidade e a gomosidade. Isso se deve a correlação entre os parâmetros teor de água e a_w , cuja redução durante o tempo de estocagem nas amostras da embalagem de cartão, resultou em produtos endurecidos e ligeiramente secos, exigindo mais tempo na mastigação e mais força na quebra. Osawa et al. (2009) associaram o aumento da mastigabilidade e da dureza as reduções da atividade de água.

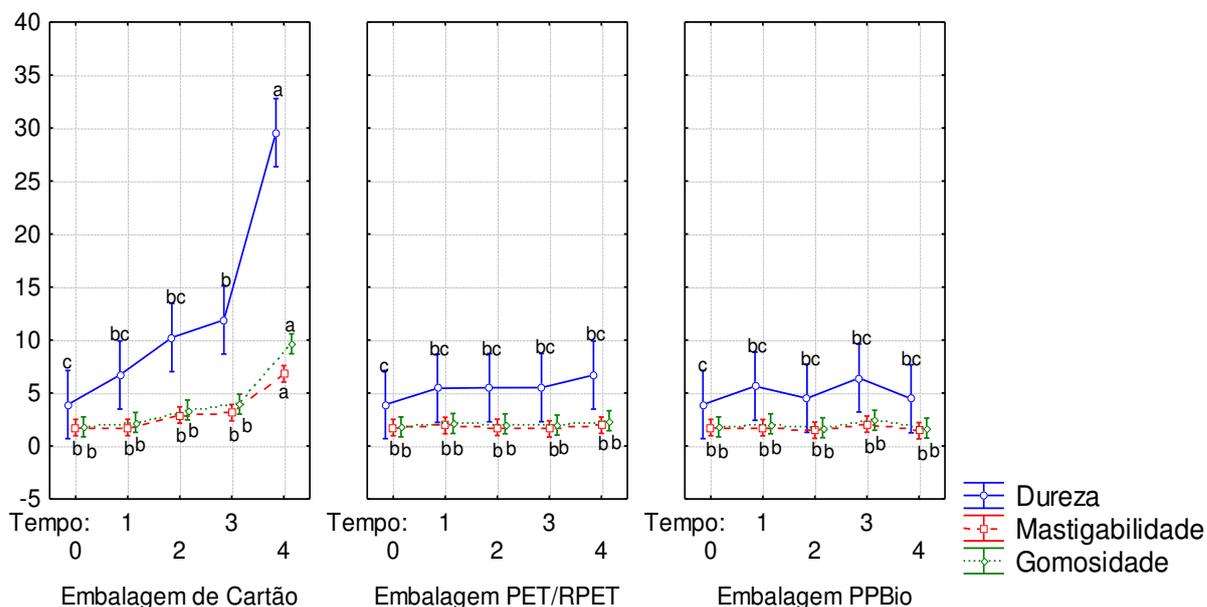


Figura 4.30 – Valores médios da dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e as embalagens. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Confrontando cada atributo (dureza, mastigabilidade e gomosidade) dentro das três embalagens tiveram diferença significativa apenas no tempo 4. Os parâmetros mencionados não tiveram diferença significativa entre as embalagens PET/RPET e PPBio, mantendo-se constante ao longo do armazenamento.

Seyhun et al. (2003) estudando o endurecimento de bolos, perceberam o aumento da dureza do miolo do bolo atribuído à amilose e amilopectina “recrystallisation”, à formação de complexos entre o amido e proteínas, à redistribuição da água entre os constituintes do bolo, e a outras ocorrências que podem acontecer neste produto cozido durante o armazenamento. Zhou et al. (2011) também explicaram que duas mudanças físicas ocorrem naturalmente nos bolos durante o armazenamento: a migração de água do centro do miolo para a crosta e alteração devido a retrogradação do amido.

Comparando os produtos, Figura 4.31, bolo contendo farinha de polpa e bolo com farinha de casca + cilindro central, observou-se que a dureza, mastigabilidade e gomosidade tiveram registros superiores nos bolos com farinha de polpa, em razão da percentagem de margarina em sua formulação, proporcionando maior retenção no teor de água na formulação, e conseqüentemente, maiores variações nestes atributos, em relação ao contendo casca e cilindro central.

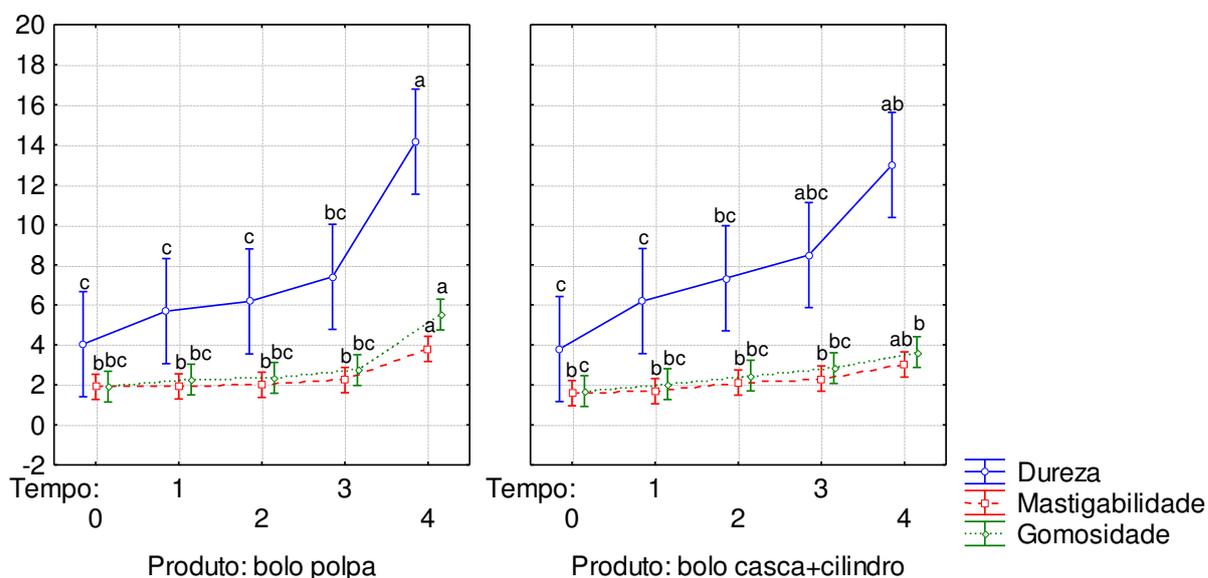


Figura 4.31 – Valores médios da dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e os produtos. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Andrade et al. (2015) analisando bolos com farinha desmucilada de taro, verificaram aumento da dureza nas formulações a medida que elevava a adição da farinha aos bolos. Gupta et al. (2009) observaram aumento da mastigabilidade quando substituíram a farinha de trigo por farinha de cevada em bolos. Arora e Camire (1994) verificaram que a substituição de parte de farinha de trigo por fibras (frutas, açúcar da beterraba, farelo de trigo pela celulose ou casca de batata) gerou bolos e biscoitos com maior firmeza e conservação da textura durante a estocagem.

Analisando o comportamento da adesividade, coesividade e elasticidade, Figura 4.32, percebeu-se aumento da primeira e redução das demais variantes nas três embalagens. O aumento da adesividade pode está associado ao teor de água; a redução da coesividade pode ser decorrente da atividade de água, cuja faixa de registro 0,747-0,903 (BFP) e 0,765-0,904 (BFCC) disponibilizou água livre suficiente para propiciar ligações menos coesas nos bolos e por sua vez mais frágeis, facilitando o esfarelamento; e a perda de elasticidade, embora pequena, afetou a agilidade com que o produto retorna a forma original depois de pressionado nos dentes.

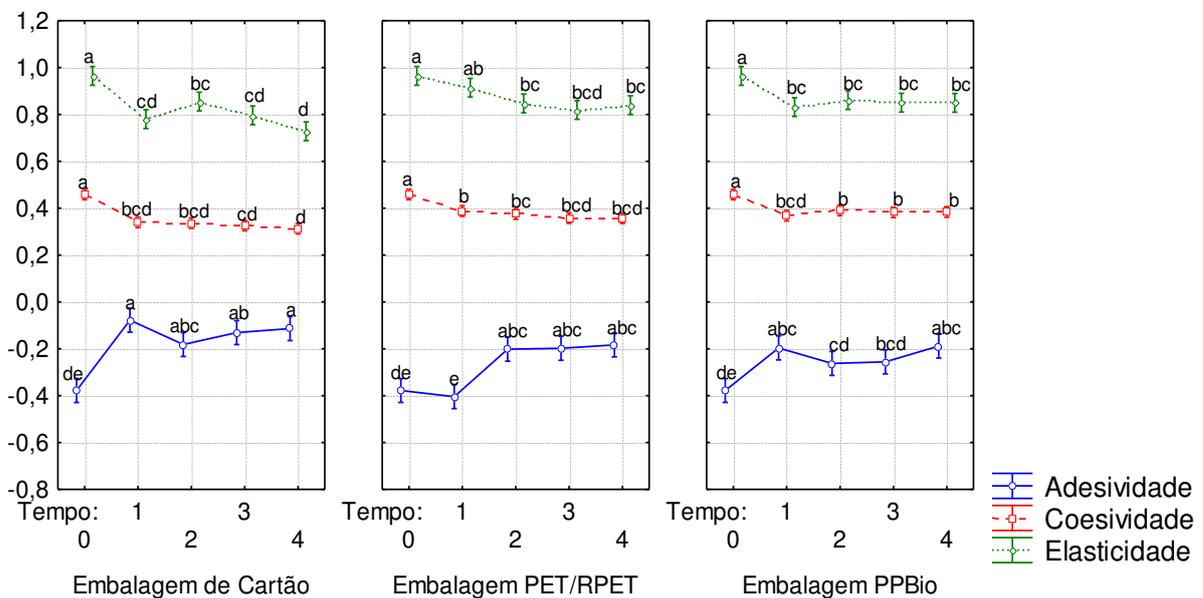


Figura 4.32 – Valores médios da adesividade, coesividade e elasticidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e as embalagens. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Esses efeitos foram mais evidentes na embalagem de cartão devido à dificuldade de proteção oferecida. Não houve diferença significativa para os atributos, entre as embalagens na maioria dos tempos.

Karaoğlu e Kotancilar (2009) afirmam que quanto maior o valor de coesão, maior a capacidade do bolo para quebrar quando sujeito a stress, por exemplo, determinadas condições de armazenamento, diferenças bruscas de temperatura, perda de atração intramolecular entre os ingredientes, secagem e a tendência para quebrar com o envelhecimento.

Além disso, tem sido relatado na literatura que o valor de elasticidade de produtos de padaria totalmente cozidos geralmente diminui durante o período de armazenamento (BAIK et al., 2000; VULICEVIC et al., 2004).

Contrapondo os produtos, Figura 4.33, para as variantes adesividade, coesividade e elasticidade, verificou-se que os bolos com farinha de casca e cilindro apresentaram valores relativamente menores de coesividade e elasticidade, em todos os tempos exceto no 2 e 4 para elasticidade, enquanto a amostra com farinha de polpa mostrou maior adesividade. Isso significa que a maior percentagem de margarina, de fibras solúveis, com propriedades umectantes, e o teor de água influenciaram aumentando a adesão nos bolos com FP, enquanto, os bolos com FCC caracterizaram-se por quebrarem-se ligeiramente mais fácil e demandar menos tempo para voltar à origem depois que a força de deformação é aplicada.

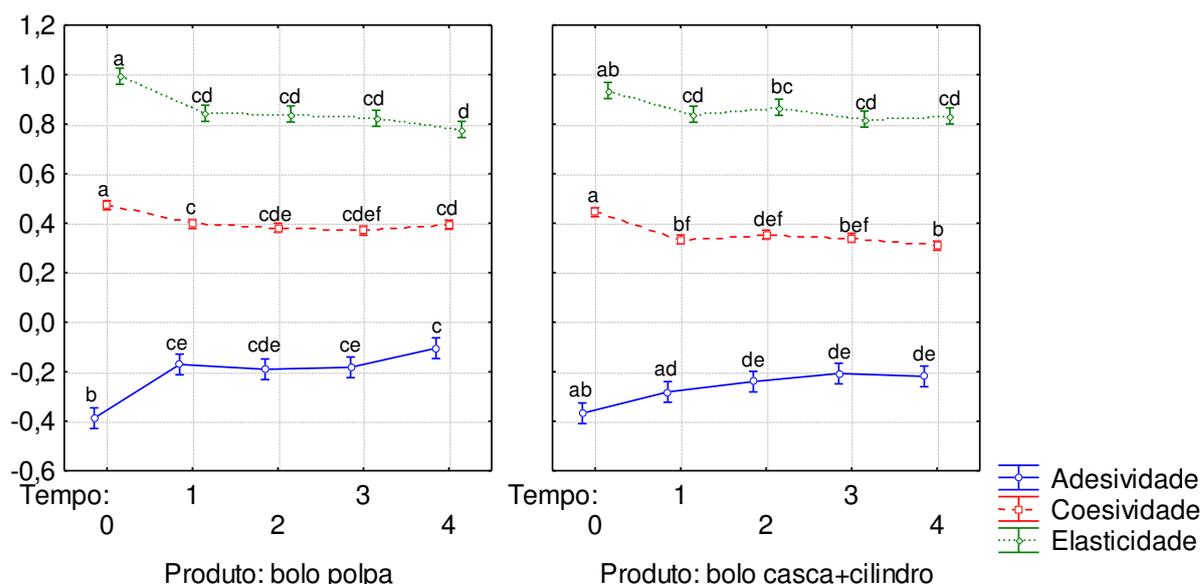


Figura 4.33 – Valores médios da adesividade, coesividade e elasticidade dos bolos incorporados com as farinhas de polpa e com 80% de casca + 20% de cilindro

central do abacaxi durante o armazenamento, considerando o tempo de armazenamento e os produtos. (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e 5% de probabilidade).

Borges et al. (2013) estudando bolo de laranja com inulina observaram queda da coesividade, denotando menor força para se romper, podendo ser considerado mais farinhento. SZCZESNIAK (2002) concorda que menor coesividade indica menor força necessária para esticar um alimento até que este seja rompido.

Os bolos não apontaram fraturabilidade, conseqüentemente a dureza embora tenha se elevado não obteve altos níveis assim como a coesão não se mostrou baixa, isto é, reduziu, mas a níveis que permitem enquadrá-la como constante em função da proximidade dos valores obtidos nos tempos, portanto, não se verificou comportamento característico de produtos muito secos.

Em relação à análise microbiológica, a Tabela 4.27 contém os resultados das análises microbiológicas dos bolos com farinhas de polpa e de 80% de casca + cilindro central do abacaxi.

Tabela 4.27 - Valores médios da análise microbiológica do bolos com farinha de polpa e do com FCC do abacaxi durante o armazenamento.

Tempo	Embalagem	Diluições	BFP	BFCC	Qualidade microbiológica
0		10 ⁻¹	2x10 ¹ UFC/g	1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
1	Cartão	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PET/RPET	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PPBio	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	Cartão	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
2	PET/RPET	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PPBio	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
3	Cartão	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PET/RPET	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PPBio	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	Cartão	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
4	PET/RPET	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório
	PPBio	10 ⁻¹	<1x10 ¹ UFC/g	<1x10 ¹ UFC/g	Satisfatório

BFP = Bolo com farinha de polpa; BFCC= Bolo com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro.

Conforme os limites microbiológicos estabelecidos na Tabela 3.1, todos os resultados encontram-se dentro dos padrões exigidos pelo Instituto Nacional de

Saúde (INSA, 2016b e pela ANVISA (2001), denotando qualidade microbiológica satisfatória em todos os tempos verificados, em todas as embalagens. O resultado satisfatório determinou que os bolos foram confeccionados e estocados seguindo as boas práticas de fabrico com matéria-prima de qualidade, isento de contaminação durante a produção e o armazenamento.

Observando os dados obtidos como satisfatórios para ambos os bolos (farinha de polpa e farinha de 80% de casca + 20% de cilindro), constatou-se estarem microbiologicamente seguros para consumo durante pelo menos 4 dias depois da sua produção. A análise microbiológica foi contínua, embora a partir do tempo 2, na embalagem de cartão, e do tempo 4 para as demais embalagens, os bolos já não apresentassem as qualidades sensoriais desejáveis. Martin et al. (2012) analisando bolo com resíduo de casca de abacaxi também expuseram condições sanitárias satisfatórias para todos os padrões microbiológicos analisados (coliformes, enumeração de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Bacillus cereus* (*B. cereus*) e *Salmonella* sp).

5 CONCLUSÕES

- A polpa, casca e cilindro central do abacaxi 'Pérola' frescos foram considerados ácidos com $\text{pH} < 4,5$, e o teor de água, cor, acidez total titulável e sólidos solúveis totais confirmaram o estágio de maturação maduros e a boa qualidade dos frutos;
- A polpa, casca e o cilindro central liofilizados apresentaram elevados teores de açúcares, fibras e minerais, bem como baixa atividade de água o que os enquadra como estáveis enzimática e microbiologicamente;
- O modelo de Page tiveram os melhores ajustes aos dados experimentais da polpa, casca e cilindro central do abacaxi nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com os maiores coeficientes de determinação (R^2);
- Para a secagem da casca os modelos da Equação de Dois Termos, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis Modificado, Logaritmo, Page e Silva et alli conseguiram descrever satisfatoriamente os dados das curvas de secagem, podendo ser utilizado na predição do produto, com $R^2 > 0,99$;
- As farinhas da polpa, casca e cilindro central do abacaxi apresentaram teores de água em conformidade com a legislação, cujo limite máximo é 15%;
- A atividade de água das farinhas foi considerada baixa, portanto estáveis microbiologicamente, também tiveram elevados teores de L^* , que corroboraram com os altos níveis de açúcares, com tendência para a tonalidade amarela;
- As farinhas denotaram consideráveis valores de minerais essenciais, enquadrando-se no grupo de alimentos com 'teores muito alto de fibras' com valores maiores na casca;
- As farinhas se classificam como energéticas e podem ser recomendadas para uso individual ou como ingrediente na panificação;
- Durante o armazenamento das farinhas o teor de água aumentou e não ultrapassou os limites estipulados pela legislação de 15%;
- As embalagens laminadas ofereceram maior proteção às farinhas;
- As isotermas de adsorção das farinhas foram classificadas como tipo III;

- O modelo de GAB teve o melhor ajuste aos dados experimentais das isotermas de adsorção da farinha do cilindro central, e o de Peleg para a da polpa e da casca;
- A incorporação das farinhas de polpa e de 80% de casca + 20% de cilindro central influenciaram na cor dos bolos, deixando-os mais escuros e dourados como nos bolos tradicionais, notadamente, naqueles com farinha de polpa;
- A adição das farinhas do fruto propiciou a diminuição da massa específica frente à do bolo padrão, reduzindo a dureza, mastigabilidade e gomosidade, culminando em um bolo macio e leve;
- O aumento na percentagem das farinhas aumentou a dureza, mastigabilidade e gomosidade dos bolos, deixando-os mais consistente e desagradável aos provadores;
- A margarina afetou a textura dos bolos convertendo-os em produtos macios e elásticos, elevando a mastigabilidade, principalmente nos bolos adicionados de farinha de polpa, percentuais de margarina acima, tornaram os coesos conduzindo-os ao esfarelamento;
- Sensorialmente, a aceitação dos bolos associou-se ao sabor agradável (saboroso) com maior índice de aceitação global para os bolos formulados com farinha de polpa pelos altos teores de açúcares na composição de sua farinha;
- Dentre as formulações com maior aceitação, os provadores optaram pelos bolos com farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central que pontuou os menores índices de margarina, correspondendo ao ensaio 3 da matriz, enquanto os com farinha de polpa, preferiu-se o inverso, isto é, com elevados teores de margarina, representada pela formulação 4;
- A formulação selecionada pelos provadores para os bolos com farinha de casca e cilindro central denotou ser mais saudável que o contendo farinha de polpa, por apresentar maior teor de fibras, menor percentagem de açúcares, lipídeos e margarina;
- O bolo contendo farinha de polpa foi classificado como fonte de fibra, e o bolo com farinha de casca e cilindro como rico em fibras;
- Durante o armazenamento, a embalagem de cartão não conseguiu impedir a perda de umidade dos bolos, influenciando no aumento da dureza,

mastigabilidade, gomosidade e adesividade, e redução na elasticidade e coesividade;

- As embalagens PET/RPET e PPBio foram mais eficientes na manutenção das qualidades sensoriais e na textura dos bolos;
- A embalagem PPBio mostrou comportamento similar a PET/RPET, porém, oferece mais vantagem em termos de aquisição e custo.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Aplicação separadamente da farinha de casca e cilindro central na elaboração de bolos dietéticos;
- Estudar a mistura das farinhas polpa + cilindro central e polpa + casca em diferentes quantidades;
- Desenvolvimento de novos produtos utilizando as farinhas individualmente ou misturadas (biscoitos, geleias, sorvetes, barra de cereal, doces, bombons, etc);
- Obter as farinhas por diferentes métodos de secagem (desidratação osmótica, secagem por aspersão, secagem em camada de espuma, etc);
- Elaborar e estudar a farinha da coroa do abacaxi;
- Avaliar a vida de prateleira dos produtos em outras embalagens e em diferentes temperaturas.

7 REFERÊNCIAS

- ABIAD – Associação Brasileira de Indústria de Alimentos para fins especiais e Congêneres. Disponível em:<<http://www.abras.com.br/cartilhaadocantes.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2016.
- 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. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 12, p. 257-265, 2009.
- ADITIVOS E INGREDIENTES. Polióis - metabolismo e aplicações. *Aditivos e Ingredientes*, p. 46-55, 2015.
- AFNOR – Association Française de Normalisation. Norma Internationale – ISO 4833. Microbiologie des aliments – methode horizontales pour le dénombrement des micro-organismes – Tchniquepar des colonies a 30 °C. 2003, 1-10 p.
- AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. New BET type multilayer sorption isotherms Part II: Modelling water sorption in foods. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, v. 22, p. 192-195, 1989.
- AGUERO, S. D.; NOEL, M. P. R.; ARRIVILLAGA, K. C.; CORNWALL, J. R. Estevia (*Stevia rebaudiana*), edulcorante natural y no calórico. *Revista Chilena de Nutrición*, v. 39, 2012.
- ALBUQUERQUE, E. N.; ROLIM, P. M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes Mellitus. *Revista de Ciências Médicas*, v. 20, p. 99-108, 2011.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUERÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade de pitanga em pó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 7, p. 11-20, 2007.
- ALEXANDRE, H. V.; GOMES, J. P.; BARROS NETO, A. L.; SILVA, F. L. H.; ALMEIDA, F. A. C. Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, p. 123-128, 2009.

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 640-646, 2013.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. *Comunicata Scientiae*, v. 5, p. 83-91, 2014.

ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V.; MELO, W. F.; GODOY, R. L. O. Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, p. 59-71, 2012.

AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders Part 1: Mathematical description of experimental data. *Journal of Food Engineering*, v. 61, p. 297-307, 2004.

AKPINAR, E. K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering*, v. 59, p. 99-104, 2003.

AMORIM, A. G.; SOUSA, T. A.; SOUZA, A. O. Determinação do pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*). ISBN 978-85-62830-10-5. VII CONNEPI. 2012.

ANDRADE, R. D.; LUMES, R.; PÉREZ, C. E. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmaceutica*, v. 18, p. 325-334, 2011.

ANDRADE, L. A.; NAGATA, C. L. P.; ASSUMPÇÃO, G. M. P.; GONÇALVES, G. A. S.; PEREIRA, J. Farinha desmucilada de taro utilizada na elaboração de bolos. *Revista Científica*, v. 43, p. 203-214, 2015.

ANGIOLONI, A.; COLLOR, C. Gel dough and fibre enriched fresh breads: relationships between quality features and staling kinetics. *Journal of Food Engineering*, v. 91, p. 526-532, 2009.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso: 21 jun. 2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico de nº 36, de 27 de junho de 2008. Portaria 27 de 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/36_270608>. Acesso em: 30 mai.2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. Norma técnica referente a farinha de trigo. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/leisref/public/showact.php>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em <http://www.abic.com.br/publique/media/CONS_leg_resolucao12-01.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_271_2005.pdf/33a232aa-65b1-490a-b2fe-a839b34ad070>. Acesso em: 06 jul. 2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova: “Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional”. Disponível em: <ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2012/iels.nov.12/lels215/U_RS-MS-ANVISA-RDC-54_121112.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2016.

AOAC - OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. 16 ed. s.l.:s.n, 1997.

APONTE, A. A. A., COCK, L. S.; MOSQUERA, E. S. V. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Vitae, v. 17, p. 122-127, 2010.

ARAUJO, J. R. G.; AGUIAR JÚNIOR, R. A.; CHAVES, A. M. S.; REIS, F. O.; MARTINS, M. R. Abacaxi Turiaçu: cultivar tradicional nativa do Maranhão. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 34, p. 1270-1276, 2012.

ARAÚJO, E. R. F.; SILVA, A. J. B.; SANTOS, M. L. S.; SILVA, J. L. A. Elaboração de farinha da casca da banana como meio de reaproveitamento resíduo agroindustrial.

In: IX Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, CONNEPI, 9. ed., p. 2713-2720, 2014, São Luiz - MA.

ARORA, A.; CAMIRE, M. E. Performance of potato peels in muffins and cookies. *Food Research International*, v. 27, p. 15–22, 1994.

AROUCHA, E. M. M.; GOIS, V. A.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, M. C. A. SOUZA, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 5, p. 01- 04, 2010.

ATARÉS, L.; GALLAGHER, M. J. S.; OLIVEIRA, F. A. R. Process conditions effect on the quality of banana osmotically dehydrated. *Journal of Food Engineering*, v. 103, p. 401-408, 2011.

AVERSA, M.; CURCIO, S., CALABRÒ, V.; IORIO, G. An analysis of the transport phenomena occurring during food drying process. *Journal of Food Engineering*, v. 78, p. 922-932, 2007.

AZEREDO, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 326 p.

BAIK, O. D.; MARCOTTE, M.; CASTAIGNE, F. Cake baking in tunnel type multizone industrial ovens part II. Evaluation of quality parameters. *Food Research International*, v. 33, p. 599-607, 2000.

BARBOSA, L. S.; MACEDO, J. L.; SANTOS, C. M.; MACHADO, A. V. Estudo da secagem de frutos tropicais do Nordeste. *Revista Verde*, v. 9, p. 186-190, 2014.

BARONI, C. F. S. C.; PENTEADO, P. T. P. S.; GEMIN, C. A. B.; BORGET, L. D.; WILLE, G. M. F. C. Desenvolvimento de mistura em pó para bolo inglês light com frutas. *Visão Acadêmica*, v. 4, p. 113-120, 2003.

BATISTA, G. A.; OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, M. A.; GUEDES, T. J.; SILVA, D. F.; PINTO, N. A. V. D. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 7, p. 49-54, 2013.

BATISTA SOBRINHO, I. S. Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas. 2014. 166 f.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Itapetinga.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, p. 428-433, 2006.

BAIXAULI, R.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research and Technology*, v. 226, p. 523-530, 2008.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, p. 60-67, 2000.

BENASSI, V. D. T., WATANABE, E. LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 19, p. 225-242, 2001.

BERILLI, S. S.; FREITAS, S. J.; SANTOS, P. C.; OLIVEIRA, J. C.; CAETANO, L. C. S. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 503-508, 2014.

BERNARDI, M. R. V.; MORAES, C. W. S.; MACHADO, C. A.; KAJISHIMA, S.; COSTA, E. Q. Análise descritiva quantitativa do palmito de pupunha. *Acta Amazônica*, v. 34, p. 507-512, 2007.

BHANDARI, B.; BANSAL, N.; ZHANG, M.; SCHUCK, P. *Handbook of food Powders*. Woodhead Publishing Limited, (Eds.) 2013.

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

BONAZZI, C.; DUMOULIN, E. Quality changes in food materials as influenced by drying process. *Modern Drying Technology*, v. 3: Produced quality and formulation, First Edition, 2011.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, p. 333-339, 2009.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J., SILVA JÚNIOR, A.; LUCENA, E. M. P.; SALES, J. C. Estabilidade da pré-mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 173-181, 2010.

BORGES, P. R. S.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, E. V. B. V.; LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F. Estudo da estabilidade físico-química de suco de abacaxi 'Pérola'. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 742-750, 2011.

BORGES, P. Q. S.; SOKEI, F. R.; SPAGNOL, T. D. ; SILVA, A. C. C. Características químicas, físicas e sensoriais de bolos de laranja e pães adicionados de inulina e oligofrutose. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, p. 2837-2846, 2013.

BORTOLATTO, J., LORA, J. Avaliação da composição centesimal do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) liofilizado e *in natura*. *Revista de Pesquisa e Extensão em Saúde*, v. 4, 2009.

BRAGA, A. C. D.; LIMA, M. S.; AZEVEDO, L. C.; RAMOS, M. E. C. Caracterização e obtenção de farinha do resíduo gerado no processo industrial de clarificação do suco de acerola. *Revista Semiárido de Visu, Petrolina*, v. 1, p. 126-133, 2011.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, 02 jun. 2005. Regulamento Técnico de Identidade e qualidade da Farinha de Trigo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF*, 03 jun. 2005, Seção 1, n. 105, 91 p.

BUBLITZ, S. EMMANOUILIDIS, P.; OLIVEIRA, M. S. R.; ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; CORBELLINI, V. A.; MARQUARDT, L. Produção de uma farinha de albedo de laranja como forma de aproveitamento de resíduo. *Revista Jovens Pesquisadores*, v. 3, p. 112-121, 2013.

BUSHUK, W. Flour protein: structure and functionality in dough and bread. *Cereal Foods World*, v. 30, p. 447-451, 1985.

BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International*, v. 35, p. 279-284, 2002.

CAIVANO, J. L.; BUERA, M. P. Color in food technological and psychophysical aspects. United States of America: CRC Press, 2012.

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

CARVALHO, K. H.; BOZATSKI, L. C.; SCORSIN, M.; NOVELLO, D.; PEREZ, E.; SANTA, H. S. D.; SCORSIN, G.; BATISTA, M. G. Desenvolvimento de *cupcake* adicionado de farinha da casca de banana: características sensoriais e químicas. Alimentos e Nutrição, v. 23, p. 475-481, 2012.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. Tecnologia da Panificação. 2. ed. São Paulo: Editora Manole, 2009. 418 p.

CERVERA, S. M.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S. M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate *muffins*. Food Science and Technology, v. 44, p. 729-736, 2011.

CHANDRA, M.; ORO, I.; DIAS, S. F.; FERREIRA, M. M. Effect ethanol, sulfur dioxide and glucose on the growth of wine spoilage yeasts using response surface methodology. Plos One, v. 6, p. 1-5, 2015.

CHAVES, J. B. P. Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas. Viçosa: Editora UFV, 2001. 91 p.

CHAVES, M. C. V; GOUVEIA, J. P. G; ALMEIDA, F.A.C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 4, 2004.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 81 p

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 783 p.

COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 30, p. 582-588, 2010.

COLLAR, C.; SANTOS, E.; ROSELL, M. C. Assessment or rheological profile of fibre enriched bread doughs by response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, v. 78, p. 820-826, 2007.

CONCEIÇÃO, M. L.; VANSCONCELOS, E. T. A.; PEREIRA, I. D. F.; CINTRA, V. M. Difusão de tecnologia para aproveitamento de frutas não comercializadas em comunidades carentes. *Revista Eletrônica Extensão Cidadã*, v. 3, 2007.

CONTADO, E. W. N. F.; PATTO, L. F.; ROCCA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CÔRREA, A. D.; SANTOS, C. D. Estudo dos métodos de extração de carotenoides em cenoura por fluido supercrítico (efs) e convencional. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 1617-1623, 2010.

CORDENUNSI, B.; CALIXTO, F. S.; RUBIO, M. E. D.; ZULETA, A.; TINÉ, M. A.; BUCKERIDGE, M. S.; SILVA, G. B.; CARPIO, C.; GIUNTINI, E. B.; MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. Carbohydrate composition of ripe pineapple (cv. perola) and the glycemic response in humans. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 282-288, 2010.

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, p. 595-601, 2010.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. *Revista Ciência Agronômica*, v. 38, p. 228-232, 2007.

COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de nutrientes. 2. ed., Manole, 2007. 992 p.

CRIZEL, T. M. aproveitamento dos subprodutos da indústria de suco de laranja para aplicação de alimentos. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CRUZ, J. B.; COSTA, R. C.; FIGUEIREDO, E. L. Elaboração e caracterização de farinha mista de banana com tapioca utilizada na preparação de mingau na merenda escolar. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 7, p. 993-1003, 2013.

CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A. M. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, p. S5–S18, 2007.

CUMMINGS, J. H.; MANN, J. I.; NISHIDA, C.; VOSTER, H. H. Dietary fibre: a agreed definition. *Lancet*, v. 373, p. 365-366, 2009.

DAMODARON, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. *Química de alimentos de Fennema*. 4. ed. Editora Atmed: Santana, 2010. 687 p.

DANTAS, S. C. M. Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat*. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; ARAUJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, K. L. Perfil da qualidade de polpas de fruta comercializadas na cidade de Campina Grande/PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 5, p. 61-66, 2010.

DIAMANTE, L. M.; IHNS, R., SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 45, p. 1956–1962, 2010.

DÍAZ, M. T. L.; ROBLEDO, E. M. SANTOS, J. G.; CERREZO, ENCINAS, T. E. De la stevia al E-960: um dulce camino. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Reduca (Recursos Educativos)*, v. 6, p. 305 -311, 2014.

DOTTO, D. C. Obtenção de farinha de banana verde, sua caracterização quanto a alguns componentes e avaliação de seu uso em formulações de bolo como substituta parcial da farinha de trigo. 2004. 51 f. Monografia (Especialização em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.

EL-DASH, A. A.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista na produção de biscoitos. Brasília: Empresa Brasileira de pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (EMBRAPA-SPI), v. 6, 1994.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O ; BESBES, S ; BLECKER, C ; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich-by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry, v. 124, p. 411-421, 2011.

EMBRAPA. Mandioca e Fruticultura. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-abacaxi.php#clima>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ERKEL, A.; ÁVILA, C. A.; ROMEIRO, M. M.; SANTOS, E. F.; SARMENTO, U. C.; NOVELLO, D. Utilização da farinha de casca de abacaxi em *cookies*: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. Revista UNIABEU, v. 8, p. 272-288, 2015

ESTELLER, M. S.; YOSHIMOTO, R. M. D. O.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. D. S. Uso de açúcares em produtos panificados. Ciências e Tecnologia de Alimentos, v. 24, p. 447-454, 2004.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.25, p. 802-806, 2005.

ESTELLER, M. S., ZANCANARO JÚNIOR, O., LANNES, S. C. D. S. Bolo de chocolate produzido com pó de cupuaçu e kefir. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 42, p. 447-454, 2006.

EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. EFSA Journal, v. 8, p. 15-37, 2010.

FABRIS, S., FREIRE, M. T. D. A., REYES, F. G. R. Embalagens plásticas: tipos de materiais, contaminação de alimentos e aspectos de legislação. Revista Brasileira de Toxicologia, v. 19, p. 59-70, 2006.

FAVARIN, F. R.; RODRIGUES, A.; BOSI, G. F.; BASSO, C.; STORCK, C. R. Caracterização bromatológica do resíduo da produção de suco *in natura*. Disponível em: <<http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/7033.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

- FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- FELLOWS, P. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas. Zaragoza (España): Editorial Acribia, S.A., 2007. 746p.
- FEMENIA, A.; SERRANO, G. S.; SIMAL, S.; GARAU, M. C.; EIM, V. S.; ROSSELLÓ, C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. *Food Science and Technology*, v. 42, p. 106-112, 2009.
- FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 56-65, 2008.
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 251-255, 2003.
- FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUERIOZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, p. 795-802, 2005.
- FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 12, p. 15- 28, 2010.
- FERREIRA, A. E.; FERREIRA, B. S.; LAGES, M. M. B.; RODRIGUES, V. A. F.; THÉ, P. M. P.; PINTO, N. A. V. D. Produção, caracterização e utilização da farinha de casca de jabuticaba em biscoitos tipo *cookie*. *Alimentos e Nutrição*, v. 23, p. 603-607, 2012.
- FERREIRA, F. R.; FÁVERO, A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, F. V. D. Abacaxi-do-cerrado. In: VIEIRA, R. F. et al. (Ed.). *Frutas nativas da região Centro Oeste do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 31-45 p.
- FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MEDEIROS, J. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa de mangaba. In: VII Congresso Ibérico Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, Madri, 2013.

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

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê: fibras alimentares. *Revista-FI*, p. 28-52, 2008.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Edulcorantes. *Revista-FI*, p. 28-52, 2013.

FORNI, E., SORMANI, A.; SCALISE, S.; TORREGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability osmodehydrofrozen intermediate apricots. *Food Research International*, v. 30, p. 87-94, 1997.

FONSECA, R. S.; SANTO, V. R. D.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C. A. M. Elaboração e barra de cereais com casca de abacaxi. *ALAN*, v. 61, p. 216-223, 2011.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merrill), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 16, p. 387-394, 2014.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; ROMERO, J. T. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, v. 82, p. 246–252, 2007.

GARCIA, L. P. Liofilização aplicada a alimentos. 2009. 45 f. Trabalho acadêmico (Graduação em Química de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GOLDMEYER, B.; PENNA, N. G.; MELO, A.; ROSA, C. S. Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 980-987, 2014.

GOMES, L. O. F.; SANTIAGO, R. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, p. 283-295, 2014.

GOMES, I. A.; GRILO, M. B. Utilização de um secador solar de frutas com aproveitamento multienergético na desidratação de abacaxi. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 72., 2015, Fortaleza – CE.

GONÇALVES, N. B. Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi c.v. Smooth cayenne. 1998. 101f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi. Estudos tecnológicos, v. 4, p. 124-134, 2008.

GONÇALVES, S. S.; ANDRADE, J. S.; SOUZA, R. S. Influência do branqueamento nas características físico-químicas e sensoriais do abacaxi desidratado. Alimentos e Nutrição, v. 21, p. 651-657, 2010.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, v. 25, p. 825-827, 2005.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. Acta Scientiarum Agronomy, v. 33, p. 1-8, 2011.

GORGATTI NETTO, A.; CARVALHO, V. D.; BOTREL, N.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. R.; BORDIN, M. R. Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

GOTO, A.; CLEMENTE, E. Influência do rebaudiosídeo A na solubilidade e no sabor do esteviosídeo. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 18, p. 3-6, 1998.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K.cG. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. Journal of Food Engineering, v. 85, p. 73-83, 2008.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. Boletim CEPPA, v. 22, p. 405-422, 2004.

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, p. 73-86, 2000.

GUERRA, N. B.; LIVERA, A. V. Correlação entre o perfil sensorial e determinações físicas e químicas do abacaxi cv. Pérola. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 21, p. 32-35, 1999.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melância (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 30, p. 354-363, 2010.

GUPTA, M.; BRAWA, A. S.; SEMWAL, A. D. Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake. International Journal of Food Properties, v.12, p. 243-251, 2009.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, p. 355-363, 2007.

HAMID, A. A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, v. 68, p. 15-19, 2000.

HENRIQUES, A. R. S. Os estudos de vida útil dos alimentos e sua obrigatoriedade legal. Infoancipa, p. 14-15, 2010.

HECKTHEUER, L. H. R. Envejecimiento em botella de vinos tintos varietales de tempranillo, bobal y monastrell. 1996. 222 p. Tesis Doctora (Doctor em Ciencia y Tecnologia de Alimentos) – Universidad Politècnica de València, València.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 29, n. 12, 2015, 1-88 p.

IDR – INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA. A ingestão diária recomendada (IDR) ou referência de ingestão diária (RID). Disponível em: <<http://ervasespeciarias.com.br/ingestao-diaria-recomendadas-recomendacoes-nutricionais-necessidades-referencia-de-ingestao-diarias/>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

IMMETRO - Adoçantes de mesa e Adoçante dietéticos. 2006. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/adocantes.asp?iacao=imprimir>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

INSA. Tabela de Composição de Alimentos. Disponível em: <<http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/Paginas/TabelaAlimentos.aspx>>. Acesso: 18 out. 2016a.

INSA - Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração. Disponível em: <file:///C:/Users/SAMSUNG/Downloads/ArtigoINSA_Perspectivas.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2016b.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE. Microbiologia alimentar. Norma Portuguesa (NP) 3277-1. Diário da República, III Série, n. 218, de 22/09/1987, 1988.

IZYDORCZYK, M. S.; DEXTER J. E. Barley b-glucans and arabinoxylans: molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. Food Research International, v. 41, p. 850- 868, 2008.

JIANG, H., ZHANG, M.; ADHIKARI, B. Fruit and Vegetable Powders in B. Bhandari, N. Bansal, M. Zhang, P. Schuck (ed.). Handbook of Food Powders: Processes and Properties, Woodhead Publishing, Cambridge, United Kingdom, p. 532-552, 2013.

KARAOĞLU, M. M.; KOTANCILAR, H. G. Quality and textural behavior of parbaked and rebaked cake during prolonged storage. International Journal of Food Science and Technology, v. 44, p. 93-99, 2009.

KEARSLEY, M. W.; DEIS, R. C. Matitol powder. In: KEARSLEY and DEIS Sweetness and sugar alternatives in food technology. Sweetness and sugar alternatives technology. 2. ed. West Sussex: John Wiley and Sons Ltd, cap. 13, 2012.

KENDALL, C. W. C.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D. J. A. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, v. 24, p. 42-48, 2010.

KROKIDA, M. K.; TSAMI, E.; MAROULIS, Z. B. Kinetics on color changes during drying of some fruit and vegetables. *Drying Technology*, v. 16, p. 667-685, 1998

KUJUR, R. S.; SINGH, V.; RAM, M.; YADAVA, H. N.; SINGH, K. K.; KUMARI, S.; ROY, B. K. Antidiabetic activity and phytochemical screening of crude extract of *Stevia rebaudiana* in alloxan-induced diabetic rats. *Pharmacognosy Research*, v. 2, p. 258-63, 2010.

KUMARI, R.; JEYARANI, T.; SOUMYIA, C.; INDRANI, D. Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. *Journal of Texture Studies*, v. 42, p. 377-386, 2011.

LABUZA, T. P.; KANANE, A.; CHEN, J. Y. Effects of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of Food Science*, v. 50, p. 385-392, 1985.

LEE, S.; INGLET, G. E.; CARRIERE, C. J. Effect of Nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes. *Cereal Chemistry*, v. 81, p. 637-642, 2004.

LEMO, 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. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 4, p. 53-56, 2010.

LEMO, D. M.; SILVA, S. F.; SILVA, F. B.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, E. P. Isotermas de adsorção de água da farinha de cascas de manga. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC' 2015. Fortaleza – CE.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, p. 241-245, 1999.

LEONEL, S.; LEONEL, M.; SAMPAIO, A. C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv *Smooth cayenne*: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 433-439, 2014.

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, p. 109-120, 2013.

LIMA, J. P.; PORTELA, J. V. F.; MARQUES, L. R.; ALCÂNTARA, M. A.; EL-AOUAR, A. A. Farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten. *Ciência Rural*, v. 45, p.1688-1694, 2015.

LIMA JUNIOR, F. A.; SILVA, N. A. S.; OLIVEIRA, L. F. O PEREIRA, J. Análise sensorial de bolos com adição de farinha de casca de abacaxi. Disponível em: <http://www.apg.ufla.br/novosite/resumos/resumo_2009/resumos/CAL32.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2016.

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

MACÊDO, E. M. C.; AMORIM, M. A. F.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, C. M. M. B. Efeitos da deficiência de cobre, zinco e magnésio sobre o sistema imune de crianças com desnutrição grave. *Revista Paulista de Pediatria*, v. 28, p. 329-36, 2010.

MACHADO, A. M.; SOUZA, M. C.; JUNQUEIRA, M. S.; SARAIVA, S. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, p. 428, 2012.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BRUCKLE, K. H. Enthalpy-entropy compensations models for sorption and browning of garlic. *Journal of Food Engineering*, v. 28, p. 109-119, 1996.

MADUREIRA, I. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SILVA FILHO, E. D. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13, p. 345-354, 2011.

MAHAN, L. K.; STUMP, S. E. Krause's Food and Nutrition Therapy - International Edition. 12. ed. Canada: Saunders Elsevier, 2008.

MAHAN, L. K.; STUMP, S. E.; RAYMOND, J. L. Alimentos, nutrição e dietoterapia. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 1227 p.

MANN, J. I.; CUMMINGS, J. H. Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, v. 19, p. 226-229, 2009.

MANTILLA, S. P. S.; MANO, S. B.; VITAL, H. C.; FRANCO, R. M. Atmosfera modificada na conservação de alimentos. Ciências Agrárias e Ambientais, v. 8, p. 437-448, 2010.

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. LWT - Food Science and Technology, v. 42, p. 1232-1237, 2009.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T. Freeze drying characteristics of tropical fruits. Drying Technology, v. 24, p. 457-463, 2006.

MARQUES, L. G. Liofilização de frutas tropicais. 2008. 255f. Tese (doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. LWT - Food Science and Technology, v. 42, p. 1232-1237, 2009.

MARREIRO, A. S. N.; AMORIN, M. M.; TEIXEIRA, P. R. S. Elaboração do chá do abacaxi (*Ananas comosus-Bromeliaceae*) e caracterização das propriedades físico-químicas e sensoriais. Revista ACTA Tecnológica, v. 5, p. 82-90, 2010.

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, p. 281-287, 2012.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 301–306, 2007.

MARTINAZZO A. P.; MELO E. C.; CORRÊA P. C.; SANTOS R. H. S. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 12, p. 488-498, 2010.

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). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 238–244, 2015.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Dietary fiber consumption in an adult population. *Revista Saúde Pública*, v. 34, p. 50-55, 2000.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. S. Química de alimentos. Recife: UFRPE, 2011. 78 p.

MENDES, B. A. B. Obtenção, caracterização e aplicação de farinha das cascas De abacaxi e de manga. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

MENDES, G. R.; FREITAS, C. H.; SCAGLIONI, P. T.; SCHMIDT, C. G.; FURLONG, E. B. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 1210–1216, 2013.

MEDINA, J. C. Abacaxi. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1987. 285 p. (Série Frutos Tropicais, 2).

MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L. F. Culturas do abacateiro e do abacaxizeiro. Boletim Técnico. Departamento de Ciências Vegetais, Mossoró, Rio Grande do Norte, v. 5, 2011. 37 p.

MENEZES, E. W.; GIUNTINI, E. B.; DAN, M. C.; SARDÁ, F. A.; LAJOLO F. M. Codex dietary fibre definition – Justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerization. *Food Chemistry*, v. 140, p. 581-585, 2013.

MENEZES, M. L.; STRÖHER, A. N.; 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. 176-186, 2013a.

MERCADO, H. V.; BELOSO, O. M.; QUIN, B. L.; CHANG, F. G.; GÓNGORA-NIETO, M. M.; CÁNOVAS, G. V. B.; SWANSON, B. G. Nonthermal preservation of foods: pulsed electric fields. *Trends Food Science Technology*, v. 4, p. 151-157, 1997.

MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; LECH, K.; ŁYSIAK, G. P.; FIGIEL, A. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying Technologies. *Food Chemistry*, v. 207, p. 223–232, 2016.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, 1959. 426-428 p.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; CÂNDIDO, L. M. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 45, p. 11- 20, 2009.

MIRANDA, A. L.; CAIXETA, A. C. A.; FLÁVIO, E. F.; PINHO, L. Desenvolvimento e análise de bolos enriquecidos com farinha da casca do maracujá (*Passiflora edulis*) como fonte de fibras. *Alimentos e Nutrição*, v. 24, p. 225-232, 2013.

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

MONTEIRO, B. A. Valor nutricional de partes convencionais e não convencionais de frutas e hortaliças. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Botucatu.

MORAES L. R. V.; AZEVÊDO L. C.; SANTOS V. M. L.; LEITÃO T. J. V. Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. *Revista Semiárido De Visu*, v. 2, p. 254-264, 2012.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p.1093–1098, 2013.

MOSCATTO, J. A.; FERREIRA, S. H. P.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, p. 634-640, 2004.

MOTA, M. C.; CLARETO, S. S.; AZEREDO, E. M. C.; ALMEIDA, D. M.; MORAES, A. L. L. Bolo light, diet e com alto teor de fibras: elaboração do produto utilizando polidextrose e inulina. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 70, p. 268-75, 2011.

MUDGIL, D.; BARAK, S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 61, p. 1-6, 2013.

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, v. 34, p. 461-471, 2001.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C.; COOK, C. M. A. Response Surface Methodology. Wiley, v. 3, p. 704, 2011.

NOVAIS, T. S.; ZUNIGA, A. D. G.; BATISTA, F. O.; SOUSA, R. S. Determinação de vida de prateleira da farinha obtida a partir das cascas de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). 9º seminário de Iniciação Científica – UFT, v. 5, 2013. Disponível em:<file:///C:/Users/SAMSUNG/Downloads/550-2249-1-PB%20(2).pdf>. Acesso em: 14 mai. 2016.

OHMS, U. Electrolytes, water and acid-basic. In: SHILS M. E, OLSON, J. A, SHIKE M. A.; ROSS, A. C. *Modern nutrition in health and disease*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1999. 135-139 p.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. *Ciências nutricionais*. 1. ed. Sarvier, 1998. 403 p.

OLIVEIRA, E. C.; OLIVEIRA, E. R.; LIMA, L. C. D. O.; VILLAS BOAS, E. V. D. B. Composição Centesimal do Cogumelo do Sol (*Agaricus blazei*). *Revista Universidade Federal de Alfenas*, v. 5, p. 169-172, 1999.

OLIVEIRA, L. F. Os avanços do uso da bromelina na área de alimentação e saúde. *Alimentação e nutrição*, v. 12, p. 215-226, 2001.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. flavicarpa) para produção de doce em calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, p. 254-258, 2002.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 342-348, 2011.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MARTINS, L. H. S.; MOREIRA, D. K. T. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de estruturados de polpa concentrada de abacaxi. *Revista Alimento e Nutrição*, v. 23, p. 23-31, 2012.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 18, p. 1059–1064, 2014.

OLIVEIRA, A. S. B.; ALMEIDA, S. B.; MUSSI, L. P.; PEREIRA, N. R. Influência da secagem da casca de abacaxi na aceitação sensorial do chá para obtenção de coproduto de abacaxi. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, 2014a, Florianópolis-SC. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0186-26627-172490.pdf>> . Acesso em: 22 jun. 2016.

OLIVEIRA, L. F.; SILVA, N. A. S.; ALVES JUNIOR, F.; PERREIRA, J. Obtenção e caracterização de bolos com adição de farinha da casca de abacaxi (*Ananas Comosus* L. Merrill). Disponível em: <http://www.apg.ufla.br/novosite/resumos/resumo_2009/resumos/CAL77.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2016.

OLIVERA, F. C.; PETTERMANN, A. C.; NOREÑA, C. P. Z.; WADA, K.; MARCZAK, L. D. F. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds). *International Journal of Food Science and Technology*, v. 43, p. 900-907, 2008.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 55-59, 2008.

OSAWA, C. C.; FONTES, L. C. B.; MIRANDA, E. H. W.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, p. 92-99, 2009.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 735-740, 2010.

PANZARINI, N. H., RABBERS, A., FERREIRA DA TRINDADE, J. L., MATOS, E. A. S. A., CANTERI, M. H. G., BITTENCOURT, J. V. M. Elaboração de bolo de mel enriquecido com fibras do bagaço da indústria cervejeira. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 8, p. 1154-1164, 2014.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, p. 288-292, 2001.

PEDRO, M. A. M.; ROMERO, J. T.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 993-1000, 2010.

PEREIRA, M. A. B.; SIEBENEICHLER, S. C.; LORENÇONI, R.; ADORIAN, G. C.; SILVA, J. C.; ROGÉRIO GARCIA, B. M.; PEQUENO, D. N. L.; SOUZA, C. M.; BRITO, R. F. F. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela Cooperfruto – Miranorte – TO. *Revista Brasileira Fruticultura*, v. 31, p. 1048-1053, 2009.

PEREIRA, D. F. C. Estudo comparativo de bolacha maria de diferentes marcas. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar). Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.

PEREIRA, D. J. S.; PAES, J. L.; SANTOS, J. P.; MISQUITA, I. S.; BRUGGIANESI, G. Processo de desidratação do abacaxi usando energia solar. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014. Campo Grande –MS.

PINHEIRO, M. V. S.; PENA, A. L. V. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. *Alimentos e Nutrição*, v.15, p. 175-186, 2004.

PINHEIRO, D. M.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. *A Química dos alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais*. Maceió: EDUFAL, 2005. 52 p.

POTTER, N. N; HOTCHKISS, J. H. *Constituyentes de los alimentos: propiedades y significado*. *Ciência de los Alimentos*. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1999. 29-50 p.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEITZER, T. F.; DEVRIES, W. J.; FURDA, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v. 71, p. 1017-1024, 1988.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J. ; TEISSON, C. *L'ananas: la culture ses produits*. Paris: G. P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562 p.

QUEIROZ, G. C.; REGO, R. A.; JARDIM, D. C. P. *Brasil bakery e confectionary trends 2020*. 1. ed. Campinas: ITAL, 2014. 324 p.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SANTOS C. M.; SIMÃO, A. A. Composição química e fitoquímica da casca e sementes de lichias (*Litchi chinensis* Sonn). *Ciência Rural*, v. 45, p. 329-334, 2015.

RAMALHO, A. R.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ROCHA, R. B.; MARCOLAN, A. L.; CASSARO, J. D. Embrapa. *Informe técnico: Características das cultivares de abacaxizeiros cultivadas no Estado de Rondônia*. 1. ed. Porto Velho, 2009. 6 p.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química de abacaxi e microbiológica desidratado. *Alimentos e Nutrição*, v. 19, p. 259-269, 2008.

RAPINA, L. F. V.. *Perfil sensorial e aceitação de bolos de laranja formulados com prébióticos*. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Alimentos) - Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto.

REINHARDT, D. H.; MEDINA, V. M.; CALDAS, R. C.; CUNHA, G. A. P.; ESTEVAM, R. F. H. Gradientes de qualidade em abacaxi Pérola em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, p. 544-546, 2004.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 10, p. 17-26, 2008.

RESENDE, O.; RODRIGUES, S.; SIQUEIRA, V. C.; ARCANJO, R. V. Cinética da secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de chão batido. *Acta Amazonica*, v. 40, p. 247-256, 2010.

REYES, R. S.; HERRERA, M. S.; MENACH, L. P. Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria*, v. 5, p. 157-163, 2014.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de Alimentos*. 1 ed. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2004. 184 p.

RODRIGUES, I. *Engenharia alimentar: processamento geral de alimentos liofilização*. 2008. Disponível em: <<http://www.esac.pt/noronha/pga/0708/Aula%20Liofiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

ROCHA, F. L., MINIM, V. P. R., DELLA LUCIA, F., MINIM, L. A., COIMBRA, J. S. R. Avaliação da influência dos milhos QPM nas características sensoriais de bolo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 129-134, 2003.

RODRIGUES, A.; BOSI, G. F.; FAVARIN, F. R.; STORCK, C.; BASSO, C. Qualidade microbiológica de resíduos da produção de suco de uva e maçã. Disponível em: <<http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/6649.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

ROSA, C. S.; OLIVEIRA, V. R.; VIERA, V. B.; GRESSLER, C.; VIEGA, S. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1869-1872, 2009.

SANDRI, D. O.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S.; PASTRO, D. C.; PAGLARINI, C. S. Análise físico-química do abacaxi cultivar Pérola na forma *in natura* em diferentes posições do fruto: cilindro central e polpa. Enciclopédia Biosfera, v. 7, p. 1378-1384, 2011.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F. Physical and chemical study of minimally processed products of Pérola pineapples. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 24, p. 333-337, 2002.

SCARANTO, B. A. A. Aplicação de redes neurais na formulação de gorduras para bolo baseada em gorduras interesterificadas de soja e algodão. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SEYHUN, N.; SMNU, G.; SAHIN, S. Effects of different emulsifier types, fat, contents, and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Nahrung/Food, v. 47, p. 248-251, 2003.

SILVA, S. M. S.; MURA, J. D. P. Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia. São Paulo: Roca, 2007. 77-112 p.

SILVA, G. C.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; ALVES, R. E.; SOUZA NETO, M. A. Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e físicas do abacaxi pérola minimamente processado. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, v. 25, p. 223-228, 2005.

SILVA, A. F. R. E.; ZAMBIAZI, R. C. Aceitabilidade de geleias convencional e light de abacaxi obtidas de resíduos da agroindústria. B CEPPA, v. 26, p. 1-8, 2008.

SILVA, A. S. A.; MELO, K. S.; ALVES, N. M.; FERNANDES, T. K. S.; FARIAS, P. A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 11, p. 129-136, 2009.

SILVA, A. M. L.; GOMES, A. C. G.; MARTINS, B. A. Alterações físico-químicas e estudo enzimático da polpa de araticum. Estudos, v. 36, p. 775-783, 2009a.

SILVA, I. C. V.; SANTOS, A. A. O.; ALVES, A. R.; BATISTA, M. C, A.; MARCELLINI, P. S. Fécula de mandioca e farinha de albedo de laranja na formulação de bolos de chocolate. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 71, p. 111-117, 2012.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUSA, J. A. R.; FARIAS, V. S. O. Empirical and diffusion models to describe water transport into chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, v. 48, p. 267-273, 2013.

SILVA, I. C. V.; SANTOS, A. A. O.; SANTANA, D. G.; SANTOS, A. J. A. O.; LEITE, M. L. C.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Avaliação da influência das variáveis açúcar, polvilho azedo e albedo de laranja na elaboração de bolos de chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 16, p. 175-183, 2013a.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, ROSSANA M. F.; QUEIROZ, ALEXANDRE J. M.; FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. *Revista Educação Agrícola Superior*, v. 30, p. 33-36, 2015a.

SILVA, S. F.; LEMOS, D. M.; SILVA, F. B.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. ; SOUSA, E. P. Isotermas de adsorção de água da farinha das fibras residuais secas de manga. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2015b. Fortaleza – CE.

SIMON, C. C. M.; TRENTIN, C. M.; DOMINGOS, E. L.; BORSATO, G. H. S.; BALBI, M. E. Características nutricionais e tempo de prateleira do abacaxi desidratado (*Ananas comosus*, L. Merril, Bromeliaceae) comercializado em Curitiba-PR. *Visão Acadêmica*, v. 16, p. 99-110, 2015.

SIQUEIRA, R. S. Manual de microbiologia de alimentos. Embrapa, 1995. 159p.

SMITH, J. P.; DAIFAS, D. P.; EL-KHOURY, W.; KOUKOUTSIS, J.; EL-KOURY, A. Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 1, p. 19-55; 2004.

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

SOUSA, L. C. F. S.; SOUSA, J. S.; BORGES, M. G. B.; MACHADO, A. V.; SILVA, M. J. S.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 8, p. 19-27, 2012a.

SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; LEMOS, D. M.; MOREIRA, I. S.; LINS, A. D. F.; CASTRO, D. S.; ROCHA, A. P. T. Secagem de resíduos de *Spondias sp.* em camada fina. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 36, p. 197-202, 2015.

SOUZA, D. C.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa da fruta-pão (*Artocarpus altilis*). *Ciência Rural*, v. 42, p. 1123-1129, 2012.

SREENATH, H. K., SUDARSHANAKRISHNA, K. R., PRASAD, N. N., SANTHANAM, K.. Characteristics of some fiber incorporated cake preparations and their dietary fiber content. *Starch*, p. 72-76, 1996.

STENCL, J. Modelling the water sorption isotherms of yorghurt powder spray. *Mathematics and Computers in Simulation*, v. 65, p. 157-164, 2004.

STONE, H.; SIDEL, J. L. *Sensory evaluation practices*. 3. ed. London: Elsevier, 2004.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. *Ciência Rural*, v. 43, p. 537-543, 2013.

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. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 18, p. 277-284, 2015.

SUDHA, M. L.; BASKARAN, V.; LEELAVATHI, K. Apple pomaceas a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and caking make. *Food Chemistry*, v. 104, p. 686-692, 2007.

SUELEN, M. Bebidas não alcoólicas: matar a sede é apenas um detalhe. *Revista Superhiper*, p. 22-27, 2014.

SZCZESNIAK, A. S.; LOEW, B. J.; SKINNER, E. Z. Consumer texture profile technique. *Journal of Food Science*, v. 40, p. 1253-1256, 1975.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, v. 13, 215-225, 2002.

TELIS, V. R. N.; GABAS, A. L.; MENEGALLI, F. C.; ROMERO, J. T. Water sorption thermodynamic properties applied persimmon skin and pulp. *Termochimica Acta*, v. 343, p. 49-56, 2000.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180 p

TEIXEIRA, L. V. *Análise sensorial na indústria de alimentos*. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, p. 12-21, 2009.

TEIXEIRA, J. B. P. *Conceitos em Fitoterapia: Uma revisão da literatura. Abacaxi/Bromelina*. Disponível em: <
<http://www.ufjf.br/proplamed/atividades/fitoterapia/2157-2/>>. Acesso: 07 out. 2015.

TRIOLA, M. F. *Introdução à estatística*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, N. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, v. 88, p. 411–418, 2008.

TORREGIANNI, D.; BERTOLO, G. High-quality fruit and vegetable products using combined processes. In: FITO, P., CHIRALT, T., BARAT, J.M., SPIESS, W.E.L., BEHSNILIAN, D. (Eds.). *Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation – Application in Food Industries*. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc., 2001. 3- 9 p.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, p. 442-447, 2010.

VASCONCELLOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. *Técnico em alimentos: conservação de alimentos*. Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec Brasil). UFRPE/UFRN/CODAI, 2010.

VIEIRA, C. F. S.; MARTINS, G. A. S.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S.; REGES, I. S. Utilização de farinha de casca de maracujá amarelo em bolo. Enciclopédia Biosfera, v. 6, p. 1-10, 2010.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, C. R.; FARIA, T.; AZEREDO, E. M. C. Aproveitamento integral de alimentos: desenvolvimento de bolos de banana destinados à alimentação escolar. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 11, p. 185-194, 2013.

VIGANÓ, J.; AZUARA, E.; TELIS, V. R. N.; BERISTAIN, C. I.; JIMENEZ, M.; ROMERO, J. T. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. Thermochemica Acta, v. 528, p. 63-71, 2012.

VIGANÓ, J.; GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J. Moisture sorption characteristics of pineapple processing waste: shell and central cylinder. Journal of Food Process Engineering, v. 37, p. 100–110, 2014.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, p. 387-394, 2008.

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. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 70, p. 514-521, 2011.

VULICEVIC, I. R.; ABDEL-AALB, E. S. M.; MITTALC, G. S.; LU, X. Quality and storage life of par-baked frozen breads. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, v. 37, p. 205-213, 2004.

ZANINI, C. D.; STOSKI, J.; NOVELLO, D.; MANHANI, M. R.; SANTOS, E. F.; BOGO, D. Avaliação físico-química e sensorial de bolo de maçã adicionado de inulina entre crianças. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 11, p. 171-182, 2013.

ZHOU, J.; FAUBION, J. M.; WALKER, C. E. Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. LMT- Food Science and Technology, v. 44, p. 1802-1808, 2011.

Apêndice A - Formulações obtidas pelo delineamento experimental central composto

Tabela A1 – Formulações obtidas dos ensaios de bolos contendo farinha de polpa de abacaxi

Ingredientes	Formulações contendo farinha de polpa do fruto do abacaxi (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ovo	35,25	30,38	35,25	30,38	32,81	32,81	36,26	29,37	32,81	32,81
Água	8,97	7,73	8,97	7,73	8,35	8,35	9,23	7,48	8,35	8,35
MG	9,61	22,10	9,61	22,10	15,86	15,86	7,03	24,69	15,86	15,86
Farinha de trigo	30,65	26,22	25,52	21,10	29,49	22,25	29,00	22,74	25,88	25,88
Farinha de polpa	1,40	1,40	6,52	6,52	0,34	7,58	3,96	3,96	3,96	3,96
Isomalte	12,82	11,05	12,82	11,05	11,93	11,93	13,18	10,68	11,93	11,93
Estévia 97%	0,019	0,017	0,019	0,017	0,018	0,018	0,020	0,016	0,018	0,018
Fermento	1,28	1,10	1,28	1,10	1,19	1,19	1,32	1,07	1,19	1,19

Tabela A2 – Formulações obtidas dos ensaios de bolos contendo farinha de 80% de casca + 20% de cilindro central de abacaxi

Ingredientes	Formulações contendo farinha 80% de casca + 20% de cilindro do fruto do abacaxi (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ovo	35,25	30,38	35,25	30,38	32,81	32,81	36,26	29,37	32,81	32,81
Água	8,97	7,73	8,97	7,73	8,35	8,35	9,23	7,48	8,35	8,35
MG	9,61	22,10	9,61	22,10	15,86	15,86	7,03	24,69	15,86	15,86
Farinha de trigo	30,65	26,22	25,52	21,10	29,49	22,25	29,00	22,74	25,88	25,88
Farinha de casca	1,12	1,12	5,22	5,21	0,27	6,06	3,16	3,17	3,16	3,16
Farinha de cilindro	0,28	0,28	1,30	1,30	0,07	1,52	0,79	0,79	0,79	0,79
Isomalte	12,82	11,05	12,82	11,05	11,93	11,93	13,18	10,68	11,93	11,93
Estévia 97%	0,019	0,017	0,019	0,017	0,018	0,018	0,020	0,016	0,018	0,018
Fermento	1,28	1,10	1,28	1,10	1,19	1,19	1,32	1,07	1,19	1,19

Apêndice B - Questionário de recrutamento para análise sensorial quantitativa

QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO DE PROVADORES PARA ANÁLISE SENSORIAL

Está a ser convidado a participar numa prova sensorial de bolos hipocalóricos enriquecidos com fibra a partir de farinha de abacaxi. Caso esteja interessado em participar, por favor, preencha o seguinte questionário:

Nome: _____

Sexo: F () M () Idade: _____ Profissão: _____

Email: _____

Telefone: _____

1. Disponibilidade no mês de Junho e Julho:

Tarde (14h-19h)	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

2. Com que frequência costuma consumir bolos:

() diariamente () ocasionalmente (menos de 1 vez por mês, na média)

() 1 vez por semana () 1-2 vezes por mês

3. Costuma consumir produtos ricos em fibras? () Sim () Não

Em caso positivo, especifique o(s) tipo(s) de produto(s): _____

4. Costuma consumir produtos sem adição de açúcar? () Sim () Não

Em caso positivo, especifique o(s) tipo(s) de produto(s): _____

5. Caso já tenha provado produtos ricos em fibras e sem adição de açúcar, marque com um "x" a opção que melhor represente o seu agrado:

() Desgostei muitíssimo () Gostei

() Não gostei () Gostei muitíssimo

() Indiferente

6. Tem algum problema de saúde que restrinja/limite o consumo de bolos? () sim () não

Em caso positivo, seleccione a opção abaixo:

() Doença ocular () Hipertensão arterial

() Intolerância a lactose () Diabetes

() Alergia à proteína do ovo

Outra: _____

7. Fuma? () sim () não

Lisboa, _____ de _____ de 2015

Assinatura do participante _____

Apêndice C1 – Treino

Tabela C.1 - Definições e exemplos de referência dos atributos sensoriais das amostras para a prova de análise sensorial descritiva quantitativa.

Definição		Exemplos de referência (adaptados)
Aparência		
Cor castanha da crosta	Cor castanha característica de bolo comum	Muito clara: cor de chá preto diluído Muito escura: cor de chá preto concentrado
Cor bege do miolo	Cor bege característica de miolo de bolo comum	Muito clara: miolo de pão de forma Muito escura: cor de bolacha maria
Uniformidade da crosta	Homogeneidade da crosta em relação à presença de bolhas de ar	Ausente: Esponja de banho Intenso: crosta de pão
Homogeneidade do miolo	Ausência de bolhas de ar na massa, tuneis de ar, compactação da massa.	Intenso: Bolo comercial (tipo Dancake) Ausente: esponja de banho
Aroma		
Aroma de ananás	Aroma característico de ananás	Ausente: água destilada Intenso: sumo de Ananás
Aroma a margarina	Aroma associado à presença de margarina na formulação	Ausente: água destilada Intenso: margarina derretida
Queimado da crosta	Aroma a bolo torrado	Ausente: água destilada Intenso: cheiro a queimado
Sabor		
Sabor de ananás	Sabor característico de ananás	Ausente: água destilada Intenso: sumo de ananás concentrado
Gosto doce	Sabor adocicado/ sabor característico da sacarose	Ausente: Miolo de pão de forma de padaria Intenso: Sabor a açúcar
Sabor residual estranho	Sensação olfatorgustativa que ocorre após degustação do bolo devido à presença de algum ingrediente que esteja em maior evidencia na formulação. Ex. estévia, margarina	Ausente: água Intenso: sensação após comer adoçante/óleo/gordura
Queimado da crosta	Sabor a bolo torrado	Ausente: sabor a Bolo comercial (tipo Dancake) Intenso: sabor a queimado
Massa crua	Sabor a massa de bolo antes de ir ao forno	Ausente: Sabor a Bolo cozido Intenso: Sabor a massa crua/ fermento
Textura		
Maciez	Força necessária para comprimir a amostra entre os dentes	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Pão de milho tipo broa
Humidade/Humectância	Sensação provocada pela quantidade de água presente no bolo	Ausente: Bolacha Maria Intenso: Torta de laranja
Fragilidade /Fraturabilidade	Facilidade com que a crosta se parte	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Pão de milho tipo broa
Granulosidade /Fibrosidade	Percepção oral do tamanho e da forma dos grânulos de fibra presentes na farinha de ananás utilizada na formulação	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Miolo pão de sementes/ bolachas ricas em fibras
Oleosidade	Percepção oral da presença de óleo	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: churros
Qualidade Global	Características sensoriais gerais que	Péssimo: impossível comer (devido ao aspecto

	determinam o perfil sensorial do alimento	e/ou características físicas e de flavor) Excelente: apetece comer mais
--	---	--

Fonte: Adaptação de Rocha et al. (2003), Battochio et al. (2006), Padilha et al. (2010), Rapina (2011).

Apêndice C2 – Folha de prova do treino para análise sensorial descritiva quantitativa

F M M
 Sexo Idade: _____
 Data: _____
 Nome: _____
 Amostra: _____
 Classifique as amostras que lhe são apresentadas marcando com um traço na escala apresentada:

Maciez do miolo
 Ausente (compacto) _____ Intenso (leve)

Oleosidade do miolo
 Ausente _____ Intenso

Granulosidade
 Ausente _____ Intenso

Humidade
 Ausente (seco) _____ Intenso (húmido)

Sabor _____
 Doce _____ Intenso

A Fruta
 Ausente _____ Intenso

A massa crua
 Ausente _____ Intenso

A Margarina
 Ausente _____ Intenso

Sabor residual estranho
 Ausente _____ Intenso

Outros: _____
Apreciação global do Bolo
 Pésimo _____ Excelente

Folha de prova

F M M
 Sexo Idade: _____
 Data: _____
 Nome: _____
 Amostra: _____
 Classifique as amostras que lhe são apresentadas marcando com um traço na escala apresentada:

Cor _____
 Crosta _____ Muito Clara _____ Muito escura

Interior/massa
 Muito Clara _____ Muito escura

Homogeneidade (Presença de bolhas de ar na massa, turrões de ar, compactação de massa)
 Ausente _____ Intenso

Crosta
 Ausente _____ Intenso

Miolo
 Ausente _____ Intenso

Cheiro _____
 Ausente _____ Intenso

A fruta
 Ausente _____ Intenso

A margarina
 Ausente _____ Intenso

Outros: _____
Textura _____
Fraturabilidade
 Ausente (massa muito coesa) _____ Intenso (emigalha-se com facilidade)

Apêndice D - Folha de prova para análise sensorial descritiva quantitativa

Folha de prova

Sexo: F M

Idade: _____

Data: _____

Nome: _____

Classifique as amostras que lhe são apresentadas marcando com um traço na escala:

Amostra: _____

Cor

Crosta: _____ Muito Clara _____ Muito escura

Miolo: _____ Muito Clara _____ Muito escura

Cheiro

A fruta: _____ Ausente _____ Intenso

A margarina: _____ Ausente _____ Intenso

Textura

Fraturabilidade: _____ Ausente (massa muito coesa) _____ Intenso (esmigalha-se com facilidade)

Moleza do miolo: _____ Ausente (compacto) _____ Intenso (Leve)

Opacidade do miolo: _____ Ausente _____ Intenso

Granulosidade (presença de fibra) _____ Ausente _____ Intenso

Sabor _____ Ausente _____ Intenso

Saboroso: _____ Ausente _____ Intenso

Doce: _____ Ausente _____ Intenso

A massa crua: _____ Ausente _____ Intenso

A Margarina: _____ Ausente _____ Intenso

Apreciação global do Bolu _____ Péssimo _____ Excelente

Apêndice E - Secagem convencional da farinha da polpa de abacaxi

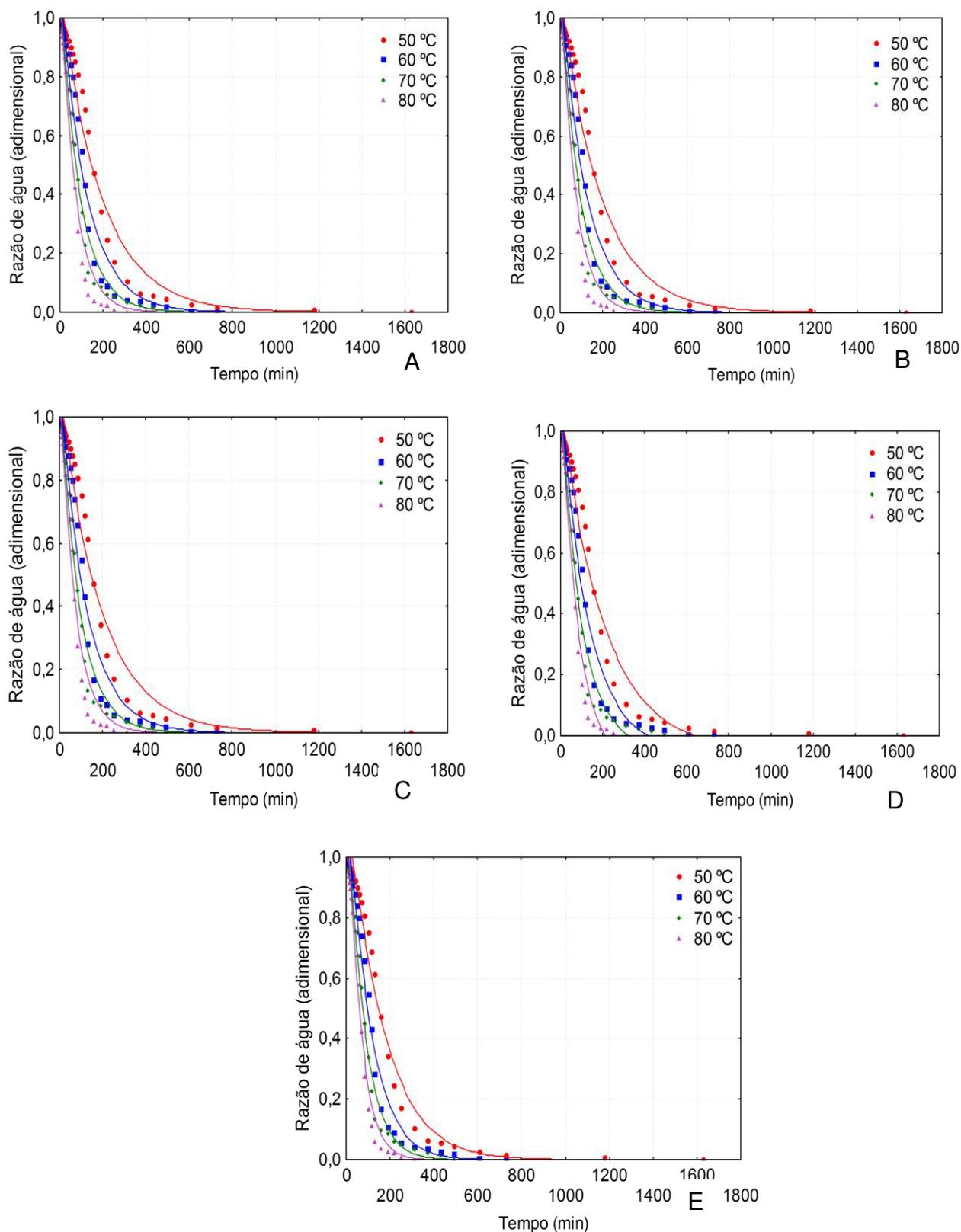


Figura E1 – Curvas de secagem para a polpa do abacaxi, em diferentes temperaturas, ajustadas pelo modelo de Dois Termos (A), Henderson e Pabis (B), Henderson e Pabis Modificado (C), Logaritmo (D) e Silva et alii (E).

Apêndice F - Secagem convencional da farinha da casca de abacaxi

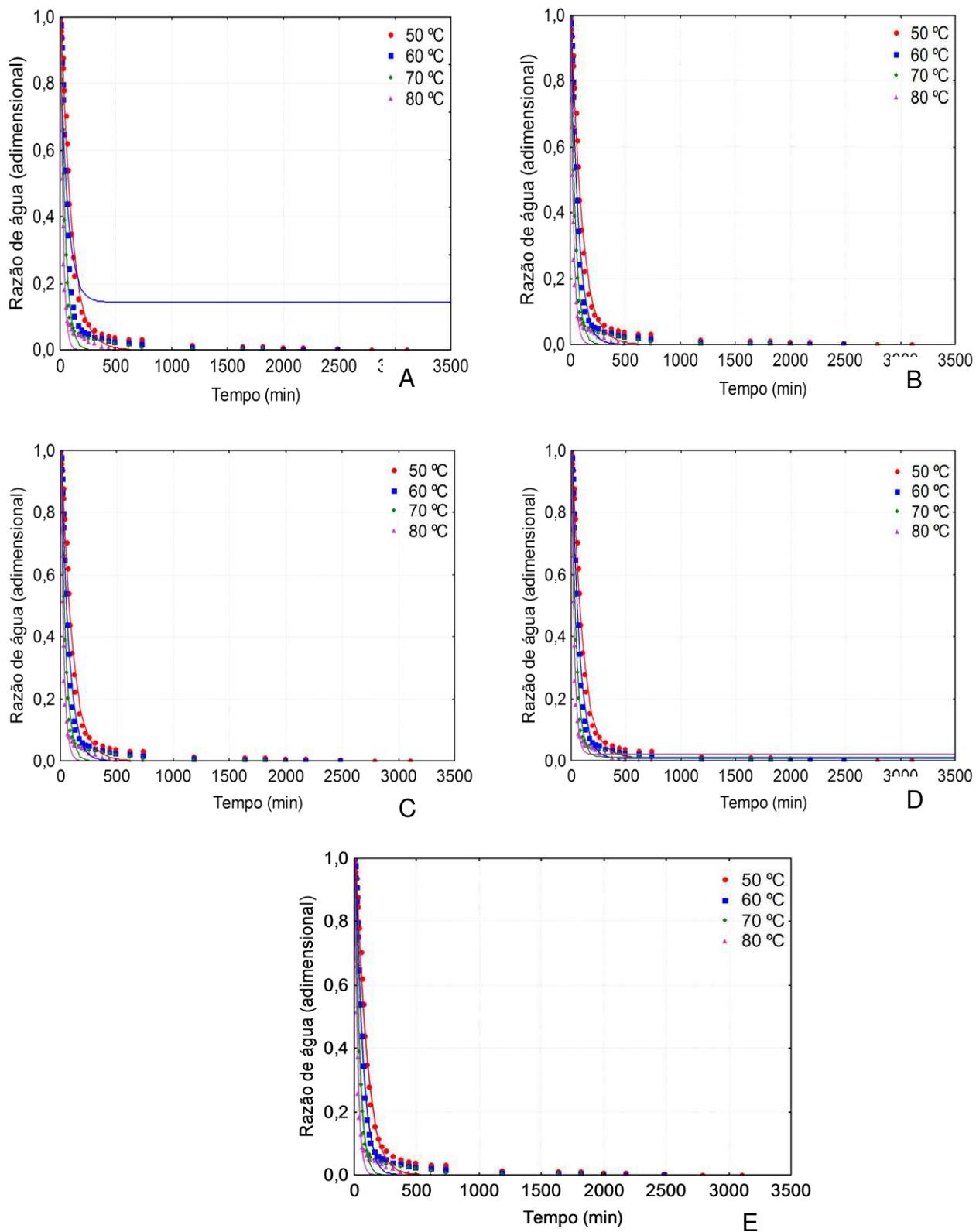


Figura F1 – Curvas de secagem para a casca do abacaxi, em diferentes temperaturas, ajustadas pelo modelo de Dois Termos (A), Henderson e Pabis (B), Henderson e Pabis Modificado (C), Logaritmo (D) e Silva et alii (E).

Apêndice G - Secagem convencional da farinha do cilindro central de abacaxi

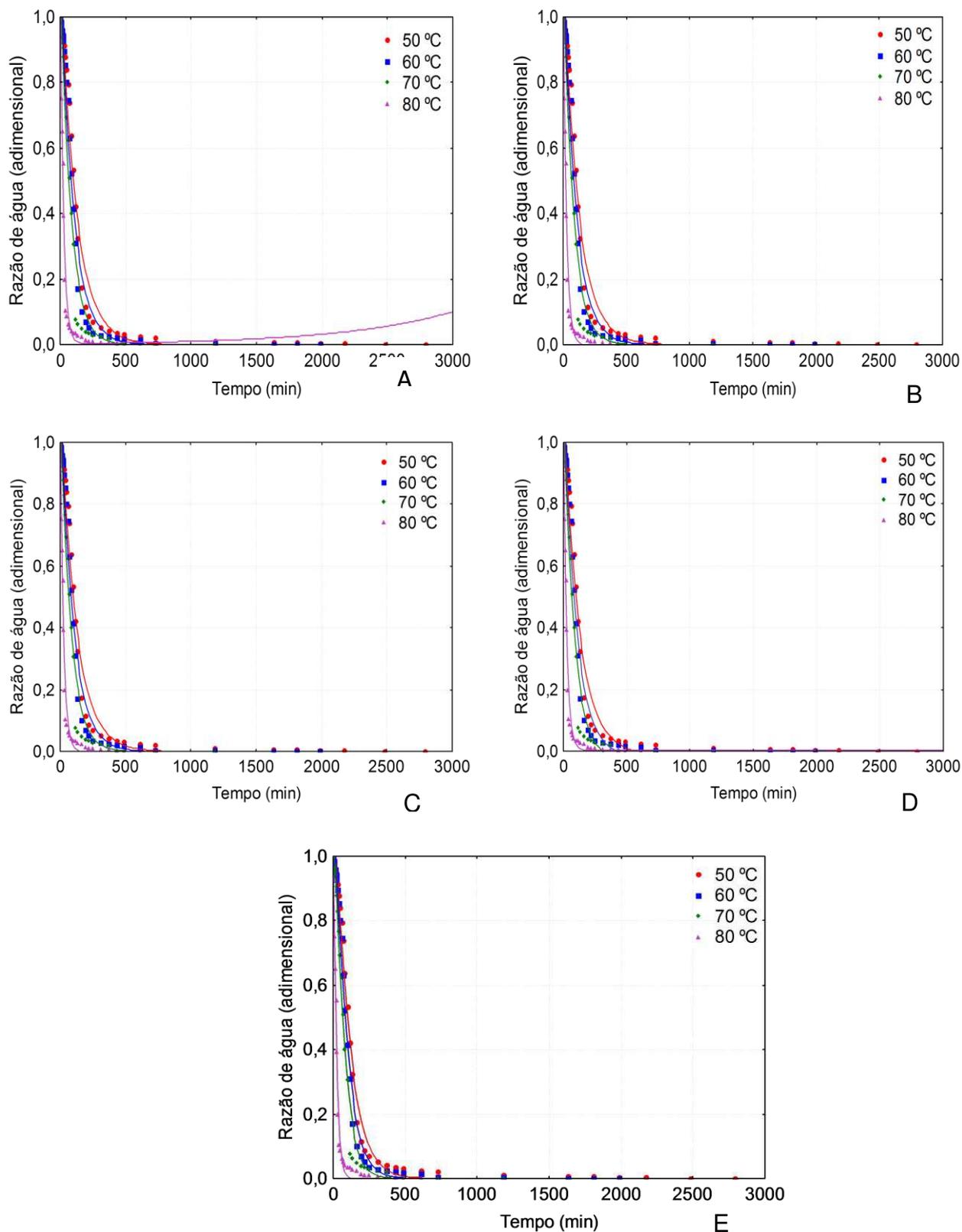


Figura G1 – Curvas de secagem para a cilindro central do abacaxi, em diferentes temperaturas, ajustadas pelo modelo de Dois Termos (A), Henderson e Pabis (B), Henderson e Pabis Modificado (C), Logaritmo (D) e Silva et alii (E).

Apêndice H - Isotermas de adsorção das farinhas de polpa, casca e cilindro central do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, para os diferentes modelos

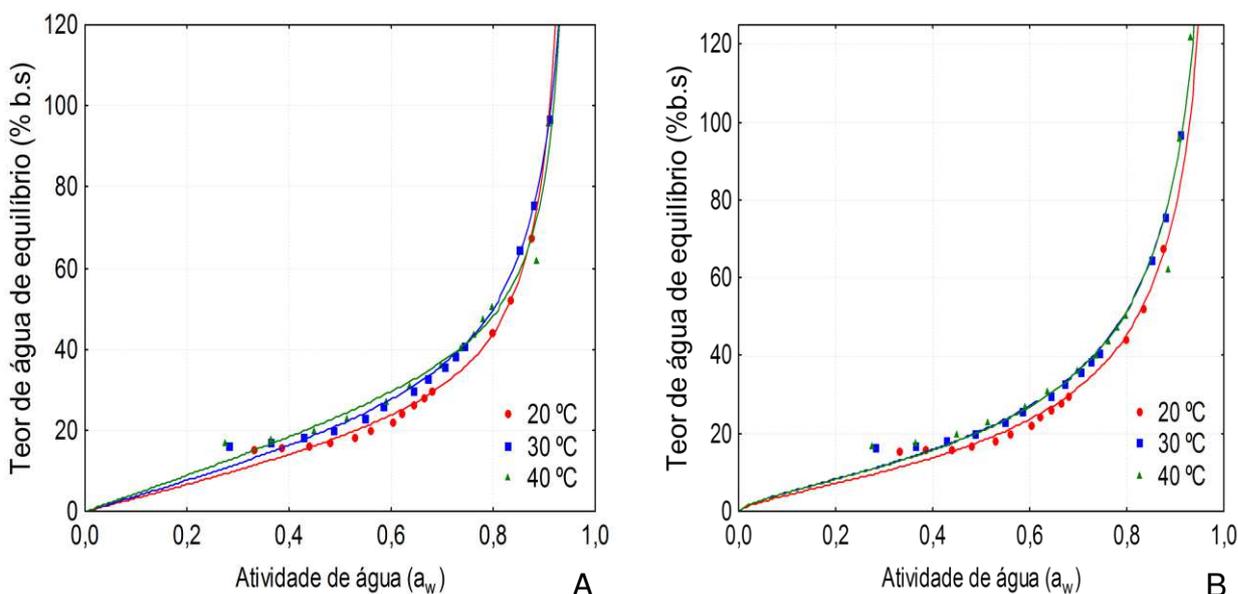


Figura H1 – Isotermas de adsorção de água da farinha da polpa de abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de GAB (A) e Oswin e (B).

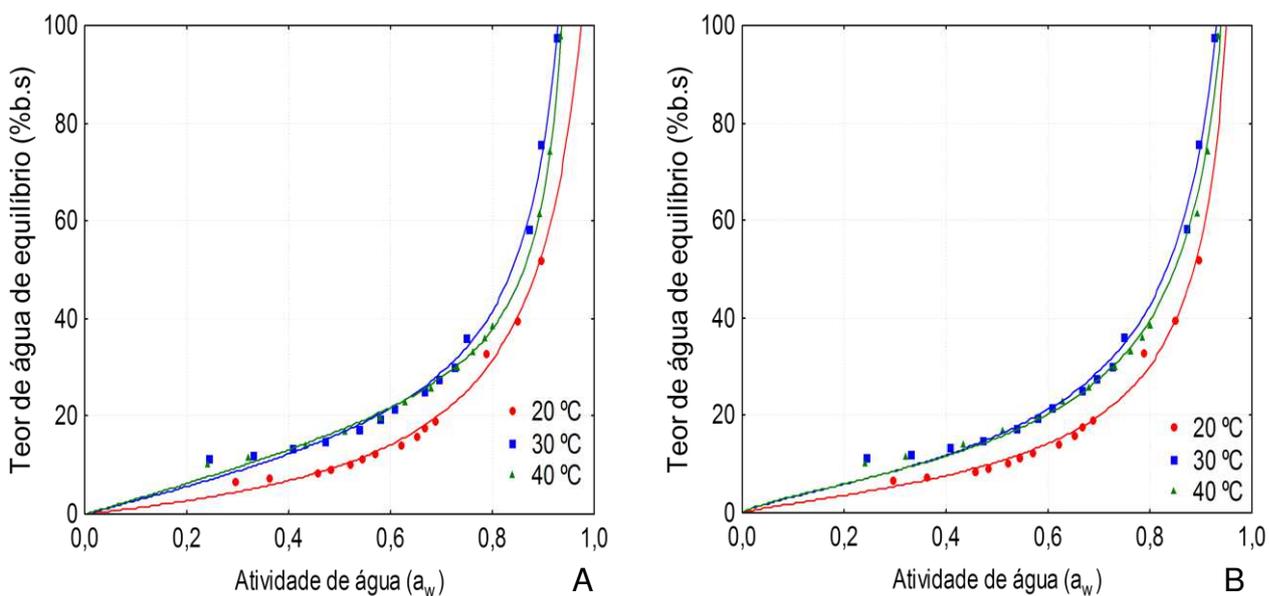


Figura H2 - Isotermas de adsorção de água da farinha da casca de abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de GAB (A) e Oswin (B).

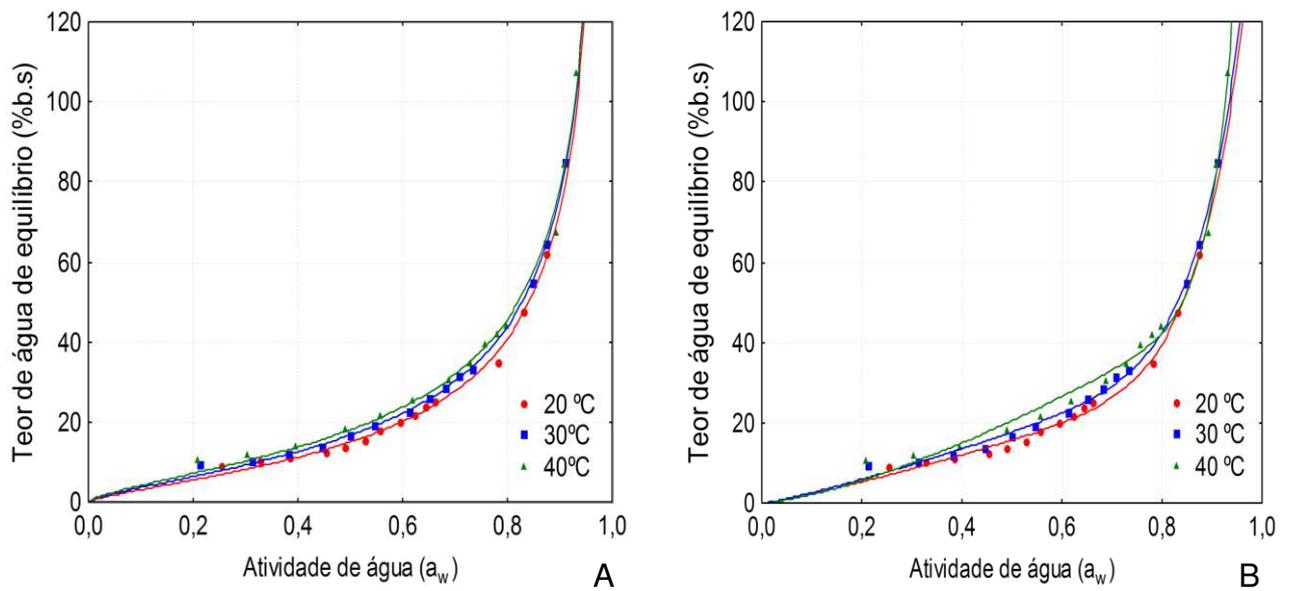


Figura H3 - Isotermas de adsorção de água da farinha do cilindro central do abacaxi, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de Oswin (A) e Peleg (B).