

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO BARBA BELLETTINI

**ANÁLISE PREDITIVA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS DA PUPUNHA EM FUNÇÃO DO CLIMA E  
APROVEITAMENTO DE SEUS FRUTOS E BAINHA FOLIAR**

CURITIBA  
2017

MARCELO BARBA BELLETTINI

**ANÁLISE PREDITIVA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS DA PUPUNHA EM FUNÇÃO DO CLIMA E  
APROVEITAMENTO DE SEUS FRUTOS E BAINHA FOLIAR**

Tese de Doutorado apresentado à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, como exigência para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosemary Hoffmann Ribani

CURITIBA  
2017

---

B442a

Belletini, Marcelo Barba

Análise preditiva de características físicoquímicas da pupunha em função do clima e aproveitamento de seus frutos e bainha foliar / Marcelo Barba Belletini. – Curitiba, 2017.  
160 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, 2017.

Orientadora: Rosemary Hoffmann Ribani.

1. Bactris gasipaes. 2. Minerais. 3. Pupunha. 4. Resíduo agroindustrial. I. Universidade Federal do Paraná. II. Ribani, Rosemary Hoffmann. III. Título.

CDD: 664.8

---




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE ALIMENTOS

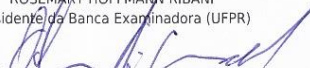
### TERMO DE APROVAÇÃO

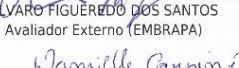
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MARCELO BARBA BELLETTINI** intitulada: **Análise preditiva de características físico-químicas da pupunha em função do clima e aproveitamento de seus frutos e bainha foliar**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

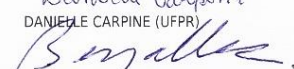
A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

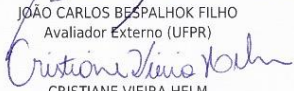
Curitiba, 01 de Setembro de 2017.

  
ROSEMARY HOFFMANN RIBANI  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
ÁLVARO FIGUEREDO DOS SANTOS  
Avaliador Externo (EMBRAPA)

  
DANIELLE CARPINE (UFPR)

  
JOÃO CARLOS BEPALHOK FILHO  
Avaliador Externo (UFPR)

  
CRISTIANE VIEIRA HELM  
Avaliador Externo (EMBRAPA)

## **DEDICATÓRIA**

Esta Tese de Doutorado é dedicada a Deus, meu melhor amigo, Espírito Santo sempre tão presente. Também dedico este trabalho à minha família amada, instituição mais importante na face da Terra. Para ambos, o meu amor é sem medidas.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, amigo, fonte inesgotável de vida, brilho que jamais se apagará. Inspiração, auxílio e braço forte até o meu último fôlego de vida;

Aos meus pais Sebastião Bellettini e Roseli do Rocio Barba Bellettini e familiares, que mais do que ninguém, me impulsionaram a realizar e concluir o doutorado. Amados meus;

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Assumpção Fiorda, companheira, conselheira, pessoa sempre tão presente nas pesquisas e na vida pessoal, lindíssima, inconfundível, inesquecível...;

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosemary Hoffmann Ribani, que acreditou no potencial dessa pesquisa e que pacientemente me orientou;

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Miriam Fabiola Fabela Morón, pela co-orientação no período de doutorado sanduíche no México;

À toda a equipe da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus Agrárias e Centro Politécnico, e do *Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco* – CIATEJ, Unidad Sureste, Mérida, Yucatán, México, pelo afeto, amizade e apoio na realização dos testes laboratoriais. Em especial aos amigos Fernanda, Alessandra, Ana Paula, Damian, Fabiane, Gerson e Ronald (Brasil); Adriana, Ana, Juan Ubaldo, Jade e Luís Alberto (México);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão das bolsas de doutorado e doutorado sanduíche;

À Coordenação de Agronomia da Universidade Federal do Paraná – UFPR, que compreensivelmente apoiou a realização da Graduação em Agronomia juntamente com Doutorado em Engenharia de Alimentos.

Ao Bola de Neve Curitiba e à Igreja Caminho, Verdade e Vida, pelo ensinamento da cultura do Reino dos Céus, sempre presente em todas as etapas da vida;

A todos os colegas de pós-graduação e amigos, que direta e indiretamente, acompanharam o meu crescimento no desenvolvimento deste trabalho.

A todos vocês, obrigado!

¡Gracias!

## RESUMO

A pupunha é uma monocotiledônea, pertencente à família das Arecaceae. Originária do trópico úmido, apresenta distribuição natural entre as latitudes 18°N e 17°S, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis. Dois produtos são obtidos a partir da pupunha, o meristema apical (palmito) colhido a partir de 1 ano de cultivo e seus frutos colhidos a partir de pelo menos, 3 anos de cultivo. No primeiro capítulo, verificou-se o efeito do clima na absorção de minerais no palmito pupunha, elaborando-se um modelo de previsão. Baixo erro relativo médio de predição (2,41%) confirmou a boa previsibilidade dos modelos. Os fatores que mais influenciaram os modelos de previsão em minerais foram a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar. Para o processamento de palmito em conserva, é muito importante garantir a segurança alimentar, a fim de se evitar riscos ao consumidor. O palmito é classificado como alimento pouco ácido ( $\text{pH} > 4,6$ ) e conservas permitem condições anaeróbicas favoráveis para o desenvolvimento da toxina botulínica. No segundo capítulo, descreveu-se o uso da análise de componentes principais (PCA), juntamente com a regressão por mínimos quadrados parciais (PLS), para geração de um modelo preditivo de pH de palmito pupunha em função do clima, como uma ferramenta contra a produção da toxina botulínica. Alto coeficiente de correlação (0,81) e baixo erro relativo médio de previsão (0,75%) confirmaram a boa previsibilidade do modelo. Os fatores que mais influenciaram no modelo de previsão de pH foram a umidade relativa e a temperatura. Os resultados mostraram que o modelo preditivo pode ser utilizado como método rápido para determinação de pH em fábricas de palmito pupunha. Os resíduos lignocelulósicos (bainha foliar e folha) da indústria de palmito são um problema ambiental e de saúde pública. No estudo da possibilidade de utilização desse substrato úmido para desenvolvimento micelial, conforme capítulo terceiro, verificou-se que a alta quantidade de umidade (91%) resultante pela falta do processo de secagem do substrato tornou-se um fator negativo e mais significativo do que a quantidade de inóculo ou número de furos para bioconversão. A qualidade e o comportamento reológico de doces em massa produzidos a partir de frutos de pupunha também foi investigada no quarto capítulo. Foi dada ênfase especial na relação destes atributos com a concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3). O Cl foi o principal elemento macromineral seguido de K. Quanto aos microelementos, os maiores valores foram obtidos para Fe e Zn. A formulação J1 resultou em um doce em massa com um maior conteúdo de fenólicos totais, com alta degradação dos antioxidantes em todas as formulações. As formulações J1 e J2 apresentaram coloração mais escura do que J3. Os doces em massa do fruto da pupunha se comportaram como fluidos pseudoplásticos e os modelos de Ostwald-de Waele e Casson descreveram adequadamente o comportamento reológico em estado estacionário, exibindo tensão inicial de acordo com o modelo Casson. A análise sensorial por escala hedônica indicou que J2 foi a melhor formulação. Coliformes totais, *Salmonella* e *E. coli* não foram encontrados, indicando a correta manipulação do alimento e binômio tempo-temperatura adequado no processamento do produto. Essa matéria-prima constitui uma nova opção para as empresas agrícolas que procuram manter e expandir o mercado de frutas e seus produtos.

Palavras chave: *Bactris gasipaes*. pH. Minerais. Resíduo agroindustrial. Doce em massa.



## ABSTRACT

The peach palm is a monocotyledon, belonging to the Arecaceae family. Originating in the humid tropics, it has a natural distribution between latitudes 18°N and 17°S, where edaphoclimatic conditions are favorable. Two products are obtained from peach palm. Its apical meristem (peach palm heart), harvested from about 1 year-old shoots, and its waste jam fruit, harvested from trees, which are at least 3 years old. For the processing of canned peach palm heart, it is very important to ensure food safety in order to avoid risks to the consumer. The palm heart is classified as a low acidity food (pH > 4,6) and preserves allow favorable anaerobic conditions for the development of botulinum toxin. This work describes the use of principal component analysis (PCA), together with partial least squares regression (PLS), to generate a predictive model of peach palm heart pH as a function of climate, as a tool against production of botulinum toxin. High correlation coefficients (0.81) and low prediction errors (0.75%) confirms the good predictability of the models. The factors that most influence the pH prediction model were the relative humidity and the temperature. The results show that predictive model can be used as rapid method to determine the pH content in peach palm heart factories. In the same way, the effect of the climate in the absorption of minerals in the peach palm heart was verified, elaborating a prediction model. Low average relative prediction errors (2.41%) confirm the good predictability of the models. The factors that most influence the minerals prediction model were the rain precipitation and air temperature. The lignocellulolytic residues (leaf sheath, fruit and leaf) from the peach palm heart industry are an environmental problem and a public health issue. In the study of the possibility of using this wet substrate for mycelial development, according to chapter three, it was verified that the high amount of moisture (91%) resulting from the lack of the substrate drying process became a negative and more significant factor than the quantity of inoculum or number of holes for bioconversion. Therefore, the drying process is a fundamental step in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* using peach palm leaf sheath as substrate. The study evaluated the effect of sugar concentration (30% - J1, 50% - J2 and 70% - J3) on physicochemical and minerals characteristics, antioxidants activity, rheological properties, microbiological safety and sensory aspects of peach palm fruit jam. Cl and Fe were the main macromineral and micromineral elements, 0.26 – 0.50 and 0.0016 – 0.0024 g 100 g<sup>-1</sup>, respectively. The J1 and J2 formulations were darker in color than J3. Peach palm jams behaved as pseudoplastic fluid, and Ostwald-de Waele (OW) and Casson (CA), models described adequately the steady-state rheological behavior (R<sup>2</sup> 0.88 – 0.99 and 0.75 – 0.97, respectively), exhibiting yield stress according to the CA model. The best sensorial formulations were those obtained from lower and medium sugar ratios. Total coliforms, *Salmonella* and *E. coli* were not found, indicating a good hygienic handling and proper time-temperature during processing. Such raw material constitutes a new option for agricultural companies seeking to maintain and expand fruit markets their products.

Keywords: *Bactris gasipaes*. pH. Minerals. Agroindustrial residue. Jam processing.

## LISTA DE TABELAS

### Revisão de literatura

TABELA 1	TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS NO PALMITO PUPUNHA <i>in natura</i> mg EM 100 g.....	27
TABELA 2	COMPOSIÇÃO MÉDIA DA POLPA DO FRUTO DA PUPUNHA em g.100 <sup>-1</sup> ..	28
TABELA 3	COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E VALOR CALÓRICO DA BAINHA FOLIAR SECA DE PUPUNHA.....	29

### Capítulo I

TABELA 1	ANÁLISE DE ROTINA (MINERAIS) DO SOLO UTILIZADO NA CULTURA DE PUPUNHA.....	38
TABELA 2	VALORES DE MINERAIS EM PALMITO PUPUNHA CULTIVADO EM TERRENO DE ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES.....	43
TABELA 3	DADOS AGROMETEOROLÓGICOS DA ÁREA DE COLHEITA DE PALMITO PUPUNHA.....	45

### Capítulo II

TABELA 1	VALORES DE pH DO PALMITO E DA BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA CULTIVADOS EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES.....	68
TABELA 2	DADOS AGROMETEOROLÓGICOS DA ÁREA DE COLETA EXPERIMENTAL DE PUPUNHA AO LONGO DE 12 MESES.....	70

### Capítulo III

TABELA 1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO PARA PRODUÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> EM BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA EM RELAÇÃO A QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS.....	86
TABELA 2	ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA A PRODUTIVIDADE NA PRIMEIRA E SEGUNDA FRUTIFICAÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> CULTIVADO EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA.....	88
TABELA 3	DADOS EXPERIMENTAIS, PREVISTOS E RESIDUAIS COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS PARA A PRODUTIVIDADE NA PRIMEIRA E SEGUNDA FRUTIFICAÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> CULTIVADO EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA.....	91

### Capítulo IV

TABELA 1	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E VALOR ENERGÉTICO DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	108
TABELA 2	CONTRIBUIÇÃO PARA A DIETA RECOMENDADA (RDA PARA	

	HOMENS ♂ E MULHERES ♀ ADULTOS) DE ACORDO COM TRUMBO et al. (2002) DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	110
TABELA 3	CONTEÚDO MINERAL DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	111
TABELA 4	PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E TEOR TOTAL DE POLIFENÓIS EM DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	112
TABELA 5	COMPARAÇÃO ENTRE A ENERGIA DE ATIVAÇÃO ( $E_A$ ) E A VISCOSIDADE APARENTE À TAXA DE CISLHAMENTO DE $1,0 \text{ S}^{-1}$ DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA, EM DIFERENTES TEMPERATURAS.....	119
TABELA 6	PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS AOS MODELOS OSTWALD-DE WAELE E CASSON PARA DOCE EM MASSA DE PUPUNHA ( <i>Bactris gasipaes</i> Kunth) COM 30 (J1), 50 (J2) OU 70% (J3) (M/M) DE AÇÚCAR.....	120
TABELA 7	QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA APÓS 6 MESES DE ARMAZENAMENTO.....	122

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

FIGURA 1	FLUXOGRAMA MOSTRANDO AS PRINCIPAIS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DO ESTUDO.....	40
FIGURA 2	DISTRIBUIÇÃO DE <i>EIGENVALUES</i> ( <i>SCREE PLOT</i> ); EVOLUÇÃO DO VALOR DE CAPTURA DE VARIÂNCIA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE COMPONENTES PRINCIPAIS; EVOLUÇÃO DO VALOR DE RMSECV DE PALMITO PUPUNHA (A, B E C) E DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (D, E E F), RESPECTIVAMENTE.....	46
FIGURA 3	SCORES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS REALIZADA COM DIFERENTES AMOSTRAS DE PALMITO PUPUNHA (A)* CULTIVADO EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA; E DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (B)**, AMBOS AO LONGO DE 12 MESES: PC1 X PC2 X PC3. *MINERAIS (1-14) E MESES (15-38). **MESES (1 - 12) E FATORES AGROMETEOROLÓGICOS (13 - 16).....	46
FIGURA 4	GRÁFICO DE <i>LEVERAGE</i> VS. RESÍDUOS STUDANTIZADOS DE P (A), Ca (B), S (C) E Mg (D) EM PALMITO PUPUNHA (MODELO DESENVOLVIDO COM 1 E 2 VL).....	52
FIGURA 5	GRÁFICO DE <i>LOADINGS</i> DO MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DO CONTEÚDO DE P (A), Ca (B), S (C) E Mg (D) NO PALMITO PUPUNHA.....	53

### Capítulo II

FIGURA 1	DIAGRAMA DAS PARTES COMESTÍVEIS E DA BAINHA FOLIAR DE PUPUNHEIRAS CULTIVADAS EM ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DE pH.....	64
FIGURA 2	FLUXOGRAMA MOSTRANDO AS PRINCIPAIS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DO ESTUDO.....	66
FIGURA 3	DISTRIBUIÇÃO DE <i>EIGENVALUES</i> ( <i>SCREE PLOT</i> ); EVOLUÇÃO DO VALOR DE CAPTURA DE VARIÂNCIA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE COMPONENTES PRINCIPAIS; EVOLUÇÃO DO VALOR DE RMSECV DE pH DE PALMITO PUPUNHA (A, B E C) E DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (D, E E F), RESPECTIVAMENTE.....	69
FIGURA 4	SCORES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS REALIZADA COM DIFERENTES AMOSTRAS DE pH DE PALMITO PUPUNHA (A)* CULTIVADO EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA; E DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (B)**, AMBOS AO LONGO DE 12 MESES: PC1 X PC2 X PC3. *MINERAIS (1-14) E MESES (15-26). **MESES (1 - 12) E FATORES AGROMETEOROLÓGICOS (13 - 16).....	71
FIGURA 5	EVOLUÇÃO DA VARIÂNCIA CAPTURADA (A); EVOLUÇÃO DO VALOR	

	RMSECV (B) E PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA CAPTURADA (C) EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE VARIÁVEIS LATENTES NO PALMITO PUPUNHA; <i>LEVERAGE</i> VS. RESÍDUOS ESTUDANTIZADOS (D) DO CONTEÚDO DE pH EM PALMITO PUPUNHA.....	73
FIGURA 6	<i>LOADINGS</i> DO MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DE pH DE PALMITO PUPUNHA.....	74
Capítulo III		
FIGURA 1	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA A PRODUTIVIDADE (%) NA PRIMEIRA (A) E NA SEGUNDA (B) FRUTIFICAÇÃO EM RELAÇÃO A QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS PARA A PRODUÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA ( $P < 0,05$ ).....	89
FIGURA 2	DIAGRAMA DE PARETO PARA A PRODUTIVIDADE (%) NA PRIMEIRA (A) E SEGUNDA (B) FRUTIFICAÇÃO EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE FUROS (UNIDADE) E A QUANTIDADE DE INOCULO (%) PARA A PRODUÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA ( $P < 0,05$ ).....	90
Capítulo IV		
FIGURA 1	ESQUEMA GRÁFICO QUE REPRESENTA O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	100
FIGURA 2	FLUXOGRAMA DE PREPARO DE DOCE EM MASSA DE FRUTO DE PUPUNHA.....	100
FIGURA 3	CURVAS DE FLUXO A TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA CONTENDO 30% (J1), 50% (J2) E 70% (J3) DE AÇÚCAR. AS CURVAS DE FLUXO FORAM AJUSTADAS AOS MODELOS OSTWALD-DE WAELE (LINHA CONTÍNUA) E CASSON (LINHA DE TRAÇO).....	117
FIGURA 4	CURVAS DE EVOLUÇÃO DA VISCOSIDADE PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA EM TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C.....	118
FIGURA 5	VISCOSIDADE DEPENDENTE DA TEMPERATURA E ADAPTAÇÃO DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA OS DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA EM 293,15; 303,15; 313,15; 323,15 E 333,15 K.....	119
FIGURA 6	EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO DE FLUXO ADIMENSIONAL $n$ (A) E DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA $K$ (B) DO MODELO DE OSTWALD-DE WAELE E DA TENSÃO INICIAL DE CASSON $\Sigma$ (C) PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA A TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C.....	121

FIGURA 7 DIAGRAMA DA FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS EM  
RELAÇÃO À AVALIAÇÃO GLOBAL DOS DOCES EM MASSA DE  
FRUTO DA PUPUNHA; 9 = GOSTEI EXTREMAMENTE, 5 = NEM  
GOSTEI NEM DESGOSTEI, 1 = DESGOSTEI EXTREMAMENTE..... 123

## LISTA DE EQUAÇÕES

### Capítulo I

EQUAÇÃO 1	MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DA CONCENTRAÇÃO DE P EM PALMITO PUPUNHA.....	49
EQUAÇÃO 2	MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DA CONCENTRAÇÃO DE Ca EM PALMITO PUPUNHA.....	49
EQUAÇÃO 3	MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DA CONCENTRAÇÃO DE S EM PALMITO PUPUNHA.....	49
EQUAÇÃO 4	MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DA CONCENTRAÇÃO DE Mg EM PALMITO PUPUNHA.....	49

### Capítulo II

EQUAÇÃO 1	MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DA CONCENTRAÇÃO DE pH EM PALMITO PUPUNHA.....	72
-----------	---	----

### Capítulo III

EQUAÇÃO 1	MODELO DE EXPRESSÃO POLINOMIAL DE SEGUNDA ORDEM.....	86
EQUAÇÃO 2	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO LINEAR PARA A PRIMEIRA FRUTIFICAÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> EM BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA COMO SUBSTRATO EM FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS NO PACOTE DE CULTIVO.....	87
EQUAÇÃO 3	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO LINEAR PARA A SEGUNDA FRUTIFICAÇÃO DE <i>P. ostreatus</i> EM BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA COMO SUBSTRATO EM FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS NO PACOTE DE CULTIVO.....	87

### Capítulo IV

EQUAÇÃO 1	ÂNGULO <i>HUE</i> ( $H^{\circ}$ ).....	104
EQUAÇÃO 2	CROMA OU INTENSIDADE ( $C^*$ ).....	104
EQUAÇÃO 3	SATURAÇÃO DE COR ( $S$ ).....	104
EQUAÇÃO 4	MODELO DE OSTWALD-DE WAELE.....	105
EQUAÇÃO 5	MODELO DE CASSON.....	105
EQUAÇÃO 6	EQUAÇÃO DO TIPO ARRHENIUS.....	106

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1	APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PELO COLEGIADO DO PPGEAL PARA ENCAMINHAMENTO AO COMITÊ DE ÉTICA/UFPR PARA ANÁLISE SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	154
APÊNDICE 2	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA ANÁLISE SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	155
APÊNDICE 3	FICHA SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.....	156



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	DEPÓSITO DE PATENTE: MODELO MATEMÁTICO DE PREVISÃO DE pH EM PALMITO, BR1020150268149.....	158
ANEXO B	DEPÓSITO DE PATENTE: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA, BR1020150268203.....	159
ANEXO C	ARTIGO ACEITO NA REVISTA SAUDI JOURNAL OF BIOLOGICAL SCIENCES (JCR = 2,56).....	160

## LISTA DE ABREVIações E UNIDADES

H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Acidez trocável
GAE	Ácido gálico equivalente
h°	Ângulo <i>hue</i>
T	Capacidade de troca catiônica
cm	Centímetro
cmol <sub>c</sub>	Centímol <sub>c</sub>
K	Coefficiente de consistência
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
CE	Condutividade elétrica
TPC	Conteúdo total de polifenóis
b*	Cor do azul ao amarelo
a*	Cor do verde ao vermelho
C*	Croma ou intensidade
dm <sup>3</sup>	Densímetro cúbico
E <sub>a</sub>	Energia de ativação
RMSEC	Erro quadrático médio de calibração
RMSECV	Erro quadrático médio de validação cruzada
F <sub>cal</sub>	F calculado
F <sub>tab</sub>	F tabelado
g	Gramma
°Brix	Grau Brix
GL	Grau de liberdade
°C	Grau Celsius
hPa	Hectopascal (Pa.10 <sup>2</sup> )
♂	Homem
h	Hora
<i>n</i>	Índice de comportamento de fluxo
J	Joule
K	Kelvin
λ	Lambda
L	Litro
L*	Luminosidade ou brilho
MO	Matéria orgânica
MQ	Média quadrática
Mg	Miligramma
mL	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minuto
M	Molar
♀	Mulher
nm	Nanômetro
N	Normalidade
ppm	Partes por milhão
PCA	<i>Principal component analysis</i> – Análise de componentes principais
PLS	<i>Partial least squares regression</i> – Regressão por mínimos quadrados parciais
Pa	Pascal
%	Porcentagem
pH	Potencial hidrogeniônico
pH-SMP	Potencial hidrogeniônico pelo método Shoemaker, Mac lean e Pratt
χ <sup>2</sup>	Qui-quadrado reduzido
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilogramma
Km	Quilômetro
RDA	<i>Recommended Dietary Allowance</i> – Cota Dietética Recomendada
rpm	Rotação por minuto
S <sub>ab</sub>	Saturação de cor

S	Segundo
S	Siemens
SB	Soma de bases
SQ	Soma dos quadrados
$\sigma$	Taxa de cisalhamento
T	Temperatura
t	Tonelada
UFC	Unidade formadora de colônia
VL	Variável latente
$\eta$	Viscosidade aparente
v	Volume

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	22
<b>1.1 Objetivos</b> .....	23
<b>1.2 Objetivos específicos</b> .....	23

### Revisão de literatura

<b>2.1 Pupunha</b> .....	24
2.1.1 Taxonomia e morfologia.....	24
2.1.2 Distribuição geográfica.....	24
2.1.3 Ecologia e solos.....	25
2.1.4 Características comerciais de produção da pupunha.....	26
2.1.4.1 <i>Palmito pupunha</i> .....	26
2.1.4.2 <i>Fruto</i> .....	28
2.1.5 Resíduo da bacricultura.....	28
<b>2.2 Cogumelos</b> .....	30
<b>2.3 Agrometeorologia</b> .....	31
<b>2.4 Quimiometria e calibração multivariada</b> .....	32

### Capítulo I

Influência climática sobre a composição de minerais de palmito pupunha avaliada por calibração multivariada

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	36
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	37
<b>2.1 Caracterização das amostras de pupunha e do local de cultivo</b> .....	37
<b>2.2 Determinação de minerais</b> .....	38
<b>2.3 Dados agrometeorológicos</b> .....	39
<b>2.4 Processamento multivariado</b> .....	39
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>3.1 Análise de componentes principais dos minerais de palmito pupunha</b> .....	41
<b>3.2 Análise de componentes principais dos dados agrometeorológicos</b> .....	45
<b>3.3 Calibração e validação de modelos preditivos baseados na regressão por mínimos quadrados parciais (PLS)</b> .....	48
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	54
<b>5 REFERÊNCIAS</b> .....	55

### Capítulo II

Modelo preditivo multivariado para previsão de pH em palmito pupunha com base em dados agrometeorológicos

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	61
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	64

2.1 Caracterização das amostras de pupunha e do local de cultivo.....	64
2.2 Determinação do pH.....	64
2.3 Dados agrometeorológicos.....	64
2.4 Processamento multivariado.....	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.1 Análise de componentes principais da partes comestível e da bainha foliar de pupunha.....	67
3.2 Análise de componentes principais dos dados agrometeorológicos.....	70
3.3 Calibração e validação de modelos preditivos baseados na regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).....	72
4 CONCLUSÃO.....	75
5 REFERÊNCIAS.....	76

### Capítulo III

Bioconversão de bainha foliar de pupunha úmida por *Pleurotus ostreatus*

1 INTRODUÇÃO.....	83
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	83
2.1 Microrganismo.....	83
2.2 Inóculo ( <i>spawn</i> ).....	84
2.3 Fermentação em estado sólido.....	84
2.4 Produtividade de cogumelos.....	85
2.5 Delineamento experimental.....	85
2.6 Análise estatística.....	87
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
3.1 Análise estatística e validação do modelo.....	87
3.2 Análise de superfície de resposta.....	88
4 CONCLUSÃO.....	92
5 REFERÊNCIAS.....	92

### Capítulo IV

Qualidade e comportamento reológico do doce em massa do fruto da pupunha

1 INTRODUÇÃO.....	98
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	99
2.1 Matéria prima.....	99
2.2 Elaboração de doce em massa.....	99
2.3. Análises físico-químicas.....	101
2.3.1 Composição centesimal.....	101
2.3.2 Determinação de minerais.....	101
2.4 Comparação com a Cota Dietética Recomendada – RDA.....	102
2.5 Preparação de extrato aquoso a partir de extratos de doce em massa do fruto	

<b>da pupunha para análise de propriedades antioxidantes e teor de polifenóis totais</b>	
2.5.1 Estimativa do conteúdo total de polifenóis (TPC).....	102
2.5.2 Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP).....	103
2.5.3 Determinação da atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH).....	103
<b>2.6 Parâmetros de cor instrumental.....</b>	<b>104</b>
<b>2.7 Propriedades reológicas.....</b>	<b>104</b>
2.7.1 Modelos teóricos.....	105
<b>2.8 Análise microbiológica.....</b>	<b>106</b>
<b>2.9 Avaliação sensorial.....</b>	<b>106</b>
<b>2.10 Análises estatísticas.....</b>	<b>107</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>107</b>
<b>3.1 Composição físico-química dos doces em massa.....</b>	<b>107</b>
3.1.1 Composição mineral.....	108
<b>3.2 Propriedades antioxidantes e conteúdo total de polifenóis.....</b>	<b>111</b>
<b>3.3 Parâmetros de cor.....</b>	<b>113</b>
<b>3.4 Propriedades reológicas.....</b>	<b>114</b>
<b>3.5 Estabilidade microbiológica.....</b>	<b>122</b>
<b>3.6 Avaliação sensorial.....</b>	<b>122</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>123</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>124</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>132</b>
<b>SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>134</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>135</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas décadas de 40 e 50, o Estado do Paraná foi o maior produtor de palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.) do Brasil. A redução da mata atlântica fez com que a indústria extrativista mudasse para a Amazônia e hoje o estado detém apenas 0,1% deste mercado nacional. Nos últimos anos, todavia, o extrativismo vem cedendo espaço para formas mais racionais de exploração, como o manejo sustentado. Nesse contexto, a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) desponta no mercado por ser rentável devido a sua capacidade de perfilhamento, ou seja, à capacidade de emitir novos ramos a partir do corte da planta-mãe e pelo rápido desenvolvimento em 2 anos de cultivo, enquanto outras palmeiras do gênero *Euterpe* necessitam de 6 a 8 anos de cultivo. A pupunha também é sustentável, permitindo consumo de um produto de boa qualidade e origem conhecida, sendo uma alternativa contra o corte clandestino do palmito juçara. Essas características fizeram com que o seu cultivo tenha se tornado altamente promissor nos aspectos produtivos e econômicos, com uma área de plantio atual de cerca de 20 mil hectares.

De maneira geral, dois produtos são obtidos a partir da pupunha, o meristema apical (palmito), colhido a partir de 1 ano de cultivo, e seus frutos, colhidos a partir de pelo menos 3 anos de cultivo. Para o processamento de palmito em conserva, é muito importante garantir a segurança alimentar, a fim de se evitar riscos ao consumidor. O palmito é classificado como alimento pouco ácido ( $\text{pH} > 4,6$ ), na qual conservas possibilitam condições anaeróbicas favoráveis para o desenvolvimento da toxina botulínica. Alguns relatos na literatura supõem que esse pH pode oscilar ao longo do ano, possivelmente em função do clima. Da mesma maneira elementos minerais do solo, água e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) absorvidos são necessários para o crescimento e desenvolvimento da pupunha. Uma série de elementos minerais são individualmente necessários à medida que o crescimento e o desenvolvimento somente ocorrerá se todos estão adequadamente disponíveis, e serão modificados ou cessarão se algum deles não for adequadamente suprido.

De acordo com a literatura, houveram esforços de pesquisa qualitativas predizendo o efeito que o clima tem sobre os sistemas de produção de palmito nos trópicos. Entretanto, a influência do clima nas características físico-químicas do palmito pupunha ainda não foi quantificada. Além disso, ainda há pouca evidência de que as mudanças observadas e a variabilidade nos padrões climáticos nas

últimas décadas tenham impactado na produção de palmito pupunha, particularmente no Brasil. A aplicação de modelos matemáticos pode ajudar no desenvolvimento de ferramentas de predição tanto nos valores de pH quanto na concentração de substâncias físico-químicas. Modelos de previsão físico-químicos em palmito pupunha podem ser uma importante ferramenta contra a produção da toxina botulínica em fábricas de palmito em conserva e na escolha de áreas geográficas adequadas para o estabelecimento de novos cultivos de pupunha, além de avaliar o impacto das mudanças climáticas na bactricultura.

Como o palmito é retirado dos estipes da palmeira, torna-se necessário cortar a planta inteira, resultando em grande quantidade de subprodutos (fruto, bainha foliar e folha), constituindo-se em alguns locais um problema ambiental e de saúde pública. É necessário melhorar a utilização dos subprodutos gerados durante o processo de conservação. A bainha foliar apresenta composição lignocelulósica, podendo ser um ótimo substrato para cultivo de cogumelos comestíveis. *In natura*, o fruto da pupunha possui uma enzima que inibe a digestão de proteínas e ácidos, induzindo a irritação da mucosa oral, por isso, estes frutos devem ser consumidos cozidos. Portanto, tanto o processo de bioconversão, quanto a elaboração de um doce em massa obtido pelo cozimento do fruto com a adição de açúcar e água, podem ser novas alternativas para o consumo destes subprodutos, agregando valor à pupunha.

### **1.1 Objetivo geral**

Desenvolver modelos preditivos de características físico-químicas da pupunha em função do clima e aproveitar seus frutos e bainha foliar para produção de alimentos.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar e modelar a influência climática sobre a composição de minerais de palmito pupunha;
- Desenvolver um modelo preditivo multivariado de pH em palmito pupunha a partir de dados agrometeorológicos;
- Bioconverter a bainha de pupunha úmida por prensagem manual utilizando *Pleurotus ostreatus* na fermentação em estado sólido;



- Elaborar um doce em massa a partir do fruto da pupunha, avaliando-se as características físico-químicas, comparação dietética recomendada, estimativa do conteúdo total de fenólicos e da atividade antioxidante, propriedades reológicas, segurança microbiológica e aspectos sensoriais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

#### 2.1.1 Taxonomia e morfologia

A pupunheira é uma monocotiledônea, pertence à família das Areaceae, podendo atingir até 25 metros de altura (CAVALCANTE, 1991). É uma planta perenifólia, ereta, com tronco ou estipe praticamente cilíndrico, com diâmetro variando de 10 a 20 cm, dividido por nós (anéis sem espinhos) e entrenós (anéis com ou sem espinhos) e, que são cicatrizes deixadas pela queda das folhas. Em razão do clima e do estágio fisiológico da planta, podem ocorrer entre 15 a 25 folhas, com 2,5 a 4 m de comprimento e 30 a 50 cm de largura, as quais apresentam de 120 a 240 folíolos compridos ao longo da raque e que se agrupam no topo da árvore (CLEMENT, 1992). Apresenta touceiras a partir da base do colmo principal, formando vários perfilhos. Seu sistema radicular é bastante superficial, em toda a circunferência da planta, no qual metade das raízes se encontra dentro da projeção da coroa com até 20 cm de profundidade (FERREIRA; CLEMENT; RANZANI, 1980).

#### 2.1.2 Distribuição geográfica

A pupunheira é originária do trópico úmido com distribuição natural entre as latitudes 18°N e 17°S, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis. Ocorre desde Honduras, na América Central, até o norte da América do Sul (ALMEYDA; MARTIN, 1980). Nos diferentes países da América Central e do Sul é conhecida como *pijuayo*, *pejibaye*, *chontaduro*, *piba*, *cachipay*, *tembe*, *macana* e *peach palm*, de acordo com o seu local de ocorrência (MORA URPI, 1979; KULCHETSCKI; CHAIMSOHN; GARDINO, 2001). Há evidências de que, durante alguns períodos históricos, a pupunha tenha sido o alimento básico para grande número de tribos

indígenas (BLANCO METZLER et al., 1992). Após o ano de 1547, e especialmente durante o presente século, houve declínio no seu cultivo devido a uma combinação de fatores. Algumas das mais óbvias razões foram a redução da população indígena, a perda de tradições, a introdução de culturas de ciclos curtos e a destruição de muitas áreas da cultura, com a utilização do fogo para o preparo da terra ou criação animal (MORA URPI, 1979).

No Brasil, a produção de palmito pupunha foi iniciada com variedades sem espinhos, em função das dificuldades que essas plantas apresentam para o seu manejo. Segundo CLEMENT (1997), os povos nativos da América tropical eram excelentes observadores e melhoristas de plantas, efetuando a seleção para o caráter de planta inerme em diversos lugares. Como consequência, encontram-se plantas inermes em todas as populações da parte ocidental da Amazônia, especialmente nas variedades Solimões, Pampa Hermosa, Putumayo e Vaupés. Na América Central, existe somente uma variedade de pupunha inerme, o Guatuso, no norte de Costa Rica, perto da cidade de San Carlos. No noroeste da América do Sul e no sul da América Central as plantas inermes são muito mais raras, sugerindo que as mutações que deram origem as plantas inermes na Amazônia ocidental e na Costa Rica são distintas.

### 2.1.3 Ecologia e solos

A pupunha é uma espécie que tem sido implantada em diversas condições climáticas, apresentando boa adaptação. No entanto, requer temperatura, umidade e luz suficientes, nas quais as condições ideais são as regiões de clima quente e úmido, com temperatura média anual acima de 21 °C e precipitação acima de 2000 mm ano<sup>-1</sup> bem distribuído. O estresse hídrico elevado e prolongado provoca um crescimento reduzido das plantas e uma seca precoce das folhas, com uma diminuição da produção de palmito pupunha (NEVES et al., 2008). Quanto à topografia, é preferível áreas planas ou ligeiramente onduladas, o que facilita o plantio, manuseio, colheita e transporte do palmito. Apresenta boa adaptação em solos ácidos e deficientes em nutrientes e baixos teores de matéria orgânica (DEENIK; ARES; YOST, 2000). Dentre os principais fatores de cultivo, destacam-se a exposição solar, a distribuição dos fatores climáticos, o relevo, a vegetação, o escoamento e a penetração de água (KULCHETSCKI; CHAIMSOHN; GARDINO,

2001). Houveram esforços de pesquisa significativos predizendo o efeito que o clima tem sobre os sistemas de produção nos trópicos (FREIRE, 2013), no entanto, a influência dos fatores climáticos na cultura da pupunha apresenta poucos estudos. Além disso, ainda há pouca evidência de que as mudanças observadas e a variabilidade nos padrões climáticos nas últimas décadas tenham impactado a produção de palmito pupunha na América Latina e particularmente no Brasil.

#### 2.1.4 Características comerciais de produção da pupunha

A pupunha é uma espécie de considerável importância para a América Central e América do Sul, constituindo uma opção promissora para o pequeno produtor rural, em razão do seu alto potencial produtivo e retorno econômico. A bacicultura pode oferecer índices de rentabilidade superior ao dos produtos tradicionais nacionais, como milho, soja e trigo. Portanto, a pupunha apresenta-se como uma alternativa viável no Estado do Paraná desde 2001 (KULCHETSCKI; CHAIMSOHN; GARDINO, 2001).

De acordo com Penteado Júnior, Santos e Neves (2014), nas principais regiões consumidoras do país, o consumo do palmito de pupunha cultivado no mercado nacional aumentou de 19,5% em 2009, para 24% em 2010. No Estado do Paraná, a produção de palmito (palmeira real, pupunha e juçara) passou de 228 toneladas em 2001 para 3,9 mil toneladas em 2011. Destaque para a produção de palmito da pupunheira, que cresceu em média 26% nos últimos dez anos, passando de 119 toneladas em 2001, para 1.214 toneladas em 2010, ano em que gerou uma receita nominal de 5,4 milhões de reais (PARANÁ, 2013).

De maneira geral, dois produtos são obtidos a partir da pupunha, o meristema apical (palmito) colhido a partir de 1 ano de cultivo e seus frutos colhidos a partir de plantas adultas, quando têm, pelo menos, 3 anos de cultivo (LETERME et al., 2005; HERNÁNDEZ-UGALDE; MORA-URPÍ; ROCHA, 2011; ROJAS-GARBANZO et al., 2011).

##### 2.1.4.1 *Palmito pupunha*

Denomina-se palmito o produto comestível, de formato cilíndrico, de textura macia e tenra, de sabor levemente adocicado, extraído da extremidade superior do

estipe de certas palmeiras. É constituído, basicamente, pelo meristema apical e um número variável de folhas internas, ainda não plenamente desenvolvidas e imbricadas, sendo envolto e protegido pela bainha das folhas adultas, mais externas. É rico em aminoácidos, fibras, minerais, vitaminas, com baixo poder calórico (GALDINO; CLEMENTE, 2008).

O Brasil é o principal produtor e consumidor de palmito como alimento no mundo (PENTEADO JÚNIOR; SANTOS; NEVES, 2014). Este agronegócio, baseia-se na extração ilegal de espécies pertencentes ao gênero *Euterpe*, com destaque para o açai (*E. oleracea*) e a juçara (*E. edulis*). Como resultado, maneiras mais ecologicamente corretas de cultivo comercial foram sendo ampliadas, como a cultura da pupunha devido ao seu fácil cultivo, crescimento rápido e capacidade de crescer em luz solar direta (BATAGIN-PIOTTO et al., 2012). O Brasil perdeu sua posição de principal país exportador de palmito a partir de 1999. A participação das exportações brasileiras desse produto representa aproximadamente 10% do mercado mundial em virtude da baixa qualidade do produto nacional em relação àquela dos países que tiveram sua produção aumentada. O mercado mundial consumidor de palmito oscilou entre 60 e 90 milhões de dólares por ano entre 1995 e 2006, cujo montante, a partir de 2007, ultrapassou 130 milhões. Simultaneamente, de 1995 até 2008, a exportação brasileira de palmito decaiu de 30 para 12 milhões de dólares por ano, o que representa uma redução de 60% das exportações brasileiras deste produto (QUAST et al., 2010). Na Tabela 1 é apresentado o teor de minerais do palmito pupunha *in natura*.

TABELA 1 – TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS NO PALMITO PUPUNHA *in natura* mg EM 100 g.

Minerais	Palmito <i>in natura</i>
Ca	42,4 ± 12,9
Fe	233,7 ± 14,5
K	193,6 ± 4,8
Na	0,10 ± 0,01
Zn	497,2 ± 55,1
Se	2,1 ± 0,2
Mg	3,4 ± 0,1
Br	830,4 ± 5,8
Co	187,8 ± 11,05
Cr	8,6 ± 0,2
Eu	47,0 ± 0,7
Rb	315,2 ± 3,2

FONTE: Yuyama et al (1999).

O cultivo de pupunha para fins comerciais aumentou a partir da década de 1970, como alternativa sustentável para a produção de palmito (ANEFALOS et al., 2007). Essa palmeira apresenta vantagens em relação às outras, devido às suas características de precocidade, rusticidade e perfilhamento (PASCHOALINO et al., 1997), além de não escurecer rapidamente após o corte e poder ser consumida *in natura* ou minimamente processada (ANEFALOS et al., 2007).

#### 2.1.4.2 Fruto da pupunha

O fruto é uma drupa ovóide cônica de coloração vermelha, vermelho-amarronzada, amarela ou laranja, apresentando uma polpa carnosa (mesocarpo), muito rica em carotenoides, feculenta, doce, oleosa, fibrosa e de coloração variando de amarela a laranja; por causa destas características, é muito consumido de forma cozida, sendo utilizado para extração de óleos e produção de farinha (BLAAK, 1980; CLEMENT, 1992). Apresenta caroço lenhoso (endocarpo), com apenas uma semente e casca (pericarpo) bastante delgada, intimamente unida à polpa (mesocarpo). Essa espécie de planta produz até oito cachos por ano. Cada um deles pode apresentar até 350 frutos que devem ser colhidos maduros para posterior consumo (BOVI, 1997).

A pupunha possui um fruto bastante apreciado na região Norte do Brasil, é consumida após cozimento em água salgada por 30-60 minutos para degradação dos compostos antinutricionais (LOPEZ et al., 2004; CARVALHO, 2005). O fruto cozido é comumente consumido acompanhado de café, mas também pode ser seco e moído para transformação em farinha para usos variados, constituindo-se numa excelente fonte de carboidratos, proteínas, gorduras, vitaminas, principalmente  $\beta$ -caroteno (METZLER et al., 1992; LEAKEY, 1999) e minerais, como ferro e fósforo (CAVALCANTE, 2010), conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO MÉDIA DA POLPA DO FRUTO DA PUPUNHA em g.100<sup>-1</sup>.

Umidade	Cinzas	Lipídeos	Proteínas	Fibras	Carboidratos
68,5	0,5	1,9	2,4	1,6	25,1

FONTE: Ferreira e Pena (2003).

#### 2.1.5 Resíduos da bactricultura

Como o palmito é retirado dos estipes da palmeira, torna-se necessário cortar

a planta inteira. Silva et al. (2010) citam que pouco tem sido feito na transformação ou aproveitamento destes resíduos (bainha foliar e folha), tanto pelos produtores quanto pelas autoridades públicas, constituindo-se em alguns locais um problema ambiental e de saúde pública. Dados médios fornecidos por meio de comunicação pessoal (indústrias de beneficiamento) declaram que, de todo um material, como por exemplo banana, chá e pupunha processado, depois do beneficiamento, cerca de 70% são resíduos. No caso da pupunha, por exemplo, de uma “haste” de 2600 g, aproximadamente 1820 g são resíduos, e apenas 780 g são efetivamente aproveitados para consumo. Ou seja, uma pequena fábrica que chega a beneficiar em torno de 3000 “cabeças” por dia, gera em torno de 5,5 t dia<sup>-1</sup> de resíduo, representando, em um mês de 24 dias úteis, algo em torno de 131 t mês<sup>-1</sup>. Na região Sul do Brasil, os frutos não são aproveitados para o consumo e são considerados resíduos na extração do palmito pupunha (KULCHETSCKI; CHAIMSOHN; GARDINO, 2001, BELLETTINI, 2014). Na Tabela 3 é apresentado a composição nutricional da bainha foliar da pupunha.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E VALOR CALÓRICO DA BAINHA FOLIAR SECA DE PUPUNHA.

Constituintes	Desvio padrão (g 100g <sup>-1</sup> )
Água	2,9 ± 0,16
Minerais (cinzas)	5,8 ± 1,16
Proteína	6,3 ± 0,10
Nitrogênio total	1,5 ± nd
Nitrogênio não-proteico	0,5 ± nd
Lipídeo	1,0 ± 0,01
Fibra total	63,0 ± 0,4
Fibra insolúvel	59,3 ± 0,4
Fibra solúvel	3,7 ± 0,8
Carboidrato total	17,1 ± 0,4
Açúcar solúvel redutor	5,6 ± 0,5
Açúcar solúvel não-redutor	7,3 ± 0,3
Amido	4,2 ± 0,3
Valor calórico	± 11,83

nd = não detectado. FONTE: Helm, Raupp e Santos (2014).

O aumento extensivo na quantidade de resíduos gerados é um dos principais problemas ambientais, agravando-se pela ausência de políticas públicas para a coleta seletiva, reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados e preservação da integridade dos ecossistemas (ZANIN; MANCINI, 2004). Os resíduos orgânicos, produzidos e não aproveitados, podem ser utilizados para o desenvolvimento de

atividades rentáveis e viáveis, com destaque para o processo de bioconversão. O cultivo de cogumelos comestíveis, utilizando resíduos de matéria orgânica para seu crescimento, é uma excelente alternativa, por gerar alimentos de alto valor nutricional a partir de resíduos (SILVA et al., 2012).

## 2.2 Cogumelos

A produção de cogumelos comestíveis e medicinais vem aumentando e se expandindo em todo o mundo, inclusive no Brasil, utilizando resíduos agroindustriais de natureza lignocelulósica. O cultivo de cogumelos possibilitaria o desenvolvimento para produtores de pequenas propriedades rurais como uma alternativa para o reaproveitamento dos resíduos agroindustriais de suas propriedades, aumentando renda e geração de emprego, resultando no desenvolvimento da região (BELLETTINI; FIORDA; BELLETTINI, 2015).

O gênero *Pleurotus* é um dos mais cogumelos mais produzidos no mercado mundial, sendo o cogumelo mais popular na China. *Pleurotus* spp., da classe dos basidiomicetos, pertence a um grupo conhecido como "fungos de podridão branca" (TSUJIYAMA; UENO, 2013), por produzirem um micélio branco, sendo geralmente cultivados em substratos lignocelulósicos não-compostados (SAVOIE; SALMONES; MATA, 2007). Este gênero cliva a celulose, hemicelulose e lignina de madeira (MACHADO et al., 2015). Em fungos basidiomicetos, as enzimas lignocelulolíticas são afetadas por muitos fatores de fermentação, tais como composição do meio, umidade do substrato e relativa do ar, pH, temperatura, taxa de aeração (AHMED et al., 2013, COGORNÍ et al., 2014, VELIOGLU; UREK, 2015). As espécies de *Pleurotus* requerem um curto tempo de crescimento, em comparação com outros cogumelos (BELLETTINI; FIORDA, 2016). *P. ostreatus* caracteriza-se por um elevado teor de água e um baixo poder calórico (1510 KJ Kg<sup>-1</sup>), tornando-se adequado para inclusão em dietas pouco calóricas ou vegetarianas (JAWORSKA; BERNÁS, 2009).

O processo de correção da umidade do substrato é uma etapa preliminar na cultura de cogumelos. O substrato é triturado, seco a 45-55 °C e então novamente umedecido até 60-65% (BONATTI, 2004). De acordo com Oei e Nieuwenhuijzen (2005), resíduos agroindustriais utilizados como substratos podem ser submetidos a prensagem para correção da umidade, sem prévia secagem. É possível que essa

metodologia proposta não seja aplicável em todos os resíduos agroindustriais (BELLETTINI et al., 2016).

### **2.3 Agrometeorologia e clima**

A Agrometeorologia é o ramo da ciência que estuda fenômenos físicos atmosféricos e seu impacto sobre o ambiente rural. Um dos desafios dessa ciência é prever, com antecedência razoável, os resultados das alterações climáticas e as suas possíveis consequências. A cada ano, a Agrometeorologia vem ganhando mais espaço na tomada de decisões operacionais, principalmente em atividades agrícolas diárias, devido à estreita relação entre clima e solo, como nos processos de formação do solo, tais como intemperismo da rocha matriz, transporte de partículas e nutrientes, nas quais são em grande parte, determinados pelo clima (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O clima é muito importante na agricultura, uma vez que as plantas necessitam de determinadas quantidades de água, calor e luz nas épocas certas de seu desenvolvimento. Esses elementos atmosféricos, podem variar no decorrer do período de cultivo, fazendo com que a cultura esteja sujeita a incertezas (AYOADE, 2007). Por isso, qualquer alteração brusca dessas variáveis climáticas pode comprometer o ciclo vegetativo e, conseqüentemente, a produção/produtividade (ALMEIDA, 2005). Segundo Pinto e Netto, (2008), as variáveis climáticas estão intimamente inter-relacionadas na influência que exercem sobre as lavouras. O efeito de certa variável climática é modificado pelas outras. Também as variações diárias, sazonais ou anuais nos valores dos elementos atmosféricos são de grande importância na determinação da eficiência do crescimento dos cultivos. Dentre os elementos atmosféricos, a temperatura, a precipitação pluviométrica, e a umidade relativa constitui as principais variáveis na produtividade agrícola (SILVA, 2013).

Em umidade relativa do ar baixa, a transpiração tende a aumentar por conta do gradiente de potencial de água formado. No entanto, esse fator somente aumenta com o aumento da temperatura, portanto, para mensurar a transpiração em relação à umidade do ar, é necessário levar em consideração a temperatura (SILVA, 2013).

Em condições ideais de água, com o aumento da temperatura, observa-se um aumento na transpiração, pois a temperatura causa um efeito sobre o potencial de água. Alterações da temperatura ambiental influenciam sensivelmente o crescimento



das plantas. Mudanças de poucos graus ocorridas no ambiente geralmente resultam em alterações significativas nas taxas de crescimento, sendo a temperatura mínima definida como aquela abaixo da qual não há crescimento; temperatura ótima, aquela onde o crescimento atinge a máxima taxa e temperatura máxima, o valor de temperatura acima do qual não há crescimento e a planta pode morrer (SALISBURY e ROSS 1991, MOLLO, 2009).

De acordo com Campos, Bovi e Iadéroza (1991), híbridos de pupunheira, cultivadas em diferentes tipos de solo e condições climáticas, apresentaram maior pH e menor poder tamponante.

## **2.4 Calibração multivariada**

Em diversas pesquisas científicas, o processamento dos dados é realizado de forma univariada, utilizando o sistema clássico de uma variável por vez. No entanto, por negligenciar a interação entre as variáveis, o resultado obtido não corresponde necessariamente com as condições que resultam em um resultado verdadeiro. Em sistemas químicos, as variáveis tendem a se relacionar fortemente interagindo por meio de mecanismos que resultam em efeitos sinérgicos ou antagonistas. Se este fato é ignorado, a avaliação do processo de experimentação com muitas variáveis se torna inviável e incoerente (PERALTA-ZAMORA, MORAIS; NAGATA, 2005). Neste contexto, diferentes métodos de análise em conjunto com ferramentas de análise multivariada têm fornecido aplicações relevantes na área de controle de qualidade de alimentos (LI et al., 2007; SINIJA; MISHRA, 2009; FERNÁNDEZ-CABAÑAS et al., 2011; SHAO et al., 2011; FAN; ROOS, 2015), na qual o método de calibração multivariada mais popular para a construção de modelos de regressão por mínimos quadrados parciais é o PLS (SENA; POPPI, 2004; PIANTAVINI et al., 2014).

Embora várias pesquisas e aplicações interessantes tenham sido publicadas recentemente, observa-se que o potencial de aplicação de métodos multivariados não foi adequadamente explorado para as operações de produtos alimentares de controle de qualidade (MELO; ANDREW; FALEIRO, 2015). Estes modelos são uma escolha interessante para o estudo de características biológicas pelo fato de todas as características agrometeorológicas da cultura poderem ser detalhadas (MAZUR et al., 2014). A associação entre dados experimentais e ferramentas de calibração multivariada permite a redução de erros humanos e a diminuição da frequência de

análise laboratorial. De acordo com uma recente revisão da literatura, até o momento, nenhuma pesquisa foi encontrada utilizando calibração multivariada em pupunha, o que é relevante, considerando que estes modelos podem ser inseridos na produção industrial, permitindo previsões e conclusões importantes sobre o cultivo da pupunha.

## CAPÍTULO I

---

**Influência climática sobre a composição de minerais de palmito pupunha avaliada por calibração multivariada**

## RESUMO

Foi utilizada a calibração multivariada para o desenvolvimento de modelo no estudo da influência do clima (dados agrometeorológicos) em minerais de palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). Foram coletados um total de 24 amostras de pupunha com 14 a 18 meses de plantio, cultivadas em dois tipos de terreno: encosta e baixada. No final de cada mês, ao longo de 1 ano, a pupunha foi cortada e o palmito foi analisado quanto ao teor de minerais (P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mg, Cu, Zn, B, Na, Co, Mo e Cl). A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para verificar diferenças significativas entre as amostras. A regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) foi utilizada para construir modelos de predição dos fatores agrometeorológicos sobre os minerais do palmito pupunha. A validação cruzada foi empregada juntamente com o procedimento *leave-one-out* para a validação do conjunto. Através da PCA pode-se mostrar que o clima influenciou na concentração dos minerais P, Ca, S e Mg. Baixo erro relativo médio de predição (2,41%) confirmou a boa previsibilidade dos modelos. Os fatores de maior influência no modelo de previsão de conteúdo de P foram a precipitação e a temperatura do ar (-8,63 e -6,35 vezes, respectivamente). Para o teor de Ca, as principais influências no modelo de predição foram a temperatura do ar (-22,50 vezes), pressão atmosférica (21,09 vezes) e precipitação (-16,7810). O conteúdo de S foi influenciado pela precipitação (-83,89 vezes) e umidade relativa (80,81 vezes), respectivamente. Os principais fatores agrometeorológicos que influenciaram no teor de Mg foram a temperatura do ar e a umidade relativa (-28,33 e 23,91 vezes, respectivamente). Assim, a análise multivariada utilizada neste trabalho permitiu a criação de um modelo preditivo altamente preciso para os minerais P, Ca, S e Mg em palmito pupunha a partir de dados agrometeorológicos locais. Este modelo poderá auxiliar na identificação de novas regiões geográficas adequadas para o estabelecimento de novas culturas de pupunha destinadas à produção de palmito. A abordagem proposta pode também ser utilizada para estudos sobre alterações climáticas, fornecendo uma estrutura robusta para avaliar o impacto das alterações climáticas nas culturas. Como a maioria dos estudos publicados se concentraram em grandes culturas alimentares de importância global, o presente trabalho irá contribuir com a sensibilidade dos minerais do palmito pupunha quanto a precipitação de chuva e a temperatura do ar.

Palavras-chave: *Bactris gasipaes*. Minerais. Dados agrometeorológicos. Análise multivariada. Influência climática.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor e consumidor mundial de palmito (PENTEADO JÚNIOR; SANTOS; NEVES, 2014). Em sua maioria é obtida ilegalmente de *Euterpe oleracea* Mart. e *E. edulis* Mart., o que ameaça seriamente a sobrevivência de ambas as espécies, uma vez que cortadas para a retirada do palmito, não rebrotam (BATAGIN-PIOTTO et al., 2012). O palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) é um produto comestível, ligeiramente doce, cilíndrico e macio, extraído da extremidade superior do caule de certas palmeiras. Compreende o meristema apical e um número variável de folhas internas entrelaçadas ainda não completamente desenvolvidas (BELLETTINI et al., 2014). É rico em fibras, minerais e vitaminas, além de apresentar baixo valor calórico (KULCHETSKI; CHAIMSOHN; GARDINGO, 2001).

A pupunha é uma espécie que tem sido implantada em diversas condições climáticas, apresentando boa adaptação. No entanto, requer temperatura, umidade e luz suficientes, nas quais as condições ideais são as regiões de clima quente e úmido, com temperatura média anual acima de 21 °C e precipitação acima de 2000 mm ano<sup>-1</sup> bem distribuído. O estresse hídrico elevado e prolongado provoca um crescimento reduzido das plantas e uma seca precoce das folhas, com uma diminuição da produção de palmito pupunha (NEVES et al., 2008).

O clima é muito importante na agricultura, uma vez que as plantas necessitam de determinadas quantidades de água, calor e luz nas épocas certas de seu desenvolvimento. Esses elementos atmosféricos, podem variar no decorrer do período de cultivo, fazendo com que a cultura esteja sujeita a incertezas (AYOADE, 2007). Por isso, qualquer alteração brusca dessas variáveis climáticas podem comprometer o ciclo vegetativo e, conseqüentemente, a produção/produktividade (ALMEIDA, 2005). Segundo Pinto e Netto, (2008), as variáveis climáticas estão intimamente inter-relacionadas na influência que exercem sobre as lavouras. O efeito de certa variável climática é modificado pelas outras. Também as variações diárias, sazonais ou anuais nos valores dos elementos atmosféricos são de grande importância na determinação da eficiência do crescimento dos cultivos. Dentre os elementos atmosféricos, a temperatura, a precipitação pluviométrica, e a umidade relativa constituem as principais variáveis na produtividade agrícola (SILVA, 2013).

Houveram esforços de pesquisa significativos predizendo o efeito que o clima

tem sobre os sistemas de produção (FREIRE, 2013), no entanto, a intensidade dos fatores climáticos na cultura da pupunha ainda não foi quantificada. Além disso, há poucos estudos que as mudanças observadas e a variabilidade nos padrões climáticos nas últimas décadas já tenham impactado a produção de palmito pupunha na América latina e particularmente no Brasil.

Na pesquisa científica, um grande número de ensaios é realizado de forma univariada, utilizando uma variável por vez. Negligenciar a interação entre as variáveis leva a resultados que muitas vezes não correspondem a resultados verdadeiros (PERALTA-ZAMORA et al., 2005). O objetivo final da maioria da análise de dados multivariados é desenvolver modelos para quantificar uma propriedade de interesse, construindo um modelo matemático que descreva o comportamento do sistema a partir de princípios físico-químicos fundamentais e um conjunto reduzido de hipóteses restritivas (FERREIRA, 2015). Foram encontradas aplicações relevantes para análise multivariada no controle da qualidade alimentar (FAN; ROOS, 2015, RECKLING et al., 2016), no entanto, a aplicação potencial de métodos multivariados não foi totalmente explorada para procedimentos de controle de qualidade de produtos alimentícios. Neste trabalho descrevemos o uso da análise de componentes principais, juntamente com a regressão por mínimos quadrados parciais, para gerar modelos preditivos para os minerais de palmito pupunha obtidos de plantas cultivadas em áreas conhecidas, relacionando as características do clima na concentração de minerais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização das amostras de pupunha e do local de cultivo**

A área de coleta experimental do palmito localiza-se na Estrada Alexandra - Matinhos Km 12, Município de Paranaguá - PR, entre as coordenadas 25°09'19,2" S e 48°35'15,0' W. Segundo EMBRAPA (1997), seu relevo é plano, o solo pertence à classe Cambissolo Háplico, de textura média. O clima é do tipo Af tropical superúmido, sem déficit hídrico. A média da temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio, superior a 18 °C. A umidade relativa média do ar é superior a 85%, e o índice pluviométrico encontra-se em torno de 2500 a 3000 mm anuais.

As amostras de pupunha foram coletadas com 14 a 18 meses de cultivo, com densidade de 5000 plantas por hectare e espaçamento 2 x 1 para a produção de palmito pupunha, entre o período de agosto de 2015 a julho de 2016, crescendo em dois tipos de terreno: encosta (declividade de 5%) e em área plana (declividade menor que 1%), denominado baixada. No final de cada mês do estudo, a pupunha foi cortada e o palmito foi analisado.

A análise de rotina do solo (TABELA 1) de cultivo da pupunha foi realizada no Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola - DSEA da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

TABELA 1 – ANÁLISE DE ROTINA (MINERAIS) DO SOLO UTILIZADO NA CULTURA DE PUPUNHA.

Terreno	pH	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	OM	
	CaCl <sub>2</sub>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						g dm <sup>-3</sup>				
Encosta												
0-20	5,00	0,00	4,00	2,40	1,20	0,08	3,68	7,68	69,90	13,10	22,58	
20-40	4,00	1,70	6,20	0,30	0,20	0,04	0,54	6,74	7,30	9,30	16,00	
Baixada												
0-20	5,30	0,00	4,30	3,00	1,30	0,14	4,44	8,74	25,90	8,10	13,96	
20-40	5,50	0,00	3,40	2,20	1,20	0,07	3,47	6,87	5,60	3,10	5,34	

Acidez trocável (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), macronutrientes secundários (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), soma de bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>), capacidade de troca catiônica (T), fósforo (P), carbono (C), matéria orgânica (OM).

## 2.2 Determinação de minerais

As amostras foram reduzidas a cinzas a 580 - 600 °C durante aproximadamente 12 h. As cinzas foram solubilizadas em ácido nítrico (1N), aquecidas numa placa durante 2 - 3 minutos e transferidas para balões volumétricos, com o volume final de 100 mL completado o volume com ácido nítrico (AOAC, 2010). Alumínio (Al), cálcio (Ca), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio e zinco (Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (968.08). Adicionou-se lantânio às amostras de Ca e Mg para evitar interferências causadas por íons fosfato. Potássio (K) e sódio (Na) foram determinados por espectrofotometria de emissão atômica (984.27). O fósforo (P) foi determinado pelo método amarelo molibdênio (966.01). O enxofre (S) foi determinado pelo método gravimétrico do cloreto de bário (turbidimetria) (956.01). O boro (B) foi determinado por espectrometria de azometina-H (958.03). As leituras

destes elementos foram feitas nos seguintes comprimentos de onda ( $\lambda$ s) em nm:  $\lambda$ Al = 309,3;  $\lambda$ Ca = 422,7;  $\lambda$ Cl = 588,0;  $\lambda$ Co = 240,7;  $\lambda$ Cu = 324,7;  $\lambda$ Fe = 248,3;  $\lambda$ Mg = 285,2;  $\lambda$ Mn = 279,5;  $\lambda$ Mo = 313,3;  $\lambda$ Na = 589,0;  $\lambda$ Zn = 213,9,  $\lambda$ K = 766,5;  $\lambda$ P = 420,0 e  $\lambda$ B = 410,0.

### **2.3 Dados agrometeorológicos**

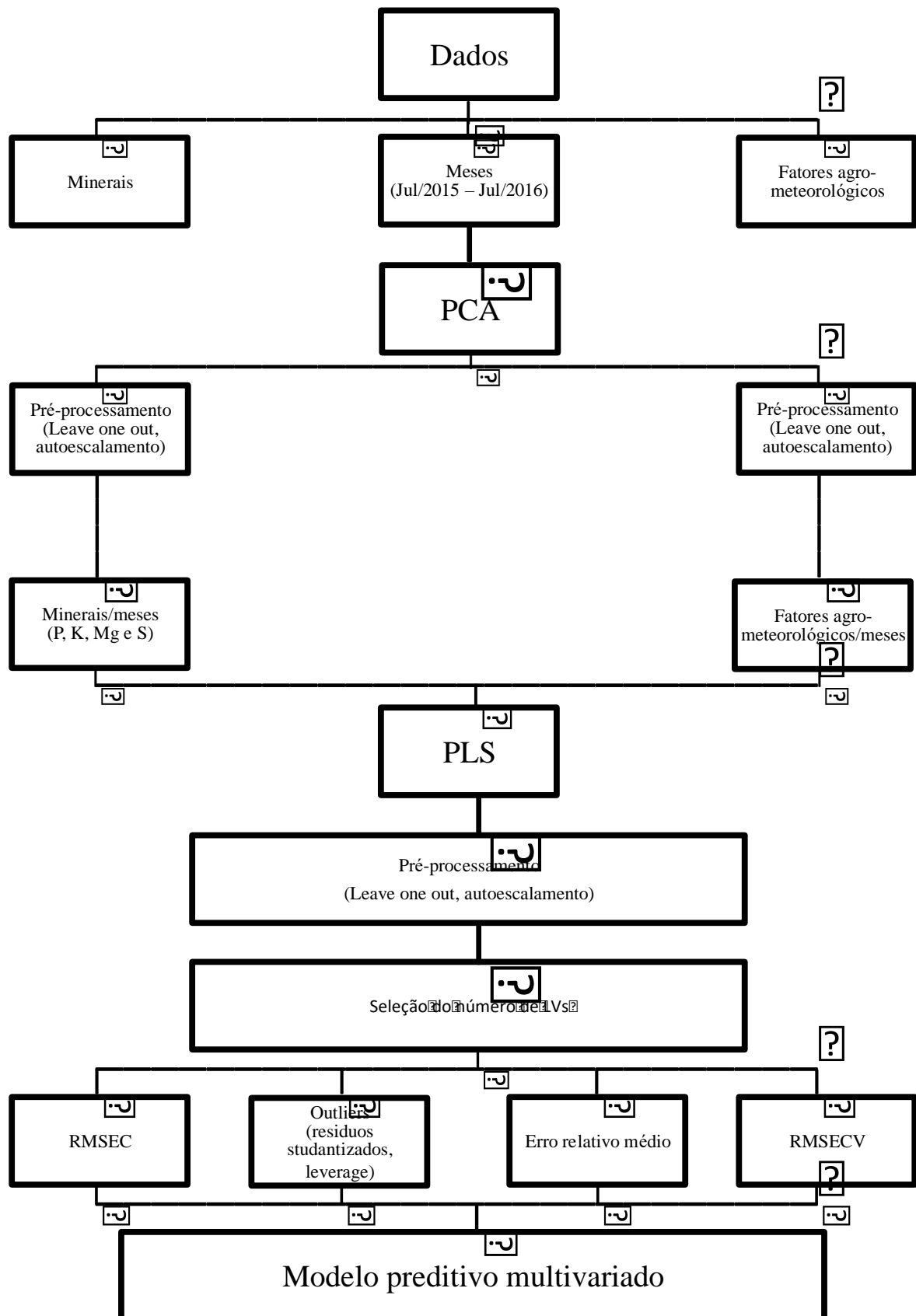
Os dados de pressão atmosférica (hPa), temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm/dia) e umidade relativa (%) foram fornecidos pela estação meteorológica de Morretes-PR, localizada a 15 Km de distância do local de cultivo da pupunha e segundo metodologia adotada pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR.

### **2.4 Processamento multivariado**

Realizou-se um procedimento sistemático para estudar a influência do clima nos minerais de palmito pupunha (FIGURA 1). O software Origin Pro 8.0 (Northampton, MA 01060, EUA) foi utilizado para a construção das matrizes. Os dados foram processados em Matlab versão 7.1 (Mathworks Inc.) utilizando o pacote PLS-toolbox 1.5 (Eigenvector Research Inc.) para os dados de minerais. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados para algumas variáveis, chamadas de componentes principais (PCs), as quais descrevem a maior variância dos dados analisados. A técnica fornece um resumo das semelhanças e diferenças entre as amostras em relação à variação de minerais (LU et al., 2010). Foram utilizadas duas PCAs, a primeira para avaliar a variação de minerais durante os 12 meses de colheita e a segunda para análise dos fatores agrometeorológicos no mesmo período. O método de agrupamento utilizado foi o método simples (vizinho mais próximo), no qual a distância de dois grupos é dada pela menor distância entre dois grupos. Este método forma grupos mais dispersos, menos sensíveis a amostras atípicas (FERREIRA, 2015).



FIGURA 1 – FLUXOGRAMA MOSTRANDO AS PRINCIPAIS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DO ESTUDO.



A regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) foi utilizada para construir modelos de predição dos fatores agrometeorológicos sobre os minerais do palmito pupunha. O grupo de calibração para cada mineral consistiu de 12 ensaios, média do local de cultivo, em dois subconjuntos: conjunto de calibração (construção do modelo) e grupo de validação. Modelos PLS foram desenvolvidos para relacionar a variável X (concentração de minerais, variável independente ou preditora) com a variável Y1 (dados agrometeorológicos, variável dependente) e prever os minerais do palmito pupunha. A validação cruzada foi empregada juntamente com o procedimento *leave-one-out* para a validação do conjunto, uma vez que não desperdiça dados (todas as amostras são usadas para o desenvolvimento do modelo) e também apropriada para um pequeno número de amostras (OLIVEIRA et al., 2014).

No processo de validação cruzada, cada amostra do conjunto de calibração é excluída apenas uma única vez. O processo foi repetido até todas as amostras terem sido utilizadas uma vez no conjunto de validação (XIE, YING e YING, 2007). O conjunto de previsão (conjunto independente) foi definido para validar os resultados do estudo atual (30% dos dados). Os valores atípicos foram detectados por meio dos critérios de *leverage* (influência ou alavancagem da amostra) e resíduos studentizados ( $\pm 2,5$ ), de acordo com:  $3\sqrt{VL} n^{-1}$ , onde n é o número de amostras e VL é o número de variáveis latentes. O desempenho dos modelos PLS foi avaliado utilizando RMSEC (erro quadrático médio de calibração), RMSECV (erro quadrático médio de validação cruzada) e os erros relativos médios.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise de componentes principais dos minerais de palmito pupunha**

O conjunto de dados de minerais foi utilizado para elaborar a PCA de palmito pupunha durante o período experimental de 12 meses (TABELA 2). O pré-processamento dos dados não foi utilizado devido à alta homogeneidade das amostras. O *Scree plot* lista o número de ordem de cada eixo com o valor associado. Se esta curva apresentar uma estabilização dos autovalores (*eigenvalues*), apenas os eixos com números de ordem superiores ao que inicia a estabilização podem ser retidos. A PCA demonstrou que a maior parte da variação nos dados de minerais

para o palmito pupunha pode ser descrita por apenas uma componente principal (PC1: 96,07%), conforme apresentado na Figura 2A. A introdução de PCs adicionais contribuiu apenas com uma representação dos detalhes (PC2: 3,25%, PC3: 0,55%), no qual 3 PCs foram responsáveis pela representação de 99,88% da variação dos dados de concentração (FIGURA 2B). Apesar de PC1 explicar quase todos os dados, PC2 e PC3 também foram usados por apresentarem detalhes significativos. O erro na validação cruzada (RMSECV) foi obtido comparando-se a concentração prevista para cada padrão com seu valor verdadeiro. Este valor é apresentado de acordo com o número de PCs (FIGURA 2C).

Houve uma tendência de agrupamento de P, Ca, Mg e S em relação aos meses de colheita (FIGURA 3A). O conteúdo de P em palmito pupunha (1), de plantas cultivadas em terreno de encosta e baixada, foi influenciado por fatores agrometeorológicos nos meses de julho (15), agosto (18), setembro (20), novembro (23), dezembro (25) e janeiro (28). O conteúdo de Ca (3), cultivado tanto em baixada quanto encosta, foi influenciado por fatores agrometeorológicos nos meses de setembro, março, abril, maio e junho (19, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38, respectivamente). O teor de Mg (4), em plantas cultivadas em terreno de encosta e baixada foi influenciado por fatores agrometeorológicos nos meses de julho (16), outubro (21), novembro (24) e janeiro (27). O conteúdo de S (5), em plantas cultivadas em terreno de encosta e baixada, foi influenciado por fatores agrometeorológicos nos meses de julho (17) e outubro (22). Não houve formação de agrupamentos de K, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Na, Co, Mo e Cl em palmito pupunha em PC1, PC2 e PC3, pelo que estes minerais podem ter sido influenciados por outros fatores não descritos neste modelo, como solo e variabilidade genética.

TABELA 2 – VALORES DE MINERAIS EM PALMITO PUPUNHA CULTIVADO EM TERRENO DE ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES.\*  
(continua)

Minerais (ppm)	Julho/2015		Agosto/2015		Setembro/2015		Outubro/2015		Novembro/2015		Dezembro/2015	
	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada
P	400,0 (± 16,4)	225,0 (± 10,5)	520,0 (± 16,0)	254,0 (± 10,5)	450,0 (± 22,3)	465,0 (± 23,2)	390,0 (± 16,4)	555,0 (± 22,3)	510,0 (± 23,9)	438,0 (± 17,1)	476,0 (± 17,1)	420,0 (± 20,9)
K	1300,0 (± 63,7)	890,0 (± 36,4)	1680,0 (± 83,9)	835,0 (± 29,2)	2930,0 (± 82,0)	1695,0 (± 27,1)	1395,0 (± 23,4)	1610,0 (± 69,2)	1640,0 (± 27,0)	1467,0 (± 58,7)	1185,0 (± 30,8)	1445,0 (± 19,5)
Ca	72,0 (± 1,7)	146,0 (± 4,2)	225,0 (± 7,4)	92,0 (± 1,9)	165,0 (± 1,9)	146,0 (± 4,2)	139,0 (± 4,5)	123,0 (± 2,8)	137,0 (± 4,9)	84,0 (± 3,9)	83,0 (± 4,0)	120,0 (± 1,8)
Mg	472,0 (± 10,9)	178,0 (± 8,2)	260,0 (± 12,7)	126,0 (± 3,7)	320,0 (± 9,0)	330,0 (± 15,5)	265,0 (± 11,4)	282,0 (± 19,6)	270,0 (± 11,1)	425,0 (± 12,4)	345,0 (± 7,2)	294,0 (± 12,6)
S	925,0 (± 46,2)	500,0 (± 18,5)	1290,0 (± 37,4)	515,0 (± 20,6)	867,0 (± 29,4)	930,0 (± 42,7)	670,0 (± 22,1)	1185,0 (± 41,4)	685,0 (± 31,5)	395,0 (± 19,7)	790,0 (± 28,4)	578,0 (± 6,9)
Fe	0,9 (± 0,0)	1,3 (± 0,0)	1,3 (± 0,0)	0,9 (± 0,0)	1,2 (± 0,0)	1,6 (± 0,0)	1,4 (± 0,0)	1,5 (± 0,0)	2,1 (± 0,0)	1,3 (± 0,0)	1,3 (± 0,0)	1,7 (± 0,0)
Mn	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,4 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,4 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,4 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,4 (± 0,0)
Cu	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,9 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	1,2 (± 0,0)	0,7 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	1,0 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,8 (± 0,0)
Zn	3,9 (± 0,2)	2,0 (± 0,1)	2,7 (± 0,1)	1,9 (± 0,1)	2,9 (± 0,1)	3,6 (± 0,2)	3,0 (± 0,1)	3,2 (± 0,1)	3,6 (± 0,1)	3,1 (± 0,1)	2,9 (± 0,1)	3,0 (± 0,1)
B	13,0 (± 0,6)	8,0 (± 0,4)	17,0 (± 0,8)	10,0 (± 0,5)	12,0 (± 0,5)	15,0 (± 0,6)	11,0 (± 0,5)	17,0 (± 0,8)	11,0 (± 0,4)	9,0 (± 0,4)	15,0 (± 0,8)	10,0 (± 0,4)
Na	9,0 (± 0,3)	5,0 (± 0,1)	7,0 (± 0,3)	4,0 (± 0,2)	7,0 (± 0,3)	8,0 (± 0,3)	8,0 (± 0,4)	10,0 (± 0,4)	7,0 (± 0,4)	9,0 (± 0,4)	12,0 (± 0,7)	9,0 (± 0,4)
Co	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)
Mo	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,0 (± 0,0)	0,0 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)
Cl	2130,0 (± 89,5)	1420,0 (± 66,7)	2040,0 (± 36,7)	890,0 (± 20,4)	1950,0 (± 95,5)	2300,0 (± 94,3)	1860,0 (± 63,2)	1860,0 (± 48,3)	1770,0 (± 33,6)	1330,0 (± 43,4)	1595,0 (± 63,8)	2300,0 (± 80,5)

TABELA 2 – VALORES DE MINERAIS EM PALMITO PUPUNHA CULTIVADO EM TERRENO DE ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES.\*  
(conclusão)

Minerais (ppm)	Janeiro/2016		Fevereiro/2016		Março/2016		Abril/2016		Maio/2016		Junho/2016	
	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada	Encosta	Baixada
P	470,0 (± 19,7)	172,0 (± 7,0)	457,0 (± 19,6)	254,0 (± 12,4)	457,0 (± 14,6)	400,0 (± 9,6)	478,0 (± 17,7)	420,0 (± 15,1)	378,0 (± 14,3)	464,0 (± 8,8)	493,0 (± 18,7)	485,0 (± 21,8)
K	2000,0 (± 92,6)	690,0 (± 29,7)	1465,0 (± 64,5)	750,0 (± 24,7)	2390,0 (± 119,5)	2320,0 (± 104,4)	2810,0 (± 87,1)	2840,0 (± 62,4)	2800,0 (± 45,6)	2765,0 (± 138,5)	2660,0 (± 119,7)	3310,0 (± 139,3)
Ca	123,0 (± 3,9)	50,0 (± 2,4)	67,0 (± 2,3)	90,0 (± 3,5)	124,0 (± 5,0)	182,0 (± 6,9)	156,0 (± 6,5)	250,0 (± 3,4)	342,0 (± 14,7)	236,0 (± 3,3)	168,0 (± 7,9)	347,0 (± 16,0)
Mg	328,0 (± 15,4)	127,0 (± 4,5)	325,0 (± 7,1)	178,0 (± 7,8)	340,0 (± 16,3)	276,0 (± 13,8)	390,0 (± 10,1)	345,0 (± 9,7)	360,0 (± 11,9)	367,0 (± 16,5)	342,0 (± 16,7)	395,0 (± 15,8)
S	654,0 (± 7,0)	486,0 (± 22,3)	500,0 (± 1,5)	274,0 (± 12,0)	515,0 (± 16,4)	470,0 (± 10,3)	510,0 (± 20,9)	480,0 (± 16,8)	545,0 (± 15,3)	465,0 (± 16,7)	360,0 (± 16,6)	475,0 (± 22,8)
Fe	2,0 (± 0,0)	1,5 (± 0,0)	1,4 (± 0,0)	1,4 (± 0,0)	2,0 (± 0,0)	2,7 (± 0,1)	2,1 (± 0,0)	2,5 (± 0,1)	2,2 (± 0,1)	2,4 (± 0,1)	2,5 (± 0,1)	2,6 (± 0,1)
Mn	1,0 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,8 (± 0,0)	0,8 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)	0,9 (± 0,0)	1,2 (± 0,0)	1,2 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,5 (± 0,0)
Cu	0,3 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,6 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	1,6 (± 0,0)	1,6 (± 0,0)	0,9 (± 0,0)	1,9 (± 0,1)	1,7 (± 0,0)	2,0 (± 0,0)	1,6 (± 0,0)	1,0 (± 0,0)
Zn	3,8 (± 0,2)	1,5 (± 0,0)	4,0 (± 0,2)	2,2 (± 0,0)	5,2 (± 0,2)	4,2 (± 0,2)	5,0 (± 0,2)	4,5 (± 0,2)	4,0 (± 0,2)	5,8 (± 0,3)	5,1 (± 0,2)	4,5 (± 0,2)
B	10,0 (± 0,3)	10,0 (± 0,4)	10,0 (± 0,4)	6,0 (± 0,2)	2,9 (± 0,1)	2,6 (± 0,1)	2,8 (± 0,1)	3,1 (± 0,1)	3,0 (± 0,1)	3,2 (± 0,2)	2,9 (± 0,1)	3,4 (± 0,1)
Na	10,0 (± 0,4)	3,0 (± 0,1)	6,0 (± 0,2)	5,0 (± 0,2)	12,0 (± 0,4)	9,0 (± 0,4)	11,0 (± 0,5)	12,0 (± 0,5)	15,0 (± 0,6)	11,0 (± 0,4)	8,0 (± 0,3)	14,0 (± 0,4)
Co	0,3 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)
Mo	0,2 (± 0,0)	0,0 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,0 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)	0,2 (± 0,0)	0,1 (± 0,0)
Cl	2040,0 (± 26,5)	890,0 (± 44,5)	2395,0 (± 114,9)	1595,0 (± 55,3)	2130,0 (± 76,7)	1770,0 (± 28,3)	1775,0 (± 29,3)	2215,0 (± 82,0)	1950,0 (± 97,5)	1595,0 (± 75,0)	1685,0 (± 77,5)	2040,0 (± 100,0)

Encosta: terreno com 5% de declividade. Baixada: terreno plano (< 1% de declividade).

### 3.2 Análise de componentes principais dos dados agrometeorológicos

O conjunto de dados agrometeorológicos foi utilizado para a PCA (TABELA 3). Para eliminar problemas com a heterogeneidade da amostra, devido à alta amplitude entre os dados de amostragem, foi empregado o pré-processamento autoescalamento (*leave-one-out*). A primeira componente principal (PC1) explicou 67,99% da variação dos dados agrometeorológicos, enquanto PC2 e PC3 explicaram 22,78 e 7,55%, respectivamente, da variação dos dados agrometeorológicos (98,32%), conforme apresentado nas Figuras 2D e E. Apesar do maior erro ser obtido com 3 PCs (FIGURA 2F) e PC1 explicar quase toda a variação encontrada nos dados agrometeorológicos; PC2 e PC3 também foram utilizados por apresentarem detalhes significativos.

TABELA 3 – DADOS AGROMETEOROLÓGICOS DA ÁREA DE COLHEITA DE PALMITO PUPUNHA.

Mês	Precipitação pluviométrica (mm/dia)	Pressão Atmosférica (hPa)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Julho (1)*	2,55 ± 4,04	1016,84 ± 3,50	18,93 ± 1,71	86,30 ± 6,30
Agosto (2)*	0,77 ± 3,11	1016,76 ± 2,70	20,97 ± 1,69	83,45 ± 6,23
Setembro (3)*	6,85 ± 8,93	1013,08 ± 4,40	20,76 ± 2,83	86,03 ± 5,51
Outubro (4)*	5,51 ± 8,23	1014,42 ± 3,73	20,73 ± 2,10	88,71 ± 3,70
Novembro (5)*	8,73 ± 12,44	1011,13 ± 4,18	22,21 ± 2,23	86,82 ± 3,93
Dezembro (6)*	9,70 ± 14,37	1010,42 ± 2,91	25,59 ± 2,73	81,87 ± 6,71
Janeiro (7)**	8,83 ± 15,88	1010,64 ± 2,63	25,66 ± 1,65	79,72 ± 6,85
Fevereiro (8)**	19,25 ± 25,87	1010,93 ± 2,62	26,63 ± 1,66	81,50 ± 5,28
Março (9)**	5,23 ± 11,00	1013,00 ± 3,94	24,99 ± 1,36	80,24 ± 5,71
Abril (10)**	4,32 ± 10,16	1012,63 ± 3,60	25,59 ± 3,84	78,12 ± 5,45
Maio (11)**	2,53 ± 4,38	1018,59 ± 3,92	15,94 ± 0,90	77,13 ± 5,18
Junho (12)**	0,53 ± 2,62	1018,06 ± 3,76	14,82 ± 0,88	89,92 ± 6,97

Fonte: IAPAR (2016).\* 2015.\*\* 2016.

FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE *EIGENVALUES* (*SCREE PLOT*); EVOLUÇÃO DO VALOR DE CAPTURA DE VARIÂNCIA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE COMPONENTES PRINCIPAIS; EVOLUÇÃO DO VALOR DE RMSECV DE PALMITO PUPUNHA (A, B E C) E DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (D, E E F), RESPECTIVAMENTE.

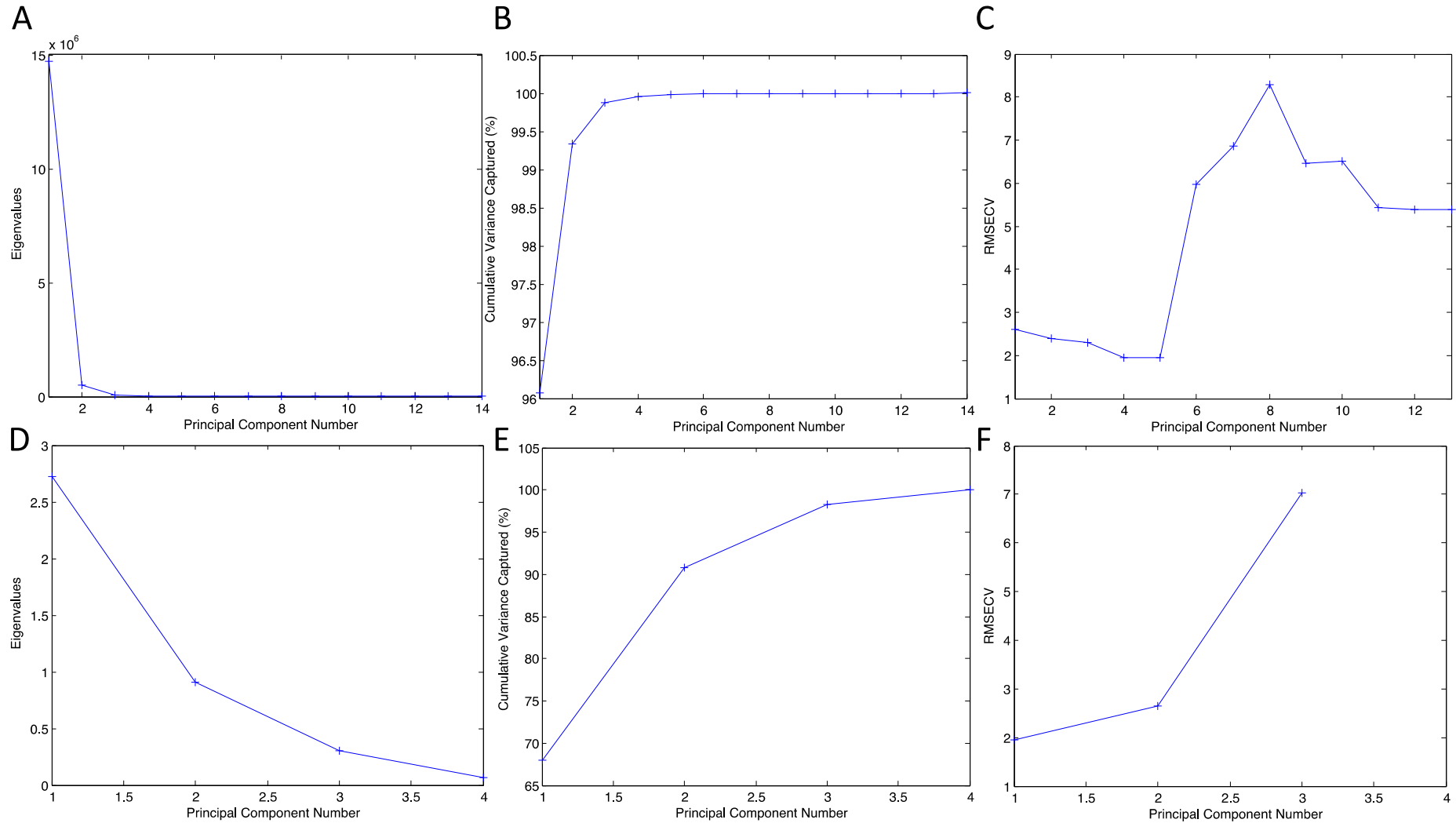
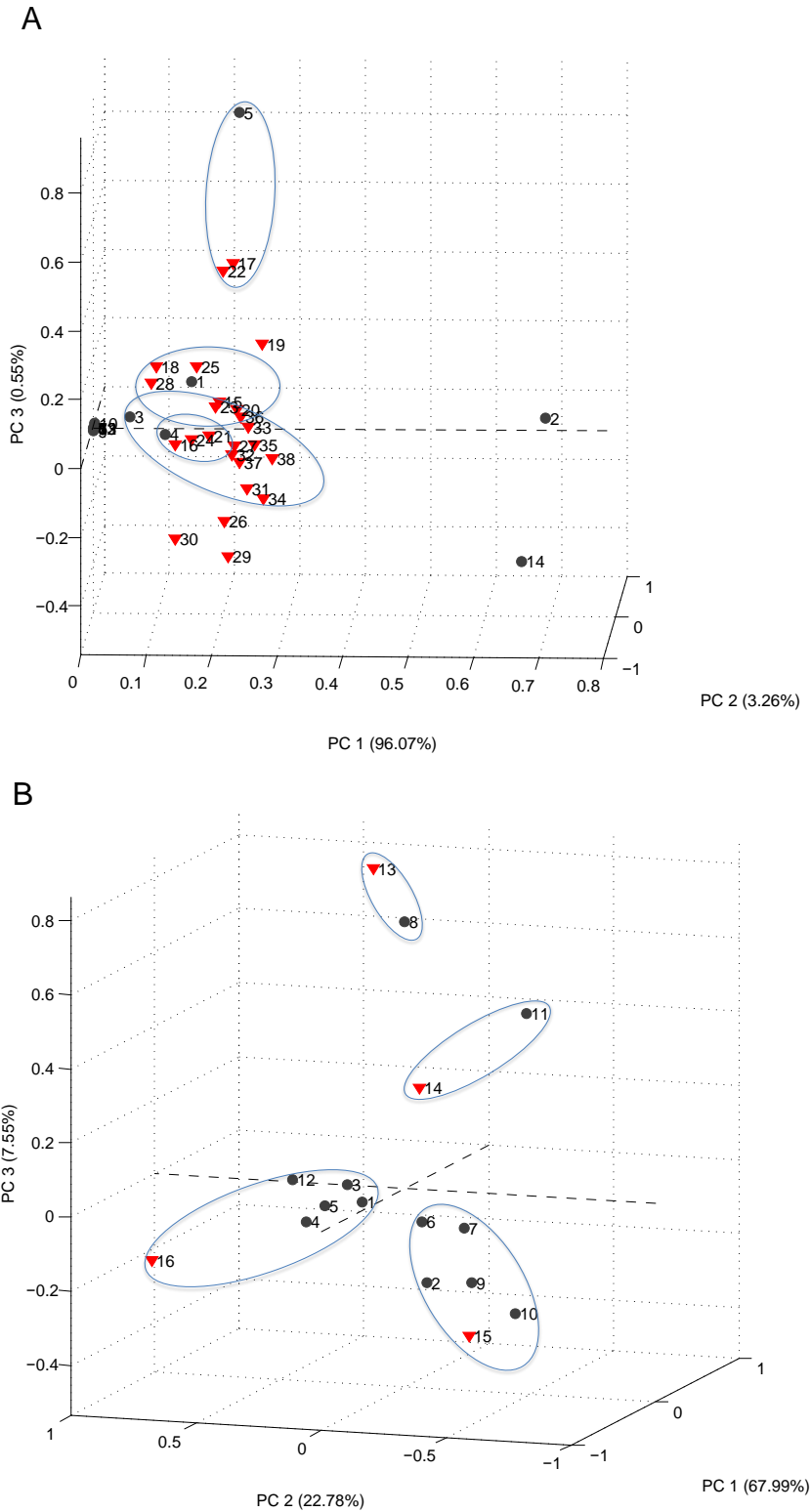


FIGURA 3 – SCORES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS REALIZADA COM DIFERENTES AMOSTRAS DE PALMITO PUPUNHA (A)\* CULTIVADO EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA; E DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (B)\*\*; AMBOS AO LONGO DE 12 MESES: PC1 X PC2 X PC3. \*MINERAIS (1-14) E MESES (15-38). \*\*MESES (1 - 12) E FATORES AGROMETEOROLÓGICOS (13 - 16).





Os meses de julho/2015 (1), setembro/2015 (3), outubro/2015 (4), novembro/2015 (5) e junho/2016 (12) apresentaram maior umidade relativa (16) significativa, conforme apresentado na Figura 2B. Os meses de dezembro/2015 (6), janeiro/2016 (7), março/2016 (9) e abril/2016 (10) tiveram temperaturas (15) mais elevadas. Os meses de agosto/2015 (2) e maio/2016 (11) apresentaram maior pressão atmosférica (14). O mês de fevereiro/2016 (8) apresentou maior precipitação (13).

Portanto, descrevendo-se os dados da análise tem-se que, o teor de P em palmito pupunha foi influenciado principalmente pela umidade relativa nos meses de julho, setembro e novembro; e pela temperatura nos meses de agosto, dezembro e janeiro. O teor de Ca foi influenciado pela alta temperatura em março e abril; setembro e junho pela umidade relativa; e pela pressão atmosférica em junho. O teor de Mg foi influenciado nos meses de julho, outubro e novembro pela umidade relativa e em janeiro pela temperatura. S foi influenciado pela umidade relativa nos meses de julho e outubro.

### **3.3 Calibração e validação de modelos preditivos baseados na regressão por mínimos quadrados parciais (PLS)**

A regressão por mínimos quadrados parciais foi utilizada na construção de modelos de calibração multivariada na previsão valores de minerais em palmito pupunha em função de fatores agrometeorológicos. Vários modelos foram desenvolvidos utilizando diferentes tipos de técnicas de pré-processamento e diferentes números de variáveis latentes (VLs). Normalmente, a primeira decisão que deve ser feita no processo de modelagem multivariada é representada pela seleção do número de variáveis latentes (VLs). Neste estudo, o critério adotado correspondeu à minimização do erro de previsão no processo de validação cruzada (sistema de exclusão) (STETS et al., 2015). O número de variáveis latentes nas quais não há variação considerável no valor de RMSECV foi utilizado para determinar o número de variáveis latentes a serem utilizadas no modelo (SOUZA et al., 2013).

Para o conteúdo de P e Ca, o uso de 1 VL implicou na redução significativa

desse erro médio de previsão, enquanto que a introdução de novas variáveis pouco aumentou este parâmetro. A primeira variável latente (VL1) explicou 67,51 e 67,07% da variação do conteúdo de P e Ca, respectivamente. O uso de um elevado número de VLs pode representar uma sobre-adaptação do modelo, o que, em geral, prejudica a previsibilidade de novas amostras (MALUF et al., 2010). Neste estudo, os menores erros de previsão foram fornecidos pelo processamento de dados autoescalados (pré-processamento *leave-one-out*). Este modelo proporcionou um bom ajuste entre os valores reais e previstos (Eq. 1 e 2, respectivamente). Os erros de previsão relativos médios foram de -6,0804 e -9,8884%, respectivamente.

$$P = -8,6347\beta_0 + 1,4924\beta_1 - 6,3511\beta_2 - 2,1452\beta_3 \quad (1)$$

$$Ca = -16,7810\beta_0 + 21,0850\beta_1 - 22,5040\beta_2 - 0,2055\beta_3 \quad (2)$$

$$S = -83,8920\beta_0 - 26,264\beta_1 + 36,9790\beta_2 + 80,8140\beta_3 \quad (3)$$

$$Mg = -13,8940\beta_0 - 9,1418\beta_1 - 28,330\beta_2 - 23,9290\beta_3 \quad (4)$$

, onde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  representam os coeficientes da equação: precipitação diária mensal (mm/dia), pressão atmosférica (hPa), temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), respectivamente.

Para o conteúdo de S e Mg, a melhor capacidade preditiva foi obtida utilizando um modelo desenvolvido com 2 VLs e pré-processamento com dados autoescalados. VL2 explicou 79,17 e 85,21% da variação do conteúdo de S e Mg. Este modelo proporcionou um bom ajuste entre os valores reais e previstos (Eq. 3 e 4, respectivamente). Os erros de previsão relativos foram de -6,2376 e 0,0169%, respectivamente.

Um aspecto importante para a otimização de modelos de calibração é examinar a presença de amostras anômalas (*outliers*). *Outliers* são amostras de alto valor de *leverage* e resíduos studentizados, que atribuem efeitos prejudiciais significativos ao modelo, e devem ser removidos dos dados coletados (PEDRO; FERREIRA, 2005). No processamento PLS, essa verificação é realizada através da

avaliação de *leverage*, um parâmetro associado à influência de cada amostra na modelagem, bem como dos resíduos estudantizados (MAZUR et al., 2014). Um valor limiar de *leverage* de 0,375 para o teor de P e Ca (FIGURAS 4A e B) e 0,75 para o teor de S e Mg (FIGURAS 4C e D) foi determinado por  $3 \text{ VL } n^{-1}$  (onde "VL" é o número de variáveis latentes utilizadas na modelagem e "n" é o número total de amostras), enquanto o valor limite para os resíduos estudantizados foi de  $\pm 2,5$  (nível de confiança de 95%). As amostras 4 (FIGURAS 4A e B) e 7 (FIGURA 4C) apresentaram um resíduo acima do valor crítico, mas não foram consideradas amostras atípicas por terem uma influência próxima ao valor crítico mais rigoroso (FERREIRA, 2015). Com base nessa avaliação, foi possível mostrar a ausência de anomalias no conjunto de calibração.

As interações entre a época da colheita de palmito pupunha e o clima foram confirmadas por meio da análise multivariada. Além disso, o modelo permitiu uma comparação sistemática de minerais de cultivo com fatores agrometeorológicos. Desta forma, os resultados do presente estudo são especialmente relevantes, nos quais a sensibilidade do mineral da cultura à precipitação pluviométrica e à variação da temperatura do ar constituíram as principais variáveis para a alteração na concentração dos minerais no palmito. Os resultados indicam um erro médio na ordem de 2,41% em relação ao método de espectrometria de absorção atômica utilizado como referência (1-5%). Vale ressaltar que, mesmo com um desvio médio da ordem de 2,59%, o modelo preditivo multivariado proporcionou diferenças de até 9,88%, provavelmente devido à já mencionada heterogeneidade das amostras. Assim, a obtenção de erros máximos de predição dessa magnitude é consistente com os resultados obtidos por espectrofotometria de absorção atômica. De acordo com Ferreira (2015), os modelos de calibração são satisfatórios quando os erros relativos médios nas concentrações medidas pelos métodos de referência estão na faixa de  $\pm 5\%$ , confiável até  $\pm 10\%$ .

De acordo com os dados e informações analisados no presente trabalho, os fatores de maior influência no modelo de previsão de conteúdo de P foram a precipitação e a temperatura do ar (-8,63 e -6,35 vezes, respectivamente), seguido pela umidade relativa e pressão atmosférica, respectivamente (ambos positivamente), conforme Figura 5A. A absorção de P pelo palmito diminui à medida

que a tensão da umidade do solo aumenta. O aumento da umidade do solo em níveis ótimos torna o fósforo mais disponível para o palmito, porém o excesso de umidade exclui oxigênio, limitando o crescimento radicular e reduzindo a absorção de fósforo (LOPES, 1978). De acordo com Neves et al. (2007), a temperatura média ideal de cultivo é de cerca de 21 °C, portanto temperaturas mais altas diminuem a absorção de P no palmito.

Para o teor de Ca, as principais influências no modelo de predição foram a temperatura do ar (-22,50 vezes), pressão atmosférica (21,09 vezes) e precipitação (-16,7810), respectivamente (FIGURA 5B). De acordo com Handley e Overstreet (1961), na faixa térmica de 10 - 30 °C há uma relação linear entre a temperatura e a velocidade de absorção, com queda considerável na absorção de Ca a cada 2 °C. O conteúdo de S foi influenciado pela precipitação (-83,89 vezes) e umidade relativa (80,81 vezes), respectivamente (FIGURA 5C).

O principal fator agrometeorológico que influenciou o teor de Mg foi a temperatura do ar e a umidade relativa (-28,33 e 23,91 vezes, respectivamente) (FIGURA 5D). Mg é considerado móvel e concentrado na parte macia da planta (palmito), onde novas células são produzidas para o crescimento. Isso explica as maiores concentrações no período de menor precipitação, ou seja, neste período o crescimento da planta é menor, quando comparado ao período de maior precipitação, onde o número de folhas tende a aumentar. Acima de uma determinada temperatura, a entrada de nutrientes não pode manter a mesma concentração com a saída de nutrientes, assim a absorção média de nutrientes começa a cair (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

Houve diferenças significativas entre os períodos de precipitação para o teor de Ca e Mg, sendo este último inversamente proporcional ao que geralmente é encontrado nas folhas de palmeira e no solo (2:1). K e Cl foram os minerais mais abundantes no palmito (3010 e 2300 ppm, respectivamente) ao longo da colheita anual. Verificou-se que o período de menor precipitação apresentou os melhores resultados em termos de concentração mineral em palmito pupunha.

FIGURA 4 – GRÁFICO DE *LEVERAGE* VS. RESÍDUOS STUDANTIZADOS DE P (A), Ca (B), S (C) E Mg (D) EM PALMITO PUPUNHA (MODELO DESENVOLVIDO COM 1 E 2 VL.

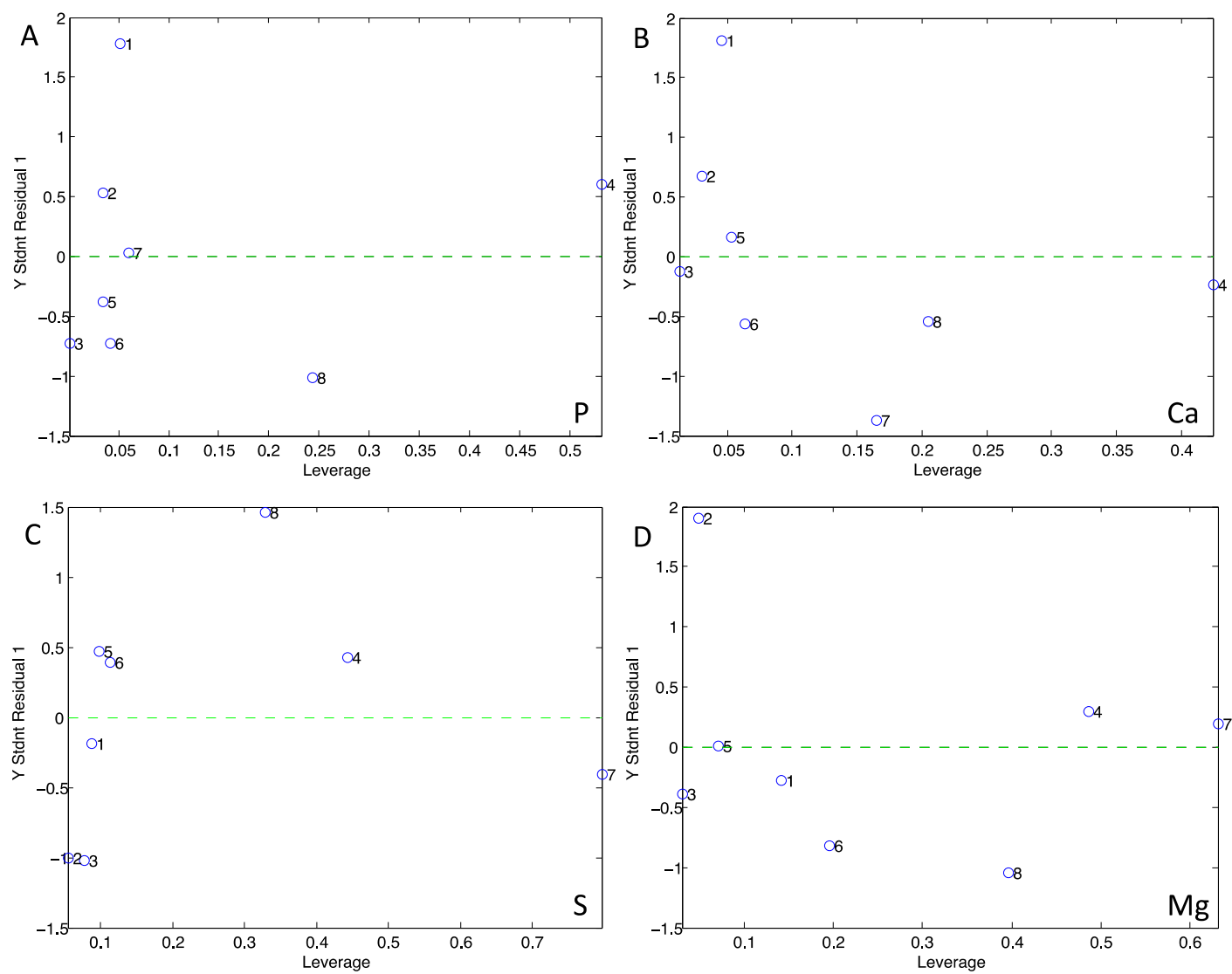
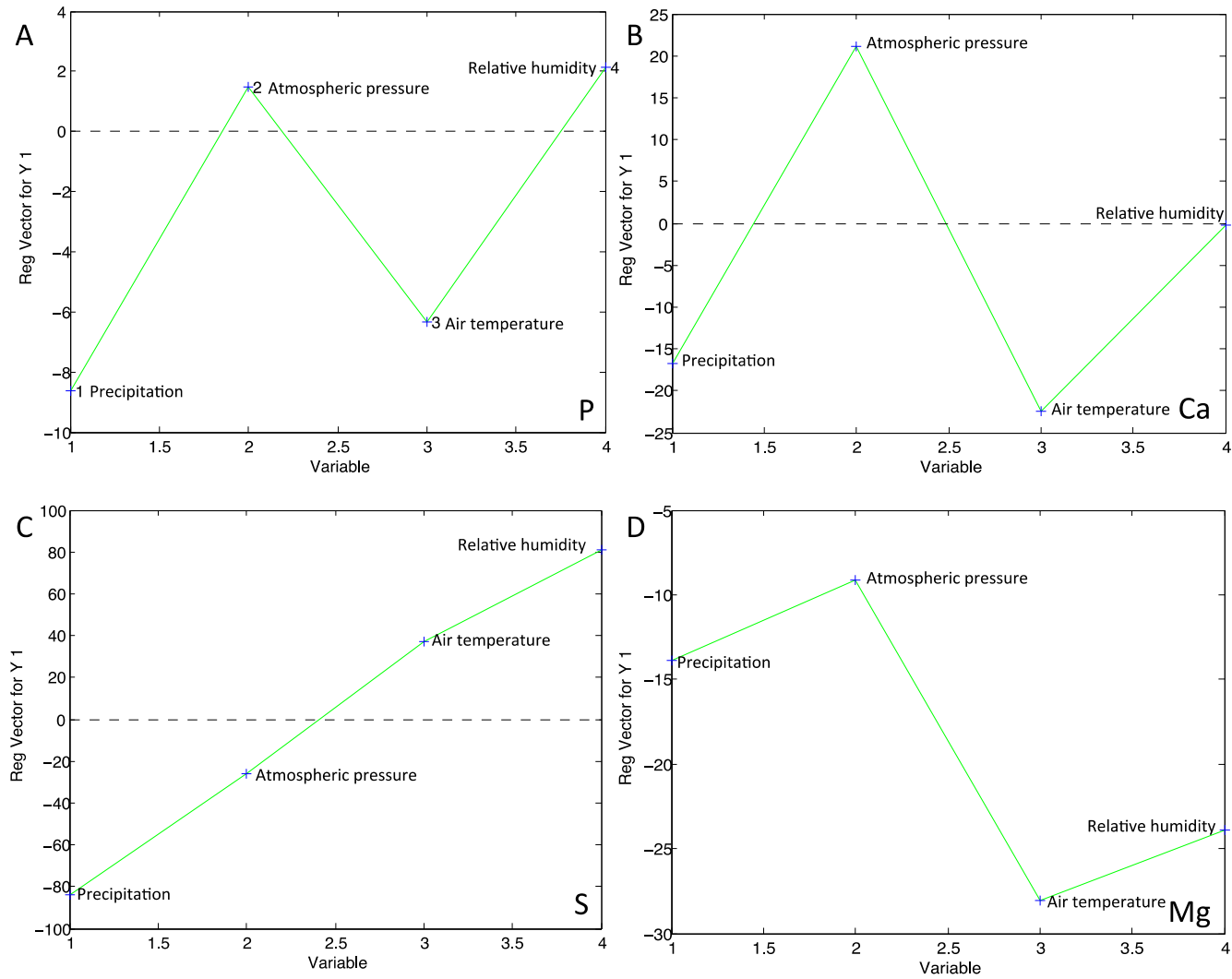


FIGURA 5 – GRÁFICO DE *LOADINGS* DO MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DO CONTEÚDO DE P (A), Ca (B), S (C) E Mg (D) NO PALMITO PUPUNHA.



A análise multivariada utilizada neste trabalho permitiu a criação de um modelo preditivo para o local do estudo altamente preciso para os minerais P, Ca, S e Mg em palmito pupunha a partir de dados agrometeorológicos locais. Este modelo pode ajudar na identificação de novas regiões geográficas adequadas para o estabelecimento de novas culturas de pupunha destinadas à produção de palmito. Além disso, o estudo ajuda a entender o efeito do clima na composição mineral da planta. A abordagem proposta pode também ser utilizada para estudos sobre alterações climáticas, fornecendo uma estrutura robusta para avaliar o impacto das alterações climáticas nas culturas. Portanto, é altamente provável que futuros aumentos na temperatura do ar e precipitação, devido ao efeito estufa (IPCC, 2013), teriam impactos negativos sobre futuras culturas de pupunha na América Latina. Isto está de acordo com os resultados de diversos estudos em que os impactos negativos futuros do aquecimento sobre os rendimentos de várias das principais culturas alimentares têm sido demonstrados em escala global (LOBELL; GOURDJI, 2012; TEIXEIRA et al., 2013). Como a maioria dos estudos publicados se concentraram em grandes culturas alimentares de importância global, o presente trabalho constitui o primeiro relato publicado sobre a sensibilidade dos minerais do palmito pupunha quanto a precipitação de chuva e a temperatura do ar.

Com base em recente revisão de literatura essa é a primeira vez que a análise multivariada é utilizada para gerar modelos para prever a concentração de minerais em palmitos, quantificando a intensidade do clima na concentração de minerais.

#### **4 CONCLUSÃO**

O uso da análise de componentes principais (PCA) permitiu a discriminação de amostras de palmito pupunha de acordo com os fatores agrometeorológicos. O uso da regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) permitiu o desenvolvimento de um modelo matemático preciso para prever o teor de minerais no palmito (P, Ca, S e Mg) e quantificar a intensidade do clima na concentração desses minerais, com um erro relativo médio de 2,41%. De acordo com os dados e informações analisados no presente trabalho, os fatores que mais influenciaram na concentração de minerais foram a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar. Uma vez que a análise de minerais tradicional em palmito apresenta tipicamente baixa repetibilidade

e gera grandes quantidades de resíduos, o uso de um método alternativo para a predição de minerais, no qual não envolve a preparação da amostra, apresenta uma série de vantagens, incluindo redução de tempo e custo, eliminando resíduos químicos. Além disso, espera-se que a ampla aplicação da sequência para construção do modelo de predição aqui relatado ajude na escolha de áreas geográficas adequadas para o estabelecimento de novas culturas de pupunha, além de avaliar o impacto das mudanças climáticas nas culturas.

## 5 REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist (United States of America). **Official methods of analysis of the AOAC**. Maryland: AOAC International, 2010.
- ALMEIDA, I. R. de. **Clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no RS, PR e MT** 2005. 200f. Tese. (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 2007.
- BATAGIN-PIOTTO, K. D.; ALMEIDA, C. V. D. E.; PIOTTO, F. A.; ALMEIDA, M. D. E. Anatomical analysis of peach palm (*Bactris gasipaes*) leaves cultivated in vitro, ex vitro and in vivo. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 1, p. 71-78, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042012000100008>
- BELLETTINI, M. B.; SANTOS, J. D.; VÍTOLA, F. M. D.; FIORDA, F. A.; SOCCOL, C. R. **Desenvolvimento de uma solução nutritiva a base de resíduo de palmeira**, BR102014008818 0, 2014.
- FREIRE, D. C. B. **Determinação do ponto ótimo para extração de palmito de pupunheira, análise nutricional e rendimento em função dos períodos pluviométricos na Amazônia Central**. Instituto Nacional De Pesquisas Da Amazônia – INPA programa de pós-graduação em agricultura no trópico úmido – PPG/ATU. Manaus, Amazonas Fevereiro, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 380 p.
- FAN, F.; ROOS, Y. H. X-ray diffraction analysis of lactose crystallization in freeze-dried lactose-whey protein systems. **Food Research International**, v. 67, n. 1, p. 1-11, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.023>



- FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Unicamp: Campinas, 2015. 496 p.
- HANDLEY, R.; OVERSTREET, R. Uptake of calcium and chlorine in roots of *Zea mays*. **Plant Physiology**, v. 36, n. 6, p. 766-769, 1961.
- IPCC. Summary for policymakers. In: Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.; Boschung, K., J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M. **Climate Change 2013**. Cambridge : Cambridge University Press, 2013.
- LOBELL, D. B.; GOURDJI, S. M. The influence of climate change on global crop productivity. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 1686-1697, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- LOPES, A. S. **Soil Fertility Manual**. Peachtree Corners: Potash & Phosphate Institute, 1978. 200 p.
- LU, X.; WEBB, M.; TALBOTT, M.; VAN EENENNAAM, J.; PALUMBO, A.; LINARES-CASENAVE, J. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4056-4064, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf9038502>
- KULCHETSCKI, L.; CHAIMSOHN, F. P.; GARDINGO, J. R. **Palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): a espécie, cultura, manejo agrônômico, usos e processamentos**. Ponta Grossa: UEPG, 2001. 148p.
- MALUF, D. F.; PONTAROLO, R.; CORDEIRO, G. A.; NAGATA, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Determinação de sibutramina em formas farmacêuticas através de espectroscopia no infravermelho com refletância difusa e métodos de calibração multivariada. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 649-652, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000300031>
- MAZUR, L.; -ZAMORA, P. G.; DEMCZUK Jr., B.; RIBANI, R. H. Application of multivariate calibration and NIR spectroscopy for the quantification of methylxanthines in yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, n. 2, p. 55-60, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.005>
- NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F. Produção de pupunheira (*Bactris gasipaes*) para palmito sob diferentes espaçamentos, no Litoral do Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 87-95, 2008.
- NEVES, E. J. M.; dos SANTOS, Á. F.; RODHIGHERI, H. R.; BELLETTINI, S.; TESSMANN, D. J. **Cultivo da pupunheira para palmito nas regiões sudeste e sul do Brasil**, Circular Técnica, n. 143, Embrapa Florestas, Nov. 2007.

- OLIVEIRA, G. A.; BUREAU, S.; RENARD, C. M. G. C.; PEREIRA-NETTO, A. B.; CASTILHOS, F. Comparison of NIRS approach for prediction of internal quality traits in three fruit species. **Food Chemistry**, v. 143, n. 15, p. 223-230, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.122>
- PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Non destructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ac048651r>
- PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, J. L. D. M. Why multivariate optimization? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000200003>
- PINTO, J. E. S. S.; NETTO, A. O. A. **Clima Geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. São Cristovão: Editora UFS, 2008.
- RECKLING, M.; HECKER J. M.; BERGKVIST, G.; WATSON, C. A.; ZANDER, P.; SCHLÄFKE, N.; STODDARD, F. L.; EORY, V.; TOPP, C. F. E.; MAIRE, J.; BACHINGER, J. A. Cropping system assessment framework - Evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. **European Journal of Agronomy**, v. 76, n. 1, p. 186-197, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.005>
- SILVA, R. R. **Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja no município de Ibirubá-RS**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- SOUZA, A. M.; BREITKREITZ, M. C.; FILGUEIRAS, P. R.; ROHWEDDER, J. J. R.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para calibração multivariada na determinação de paracetamol em comprimidos comerciais utilizando espectroscopia no infravermelho próximo: um tutorial, Parte II. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 1057-1065, 2013
- STETS, S.; da SILVA, B. D.; TAVARES, T. M.; CORDEIRO, G. A.; NAGATA, N.; PESSOA, C. A.; PERALTA-ZAMORA, P. Sistemas alternativos de calibração para determinação espectrofotométrica simultânea de espécies com interferência espectral. **Química Nova**, v. 38, n. 9, p. 1226-1231, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150141>
- TEIXEIRA, E. I.; FISCHER, G.; VAN VELTHUIZEN, H.; WALTER, C.; EWERT, F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, n. 15, p. 206-215, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.002>
- XIE, L. J.; YING, Y. B.; YING, T. J. Quantification of chlorophyll content and classification of

non transgenic and transgenic tomato leaves using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 12, p. 4645-4650, 2007.

<https://dx.doi.org/10.1021/jf063664m>

## CAPÍTULO II

---

**Modelo preditivo multivariado para previsão de pH em palmito pupunha com base em dados agrometeorológicos**

## RESUMO

Palmitos são contaminados por esporos de *Clostridium botulinum* devido ao contato direto ou indireto entre as mãos e o solo durante operações de campo. A estabilidade microbiológica do produto baseia-se na combinação de pH baixo (<4,5) e pasteurização. Assim, a calibração multivariada foi utilizada para o desenvolvimento de um modelo no estudo da influência do clima (dados agrometeorológicos) no pH de palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) como uma ferramenta na previsão de condições da produção de toxina botulínica. Um total de 48 amostras de pupunha foram coletadas com 14 a 18 meses de cultivo para a produção de palmito em conserva, ao longo de 1 ano, cultivados em dois tipos de terreno: encosta e baixada. Ao final de cada mês, a pupunha foi cortada e separada em duas partes diferentes: bainha (externa, média, interna e basal) e comestível (ponta, meio e basal); posteriormente cada parte foi analisada quanto ao pH. Através da análise de componentes principais (PCA) pode-se demonstrar que o clima influenciou apenas no pH das partes comestíveis. A regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) permitiu uma comparação sistemática do pH de cultivo com fatores agrometeorológicos. A validação cruzada foi empregada juntamente com o procedimento *leave-one-out* para a validação do conjunto. Alto coeficiente de correlação (0,81) e baixo erro de previsão (0,75%) confirmaram a boa previsibilidade do modelo. As interações entre a época da colheita de palmito pupunha e o clima foram confirmadas por meio da análise multivariada. Desta forma, os resultados do presente estudo são especialmente relevantes, nos quais a sensibilidade do pH da cultura à variação da umidade relativa e temperatura do ar constituíram as principais variáveis para a alteração na concentração do pH no palmito (-0,36 e 0,32 vezes, respectivamente). Os resultados indicam um erro médio na ordem de 0,75% em relação ao medidor de pH utilizado como referência (1,0%). Assim, a obtenção de erros máximos de predição dessa magnitude são consistentes com os resultados obtidos por pHmetros, considerando o estabelecido em literatura na faixa de  $\pm 5\%$  a  $\pm 10\%$ . O uso de um método alternativo para a predição do pH, que não envolve a preparação da amostra, apresenta uma série de vantagens, incluindo redução do custo e tempo de processamento. Além disso, espera-se que uma ampla aplicação do modelo de predição reduza a ocorrência de botulismo em pupunha.

Palavras-chave: Palmito. pH. Clima. Análise multivariada. Botulismo.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor e consumidor de palmito como alimento no mundo (PENTEADO JÚNIOR; SANTOS; NEVES, 2014). Grande parte do palmito consumido é obtido de colheitas ilegais de *Euterpe oleracea* Mart. e *E. edulis* Mart., plantas que possuem sua sobrevivência ameaçada pelo cultivo clandestino. Como resultado, práticas ecologicamente corretas de cultivo comercial, como a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), foram ampliadas devido ao seu fácil cultivo, crescimento rápido e capacidade de crescimento em luz solar direta (BATAGIN-PIOTTO et al., 2012).

O palmito é definido como um produto comestível, de formato cilíndrico, textura macia e sabor levemente doce, extraído a partir da extremidade superior da haste de certas palmeiras. Compreende o meristema apical e um número variável de folhas internas, ainda não totalmente desenvolvidas e interligadas, sendo cercado e protegido pela bainha de folhas adultas exteriores. É rico em aminoácidos, fibras, minerais e vitaminas, apresentando baixo valor calórico (KULCHETSCKI; CHAIMSOHN; GARDINGO, 2001).

Dois produtos são obtidos a partir da pupunha, o seu meristema apical (palmito) colhido a partir de plantas jovens com cerca de 1 ano de cultivo e seus frutos colhidos a partir de plantas adultas, quando possuem, pelo menos, 3 anos de cultivo (LETERME et al., 2005; HERNÁNDEZ-UGALDE; MORA-URPÍ; ROCHA, 2011). A pupunha apresenta maior produtividade quando a colheita é feita durante as estações chuvosas.

Para o processamento de palmito em conserva, é muito importante garantir a segurança alimentar, a fim de se evitar riscos ao consumidor. A matéria-prima não pode ser submetida ao tratamento térmico elevado (> 100 °C), já que as suas características sensoriais, principalmente cor e textura, seriam alteradas significativamente (RESENDE; SAGGIN Jr., 2004). O palmito é classificado como alimento pouco ácido (pH > 4,6) e conservas permitem condições anaeróbicas favoráveis para o desenvolvimento da toxina botulínica.

O *Clostridium botulinum* é um bacilo Gram-positivo, produtor de esporos, frequentemente encontrado em solo, legumes, frutas, fezes humanas e excrementos de animais (DEROSSI et al., 2011). Quando mantido em condições anaeróbicas, produz uma neurotoxina que provoca o botulismo, podendo resultar em morte para o

consumidor que ingere a substância. Palmitos são contaminados por esporos de *C. botulinum* devido ao contato direto ou indireto entre a planta e o solo durante as práticas de manipulação no campo (PECK et al., 2008). Assim, a estabilidade microbiológica do produto baseia-se na combinação de pH baixo (<4,5) e pasteurização (COSTA et al., 2010). O procedimento de avaliação de acidez no palmito deve ser considerado uma prática obrigatória, porque de acordo com estudos de investigação atuais e anteriores, uma variação de pH *in natura* em palmitos é comum (BELLEGARD et al., 2005).

O clima é muito importante na agricultura, uma vez que as plantas necessitam de determinadas quantidades de água, calor e luz nas épocas certas de seu desenvolvimento. Esses elementos atmosféricos, podem variar no decorrer do período de cultivo, fazendo com que a cultura esteja sujeita a incertezas (AYOADE, 2007). Por isso, qualquer alteração brusca dessas variáveis climáticas podem comprometer o ciclo vegetativo e, conseqüentemente, a produção/productividade (ALMEIDA, 2005). Segundo Pinto e Netto, (2008), as variáveis climáticas estão intimamente inter-relacionadas na influência que exercem sobre as lavouras. O efeito de certa variável climática é modificado pelas outras. Também as variações diárias, sazonais ou anuais nos valores dos elementos atmosféricos são de grande importância na determinação da eficiência do crescimento dos cultivos. Dentre os elementos atmosféricos, a temperatura, a precipitação pluviométrica, e a umidade relativa constitui as principais variáveis na produtividade agrícola (SILVA, 2013). De acordo com Campos, Bovi e Laderoza (1991), híbridos de pupunheira cultivados em diferentes tipos de solo e condições climáticas apresentaram maior pH e menor poder tamponante. A pupunha apresenta maior produtividade quando a colheita é feita durante as estações chuvosas. A severa seca reduz significativamente o peso e a qualidade do palmito (ROJAS-GARBANZO et al., 2011).

Em várias pesquisas científicas, o processo de ensaio é realizado de forma univariada, utilizando o sistema clássico de uma variável de cada vez. Neste contexto, diferentes métodos de análise em combinação com as ferramentas de análise multivariada têm fornecido muitas aplicações relevantes na área de controle de qualidade de alimentos (SHAO et al., 2011; FAN; ROOS, 2015) em que o método de calibração multivariada mais popular utilizado para a construção de modelos é o de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) (PIANTAVINI et al., 2014; LUNA et al., 2015). Estes modelos são uma escolha interessante no estudo de características

biológicas porque todas as características agrometeorológicas da cultura podem ser detalhados (MAZUR et al., 2014).

De acordo com uma revisão recente da literatura, até o momento, nenhum estudo foi encontrado para utilização de um modelo preditivo multivariado na determinação de pH de palmito em função das características fisiológicas ao longo de 12 meses, o que é relevante, considerando que esta análise pode ser inserida na produção industrial permitindo conclusões importantes sobre o uso de palmito para produção de conserva. Portanto, esta é a motivação para este trabalho, propor a utilização da análise de pH associado à regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) para a previsão do pH em diferentes partes do palmito. O modelo preditivo multivariado de pH faz parte de um processo de aplicação com patente requerida (Nº BR102015026814 9), de autoria de Bellettini et al. (2015) (ANEXO A).

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização das amostras de pupunha e do local de cultivo**

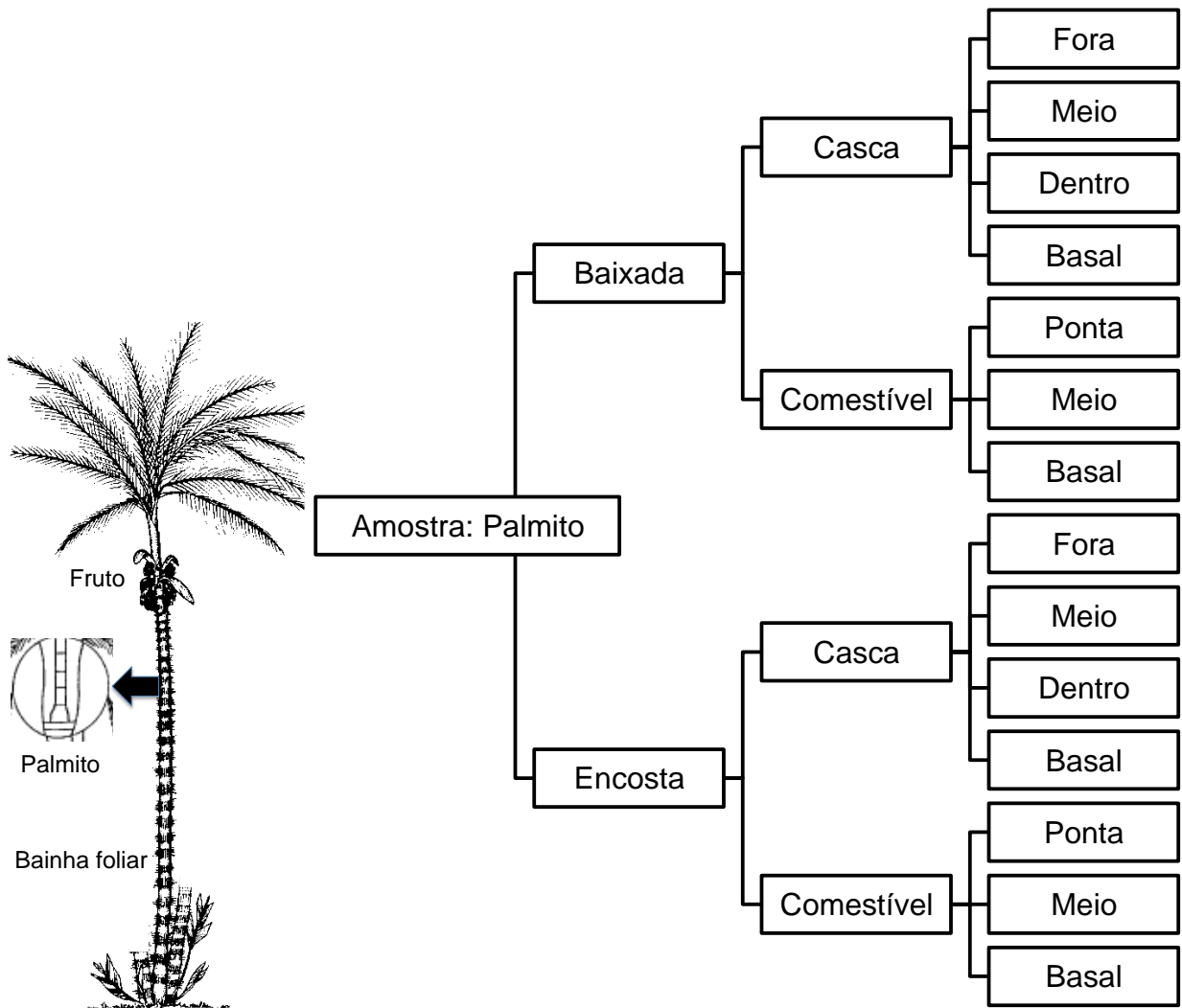
As amostras de pupunha foram coletadas com 14 a 18 meses de cultivo, com densidade de 5000 plantas por hectare e espaçamento 2 x 1 para a produção de palmito pupunha, entre o período de agosto de 2012 a julho de 2013, cultivadas em dois tipos de terreno: encosta (declividade de 5%) e em área plana (declividade menor que 1%), denominado baixada. No final de cada mês analisado, a pupunha foi cortada e separada em duas partes diferentes: bainha foliar ou casca (fora, meio, dentro e basal) e a parte comestível do palmito (ponta, média e basal), conforme apresentado na Figura 1.

### **2.2 Determinação do pH**

De acordo com a metodologia descrita por Jiang et al. (2012), água destilada (30 mL) foi adicionado a 3 g de amostra (parte comestível e bainha foliar de pupunha), agitando a mistura vigorosamente. Após 30 min, o pH da solução foi determinado com um medidor de pH (PH 1600, Icel Manaus Instrumentos de Precisão, Brasil). Uma média foi calculada, resultando num total de 168 amostras de palmito pupunha.



FIGURA 1 – DIAGRAMA DAS PARTES COMESTÍVEIS E DA BAINHA FOLIAR DE PUPUNHEIRAS CULTIVADAS EM ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DE pH.



### 2.3 Dados agrometeorológicos

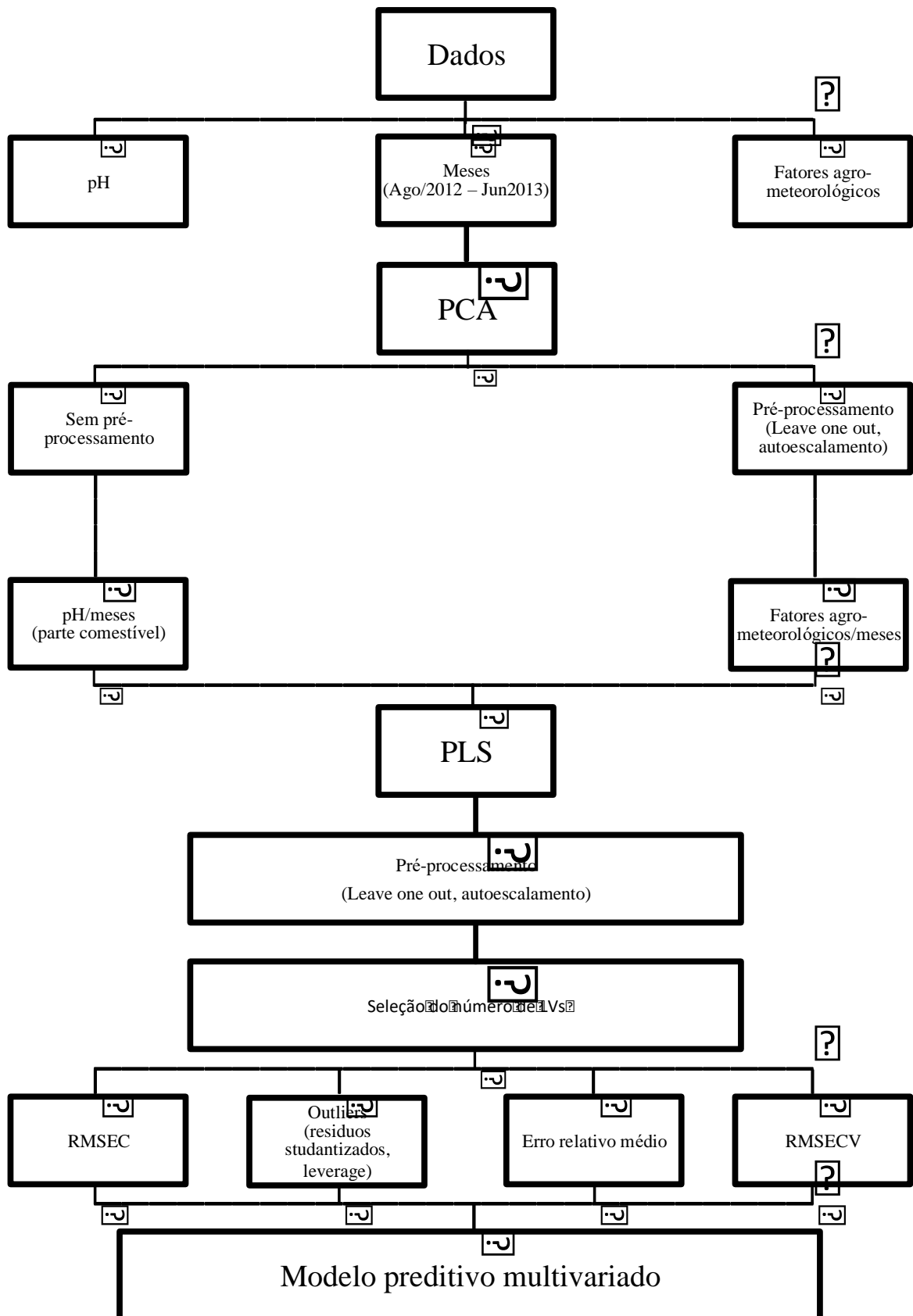
Os dados de pressão atmosférica (hPa), temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm/dia) e umidade relativa (%) foram fornecidos pela estação meteorológica de Morretes-PR, localizada a 15 Km de distância do local de cultivo da pupunha e segundo metodologia adotada pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR.

## 2.4 Processamento multivariado

Realizou-se um procedimento sistemático para estudar a influência do clima no pH de palmito pupunha, conforme simplificado na Figura 2. O software Origin Pro 8.0 (Northampton, MA 01060, EUA) foi utilizado para a construção das matrizes. Os dados foram processados no programa Matlab versão 7.1 (Mathworks Inc.) utilizando o pacote PLS-toolbox 1.5 (Eigenvector Research Inc.) para os dados de pH. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados para algumas variáveis, chamadas de componentes principais (PCs), as quais descrevem a maior variância dos dados analisados. A técnica fornece um resumo das semelhanças e diferenças entre as amostras em relação à variação de pH (LU et al., 2010). Foram utilizadas duas PCAs, a primeira para avaliar a variação do pH durante os 12 meses de colheita e a segunda para análise dos fatores agrometeorológicos no mesmo período. O método de agrupamento utilizado foi o método simples (vizinho mais próximo), no qual a distância de dois grupos é dada pela menor distância entre os objetos de dois grupos. Este método forma grupos mais dispersos, menos sensíveis a amostras atípicas (FERREIRA, 2015).

O método de regressão parcial por mínimos quadrados (PLS) foi utilizado para construir os modelos de predição de pH. O grupo de calibração consistiu de 72 amostras de palmito pupunha, utilizando a média dos locais de cultivo, divididos em dois subconjuntos: o conjunto de calibração (modelo de construção) e o grupo de validação externa. O conjunto de predição (conjunto independente) foi definido para validar os resultados do presente estudo (30% dos dados). Os modelos PLS foram desenvolvidos para relacionar a variável X (dados de pH, variável independente ou preditora) com a variável Y1 (dados agrometeorológicos, variável dependente) e prever o pH do palmito pupunha. O desempenho dos modelos PLS foi avaliado utilizando RMSEC (erro quadrático médio de calibração), RMSECV (erro quadrático médio de validação cruzada), com seu respectivo  $R^2$  (coeficiente de determinação) que confere a porcentagem de variação presente nos valores dos componentes verdadeiros, o qual é reproduzida na regressão e o erro relativo médio.

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DO ESTUDO.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise de componentes principais da parte comestível e da bainha foliar de pupunha

O conjunto de dados de pH foi utilizado para a análise de PCA do pH do palmito e da bainha foliar da pupunha ao longo dos 12 meses do ano (TABELA 1), no qual não foi utilizado o pré-processamento dos dados devido à alta homogeneidade das amostras. A PCA demonstrou que a maior parte da variação nos dados de pH, tanto para o palmito pupunha como para a bainha foliar, pode ser descrita por apenas um componente principal (PC1: 99,92%). A introdução de PCs adicionais contribuiu apenas com uma representação dos detalhes (PC2: 0,03%, PC3: 0,02%), conforme apresentado na Figura 3A. Apesar do PC1 explicar quase todos os dados, PC2 e PC3 também foram utilizados, uma vez que apresentaram detalhes significativos (3B e C).

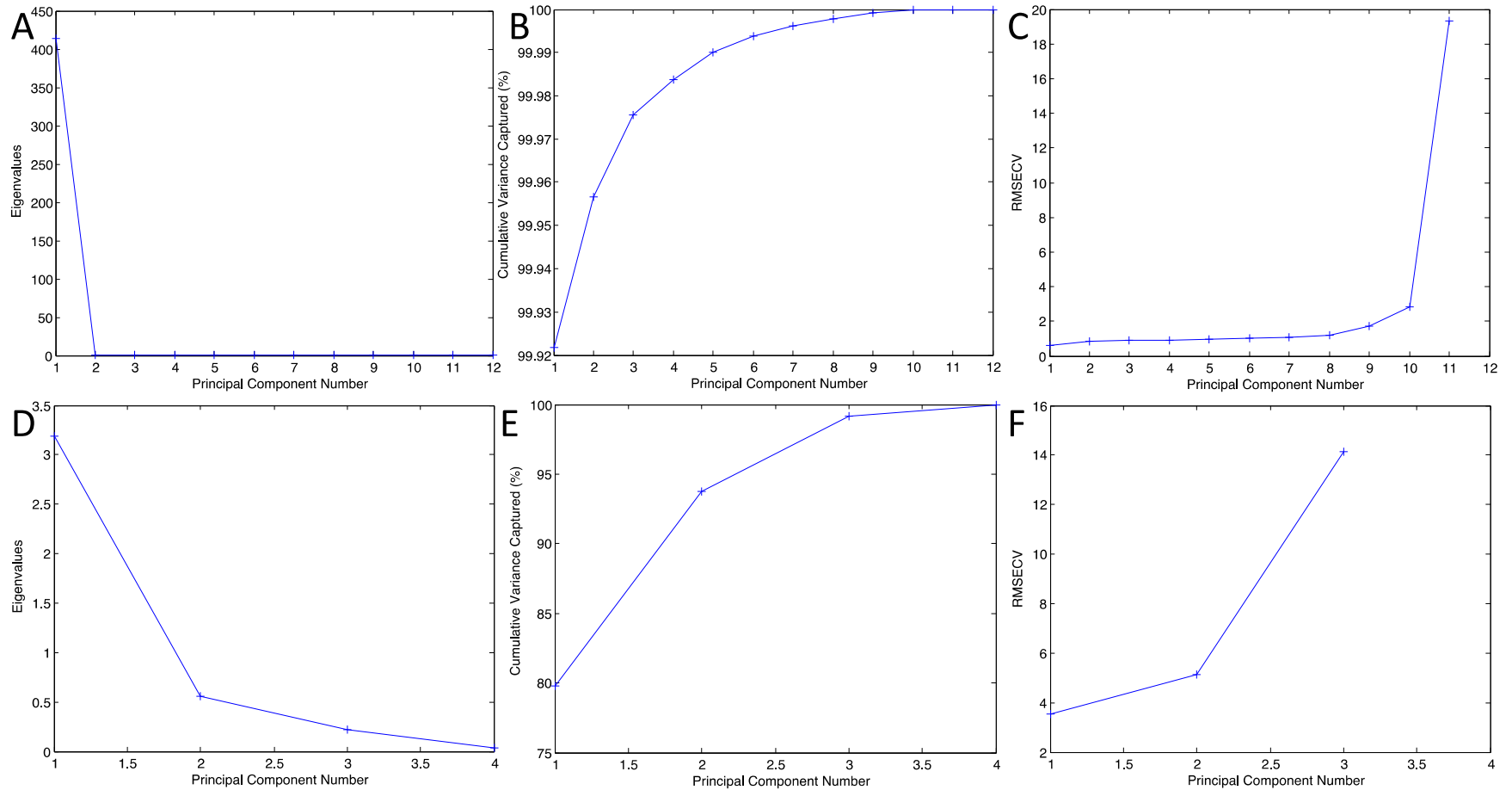
O pH da bainha foliar externa cultivada em terreno de encosta (amostra 1) e intermediária (meio) cultivada em terreno de baixada (amostra 4) foi influenciado por fatores agrometeorológicos nos meses de fevereiro (21) e outubro (17), conforme demonstrado na Figura 4A. O pH da bainha foliar intermediária de plantas cultivadas em terrenos de encosta (amostra 3) foi influenciado por fatores agrometeorológicos no mês de julho (26). O pH tanto da camada interna de plantas cultivadas em terreno de encosta (amostra 5) quanto do basal da bainha de plantas cultivadas em terreno de encosta (amostra 7) foram influenciados por fatores agrometeorológicos nos meses de agosto (15), setembro (16) e Março (22). Não houve formação de um grupo de pH quanto a bainha foliar de pupunha em PC1, PC2 e PC3, possivelmente pelo parâmetro ser influenciado por outros fatores não descritos neste estudo.

TABELA 1 – VALORES DE pH DO PALMITO E DA BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA CULTIVADOS EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA AO LONGO DE 12 MESES.<sup>a</sup>

Partes do palmito		Ensaio	Agosto <sup>*</sup>	Setembro <sup>*</sup>	Outubro <sup>*</sup>	Novembro <sup>*</sup>	Dezembro <sup>*</sup>	Janeiro <sup>**</sup>	Fevereiro <sup>**</sup>	Março <sup>**</sup>	Abril <sup>**</sup>	Mai <sup>**</sup>	Junho <sup>**</sup>	Julho <sup>**</sup>
Bainha foliar	Fora	1	4,85	5,30	5,35	5,05	5,20	5,20	5,35	5,10	5,15	5,00	4,70	4,60
		2	5,15	5,10	5,05	5,10	5,05	5,50	5,35	5,15	5,10	5,20	4,90	5,15
	Meio	3	5,15	5,55	5,15	5,15	5,50	5,50	5,60	5,55	5,50	5,35	5,10	6,25
		4	5,35	5,25	5,30	5,30	5,45	5,45	5,95	5,50	5,55	5,45	5,00	5,00
	Dentro	5	5,65	5,80	5,45	5,40	5,70	5,75	5,96	5,80	5,75	5,70	5,70	5,40
		6	5,65	5,50	5,55	5,55	5,70	5,70	6,05	5,75	5,80	5,70	5,40	5,55
	Basal	7	5,60	5,75	5,45	5,30	5,80	5,80	6,05	5,75	5,60	5,70	5,80	5,40
		8	5,55	5,40	5,55	5,55	5,80	5,80	6,00	5,65	5,75	5,90	5,30	6,05
Palmito	Ponta	9	5,85	5,95	5,50	5,85	5,85	5,90	6,15	5,80	5,70	5,65	6,10	5,60
		10	5,75	5,65	5,80	5,85	5,96	6,05	6,15	5,70	5,80	5,80	5,60	6,15
	Meio	11	6,05	5,85	5,90	5,95	6,15	6,15	6,04	6,01	5,95	5,90	6,30	5,85
		12	5,95	5,85	5,95	6,00	6,25	6,25	6,25	5,95	6,10	5,85	5,70	6,20
	Basal	13	5,80	5,75	5,75	5,75	5,90	5,85	6,25	6,05	5,80	5,75	6,10	5,75
		14	5,75	5,60	5,75	5,75	6,05	5,95	6,25	5,75	6,05	5,60	5,50	5,85

\* 2012. \*\*2013. Plantas cultivadas em terreno de encosta (ensaio pares) e baixada (ensaio ímpares).

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DE *EIGENVALUES* (*SCREE PLOT*); EVOLUÇÃO DO VALOR DE CAPTURA DE VARIÂNCIA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE COMPONENTES PRINCIPAIS; EVOLUÇÃO DO VALOR DE RMSECV DE PALMITO PUPUNHA (A, B E C) E DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (D, E E F), RESPECTIVAMENTE.



### 3.2 Análise de componentes principais dos dados agrometeorológicos

O conjunto de dados agrometeorológicos foi utilizado para a PCA (TABELA 2). A fim de eliminar problemas com a heterogeneidade da amostra, devido a uma alta amplitude entre os dados de amostragem, utilizando-se um pré-processamento autoescalonado (*leave-one-out*). A primeira Componente Principal (PC1) explicou 79,99% da variação dos dados agrometeorológicos, enquanto a segunda e a terceira Componente Principal (PC2 e PC3) explicaram 13,95% e 5,40%, respectivamente, conforme apresentando na Figura 4B. Apesar de PC1 ter explicado quase toda a variação encontrada nos dados agrometeorológicos (FIGURA 3D), PC2 e PC3 também foram utilizados porque apresentaram detalhes significativos (3E e F).

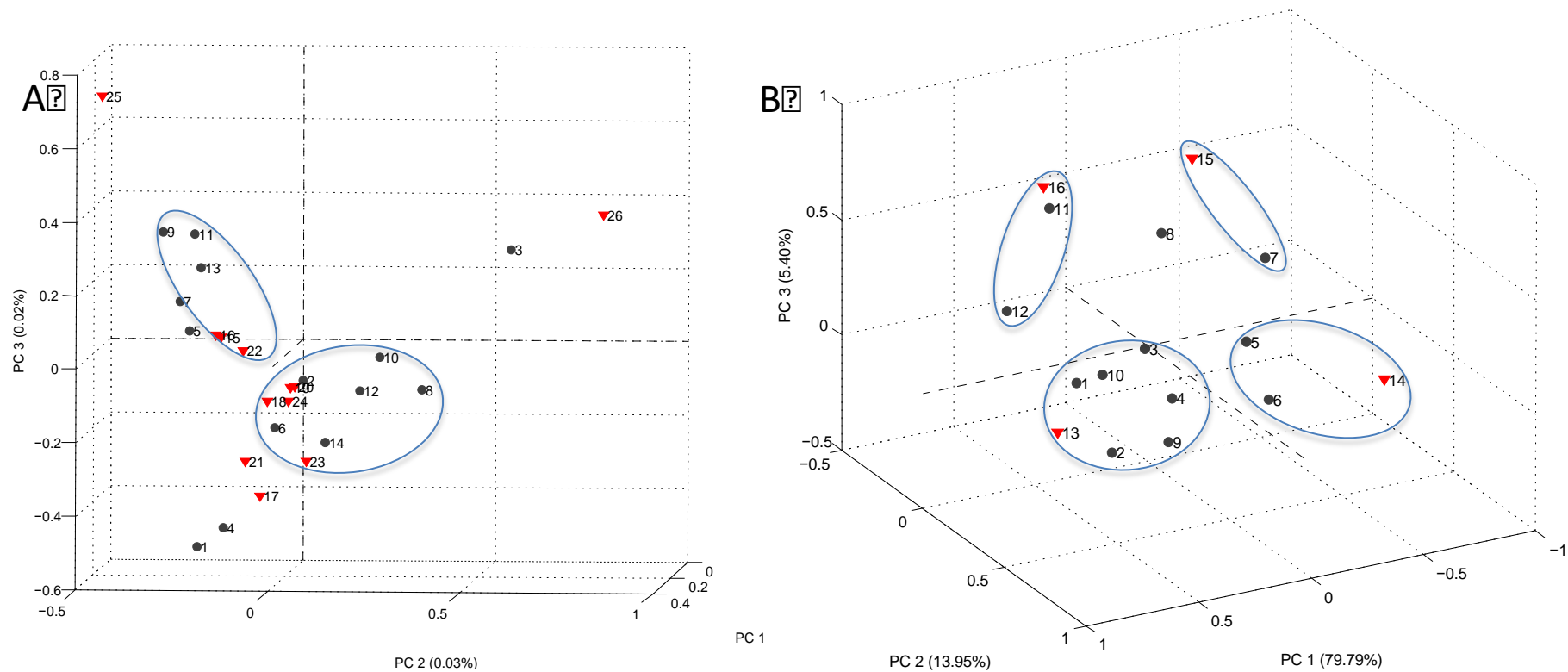
Os meses de agosto (1) setembro (2), outubro (3), novembro (4), abril (9) e maio (10) apresentaram maior pressão atmosférica (13), conforme Figura 4B. Os meses de dezembro (5) e janeiro (6) tiveram temperaturas mais altas (14). O mês de fevereiro (7) apresentou maior precipitação (15). O meses de junho (11) e julho (12) apresentaram maior umidade relativa (16).

TABELA 2 – DADOS AGROMETEOROLÓGICOS DA ÁREA EXPERIMENTAL DE PRODUÇÃO DE PUPUNHA AO LONGO DE 12 MESES.

Ensaio	Mês	Pressão atmosférica (hPa)	Temperatura (°C)	Precipitação de chuva (mm/dia)	Umidade relativa (%)
1	ago/12	1020,79	20,14	0,15	83,24
2	set/12	1016,93	21,03	0,72	78,81
3	out/12	1012,75	22,72	1,55	82,11
4	nov/12	1012,58	23,58	1,46	79,93
5	dez/12	1008,59	26,77	3,67	80,04
6	jan/13	1012,18	27,68	3,81	78,12
7	fev/13	988,73	26,33	18,72	66,43
8	mar/13	1014,30	24,04	5,13	84,63
9	abr/13	1014,76	23,40	0,43	79,34
10	mai/13	1015,05	20,92	0,91	81,82
11	jun/13	1016,21	19,56	2,82	87,80
12	jul/13	1019,30	17,38	1,46	84,81

FONTE: IAPAR (2016).

FIGURA 4 – SCORES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS REALIZADA COM DIFERENTES AMOSTRAS DE PALMITO PUPUNHA (A)\* CULTIVADO EM TERRENOS DE ENCOSTA E BAIXADA; E DADOS AGROMETEOROLÓGICOS (B)\*\*, AMBOS AO LONGO DE 12 MESES: PC1 X PC2 X PC3. \*MINERAIS (1-14) E MESES (15-26). \*\*MESES (1 - 12) E FATORES AGROMETEOROLÓGICOS (13 - 16).





Descrevendo a análise dos dados tem-se que o pH do palmito pupunha ponta, médio e basal, de plantas cultivadas em terrenos de encosta, foi influenciado principalmente pela umidade relativa no mês de agosto e pela pressão atmosférica nos meses de agosto, setembro e novembro. O pH do palmito pupunha da ponta, meio e basal, cultivados em terreno de baixada, foi influenciado pela maior temperatura nos meses de dezembro e janeiro; e pela pressão atmosférica nos meses de abril e maio.

### 3.3 Calibração e validação de modelos preditivos baseados na regressão por mínimos quadrados parciais (PLS)

A regressão por mínimos quadrados parciais foi utilizada para a construção de modelos de calibração multivariada para o local do estudo desenvolvidos para prever o pH do palmito pupunha a partir de fatores agrometeorológicos. Vários modelos foram desenvolvidos utilizando diferentes tipos de técnicas de pré-processamento e diferentes números de variáveis latentes (VLs). A melhor capacidade preditiva foi obtida usando um modelo desenvolvido com 2 VLs e pré-processamento autoescalado (FIGURAS 5A e B). A primeira e a segunda variável latente (VL1 e VL2) explicaram 80,73 e 13,58% da variação do pH, respectivamente (FIGURA 5C). O uso de um elevado número de VLs pode representar uma sobre-adaptação do modelo, o que, em geral, prejudica a previsibilidade de novas amostras (MALUF et al., 2010). Este modelo proporcionou um bom acordo entre valores reais e previstos, com um coeficiente de correlação de 0,81, RMSEC de 0,0547 e um RMSECV de 0,0946 (Eq. 1). Os erros de previsão absoluta e relativa foram de 0,04 e 0,75%, respectivamente.

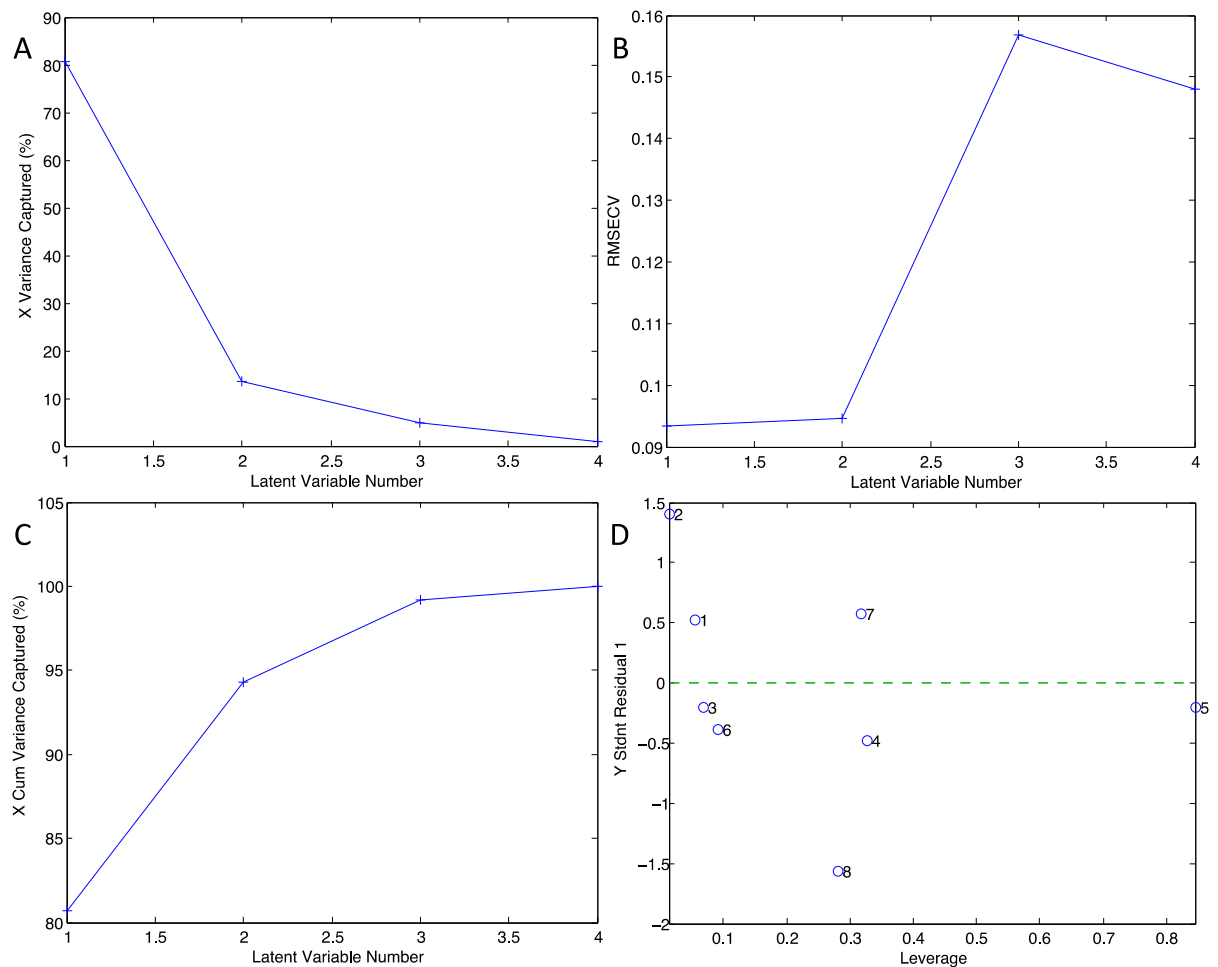
$$\text{pH} = 0,14554\beta_0 + 0,32272\beta_1 + 0,20608\beta_2 - 0,35827\beta_3 \quad (1)$$

, onde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  representam os coeficientes de equação: pressão atmosférica (hPa), temperatura do ar (°C), precipitação (mm/dia) e umidade relativa (%), respectivamente.

Um aspecto importante para a otimização de modelos de calibração é examinar a presença de amostras anômalas (*outliers*), que são amostras de alto valor de *leverage* e resíduos studentizados e que atribuem efeitos prejudiciais

significativos ao modelo devendo serem removidos dos dados coletados (PEDRO; FERREIRA, 2005). No processamento PLS, essa verificação é realizada através da avaliação de *leverage*, um parâmetro associado à influência de cada amostra na modelagem, bem como dos resíduos estudentizados (MAZUR et al., 2014). Um valor limiar de *leverage* de 0,75 foi determinado por 3 VL  $n^{-1}$  (onde "VL" é o número de variáveis latentes utilizadas na modelagem e "n" é o número total de amostras), enquanto o valor limite para os resíduos estudentizados foi de  $\pm 2,5$  (nível de confiança de 95%). A amostra 5 (FIGURA 5D) apresentou um resíduo acima do valor crítico, mas não foi considerada uma amostra atípica por ter uma influência próxima ao valor crítico mais rigoroso (FERREIRA, 2015). Com base nessa avaliação, foi possível mostrar a ausência de anomalias no conjunto de calibração.

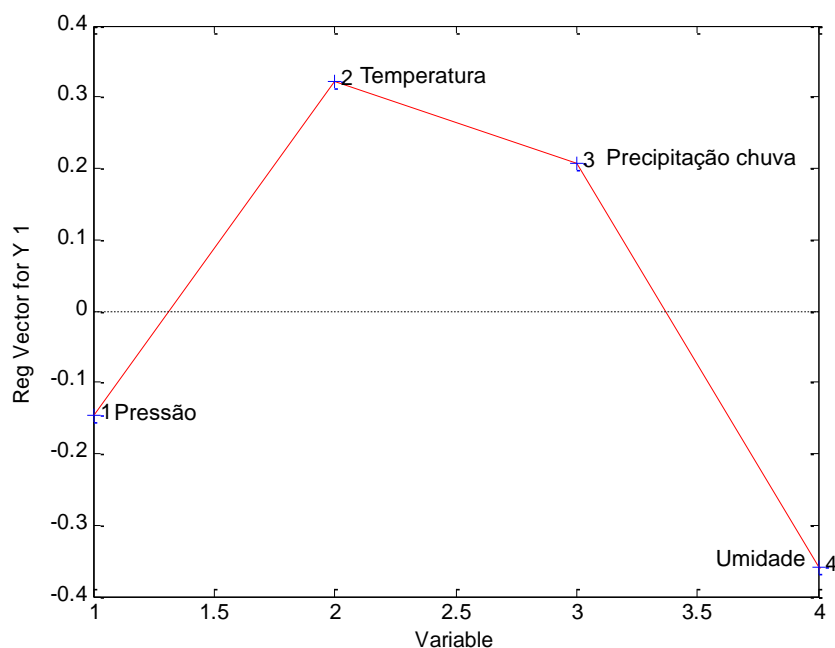
FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DA VARIÂNCIA CAPTURADA (A); EVOLUÇÃO DO VALOR RMSECV (B) E PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA CAPTURADA (C) EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE VARIÁVEIS LATENTES NO PALMITO PUPUNHA; LEVERAGE VS. RESÍDUOS ESTUDENTIZADOS (D) DO CONTEÚDO DE pH EM PALMITO PUPUNHA.



As interações entre a época da colheita de palmito pupunha e o clima foram confirmadas por meio da análise multivariada. O modelo permitiu uma comparação sistemática de pH de cultivo com fatores agrometeorológicos. A sensibilidade do pH da cultura à variação da umidade relativa e temperatura do ar constituíram as principais variáveis para a alteração no pH do palmito. Os resultados indicaram um erro médio na ordem de 0,75% em relação ao medidor de pH utilizado como referência (1,0%). Assim, a obtenção de erros máximos de predição dessa magnitude é consistente com os resultados obtidos por pHmetros. De acordo com Ferreira (2015), os modelos de calibração são satisfatórios quando os erros relativos médios nas concentrações medidas pelos métodos de referência estão na faixa de  $\pm 5\%$ , confiável até  $\pm 10\%$ .

De acordo com os dados e informações analisados no presente artigo, os fatores de maior influência no modelo de previsão de conteúdo de pH foram a umidade relativa e a temperatura do ar (-0,36 e 0,33 vezes, respectivamente), seguido pela precipitação pluviométrica e pressão atmosférica, respectivamente, conforme apresentado na Figura 6.

FIGURA 6 – *LOADINGS* DO MODELO PREDITIVO MULTIVARIADO DE pH DE PALMITO PUPUNHA.



A análise multivariada utilizada neste trabalho permitiu a criação de um modelo preditivo altamente preciso para o pH dos palmitos a partir de dados agrometeorológicos locais. O uso deste modelo pode ser um método alternativo para a predição do pH, o qual não envolve a preparação da amostra, apresentando uma série de vantagens, como redução do custo e do tempo de processamento,. Essa nova abordagem de previsão do pH em palmito principalmente visa ajudar a reduzir a possibilidade ocorrência da toxina botulínica de palmito em conserva. O modelo proposto também pode ser utilizado para estudos de mudanças climáticas, fornecendo um quadro robusto para avaliar o impacto das mudanças climáticas na cultura. Como a maioria dos estudos publicados se concentraram em grandes culturas alimentares de importância global, para o nosso conhecimento, o presente trabalho constitui o primeiro relatório publicado sobre a sensibilidade do pH do palmito ao aquecimento sazonal em uma variação de umidade e temperatura. Este é um dos primeiros trabalhos em que a análise multivariada é utilizada para gerar modelos para prever o valor do pH em palmito, quantificando a intensidade do clima no valor de pH.

#### **4 CONCLUSÃO**

O uso de análise de componentes principais (PCA) permitiu a discriminação de amostras de palmito de acordo com o local de cultivo e fatores agrometeorológicos. O uso da regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) permitiu o desenvolvimento de um modelo matemático altamente preciso para prever o pH do palmito, com um erro de 0,75%. De acordo com os dados e informações analisados no presente levantamento, os fatores que mais influenciaram o pH foram a umidade relativa (negativo) e a temperatura (positivo), seguido da precipitação da chuva e da pressão atmosférica. O uso do método preditivo desenvolvido para a determinação do pH no palmito não envolve a preparação da amostra, permitindo a redução de tempo e custo laboratorial. Além disso, espera-se que uma ampla aplicação da construção do modelo de predição relatado aqui auxilie em operações de processamento para prevenção da ocorrência da toxina botulínica em conservas de palmito e na escolha de áreas geográficas adequadas para o estabelecimento de plantios de pupunha.

## 5 REFERÊNCIAS

- BATAGIN-PIOTTO, K. D.; ALMEIDA, C. V. D. E.; PIOTTO, F. A.; ALMEIDA, M. D. E. Anatomical analysis of peach palm (*Bactris gasipaes*) leaves cultivated in vitro, ex vitro and in vivo. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n.1, p. 71-78, 2012.
- BELLEGARD, C. R. G.; RAUPP, D. S.; CHAIMSOHN, F. P.; BORSATO, A. V. Avaliação de procedimentos de acidificação de conservas de palmito foliar de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 2, p. 247-254, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1842>.
- BELLETTINI, M. B.; SANTOS, J. D.; VÍTOLO, F. M. D.; FIORDA, F. A.; SOCCOL, C. R. **Desenvolvimento de uma solução nutritiva a base de resíduo de palmeira**, BR102014008818 0, 2014.
- BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H. **Modelo matemático de previsão de pH em palmito**, BR102015026814 9, 2015.
- CAMPOS, S. D. S.; BOVI, M. L. A.; IADEROZA, M. Caracterização do palmito obtido de algumas combinações híbridas entre Açaí e Juçara cultivadas sob diferentes condições. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 637-646, 1991.
- COSTA, M. L.; CRUZ, A. G.; WALTER, E. H. M.; FARIA, J. A. F.; SANT'ANA, A. S.; GRANATO, D. Hearts of palm in conserve: identity and quality aspects and their implications on food safety. **International Food Research Journal**, v. 17, n. 1, p. 453-459, 2010.
- DEROSSI, A.; FIORE, A. G.; de PILLI, T.; SEVERINI, C. A review on acidifying treatments for vegetable canned food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 10, p. 955-964, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2010.491163>
- DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ, C. R.; GARCÍA-ALVARADO, M. A.; GARCÍA-GALINDO, H. S.; SALGADO-CERVANTES, M. A.; BERISTÁIN, C. I. Stability, antioxidant activity and bioavailability of nano-emulsified astaxanthin. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 2, p. 457-468, 2016.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- FAN, F.; ROOS, Y. H. X-ray diffraction analysis of lactose crystallization in freeze-dried lactose-whey protein systems. **Food Research International**, v. 67, n. 1, p. 1-11, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.023>

- FERNÁNDEZ-CABANÁS, V. M.; POLVILLO, O.; RODRÍGUEZ-ACUÑA, R.; BOTELLA, B.; HORCADA, A. Rapid determination of the fatty acid profile in pork dry-cured sausages by NIR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 373-378, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.031>
- FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Unicamp: Campinas, 2015. 496 p.
- FILHO, P. A. C. Rapid Determination of sucrose in chocolate mass using near infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 631, n. 2, p. 216-211, 2009.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2008.10.049>
- HERNÁNDEZ-UGALDE, J. A.; MORA-URPÍ, J.; ROCHA, O. J. Genetic relationships among wild and cultivated populations of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae): Evidence for multiple independent domestication events. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 4, p. 571-583, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10722-010-9600-6>
- HÚNGARO, H. M.; ALVARENGA, V. O.; PEÑA, W. E. L.; SANT'ANA, A. de S. Hearts of palms preserves and botulism in Brazil: An overview of outbreaks, causes and risk management strategies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 34, n. 2, p. 80-95, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.07.008>
- IPCC. Summary for policymakers. In: Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.; Boschung, K., J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M. **Climate Change 2013**. Cambridge : Cambridge University Press, 2013.
- JIANG, H.; LIU, G.; MEI, C.; YU, S.; XIAO, X.; DING, Y. Rapid determination of pH in solid-state fermentation of wheat straw by FT-NIR spectroscopy and efficient wavelengths selection. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 404, n. 2, p. 603-611, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00216-012-6128-y>
- JOUBERT, E.; MANLEY, M.; BOTHA, M. Use of NIRS for quantification of mangiferin and hesperidin contents of dried green honey bush (*Cyclopiagenistoides*) plant material. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 15, p. 5279-5283, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf060617l>
- LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDOÑO, A. M.; ROJAS, M. G.; BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. B. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 9, p. 1505-1512, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2146>
- LOBELL, D. B.; FIELD, C. B. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. **Environmental Research Letters**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2007.

- LOBELL, D. B.; GOURDJI, S. M. The influence of climate change on global crop productivity. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 1686-1697, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- LU, X.; WEBB, M.; TALBOTT, M.; VAN EENENNAAM, J.; PALUMBO, A.; LINARES-CASENAVE, J. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4056-4064, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf9038502>
- MAZUR, L.; -ZAMORA, P. G.; DEMCZUK Jr., B.; RIBANI, R. H. Application of multivariate calibration and NIR spectroscopy for the quantification of methylxanthines in yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, n. 2, p. 55-60, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.005>
- MELO, J.; ANDREW, P. W.; FALEIRO, M. L. *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. **Food Research International**, v. 67, n. 1, p. 75-90, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.031>
- NAVARRO-CORTEZ, R. O.; HERNÁNDEZ-SANTOS, B.; GÓMEZ-ALDAPA, C. A.; CASTRO-ROSAS, J.; HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SANCHEZ, C. E.; JUÁREZ-BARRIETOS, J. M.; ANTONIO-CISNEROS, C. M.; RODRÍGUEZ-MIRAANDA, J. Development of extruded ready-to-eat snacks using pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 2, p. 409-422, 2016.
- NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F. Produção de pupunheira (*Bactris gasipaes*) para palmito sob diferentes espaçamentos, no Litoral do Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 87-95, 2008.
- OLIVEIRA, G. A.; BUREAU, S.; RENARD, C. M. G. C.; PEREIRA-NETTO, A. B.; CASTILHOS, F. Comparison of NIRS approach for prediction of internal quality traits in three fruit species. **Food Chemistry**, v. 143, n. 15, p. 223-230, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.122>
- PECK, M. W.; GOODBURN, K. E.; BETTS, R. P.; STRINGER, S. C. Assessment of the potential for growth and neurotoxin formation by non-proteolytic *Clostridium botulinum* in short shelf-life commercial foods designed to be stored chilled. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, n. 4, p. 207-216, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.12.006>

- PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Non destructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ac048651r>
- PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, J. L. D. M. Why multivariate optimization? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000200003>
- PIANTAVINI, M. S.; PONTES, F. L. D.; CERQUEIRA, L. B.; ZAMORA, P. G. P.; PONTAROLO, R. Simultaneous spectrophotometric determination of pyrantel pamoate and febantel in pharmaceutical preparations using partial least squares regression. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 69, n. 10, p. 948-952, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1134/S1061934814100104>
- RECKLING, M.; HECKER J. M.; BERGKVIST, G.; WATSON, C. A.; ZANDER, P.; SCHLÄFKE, N.; STODDARD, F. L.; EORY, V.; TOPP, C. F. E.; MAIRE, J.; BACHINGER, J. A. Cropping system assessment framework - Evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. **European Journal of Agronomy**, v. 76, n. 1, p. 186-197, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.005>
- RESENDE, J. M.; SAGGIN JUNIOR, O. J. **Processamento de palmito de pupunheira em agroindústria artesanal e uma atividade rentável e ecológica. Sistemas de Produção**. 1º ed. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004.
- ROJAS-GARBANZO, C.; PÉREZ, A. M.; BUSTOS-CARMONA, J.; VAILLANT, F. Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2377-2384, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.045>
- SENA, M. M; POPPI, R. J. N-way PLS applied to simultaneous spectrophotometric determination of acetylsalicylic acid, paracetamol and caffeine. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 34, n. 1, p. 27-34, 2004.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.japna.2003.08.011>
- SHAO, Y.; CEN, Y.; HE, Y.; LIU, F. Infrared spectroscopy and chemometrics for the starch and protein prediction in irradiated rice. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1856-1861, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.166>
- SINIJA, V. R.; MISHRA, H. N. FT-NIR spectroscopy for caffeine estimation in instant green tea powder and granules. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 998-1002, 2009.



<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.013>

TEIXEIRA, E. I.; FISCHER, G.; VAN VELTHUIZEN, H.; WALTER, C.; EWERT, F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, p. 206-215, 2013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.002>

WILLETT, K. M.; GILLETT, N. P.; JONES, P. D.; THORNE, P. W. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. **Nature**, v. 449, n. 1, p. 710-712, 2007.

WISE, B. M.; GALLAGHER, N. B. **PLS Toolbox for use with Matlab, version 4.0, Eigen-vector Technologies**. 1<sup>o</sup> ed. Iowa: Manson, 2007.

## CAPÍTULO III

---

**Bioconversão de bainha foliar de pupunha úmida por  
*Pleurotus ostreatus***

## RESUMO

*Pleurotus ostreatus* é um dos cogumelos mais produzidos em todo o mundo devido à sua capacidade de degradar uma ampla variedade de substratos ligno-celulósicos. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da quantidade de inóculo e do número de furos no pacote de cultivo em relação a produtividade de cogumelos contendo bainha foliar úmida de pupunha como substrato por fermentação em estado sólido. Para a técnica de redução de umidade sem secagem prévia, utilizada nesse estudo, diferentes concentrações de inóculo e quantidades de furos nos pacotes de cultivo não foram significativas na velocidade da bioconversão da bainha foliar de pupunha em basidiocarpos. Devido a alta quantidade de umidade resultante pela ausência do processo de secagem, o substrato apresentou umidade de 91% no momento da inoculação e durante o desenvolvimento micelial, quantidade acima da recomendada para o desenvolvimento do fungo.

Palavras-chave: Basidiomiceto. Produção de cogumelo. *Pleurotus*. Quantidade de inóculo. Número de furos.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é maior produtor e consumidor de palmito como alimento no mundo (PENTEADO JÚNIOR; SANTOS; NEVES, 2014). Pouco tem sido feito quanto a utilização dos resíduos do processamento da indústria de pupunha, tanto pelos produtores, quanto autoridades públicas, tornando-se em alguns locais um problema ambiental e de saúde pública. Estima-se que, em média, 80% da produção de pupunha são resíduos (bainha foliar, caule e folhas), o que significa que uma pequena fábrica que corta cerca de 3000 "cabeças" (árvores de pupunha) por dia gera aproximadamente  $5,5 \text{ t dia}^{-1}$  de resíduo, o que representa, em um mês com 24 dias de produção, cerca de  $132 \text{ t mês}^{-1}$ .

Os resíduos orgânicos podem ser utilizados no desenvolvimento de atividades rentáveis e viáveis com ênfase no processo de bioconversão de resíduos lignocelulósicos por cogumelos (PHILIPPOUSSIS, 2009, FERNANDES et al., 2015). Os cogumelos do gênero *Pleurotus* são um dos cogumelos comestíveis mais produzidos, atrás dos gêneros *Agaricus* e *Lentinula* (CARDOSO; DEMENJOUR; PAZ, 2013). *Pleurotus* spp., da classe dos Basidiomycetes, pertence a um grupo conhecido como "fungos de podridão branca" à medida que produzem um micélio branco e degradam lignina e celulose com uma capacidade efetiva de bioconversão de vários materiais lignocelulósicos, no qual vários tipos de *Pleurotus* são cultivados comercialmente em diferentes partes do mundo (WANG; SAKODA; SUZUKI, 2001; SUGUIMOTO et al., 2001; CARVALHO; VENDAS-CAMPOS; ANDRADE, 2010).

De acordo com alguns trabalhos, o método de redução de umidade por pressão manual é adequado para resíduos agroindustriais como substrato, não requerendo um processo de secagem para a correção de umidade. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o método de redução de umidade por prensagem manual em relação a produtividade dos basidiomas de *Pleurotus ostreatus* em bainha foliar de pupunha como substrato durante a fermentação em estado sólido.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Microrganismo

O fungo *Pleurotus ostreatus* foi obtido a partir do isolamento de cultura do kit

de cogumelos Cogoo, cultivado por fermentação em estado sólido, oriundo da empresa Cogubrás (Curitiba, Brasil). A cepa foi mantida em placas de batata-dextrose-ágar (BDA), inicialmente incubadas a  $25 \pm 2$  °C, pH 6 - 6,5 e armazenados a 4 °C até sua utilização (SINGH, 2012).

## **2.2 Inóculo (*spawn*)**

De acordo com a metodologia descrita por Singh et al. (2011), o trigo foi utilizado como substrato e suporte fúngico para a produção de inóculo (*spawn*) por ser o composto amiláceo mais adequado para o desenvolvimento de *P. ostreatus* por fermentação em estado sólido. Os grãos de trigo, cerca de 500 g foram acondicionados em embalagens de polipropileno (20x30 cm, 0,12 mm). Os grãos foram hidratados com água cerca de 55% de sua massa seca para a absorção de umidade durante 4 horas. Posteriormente, as embalagens foram fechadas com espuma para respiro e esterilizadas em autoclave a 121 °C durante 40 min, possibilitando ambiente aeróbio e estéril após a autoclavagem no interior das embalagens contendo o substrato. Em câmara de fluxo laminar, após o resfriamento, o substrato foi inoculado com disco de meio de cultivo de BDA de aproximadamente 12 mm de diâmetro contendo micélio de *P. ostreatus*. Os pacotes foram incubados na ausência de luz, com temperatura entre 22 - 25 °C e umidade em torno de 70% para a colonização total dos grãos de trigo (aproximadamente 30 dias). Esta matriz serviu como fonte de inóculo para os substratos de cultivo para a produção de basidiocarpos de *P. ostreatus* em bainha foliar de pupunha como substrato (ZHANXI; XIAOBIN, 2013).

## **2.3 Fermentação em estado sólido**

A bainha foliar de pupunha foi inicialmente triturada e pressionada manualmente para redução do excesso de água (OEI; NIEUWENHUIJZEN, 2005). Em seguida, 500 g dessa bainha foliar de pupunha úmida (91% de umidade) foram acondicionados em pacotes de polipropileno (20x30 cm, 0,12 mm), fechados com espuma para respiro e esterilizados em autoclave a 121 °C durante 40 minutos (permitindo ambiente aeróbio e estéril após autoclavagem). Em uma câmara de fluxo laminar, a bainha foliar triturada de pupunha esterilizada foi inoculada com

diferentes quantidades de micélio de *P. ostreatus* (10, 25 e 40%) em relação ao peso úmido do substrato. A incubação ocorreu entre 20 - 25 °C, em sala fechada e em ausência de luz com umidade média de 70%, até completa colonização do substrato pelo micélio (33 dias) (ZHANXI, 2012).

Posteriormente, os pacotes foram incubados em temperatura média de 18 - 25 °C, umidade relativa de 80 - 90%, concentração de CO<sub>2</sub> média de 600 ppm, luz indireta em quantidade adequada para a cultura (1500 - 2000 lux/hora) em fotoperíodo de 12 horas de luz dia<sup>-1</sup> (BONATTI et al., 2004). Os pacotes de cultivo foram perfurados (em forma de "X") com 2, 3 ou 4 furos (dependendo do ensaio), com diâmetro médio de 1,5 cm furo<sup>-1</sup> e colocados em prateleiras a 20 cm do piso da sala de cultivo, induzindo a frutificação. Após o fim da frutificação que ocorreu entre 7 a 10 dias, os cogumelos maduros foram colhidos e pesados para posterior análise (SŁAWIŃSKA; KALBARCZYK de 2011).

## 2.4 Produtividade de cogumelos

A produtividade (% , em Kg de cogumelos frescos/Kg de substrato úmido) de cogumelos no final da primeira e da segunda frutificação foi calculada (CURVETTO et al., 2002; BAYSAL et al., 2003; RIVAS et al., 2010 ; GONÇALVES et al, 2010).

## 2.5 Delineamento experimental

Para estudar a produção de *P. ostreatus* em bainha foliar úmida de pupunha, uma região experimental foi definida utilizando um design fatorial 2<sup>2</sup>, dois fatores em dois níveis, totalizando quatro ensaios, mais 3 repetições do ponto central e a função de resposta (Y) foi dividida em componentes lineares e interativas. Os níveis foram escolhidos conforme descrito por Bellettini (2014) na bioconversão de bainha foliar por *Pleurotus* utilizando o método de secagem. As variáveis reais e codificadas foram a quantidade de inóculo de *P. ostreatus* (%) e o número de furos no pacote (unidade) (TABELA 1). O parâmetro avaliado foi a produtividade de cogumelos (%) na primeira e segunda frutificação de *P. ostreatus* cultivado em bainha foliar úmida de pupunha.

TABELA 1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO PARA PRODUÇÃO DE *P. ostreatus* EM BAINHA FOLIAR DE PUPUNHA EM RELAÇÃO A QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS.

Variáveis independentes	Níveis	
	-	+
Quantidade de inóculo (%)	10	40
Número de furos (unidade)	2	4
Ensaio	Quantidade de inóculo (%)	Número de furos (unidade)
1	10 (-1)	4 (+1)
2	10 (-1)	2 (-1)
3	40 (+1)	4 (+1)
4	40 (+1)	2 (-1)
5 (C)	25 (0)	3 (0)
6 (C)	25 (0)	3 (0)
7 (C)	25 (0)	3 (0)

Nota: Os índices (-) e (+) indicam o nível de cada variável como superior ou inferior, respectivamente.

Os resultados experimentais foram analisados de acordo com o modelo matemático (Eq. (1)). Para qualquer resposta (variáveis dependentes)  $Y$  é geralmente desconhecido, no entanto, pode ser estimado com precisão através de uma expressão polinomial de segunda ordem que é responsável por variações causadas por efeitos lineares, bem como por interações (MONTGOMERY, 2004; BORGES et al, 2011. ).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

, onde  $Y$  representa a variável dependente (resposta estimada);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_{12}$  representam os coeficientes da equação;  $X_1$  e  $X_2$  representam as variáveis independentes estudadas, a quantidade de inóculo de *P. ostreatus* e o número de furos no pacote, respectivamente. Análise de variância (ANOVA) foi realizada. A importância de todos os termos no polinômio foi avaliada estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os coeficientes de regressão foram utilizados para gerar cálculo estatístico das superfícies de resposta a partir dos modelos de regressão. Para verificar a adequação dos modelos, os dados experimentais foram comparados com os valores previstos pelos modelos de regressão.

## 2.6 Análise estatística

Os resultados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foi realizado para identificar diferenças significativas entre os valores médios (três repetições no ponto central). Todas as análises foram realizadas com o software STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, EUA) e as diferenças para o nível de probabilidade de 5% ( $p < 0,05$ ) foram consideradas estatisticamente significativas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise estatística e validação do modelo

A análise estatística mostrou que os modelos propostos são apropriados (TABELAS 2 e 3), na qual o valor de F calculado ( $F_{cal}$ ) foi maior para a regressão e menor para a falta de ajuste em relação ao F tabelado ( $F_{tab}$ ), observando que os dados de regressão não estão dentro do intervalo de erro da distribuição F para o respectivo grau de liberdade, não havendo falta de ajuste na primeira e segunda frutificação.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) em relação a produtividade para a primeira e segunda frutificação foi de 0,8149 e 0,8332, respectivamente. O valor da máxima variância explicável foi de 99,88 e 97,18% para a primeira e a segunda frutificação, respectivamente, indicando que o modelo é adequado. Portanto, a variação de 0,12 e 2,81% foi devido a outros fatores não incluídos neste modelo. A equação de regressão linear para a primeira e segunda frutificação (Equação 2 e 3) foi obtida a partir dos resultados de regressão do experimento fatorial a um nível de significância de  $p < 0,05$ .

$$z = 5,6936 + 0,184175\beta_1 + 0,250675\beta_2 - 0,187625\beta_{12} \quad (2)$$

$$z = 10,8956 - 0,81815\beta_1 + 0,60865\beta_2 + 0,4877\beta_{12} \quad (3)$$



TABELA 2 – A ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA A PRODUTIVIDADE NA PRIMEIRA E SEGUNDA FRUTIFICAÇÃO DE *P. ostreatus* CULTIVADO EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA.<sup>a</sup>

Conjunto	Fonte de variância	SQ	GL	MQ	Fcal	Ftab
Primeira Frutificação	Regressão	25,7788	3	8,5929	215,1821	9,2766
	Resido	0,1198	3	0,0399		
	Falta de ajuste	0,0877	1	0,0877	5,4642	18,5128
	Erro puro	0,0321	2	0,0161		
	Total	25,8986	6			
Segunda Frutificação	Regressão	24,8753	3	8,2918	24,3089	9,2766
	Resido	1,0233	3	0,3411		
	Falta de ajuste	0,2948	1	0,2948	0,8093	18,5128
	Erro puro	0,7285	2	0,3643		
	Total	25,8986	6			

SQ = Soma dos quadrados; GL= Graus de liberdade; MQ = Média quadrática. <sup>a</sup> Significância de 0,05 de nível de probabilidade.

### 3.2 Análise de superfície de resposta

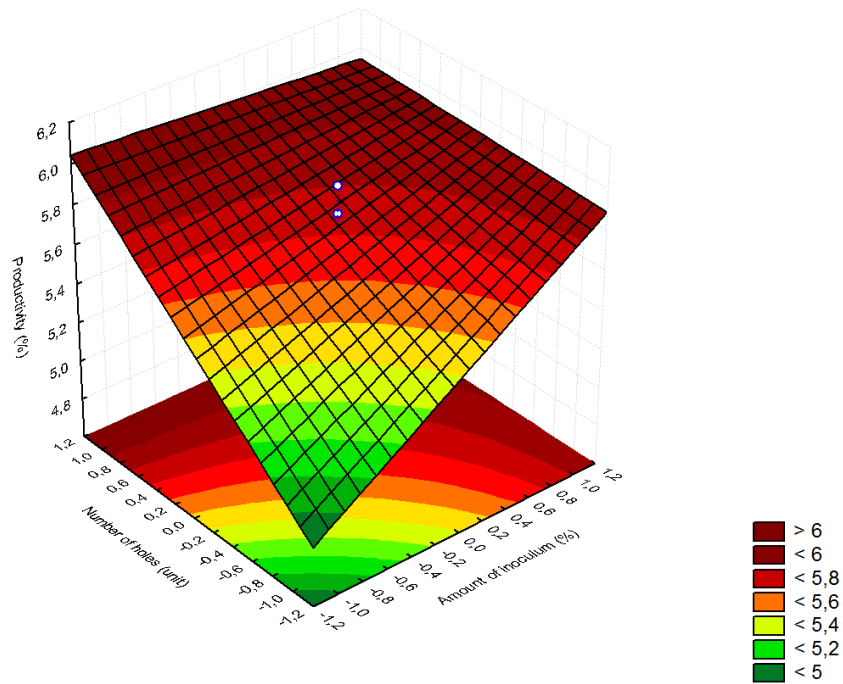
O modelo da matriz contendo os sete ensaios experimentais e os valores de produtividade para a primeira e segunda frutificação são apresentados na Tabela 3. Analisando-se a superfície de resposta para os valores codificados, verifica-se que os pontos dos dados estão muito perto da superfície apresentada. Observa-se, tanto na primeira como na segunda frutificação, que as faces inferior e superior para a quantidade de inóculo e número de furos apresentam inclinação, o que pode ser uma indicação de que esta variável foi estatisticamente significativa. Na primeira frutificação (FIGURA 1A), é possível identificar o sentido de aumento de produtividade quanto maior é a quantidade de inóculo e o número de furos. Por outro lado, na segunda frutificação (FIGURA 1B), há uma crescente direção da produtividade quanto maior é a quantidade de furos.

Para verificar a importância deste comportamento, os efeitos estatísticos são apresentados no diagrama de Pareto. Para a produtividade, tanto na primeira quanto na segunda frutificação, os termos lineares da quantidade de inóculo ( $p$  2,91 e 2,71) e do número de furos ( $p$  3,96 e 2,02) não foram estatisticamente significativos, respectivamente ( $X_1$ ,  $p < 0,05$ ) (FIGURA 2). Os termos não

significativos restantes foram mantidos para melhoria do ajuste.

FIGURA 1 – SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA VALORES CODIFICADOS DA PRODUTIVIDADE (%) NA PRIMEIRA (A) E NA SEGUNDA (B) FRUTIFICAÇÃO EM RELAÇÃO A QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS PARA A PRODUÇÃO DE *P. ostreatus* EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA ( $P < 0,05$ ).

A



B

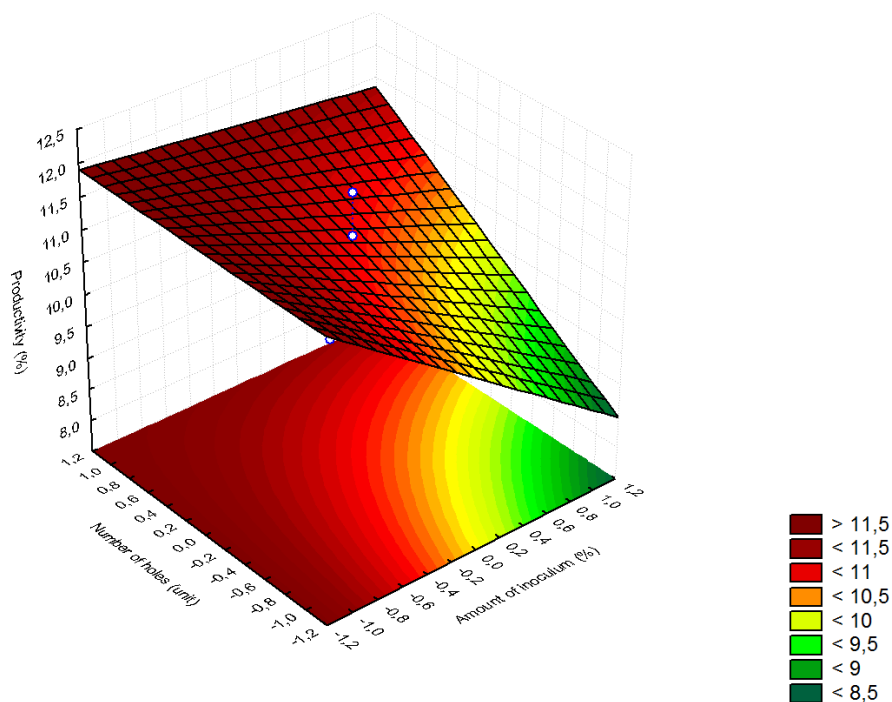
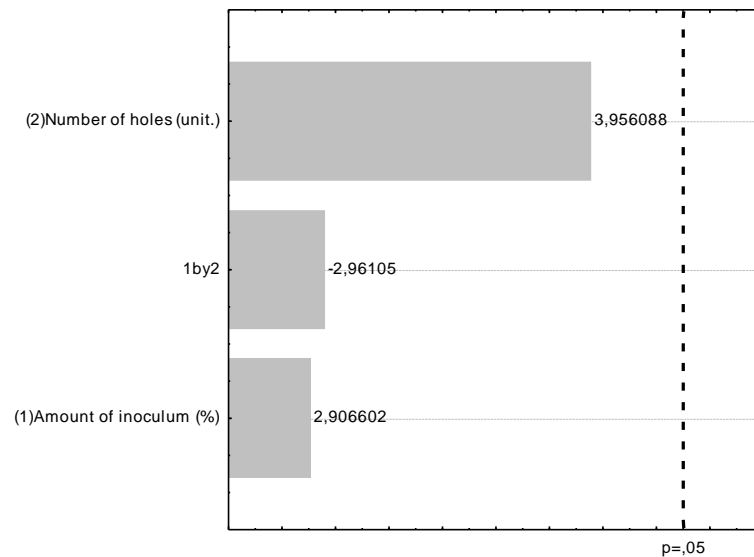
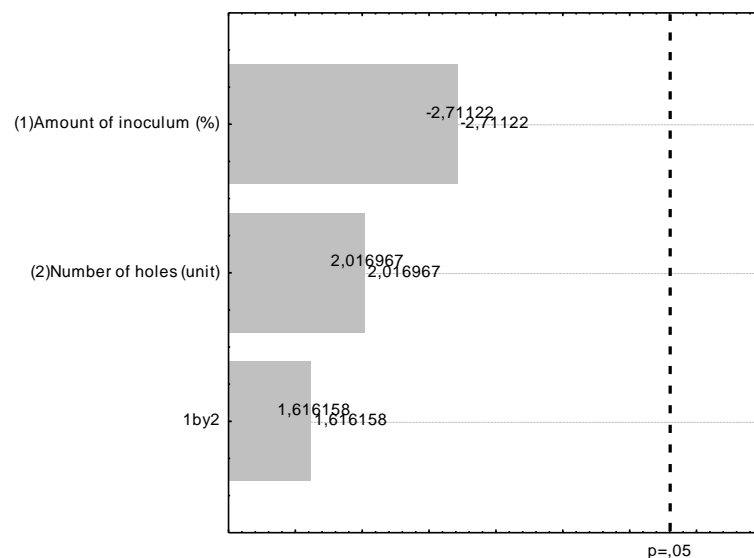


FIGURA 2 – DIAGRAMA DE PARETO PARA A PRODUTIVIDADE (%) NA PRIMEIRA (A) E SEGUNDA (B) FRUTIFICAÇÃO EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE FUROS (UNIDADE) E A QUANTIDADE DE INOCULO (%) PARA A PRODUÇÃO DE *P. ostreatus* EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA ( $P < 0,05$ ).

A



B



A sobrevivência e a multiplicação de cogumelos está relacionada a uma série de fatores, que podem agir individualmente ou possuírem efeitos interativos. A umidade é um dos principais fatores que influenciam no sucesso do desenvolvimento dos cogumelos. Os nutrientes são transportados do micélio para os corpos frutíferos por um fluxo de umidade constante (BELLETTINI et al., 2016). O alto teor de umidade no substrato resultará em uma difícil respiração para o micélio, inibindo a transpiração, tornando difícil o desenvolvimento do corpo frutífero, mesmo com quantidades elevadas de inóculo ou número de furos em pacotes de cultivo de

cogumelos. O teor ótimo de umidade para o crescimento e a utilização do substrato depende do organismo e do substrato utilizado para o cultivo (CUPUL et al., 2014).

TABELA 3 – DADOS EXPERIMENTAIS, PREVISTOS E RESIDUAIS COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE QUANTIDADE DE INÓCULO E NÚMERO DE FUROS PARA A PRODUTIVIDADE NA PRIMEIRA E SEGUNDA FRUTIFICAÇÃO DE *P. ostreatus* CULTIVADO EM BAINHA FOLIAR ÚMIDA DE PUPUNHA.

Ensaio	X1	X2	Primeira frutificação <sup>a</sup>			Segunda frutificação <sup>a</sup>		
			Exp.	Pred.	Res.	Exp.	Pred.	Res.
1	10	4	5,8508	5,9478	-0,0970	11,6570	11,8347	-0,1777
2	10	2	4,9742	5,0712	-0,0970	11,4151	11,5928	-0,1777
3	40	4	5,8439	5,9409	-0,0970	10,9961	11,1738	-0,1777
4	40	2	5,7178	5,8148	-0,0970	8,8034	8,9811	-0,1777
5	25	3	5,8132	5,6936	0,1196	11,7502	10,8956	0,8546
6	25	3	5,7013	5,6936	0,0077	10,5442	10,8956	-0,3514
7	25	3	5,9542	5,6936	0,2606	11,1034	10,8956	0,2078

Nota: X1 = Quantidade de inóculo (% em peso úmido do substrato); X2 = Número de furos (unidade).<sup>a</sup> Significância ao nível de 0,05 de probabilidade, %.

Acredita-se que o nível de umidade crescente reduz a porosidade do substrato, limitando assim a transferência de oxigênio. Por esta razão, o alto teor de umidade na bainha foliar de pupunha (91%) limitou o crescimento dentro do substrato, resultando em crescimento superficial. Bellettini (2014), utilizando as mesmas concentrações de inóculo e número de furos, com secagem prévia do substrato em estufa, umidificação e posterior prensagem manual, verificou que tanto a quantidade de inóculo quanto o número de furos nos pacotes de cultivo são estatisticamente significativos. Portanto, o método de redução de umidade por prensagem manual, conforme descrito por Oei e Nieuwenhuijzen (2005), não é adequado para a bainha foliar de pupunha como substrato, requerendo um processo de secagem prévia para a correção da umidade.

De acordo com Chang e Miles (2004), a umidade adequada no substrato deve abranger uma faixa entre 50 e 75% no substrato, permitindo o crescimento satisfatório de *Pleurotus* spp. Da mesma forma Ryu et al. (2015) também cultivou *P. eryngii* no qual a umidade foi mantida entre 65 e 68%. De acordo com Lechner e Albertó (2011), a umidade final no substrato foi ajustada (p/p) para 74%, representando o teor inicial de umidade do substrato para o cultivo de *P. albidus*, *P. cystidiosus*, *P. djamor* e *P. ostreatus*.

O método de redução de umidade por prensagem manual em relação a produtividade em balsa foliar de pupunha como substrato durante a fermentação de estado sólido tem um efeito antagônico na otimização da produção de cogumelos, com conseqüente aumento de perdas e custos. Acredita-se que a metodologia descrita por Oei e Nieuwenhuijzen (2005) não é adequada para a balsa foliar úmida de pupunha como substrato, sendo necessário um processo de pré-secagem para a correção da umidade para aproximadamente 70%.

#### 4 CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que o potencial para o aumento da produtividade pela simples manipulação da quantidade de inóculo de *P. ostreatus* e pelo número de furos nos pacotes de cultivo, utilizando balsa foliar úmida de pupunha como substrato em fermentação em estado sólido, não foi produtivo comparativamente a dados da literatura. Portanto a técnica de compressão simples para remoção de água livre do substrato não resulta em bioconversão efetiva da balsa pelo *P. ostreatus*.

#### 5 REFERÊNCIAS

- AHMED, M.; ABDULLAH, N.; AHMED, K. U.; BHUYAN, M.H.M. B. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 197-202, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200010>
- BAYSAL, E.; PEKER, H.; YALINKILIÇ, M. K.; TEMIZ, A. Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. **Bioresource Technology**, v. 89, n. 1, p. 95-97, 2003.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00028-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00028-2)
- BELLETTINI, M. B. Desenvolvimento de um bioprocesso integrado para valorização de balsa foliar de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): produção de cogumelos (*Pleurotus* spp.) e alface (*Lactuca sativa*) cv. Verônica. 2014. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; MACCARI JÚNIOR A.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom

- Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- BONATTI, M.; KARNOPP, P.; SOARES, H. M.; FURLAN, S. A. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 425-428, 2004.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.050>
- BORGES, G. D. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R. Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, n. 3, 708-715, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.025>
- CARDOSO, J. C. P.; DEMENJOUR, P. L. M. M.; PAZ, M. F. Cultivo do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* em bagaço de bociuva e de cana-de-açúcar pela técnica *juncao*. **Evidência**, v. 13, n. 1, p. 31-40, 2013.
- CARVALHO, C. S. M.; SALES-CAMPOS, C.; ANDRADE, M. C. N. Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. **Interciencia**, v. 35, n. 3, p. 177-182, 2010.
- CHANG ST, MILES PG. **Mushrooms: Cultivation, nutritional value medicinal effect and envirommental impact**. Boca Raton: CRC Press; 2004. p. 480.
- CHANG, S. T. The world mushroom industry: trends and technological development. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 8, n. 4, p. 297-314, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v8.i4.10>
- COGORNI, P. F. B. O.; SCHULZ, J. G.; ALVES, E. P.; GERN, R. M. M.; FURLAN, S. A.; WISBECK, E. The production of *Pleurotus sajor-caju* in peach palm leaves (*Bactris gasipaes*) and evaluation of its use to enrich wheat flour. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 267-274, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0059>
- CUPUL, C. C.; ABARCA, G. H.; VÁSQUEZ, R. R.; SALMONES, D.; HERNÁNDEZ, R. G.; GUTIÉRREZ, E. A. Response of ligninolytic macrofungi to the herbicide atrazine: dose-response bioassays. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 46, n. 4, p. 348-357, 2014.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70094-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70094-X)
- CURVETTO, N. R.; FIGLAS, D.; DEVALIS, R.; DELMASTRO, S. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sup>4+</sup> and/or Mn(II). **Bioresource Technology**, v. 84, n. 2, p. 171-176, 2002.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00013-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00013-5)

- FERNANDES, Â.; BARROS, L.; MARTINS, A.; HERBERT, P.; FERREIRA, I. C. Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. **Food Chemistry**, v. 169, n.1, p. 396-400, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.027>.
- GONÇALVES, C. C. M.; PAIVA, P. C. A.; DIAS, E. S.; SIQUEIRA, F. G.; HENRIQUE, F. Avaliação do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (fries) sing. sobre o resíduo de algodão da indústria têxtil para a produção de cogumelos e para alimentação animal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 220-225, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S141370542010000100028>
- LECHNER, B.; ALBERTÓ, E. Search for new naturally occurring strains of *Pleurotus* to improve yields. *P. albidus* as a novel proposed species for mushroom production. **Revista Iberoamericana de Micología**, v. 28, n. 4, p. 148-154, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.riam.2010.12.001>
- LI, Y. Present development situation and tendency of edible mushroom industry in China. **Mushroom Science**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2012.
- MONTGOMERY, D. C.; VINING, G. G.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. 3<sup>ed</sup>. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- OEI, P.; NIEUWENHUIJZEN, B.V. **Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms**. Wageningen: Agromisa Foundation and CTA; 2005. p 86.
- PAPASPYRIDIS, L. M.; ALIGIANNIS, N.; TOPAKAS, E.; CHRISTAKOPOULOS, P.; SKALTSOUNIS, A. L.; FOKIALAKIS, N. Submerged fermentation of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* in a batch stirred tank bioreactor as a promising alternative for the effective production of bioactive metabolites. **Molecules**, v. 17, n. 3, p. 2714-2724, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.3390/molecules17032714>
- PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, J. L. D. M. Why multivariate optimization? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000200003>
- PHILIPPOUSSIS, A. N. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates. In: NIGAM, P. S., PANDEY, A. (Eds.), **Biotechnology for agro-industrial residues utilization**. Nova Iorque: Springer, 2009.
- RAJARATHNAM, S. *Pleurotus* mushrooms. Part IA. Morphology, life cycle, taxonomy breeding and cultivation. **Critical Reviews Food Science and Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 157-223, 1987.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10408398709527465>

- RIVAS, P. M. S.; FILHO, A. A. P.; SANTOS, F. A. S.; ROSA, I. G. Evaluation of pectocellulosical substrates for edible mushrooms production from genus *Pleurotus* sp. (Agaricales). **Cadernos de Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 78-83, 2010.
- RYU, J.; KIM, M. K.; IM, C. H.; SHIN, P. Development of cultivation media for extending the shelf-life and improving yield of king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*). **Scientia Horticulture**, v. 193, n. 1, 121-126, 2015.
- SINGH M. P.; PANDEY, V. K.; SRIVASTAVA, A. K.; VISHWAKARMA, S. K. Biodegradation of brassica haulms by white rot fungus *P. eryngii*. **Cellular and Molecular Biology**, v. 57, n. 1, p. 47- 55, 2011.
- SINGH, M. P.; SINGH, V. K. Biodegradation of vegetable and agrowastes by *Pleurotus sapidus*: a novel strategy to produce mushroom with enhanced yield and nutrition. **Cellular and Molecular Biology**, v. 58, n. 1, p. 1-7, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1170/T913>
- SŁAWIŃSKA, A.; KALBARCZYK, J. Evaluation of enzymatic activity of *Pleurotus ostreatus* regarding stages of mycelium development. **Acta Scientiarum Polunurum**, v. 10, n. 2, p. 195-202, 2011.
- SUGUIMOTO, H. H.; BARBOSA, A. M.; DEKKER, F. H.; GOMES, J. H. C. Veratryl alcohol stimulates fruiting body formation in the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 194, n. 2, p. 235-238, 2001.
- WANG, D.; SAKODA, A.; SUZUKI, M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. **Bioresource Technology**, v. 78, n. 3, p. 293-300, 2001.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00002-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00002-5)
- ZHANXI, L. **Jun Cao Science**. 1º ed. Beijing: National Administrative College Publisher, 2012.
- ZHANXI, L.; XIAOBIN, C. A study on *Pleurotus eryngii* factory cultivation with JUNCAO technology and the spent substrate used as animal feed. In: SALES-CAMPOS, C., ABREU, R. L. S., VIANEZ, B. F., URBEN, A. F. (Eds.). **Proceedings of the 7th International Symposium on Mushrooms in Brazil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp. 79-82, 2013.



## CAPÍTULO IV

---

### **Qualidade e comportamento reológico do doce em massa do fruto da pupunha**

## RESUMO

Estima-se que aproximadamente 80% da produção de pupunha resulte em subprodutos (bainha foliar e fruto), sugerindo que uma pequena fábrica que processa ~3000 "cabeças" por dia gera ~5,5 t/dia de resíduo, aproximadamente 131 t/mês. O desenvolvimento de um doce em massa a partir do fruto da pupunha é uma alternativa para o consumo deste resíduo. O estudo avaliou o efeito da concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3) nas características físico-químicas e minerais, no conteúdo fenólico, nas propriedades reológicas, na segurança microbiológica e nos aspectos sensoriais do doce em massa do fruto da pupunha. O doce em massa foi preparado segundo metodologia convencional misturando a polpa do fruto (mesocarpo) da pupunha, água e açúcar. J1 e J3 apresentaram a maior umidade e açúcar total, 66,30 g/100g e 70,06 g/100g respectivamente. Os maiores contribuintes para a ingestão de componentes nutricionais foram carboidratos em açúcares totais (18,47 a 70,06 g/100g), proteínas (8,63 a 11,27 g/100g), representando 53,89% e 24,50% da RDA para mulheres, respectivamente. Cl (macromineral) e Fe (micromineral) foram os principais elementos nos doces, variando de 26 a 50 mg/100g e de 0,16 a 0,24 mg/100g, respectivamente. J1 resultou em um doce em massa com o maior nível de conteúdo fenólico total ( $35,623 \pm 1,740$  mg GAE/100 g). As formulações J1 e J2 apresentaram uma cor mais escura do que J3. A luminosidade ( $L^* = 64,12 \pm 3,01$ ) e a saturação de cor ( $S = 5,53 \times 10^{-7} \pm 0,22$ ) indicaram que J3 foi mais brilhante do que J1 e J2. Os doces em massa do fruto da pupunha comportaram-se como fluido pseudoplástico e os modelos de Ostwald-de Waele (OW) e Casson (CA), descreveram adequadamente o comportamento reológico em estado estacionário ( $R^2$  0,88 - 0,99 e 0,75 - 0,97, respectivamente), exibindo tensão inicial de acordo com a modelo de CA. A análise sensorial por escala hedônica indicou que J2 obteve a melhor aceitação. Não foram encontrados coliformes totais, *Salmonella* e *E. coli*, indicando um bom manuseio higiênico e tempo-temperatura apropriado durante o processamento. Este novo produto agrega valor ao fruto atualmente descartado em diversas regiões, tornando os nutrientes disponíveis por um longo período de tempo.

Palavras-chave: *Bactris gasipaes*. Doce em massa. Concentração de açúcar. Reologia.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor e consumidor de palmito como alimento no mundo (PENTEADO JÚNIOR; SANTOS; NEVES, 2014). Grande parte do palmito consumido é obtido de colheitas ilegais de *Euterpe oleracea* Mart. e *E. edulis* Mart., plantas que possuem sua sobrevivência ameaçada pelo cultivo clandestino. Como resultado, maneiras mais ecologicamente corretas de cultivo comercial, como a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), foram sendo ampliadas devido ao seu fácil cultivo, crescimento rápido e capacidade de crescimento em luz solar direta (BATAGIN-PIOTTO et al., 2012). Dois produtos são obtidos a partir da pupunha, o meristema apical (palmito) colhido a partir de 1 ano de cultivo e seus frutos (resíduos) colhidos a partir de plantas adultas, quando têm, pelo menos, 3 anos de cultivo (LETERME et al., 2005; HERNÁNDEZ-UGALDE; MORA-URPÍ; ROCHA, 2011; ROJAS-GARBANZO et al., 2011).

O fruto é uma drupa ovóide cônica de cor vermelha, amarela ou alaranjada, apresentando uma polpa carnuda (mesocarpo), muito rica em carotenoides, amilácea, doce, oleosa e fibrosa (KULCHETSKI, CHAIMSOHN; GARDINGO, 2001). É rico em aminoácidos, minerais e vitaminas A, B e C (CANTU-JUNGLES et al., 2017), apresentando baixos teores de sódio e açúcar. Contribui com valor calórico na dieta de muitas comunidades na Bacia Amazônica e entre o norte do Equador e Costa Rica (YUYAMA et al., 2003), que tem o hábito do seu consumo na forma cozida. *In natura*, o fruto tem uma enzima que inibe a digestão de proteínas e ácidos, induzindo irritação da mucosa oral, portanto estes frutos devem ser consumidos cozidos (ROJAS-GARBANZO et al., 2011, MEDEIROS et al., 2012).

Doces em massa são obtidos pelo cozimento de frutas com a adição de açúcares, água, pectina, ácidos, outros ingredientes, bem como aditivos permitidos para obtenção de uma consistência adequada (ANVISA, 1978; COSTELL; CARBONELL; DURAN, 1993). O processamento de doces em massa é um dos mais tradicionais métodos de utilizar os frutos. Um doce de boa qualidade normalmente apresentará uma cor brilhante, sabor doce-amargo típico, consistência conveniente e textura não demasiado líquida ou demasiado dura (WICKLUND et al., 2005, KVIKLIENE; KVIKLYS; VIŠKELIS, 2006).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um doce em massa a partir do fruto da pupunha, como alternativa para o consumo deste subproduto, avaliando-se as

características físico-químicas e minerais, atividade antioxidante, propriedades reológicas, segurança microbiológica e aspectos sensoriais do produto. O processo de produção de doce em massa do fruto da pupunha é parte de um processo de aplicação de pedido de patente (nº BR 102015026820 3), de autoria de Bellettini et al. (2015) (ANEXO B).

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria prima**

A área de coleta experimental do fruto da pupunha localiza-se na Estrada Alexandra - Matinhos Km 12, Município de Paranaguá - PR, entre as coordenadas 25°09'19,2" S e 48°35'15,0' W. Segundo EMBRAPA (1997), seu relevo é plano, o solo pertence à classe Cambissolo Háplico, de textura média. O clima é do tipo Af tropical superúmido, sem déficit hídrico. A média da temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio, superior a 18 °C. A umidade relativa média do ar é superior a 85%, e o índice pluviométrico encontra-se em torno de 2500 a 3000 mm anuais. Os frutos maduros avermelhados foram colhidos a partir de plantas com 36 meses de cultivo, entre os meses de março a maio.

### **2.2 Elaboração de doce em massa**

O doce em massa de pupunha foi obtido misturando a polpa do fruto (mesocarpo) da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), água e açúcar (FIGURA 1). Frutos saudáveis e maduros foram escolhidos e submetidos ao processos de lavagem e higienização com hipoclorito de sódio a 2%. Posteriormente, os frutos foram descascados e as suas sementes removidas para obtenção da polpa, a qual foi então triturada e cozida a 100 °C durante 40 minutos. Adicionou-se água neste processo (1:2 m/m). Em seguida, adicionou-se diferentes concentrações de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3), e os doces em massa foram aquecidos até o ponto de ebulição por aproximadamente 45 min até atingirem uma consistência pastosa (sem desprendimento da colher), conforme metodologia descrita por Embrapa (2006). Em seguida, os doces em massa foram envasados, ainda quentes, em frascos de vidro com capacidade de 500 g, previamente pasteurizados, fechados

com tampas metálicas, posteriormente resfriados e mantidos à temperatura ambiente (FIGURA 2).

FIGURA 1 – ESQUEMA GRÁFICO QUE REPRESENTA O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.

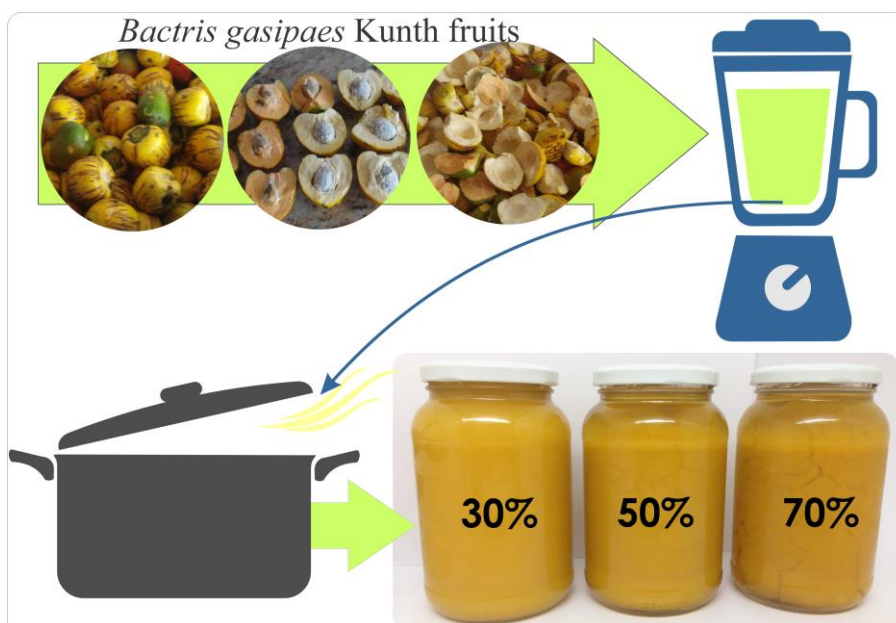
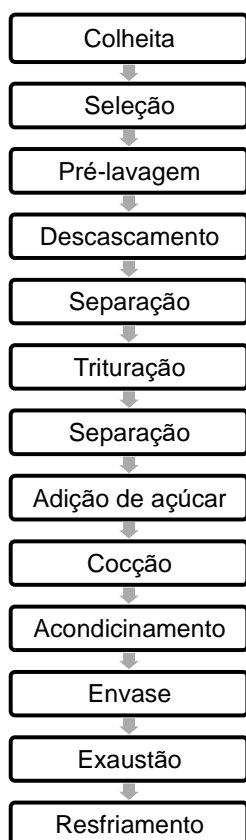


FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DE PREPARO DE DOCE EM MASSA DE FRUTO DE PUPUNHA.



## **2.3. Análises físico-químicas**

A condutividade eléctrica foi determinada por meio de um condutímetro (EC-150, Extech Instruments, EUA) e expressa em [ $\mu\text{S cm}^{-1}$  (base fresca)]. O pH foi determinado com um pHmetro digital (PH 1600, Icel Manaus Precision Instrument, Brasil).

### **2.3.1 Composição centesimal**

O teor de umidade foi determinado por gravimetria a 105 °C em estufa até obtenção de peso constante segundo técnica descrita por Instituto Adolfo Lutz (2006). As cinzas totais (resíduo mineral fixo) foram determinadas pelo método gravimétrico (930.22) (AOAC, 2005). A determinação de lipídios totais foi realizada de acordo com o métodos gravimétricos descritos por Bligh e Dyer (963.15) (AOAC, 2005); o nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl e proteína bruta foi obtida utilizando o fator de conversão de 6,25 segundo método 991.20 da AOAC (1998). Os açúcares redutores e não redutores foram determinados de acordo com a metodologia de DNS (MILLER, 1959) e Matissek, Schenepel e Steiner (1998), respectivamente. O teor de fibra total + amido foi calculado pela diferença de 100 (% de umidade +% de cinzas +% de lipídeos +% de proteína +% de carboidrato total). Os valores de energia (Kcal) foram calculados aplicando-se os fatores de conversão de ATWATER que considerou 4 Kcal  $\text{g}^{-1}$  para proteínas e carboidratos, e 9 Kcal  $\text{g}^{-1}$  para lipídeos (WATT; MERRILL, 1999).

### **2.3.2 Determinação de minerais**

As amostras foram reduzidas a cinzas a 580 - 600 °C durante aproximadamente 12 h. As cinzas foram solubilizadas em ácido nítrico (1N), aquecida numa placa durante 2 - 3 minutos e transferidas para balões volumétricos, com o volume final de 100 mL completado o volume com ácido nítrico (AOAC, 2010). Alumínio (Al), cálcio (Ca), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio e zinco (Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Adicionou-se lantânio às amostras de Ca e Mg para evitar interferências causadas por íons fosfato. Potássio (K) e sódio (Na)

foram determinados por espectrofotometria de emissão atômica. O fósforo (P) foi determinado pelo método amarelo molibdênio. O enxofre (S) foi determinado pelo método gravimétrico do cloreto de bário (turbidimetria). O boro (B) foi determinado por espectrometria de azometina-H. As leituras destes elementos foram feitas nos seguintes comprimentos de onda ( $\lambda_s$ ) em nm:  $\lambda_{Al} = 309,3$ ;  $\lambda_{Ca} = 422,7$ ;  $\lambda_{Cl} = 588,0$ ;  $\lambda_{Co} = 240,7$ ;  $\lambda_{Cu} = 324,7$ ;  $\lambda_{Fe} = 248,3$ ;  $\lambda_{Mg} = 285,2$ ;  $\lambda_{Mn} = 279,5$ ;  $\lambda_{Mo} = 313,3$ ;  $\lambda_{Na} = 589,0$ ;  $\lambda_{Zn} = 213,9$ ,  $\lambda_K = 766,5$ ;  $\lambda_P = 420,0$  e  $\lambda_B = 410,0$ .

#### **2.4 Comparação com a Cota Dietética Recomendada - RDA**

Em estudos de composição alimentar, o foco não é apenas sobre a quantidade de nutrientes presentes, mas também sobre a contribuição que esses níveis representam para as necessidades diárias humanas de nutrientes. Por essa razão, os dados obtidos a partir da análise da composição nutricional das amostras foram comparados com a RDA (*Recommended Dietary Allowance*) do Conselho de Alimentação e Nutrição (FNB) da *American Institute of Medicine of the National Academies* (Trumbo et al., 2012). A RDA foi selecionada, entre outros métodos, por ser um dos mais aceitos em todo o mundo e foi utilizado para calcular a contribuição potencial de uma porção de 100 g de doce em massa do fruto da pupunha para as necessidades diárias humanas de nutrientes (MAIEVES et al., 2015).

#### **2.5 Preparação de extrato aquoso a partir de extratos de doce em massa do fruto da pupunha para análise de propriedades antioxidantes e o conteúdo total de polifenóis**

Para o preparo do extrato aquoso, o doce foi diluído em 100 mL de água destilada (1:3 v/v). As amostras foram levadas a um sonicador (GT-Sonic VGT-1620QTD, China) durante 10 min, centrifugadas a 12000 rpm, e o sobrenadante foi analisado. Os extratos foram mantidos no escuro e depois utilizados para determinações de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelo métodos de FRAP e DPPH.

##### **2.5.1 Estimativa do conteúdo total de fenólicos (TPC)**

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Alíquotas (12  $\mu\text{L}$ ) de extrato foram transferidas para tubos de ensaio, adequadamente embrulhadas com folha de alumínio para evitar exposição à luz, adicionadas com 144  $\mu\text{L}$  de água destilada e 48  $\mu\text{L}$  de Folin, depois homogeneizadas e deixadas em repouso durante 3 min. Subsequentemente, foram adicionados 36  $\mu\text{L}$  de carbonato de sódio 0,7 M a cada uma das alíquotas, que foram homogeneizadas mais uma vez e deixadas em repouso durante 1 h, protegidas da luz. Depois disso, determinou-se a absorbância a 720 nm utilizando um espectrofotômetro (Tecan Nanoquant Infinite M200). O ácido gálico foi utilizado como padrão de calibração químico (FLORES-MARTÍNEZ et al., 2016). O TPC foi expresso em mg, o equivalente de ácido gálico (GAE) por 100 g de doce em massa do fruto da pupunha ( $\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

#### 2.5.2 Determinação da atividade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP)

O potencial antioxidante total da amostra foi determinado utilizando o poder antioxidante de redução do ferro pelo ensaio FRAP de acordo com o método proposto por Benzie e Strain (1996). O ensaio baseia-se no poder redutor do antioxidante presente nas amostras, no qual um antioxidante potencial reduz o íon férrico ( $\text{Fe}^{3+}$  ao íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), com formação de um complexo azul ( $\text{Fe}^{2+}/\text{TPTZ}$ ). Brevemente, o reagente FRAP foi preparado por uma mistura de tampão acetato (300  $\mu\text{M}$ , pH 3,6), uma solução de 10  $\mu\text{M}$  de TPTZ em 40  $\mu\text{M}$  de HCl e  $\text{FeCl}_3$  20  $\mu\text{M}$ , na proporção de 10:1:1 (v/v/v), respectivamente. O reagente (300  $\mu\text{l}$ ) e as soluções de amostra (10  $\mu\text{l}$ ) foram adicionados a cada poço e misturados cuidadosamente. A absorbância foi tomada a 593 nm após 10 min. A curva padrão foi preparada utilizando diferentes concentrações de trolox. Todas as soluções foram utilizadas no dia da preparação. Os resultados foram corrigidos para a diluição (0,1-1,0  $\text{mmol L}^{-1}$ ) e expressos em  $\mu$  trolox por 1 g de peso seco (dw).

#### 2.5.3 Determinação da atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

Desenvolvido por Brand-Williams et al. (1995), o ensaio DPPH baseia-se na



redução da absorvância na região visível de comprimento de onda de 515 nm do radical DPPH pelo antioxidante. Realizada em microplaca, foram adicionados 5 µL de amostra seguido por 195 µL da solução metanólica de DPPH 125 µmol/L, após repousar por 30 minutos no escuro, a absorvância foi medida (Tecan Nanoquant Infinite M200) a 517 nm. Os resultados foram expressos em µmol trolox equivalente g<sup>-1</sup>.

## 2.6 Parâmetros de cor instrumental

As medições de cor foram registradas utilizando-se a escala Hunter L\*, a\* e b\*, no qual L\* (luminosidade ou brilho) varia do preto (0) ao branco (100), a\* do verde (-60) ao vermelho (+60) e b\* do azul (-60) ao amarelo (+60). Para determinar os parâmetros de cor instrumentais, foram tiradas fotografias digitais dos doces em massa, conforme descrito por Fiorda et al. (2016). Utilizou-se o sistema de iluminação de duas fontes D65 com um ângulo de incidência de 45° no produto, o qual foi colocado num fundo branco. As imagens digitais das amostras foram processadas utilizando o programa Digital Color Meter 5.10 (Apple, EUA), selecionando 30 áreas de aproximadamente 0,1 x 0,1 cm em cada foto. As imagens foram convertidas para o sistema Cielab usando a aplicação de leitura de cor pixel a pixel, obtendo assim os valores L\*, a\* e b\*. O ângulo *hue* (h°), croma ou intensidade (C\*) e saturação de cor (S) foram calculados de acordo com as Equações 1 - 3, respectivamente (FAIRCHILD, 2013; TIRADO-GALLEGOS et al., 2016).

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^{*} / a^{*}) \quad (1)$$

$$C^{*} = [(a^{*2} + b^{*2})^{-1/2}] \quad (2)$$

$$S = C^{*} / (C^{*2} + L^{*})^2 \quad (3)$$

## 2.7 Propriedades reológicas

As análises reológicas foram realizadas nos doces em massa em cinco temperaturas (20, 30, 40, 50 e 60 °C). As medições reológicas foram realizadas utilizando um viscosímetro Brookfield DVII-Pro (Brookfield Engineering Laboratories,

EUA), utilizando o spindle SC4-34, conectado a um banho termostático Tecnal T-184 (Tecnal, Brasil). A viscosidade aparente ( $\eta$ ) e a taxa de cisalhamento ( $\sigma$ ) foram obtidos utilizando o software Rheocalc (v3.1-1, Brookfield Engineering Laboratories, EUA). Cada análise foi feita em 33 pontos, com diferentes taxas de cisalhamento no intervalo de 0,1 - 3,2 s<sup>-1</sup>, no qual os testes foram realizados em triplicata para cada temperatura, com cada amostra. Os modelos reológicos ajustados para a dependência da taxa de cisalhamento sobre o esforço de cisalhamento foram obtidos pelo procedimento de estimativa não-linear utilizando o software Origin (Versão 8.6, OriginLab Corporation, EUA). A confiabilidade das equações foi avaliada pelo número de parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado reduzido ( $\chi^2$ ) (ORTIZ-ZARAMA et al., 2016).

### 2.7.1 Modelos teóricos

Os fluidos não-newtonianos não apresentam uma proporcionalidade direta entre o esforço de cisalhamento e a taxa de cisalhamento. Para descrever o seu comportamento reológico, são utilizados modelos de fluxo diferentes. O mais utilizado é o modelo de Ostwald-de Waele, mais conhecido como o modelo de *power-law* (RAO, 1999) dado pela Equação (4), e o modelo de Casson dado pela Equação (5).

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (4)$$

$$\sigma^{0.5} = K_{0C} + K_C\dot{\gamma}^{0.5} \quad (5)$$

Onde  $\sigma$  é a tensão de cisalhamento (Pa),  $\dot{\gamma}$  é a taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>),  $K$  é o índice de consistência (Pa s<sup>n</sup>) e  $n$  é o índice de comportamento de fluxo (adimensional) (SOTO-CABALLERO et al., 2016). Nos casos em que  $n = 1$ ,  $k$  muda para  $\eta$ .  $K_C$  é a viscosidade plástica de Casson. A tensão de cedência de Casson ( $\sigma_{0C}$ ) foi determinada pelo modelo de Casson como o quadrado da interceptação ( $K_{0C}$ ) obtido a partir da regressão linear das raízes quadradas dos dados de tensão de cisalhamento-cisalhamento. O efeito da temperatura foi avaliado de acordo com a Eq. do tipo Arrhenius (6), utilizando uma taxa de cisalhamento de 1,0 s<sup>-1</sup>.

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (6)$$

onde,  $\eta$  é a viscosidade aparente a uma taxa de cisalhamento específica,  $\eta_0$  é o fator pré-exponencial,  $E_a$  é a energia de ativação ( $\text{J mol}^{-1}$ ),  $R$  é a constante de gás ( $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) e  $T$  é a temperatura absoluta (K).

## 2.8 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas após o processamento do doce em massa e antes da avaliação sensorial, garantindo o consumo de um produto seguro e livre de contaminação. Todas as amostras foram armazenadas em condições deteriorantes normais ( $25 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ). A presença de coliformes totais, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* foi avaliada de acordo com Silva et al. (2010). Três amostras de cada tratamento foram analisadas em triplicada aos seis meses. A contagem microbiológica foi expressa em unidades formadoras de colônia por mililitro de doce em massa ( $\log \text{ UFC mL}^{-1}$ ).

## 2.9 Avaliação sensorial

Foram realizados testes de consumo para verificar a aceitabilidade geral das formulações propostas. Este ensaio sensorial foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana (CEP/SD-PB, 1219920, 09 de setembro de 2015) da Universidade Federal do Paraná – UFPR (APÊNDICE 1 e 2). A avaliação sensorial dos doces em massa foi realizada por 109 consumidores potenciais e os atributos globais avaliados e julgados utilizando-se uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, na qual 1 foi o valor mais baixo (desgostei extremamente) e 9 o mais alto (gostei extremamente) (STONE; SIDEL, 2004). Além disso, a intenção de compra foi avaliada usando uma escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 1 = certamente não compraria). As amostras foram armazenadas a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , no qual 20 g foram servidos imediatamente após serem abertos sob luz branca. Os doces em massa testados foram codificados numericamente e água mineral foi fornecida aos provadores para limpar o seu paladar entre a amostragem (Apêndice 3). Os dados foram expressos como a média de todas as pontuações. Os testes foram realizados

de maneira individual (MEILGAARD et al., 1999) no laboratório de Tecnologia de Produtos Agrícolas do Departamento do Setor de Ciências Agrárias, UFPR. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA).

## 2.10 Análises estatísticas

Todos os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão a partir de 3 repetições. As análises de cor foram realizadas com 30 repetições. As diferenças foram analisadas pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey. Os valores de  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significativos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Composição físico-química dos doces em massa

A formulação J1 apresentou a maior umidade e J3 apresentou maior concentração de açúcar total (TABELA 1), como esperado, uma vez que o açúcar atua também como agente conservante, pela redução do teor de água (desidratação osmótica). O valor de umidade de J1 foi próximo ao relatado por Ferreira e Pena (2003) em frutos de pupunha *in natura* (68,5 g 100g<sup>-1</sup>). Os valores de cinzas variaram de 0,79 a 1,09 g 100g<sup>-1</sup> e de lipídios de e 0,82 a 1,14g 100g<sup>-1</sup> sendo menores do que os reportados por Carvalho et al. (2013) para frutos de pupunha *in natura* de 2,54 g 100g<sup>-1</sup> e 8,25 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. A quantidade de proteína e fibra alimentar total 8,63 a 11,27 g 100g<sup>-1</sup> e 4,10 a 4,72 g 100g<sup>-1</sup>, respectivamente, foram pelo menos o dobro da relatada por Yuyama et al. (2003) e Andrade et al. (2003) para frutos de pupunha *in natura*, 4,20 g 100g<sup>-1</sup> de proteína e 1,41 g 100g<sup>-1</sup> de fibra. O maior teor da fração de açúcar redutor nos carboidratos totais colaborou para que os doces em massa apresentassem um aspecto mais brilhante e provavelmente contribuiu na redução da sua doçura. Observou-se correlação positiva entre açúcares redutores com carboidratos totais e cor brilhante ou L\* (R<sup>2</sup> = 0,99 e 0,51, respectivamente). Os parâmetros de cor de J3 foram mais intensos, diferindo das demais formulações.

A condutividade elétrica (CE) pode afetar a estrutura celular e aumentar a mobilidade iônica (HALDEN; de ALWIS; FRYER, 1990). Os portadores de carga são

íons, e a condutividade é uma função da temperatura e da mobilidade iônica. Os líquidos, portanto, são geralmente melhores condutores. As propriedades elétricas dos alimentos são parâmetros importantes a considerar em operações de processamento de alimentos, tais como aquecimento e transporte (de ALWIS; HALDEN; FRYER, 1989). A CE diminuiu com o aumento de constituintes não iônicos como o açúcar que causam uma diminuição na condutividade elétrica além da influência da diminuição do conteúdo de umidade dos doces (SASTRY, 1992), permitindo que o produto com maior teor de açúcar (J3) aqueça mais rapidamente.

Conforme demonstrado na Tabela 2, os maiores contribuintes para a ingestão físico-química foram carboidratos (53,89% de RDA), proteínas e fibras totais (24,50 e 18,88% de RDA para mulheres, respectivamente).

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E VALOR CALÓRICO DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.

Componentes	J1	J2	J3
Umidade <sup>1</sup>	66,30 ± 0,08 <sup>a</sup>	44,66 ± 10,92 <sup>b</sup>	12,34 ± 3,79 <sup>c</sup>
Cinzas totais <sup>1</sup>	0,80 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,90 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>a</sup>
Lipídeos <sup>1</sup>	1,09 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,14 ± 0,47 <sup>a</sup>
Proteína bruta (n x 6.25) <sup>1</sup>	8,63 ± 2,88 <sup>a</sup>	8,67 ± 2,48 <sup>a</sup>	11,27 ± 2,39 <sup>a</sup>
Fibra dietética total + amido <sup>1</sup>	4,72 ± 0,88 <sup>a</sup>	4,25 ± 0,125 <sup>a</sup>	4,10 ± 0,78 <sup>a</sup>
Açúcar redutor <sup>1</sup>	13,74 ± 2,29 <sup>a</sup>	32,13 ± 5,30 <sup>b</sup>	55,09 ± 4,87 <sup>c</sup>
Açúcar não-redutor <sup>1</sup>	3,73 ± 1,32 <sup>a</sup>	8,84 ± 1,89 <sup>b</sup>	14,97 ± 1,75 <sup>c</sup>
Carboidratos totais <sup>1</sup>	18,47 ± 1,24 <sup>a</sup>	40,97 ± 4,54 <sup>b</sup>	70,06 ± 1,57 <sup>c</sup>
Valor calórico total <sup>2</sup>	116,03 ± 33,32 <sup>a</sup>	204,33 ± 84,20 <sup>b</sup>	333,3 ± 147,64 <sup>c</sup>
pH	5,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	5,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	5,1 ± 0,1 <sup>a</sup>
CE <sup>3</sup>	7,5 ± 0,5 <sup>a</sup>	3,5 ± 0,5 <sup>b</sup>	2,9 ± 0,5 <sup>b</sup>
L*	57,25 ± 1,67 <sup>a</sup>	54,19 ± 3,88 <sup>a</sup>	64,12 ± 3,01 <sup>b</sup>
a*	-24,11 ± 9,74 <sup>a</sup>	-38,39 ± 17,72 <sup>a</sup>	-6,69 ± 10,75 <sup>b</sup>
b*	-126,84 ± 0,64 <sup>a</sup>	-126,84 ± 1,10 <sup>a</sup>	-121,30 ± 15,12 <sup>b</sup>
h°	79,23 ± 3,36 <sup>a</sup>	73,14 ± 3,56 <sup>a</sup>	86,85 ± 1,41 <sup>b</sup>
C*	129,11 ± 9,75 <sup>a</sup>	132,50 ± 17,76 <sup>a</sup>	121,48 ± 18,56 <sup>a</sup>
S	4,34 x 10 <sup>-6</sup> ± 0,10 <sup>a</sup>	4,27 x 10 <sup>-7</sup> ± 0,13 <sup>a</sup>	5,53 x 10 <sup>-7</sup> ± 0,22 <sup>b</sup>

Os valores médios na mesma linha seguida por alfabetos sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Valores médios ± DP das determinações em triplicata. Concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3). <sup>1</sup> g 100 g<sup>-1</sup>. <sup>2</sup> Kcal 100 g<sup>-1</sup>. <sup>3</sup> μS cm<sup>-1</sup>. CE= Condutividade Elétrica; L\*, a\*, b\* = escala Hunter; h°= ângulo hue, C\*=croma; S= saturação de cor.

### 3.1.1 Composição mineral

Os elementos minerais são importantes para o crescimento, desenvolvimento e preservação dos tecidos corporais e desempenham funções específicas no corpo humano (VIEIRA et al., 2009). As necessidades minerais, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, zinco, ferro e manganês, são relativamente elevadas e a importância da sua inclusão na dieta tem sido discutida nas análises nutricionais (MAIEVES et al., 2015). A relação com elementos inorgânicos foi observada através da presença de quatorze elementos: P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Na, Co, Mo e Cl (TABELA 3), considerados essenciais ao metabolismo de organismos vivos (DE ANGELS, 1997).

O conteúdo do resíduo mineral fixo dos doces em massa do fruto da pupunha variou entre 0,08 e 0,10 g 100 g<sup>-1</sup> (TABELA 1). A caracterização dos micronutrientes foi realizada através da análise de macrominerais (Na, K, Ca, P, Cl, S e Mg) e microminerais (Cu, Fe, Zn e Mn). Entre os macroelementos, o Cl foi o principal elemento mineral nos doces, apresentando os maiores valores (26,00 – 50,00 mg 100 g<sup>-1</sup>, seguido de K (16,00 – 18,00 mg 100 g<sup>-1</sup>). O teor de S não foi alto, variando entre 13,00 – 17,00 g 100 g<sup>-1</sup>, enquanto que Ca apresentou os valores mais baixos (13,00 – 14,00 g 100 g<sup>-1</sup>).

Os microelementos, também chamados de "elementos traços" e "elementos ultratraços", também foram encontrados em concentrações inferiores a 0,1 g 100 g<sup>-1</sup> e incluem um amplo número de compostos com atividade fisiológica. Alguns deles desempenham funções decisivas para manter a saúde humana (PALMER et al., 2008). Em relação aos microelementos, como pode ser observado na Tabela 3, os maiores valores foram obtidos por Fe (0,16 - 0,24 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Zn (0,04 mg 100 g<sup>-1</sup>). Mn e Cu apareceram como microelementos menores, ambos com valor inferior a 0,0004 g 100 g<sup>-1</sup>. As atividades biológicas de Cu, Fe, Zn e Mn, estão fortemente associadas à presença de elétrons não-pareados que permitem sua participação em reações redox (RUIZ-RODRÍGUEZ et al., 2011). Presume-se que estes metais traços desempenham um papel fundamental nos mecanismos de proteção por eliminação de radicais livres. Observou-se correlação positiva entre os minerais com CE, pH e conteúdo de cinzas (R<sup>2</sup> 0,98, 0,99, 0,99, respectivamente). Os minerais do doce em massa do fruto da pupunha estão associados com o conteúdo total de cinzas e acidez, revelando a presença de íons, ácidos orgânicos e proteínas.

Conforme apresentado na Tabela 3, os maiores contribuintes para a ingestão de minerais foram Fe (3,00% da RDA para mulheres) e Cl (2,17% da RDA).

TABELA 2 – CONTRIBUIÇÃO PARA A DIETA RECOMENDADA (RDA PARA HOMENS ♂ E MULHERES ♀ ADULTOS) DE ACORDO COM TRUMBO et al. (2002) DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.

Constituintes	Água		Carboidratos g 100 g <sup>-1</sup>	Fibras Alimentares g 100 g <sup>-1</sup>		Proteínas g 100 g <sup>-1</sup>		P mg 100 g <sup>-1</sup>	K mg 100 g <sup>-1</sup>	Ca mg 100 g <sup>-1</sup>	Mg mg 100 g <sup>-1</sup>		Fe mg 100 g <sup>-1</sup>		Zn mg 100 g <sup>-1</sup>		Cl g dia <sup>-1</sup>
	L			♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀				♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	
	♂	♀	♂					♀	♂	♀							♂
RDA (mínimo)	3,7	2,7	130	38	25	56	46	700	4,7	1000	420	310	8,0	18	11	8	2,30
	L dia <sup>-1</sup>		g 100 g <sup>-1</sup>	g dia <sup>-1</sup>		g dia <sup>-1</sup>		mg dia <sup>-1</sup>	g dia <sup>-1</sup>	mg dia <sup>-1</sup>	mg dia <sup>-1</sup>		mg dia <sup>-1</sup>		mg dia <sup>-1</sup>		g dia <sup>-1</sup>
J1	0,07		18,47	4,72		8,63		3,20	0,018	10,00	2,80		0,16		0,04		0,026
% RDA	1,79	2,45	14,21	12,42	18,88	15,41	18,76	0,46	0,38	1,00	0,66	0,9	2,00	0,89	0,36	0,50	1,13
J2	0,44		40,97	4,25		8,67		2,80	0,017	12,8	3,60		0,24		0,40		0,03
% RDA	1,21	1,65	31,52	11,18	17,00	15,48	18,84	0,40	0,37	1,28	0,85	1,16	3,00	1,33	0,36	0,5	1,30
J3	0,12		70,06	4,10		11,27		3,60	0,016	13,6	4,00		0,20		0,40		0,05
% RDA	0,33	0,46	53,89	10,78	16,40	20,13	24,50	0,51	0,34	1,36	0,95	1,29	2,50	1,11	0,36	0,50	2,17

Concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3).

TABELA 3 – CONTEÚDO MINERAL DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.

Tratamento <sup>1</sup>	J1	J2	J3
P	3,20 ± 0,31 <sup>a</sup>	2,80 ± 0,60 <sup>a</sup>	3,60 ± 0,14 <sup>a</sup>
K	18,00 ± 0,09 <sup>a</sup>	17,20 ± 1,00 <sup>a</sup>	16,00 ± 0,80 <sup>a</sup>
Ca	10,00 ± 0,90 <sup>a</sup>	12,80 ± 0,62 <sup>a</sup>	13,60 ± 0,20 <sup>a</sup>
Mg	2,80 ± 1,00 <sup>a</sup>	3,60 ± 5,00 <sup>a</sup>	4,00 ± 2,30 <sup>a</sup>
S	14,80 ± 2,00 <sup>a</sup>	13,20 ± 1,00 <sup>a</sup>	17,20 ± 1,00 <sup>a</sup>
Fe	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,04 <sup>a</sup>
Mn	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>
Cu	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>a</sup>
Zn	0,04 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>a</sup>
B	0,20 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>
Na	3,60 ± 0,80 <sup>a</sup>	2,80 ± 0,60 <sup>a</sup>	4,00 ± 0,10 <sup>a</sup>
Co	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>
Mo	< 0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,40 ± 0,30 <sup>a</sup>	0,40 ± 0,20 <sup>a</sup>
Cl	26,00 ± 0,07 <sup>a</sup>	30,00 ± 0,13 <sup>b</sup>	50,00 ± 0,32 <sup>b</sup>

Os valores médios na mesma linha seguida por alfabetos sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Valores médios ± DP das determinações em triplicata. Concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3). <sup>1</sup> mg 100 g<sup>-1</sup>.

### 3.2 Propriedades antioxidantes e conteúdo total de fenólicos

Os frutos possuem geralmente uma boa atividade antioxidante, que está ligada aos seus elevados teores de compostos fenólicos. Muitos estudos sugerem que o conteúdo fitoquímico e a atividade antioxidante correspondente das frutas e seus produtos processados contribuem para seu efeito protetor contra doenças crônicas e degenerativas (DJAOUDENE; LOUAILECHE, 2016). Os resultados experimentais obtidos com propriedades antioxidantes são apresentados na Tabela 4. A capacidade antioxidante dos doces em massa diminuiu em 99,25%, 99,29% e 99,35%, em comparação ao fruto *in natura* de 182,45  $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$ . Uma tendência semelhante foi observada com o ensaio DPPH, em que os níveis diminuíram para 96,83%, 96,96% e 97,20% em relação ao fruto *in natura* de 338,22  $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$  (SERAGLIO et al., 2015).

Os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes na dieta humana e são constituintes generalizados de frutas e vegetais (RABABAH et al., 2011). As variações no conteúdo fenólico total durante o armazenamento do doce em massa do fruto da pupunha também são apresentadas na Tabela 4. O total de fenóis (TPC) nos doces em massa variou de 22,467 a 35,623 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>, dentre todas as amostras analisadas.



TABELA 4 – PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E TEOR TOTAL DE POLIFENÓIS EM DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA.

Amostras	FRAP ( $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$ )	DPPH ( $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$ )	TPC (mg GAE 100 $\text{g}^{-1}$ )
J1	1,350 $\pm$ 0,171 <sup>a</sup>	10,722 $\pm$ 1,284 <sup>a</sup>	35,623 $\pm$ 1,740 <sup>a</sup>
J2	1,299 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>	10,293 $\pm$ 1,343 <sup>a</sup>	29,551 $\pm$ 1,194 <sup>b</sup>
J3	1,19 $\pm$ 0,170 <sup>a</sup>	9,451 $\pm$ 1,350 <sup>a</sup>	22,467 $\pm$ 1,123 <sup>c</sup>
Fruto <i>in natura</i>	182,45	338,22	60,61

Os valores médios na mesma coluna seguida por alfabetos sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Valores médios  $\pm$  DP das determinações em triplicata. Concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3).

A concentração de açúcar teve um efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre o teor fenólico total. Com o aumento da concentração de açúcar, os níveis de TPC foram aumentados ( $p < 0,05$ ). Observa-se perdas de 41,78%, 56,91% e 66,31% em J1, J2 e J3, respectivamente, em relação aos frutos *in natura* (60,61 - 65,7 mg GAE 100  $\text{g}^{-1}$ ), conforme também relatado por Contreras et al. (2011). A perda de fenólicos totais durante o processamento de diferentes frutos (morango, framboesa, groselha preta, amora) até as compotas foi relatada anteriormente (PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2007, ŠAVIKIN; ZDUNIC; JANKOVIĆ, 2009). Durante o processamento dos frutos, as estruturas celulares são interrompidas e os frutos se tornam mais propensos à oxidação não enzimática, o que pode ser uma das principais razões para a perda de compostos fenólicos. O processamento pode ter efeitos marcantes no conteúdo fenólico de frutos que podem afetar suas propriedades promotoras de saúde (KIM; PADILLA-ZAKOUR, 2004). A alta degradação de compostos fenólicos pode ser explicada pela aceleração nas reações de condensação e polimerização de compostos fenólicos após a ruptura celular e o aumento da temperatura do fruto combinado com a exposição ao oxigênio (HAKKINEN et al., 2000). Alguns autores relataram que a degradação em frutas pelo processamento do doce em massa é resultado da oxidação indireta por quinonas fenólicas geradas por polifenol oxidase e peroxidase (KADER et al. 1997). Observou-se uma correlação altamente significativa ( $R^2$  0,98, 0,99 e 0,99) entre açúcar total com FRAP, DPPH e TPC, respectivamente.

Em geral, crê-se que vários fatores afetam a estabilidade de compostos

bioativos em frutas e vegetais durante a preparação, processamento e armazenamento. Para a produção de geléia e doce em massa, os principais efeitos são devido à temperatura de cozimento, pH e concentração de açúcar (LICCIARDELLO; MURATORE, 2011). Como esperado, o grau de degradação dos compostos bioativos foi elevado; portanto, nenhuma das amostras de doce em massa pode ser considerada como uma boa fonte de antioxidantes e fenóis.

### 3.3 Parâmetros de cor

A análise de cor é um processo utilizado para monitorar alimentos e bebidas, a fim de desenvolver sabor, textura e aparência ideais (CHUNG et al., 2016). Portanto, é importante manter a cor do doce em massa durante a produção e armazenamento, a fim de facilitar a percepção dos consumidores sobre as características do fruto. A cor do doce em massa é ilustrada na Figura 1. As coordenadas de CieLab medidas para os três doces preparados (TABELA 1) mostram que as amostras tinham ângulos *hue* ( $h^\circ$ ) variando entre 73,14 e 86,85 para J2 e J3, respectivamente. A cor perceptível do doce em massa do fruto da pupunha depende da quantidade relativa de cor vermelha e amarela, que é expressa como um ângulo *hue* (REIN; HEINONEN, 2004).  $h^\circ$  descreve a cor como  $0^\circ/360^\circ$  para o vermelho-roxo,  $90^\circ$  para o amarelo,  $180^\circ$  para o verde e  $270^\circ$  para o azul.  $h^\circ$  aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) à medida que o valor da concentração de açúcar aumentou (TABELA 2). O aumento nos valores  $h^\circ$  indica um desenvolvimento de cor mais amarela. J1 e J2 ( $h = 79,23^\circ$  e  $73,14^\circ$ , respectivamente) estavam mais vermelhos do que J3 ( $h = 86,85^\circ$ ). O valor de croma ( $C^*$ ) descreve a saturação ou intensidade de cor (os valores altos são mais nítidos). Os valores  $C^*$  das amostras de doce em massa do fruto da pupunha são apresentados na Tabela 1. Pequenas alterações ocorreram nos valores de  $C^*$  de amostras com diferentes concentrações de açúcar. Isto era esperado porque o aumento da concentração de pigmento não aumenta normalmente o valor de  $C^*$ . Conforme descrito por Wrolstad, Durst e Lee (2005), uma cor rosa e vermelha escura podem ter valores  $C^*$  idênticos. Alta correlação foi encontrada entre o valor de  $h^\circ$  e  $C^*$  ( $R^2 0,98$ ).

O valor  $L^*$  está relacionado à aparência das amostras dos doces em massa. A adição de açúcar resultou em um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos valores de  $L^*$  (73,14-86,85). As formulações J1 e J2 apresentaram cor mais escura do que J3, por

possuírem  $L^*$  inferior. A luminosidade ( $L^*$ ) e a saturação ( $S = 5,53 \times 10^{-7}$ ) de J3 indicam que esta amostra era mais brilhante em cor do que os outros doces em massa. Alta correlação foi encontrada entre o valor de  $h^\circ$  e  $L^*$  ( $R^2$  0,98). Isso pode ser atribuído ao escurecimento enzimático ou não enzimático (reações de Maillard), (MONSALVE-GONZALEZ et al., 2006). De fato, a presença de uma maior quantidade de açúcares redutores após a inversão da sacarose durante o cozimento e/ou pH mais elevado poderia contribuir para estas reações de escurecimento (BORGES et al., 2011). O parâmetro de cor  $a^*$  só foi afetado pela relação de açúcar, aumentando com um aumento na razão, provavelmente devido a reações hidrolíticas dos açúcares ou substâncias pecticas devido ao longo tempo de cozimento acompanhado de reações de escurecimento ou um aumento na intensidade da cor vermelha (caramelização do açúcar ou oxidação do pigmento entre outros) (DERVISI; LAMB; ZABETAKIS, 2001). Garcia-Viguera et al. (1999), em seus estudos sobre a influência do processamento na cor da geléia de morango, mostrou que houve uma relação direta entre o aumento do tempo de cozimento e a temperatura na degradação da antocianina, o pigmento responsável pela cor vermelha do morango. Sato et al. (2006), trabalhando com goiabas em xarope, também relataram que altas temperaturas podem isomerizar e oxidar os carotenoides presentes no fruto, reduzindo sua característica cor vermelha.

### 3.4 Propriedades reológicas

A avaliação dos doces em massa do fruto da pupunha quanto ao comportamento reológico é importante principalmente para dois pontos de vista: a percepção dos consumidores (em abordagens sensoriais), e também pela aplicação na indústria. O comportamento reológico dos doces em massa foi realizado entre 20 e 60 °C. Na Figura 3 é apresentado as curvas de fluxo para os doces em massa analisados a diferentes temperaturas ajustadas aos modelos Ostwald-de Waele (OW) e Casson (CA), e na Figura 4 é mostrado a evolução da viscosidade aparente ( $\eta$ ) com uma taxa de cisalhamento crescente. Na Tabela 5 mostra-se a energia de ativação calculada ( $E_a$ ), e também a viscosidade aparente a diferentes temperaturas, e na Tabela 6 é apresentado os parâmetros reológicos dos três doces em massa ajustados aos modelos OW e CA.

Na gama de temperaturas estudadas, a viscosidade variou de 8974,09 mPa.s

a 68889,30 mPa.s (TABELA 5) e, como esperado, um aumento da temperatura induziu a viscosidade do doce em massa. A amostra J3 apresentou maior viscosidade quando comparada com J1 e J2. Ficou claro, a partir das Figuras 3 e 4, que os doces em massa apresentaram um comportamento de fluido pseudoplástico e que os modelos de OW e CA descreveram adequadamente o seu comportamento reológico. Além disso, a viscosidade aparente diminuiu com uma taxa de cisalhamento crescente confirmando o comportamento não-Newtoniano das amostras de doces em massa ( $n < 1$ ). Resultados semelhantes foram observados para doces em massa de manga com baixo teor calórico produzidos pela adição de sorbitol (BASU; SHIVHARE, 2013).

É bem conhecido que a temperatura é um dos parâmetros mais importantes que têm um efeito na viscosidade, uma vez que é uma função da temperatura e também da concentração de sólidos dissolvidos. Portanto, a dependência da temperatura na viscosidade das amostras de doces em massa foi modelada por uma equação do tipo Arrhenius (Equação 6) com  $R^2 \geq 0,933$  (TABELA 5). A Figura 3 representa a dependência da viscosidade ( $\eta$ ) em função da temperatura ( $T$ ) e o ajuste do modelo de Arrhenius aos dados experimentais. Quando ajustada à equação de Arrhenius, uma maior energia de ativação ( $E_a$ ) encontrada indica maior sensibilidade da viscosidade da amostra quando a temperatura é modificada. A amostra J1 apresentou a maior  $E_a$  (19,87 kJ mol<sup>-1</sup>) sendo, portanto, a amostra com maior variação de viscosidade em função de mudanças de temperatura. É importante notar que J1 e J3 apresentaram  $E_a$  similar, sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), enquanto J2 foi o doce em massa que apresentou menores valores para  $E_a$  (11,24 kJ mol<sup>-1</sup>), apresentando menores alterações de viscosidade com aumento de temperatura em comparação com os demais formulações.

Também é possível observar que a relação entre  $\log \eta$  e  $1/T$  é essencialmente linear para as três amostras em todas as temperaturas (FIGURA 5); no entanto, para a amostra J3 houve um desvio deste comportamento ocorrendo a 60 °C; isto é, os valores de viscosidade foram superiores aos esperados seguindo a tendência observada nas outras temperaturas. As diferenças nos valores de  $E_a$  podem ser referidas ao fenômeno de formação de estrutura de pasta de acordo com o nível de açúcar adicionado (BASU; SHIVHARE, 2013). Na Figura 6 é apresentado a evolução dos parâmetros de Ostwald-de Waele  $n$  (índice de comportamento de fluxo - adimensional) e  $K$  (coeficiente de consistência - mPa.s <sup>$n$</sup> ) (FIGURAS 6A e B,

respectivamente), além de Casson  $\sigma_{0C}$  - mPa, FIGURA 6C) nas temperaturas testadas (20-60 °C) para os três doces em massa (J1, J2 e J3). Os dados experimentais encaixam em dois modelos (TABELA 5). Eles foram analisados pela primeira vez pelo modelo OW e apresentaram um bom ajuste ( $R^2$  entre 0,88-0,99;  $\chi^2$  entre 0,15 e 5,69). É possível visualizar na Figura 6A que as três amostras apresentaram comportamento não-Newtoniano ( $n < 1$ ) em toda a faixa de temperatura. A amostra J2 apresentou diminuição nos valores de  $n$  com o aumento da temperatura, enquanto J1 e J3 apresentaram comportamento contrário, aumentando  $n$  com aumento de temperatura. De acordo com a viscosidade aparente, como esperado, os valores de  $K$  (FIGURA 6B) foram maiores para a amostra J3 (entre 33,10 - 67,11), por apresentar a maior porcentagem de açúcar, revelando esta amostra como a mais consistente.

Além disso, para as três amostras foi observada uma tendência para diminuir os valores de  $K$  com um aumento nos valores de  $T$ . Utilizando o modelo de CA, os dados foram adequadamente ajustados (TABELA 6), apresentando valores de  $R^2$  variando de 0,75 a 0,97 e valores de  $\chi^2$  variando de 0,97 a 18,93, bem como valores positivos para  $\sigma_{0C}$  (1,62 - 5,04 mPa). É importante observar que a tensão inicial de Casson ( $\sigma_{0C}$ ) tende a diminuir com um aumento de  $T$  (FIGURA 6C), exceto para a amostra J3, que apresenta um aumento de  $\sigma_{0C}$  após 50 °C. No entanto, esta influência da temperatura sobre  $\sigma_{0C}$  não foi grande, uma vez que as amostras apresentaram pequenas alterações nos seus valores.

Além disso, como também predito pelo modelo de OW, na Tabela 6 observa-se que o coeficiente de consistência CA ( $K_C$ ) foi maior para a amostra J3 (3,01) e menor para J1 (1,29), os mesmos que tiveram os valores  $\eta$  mais altos e mais baixos. É importante enfatizar que a tensão inicial é rotineiramente medido e usado na indústria de alimentos não apenas para cálculos básicos de processo e práticas industriais, mas também como um teste para índices sensoriais e de qualidade. Além disso, a aplicação de modelos sempre representa uma boa maneira de entender melhor a natureza dos alimentos (RAO, 2014) e medir o limite de elasticidade ou viscosidade provou ser essencial para projetar com precisão sistemas de processamento de alimentos como os requeridos em equipamentos tubulares de processamento térmico onde o fluido velocidade são críticos (STEFFE, 1996).

FIGURA 3 – CURVAS DE FLUXO A TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA CONTENDO 30% (J1), 50% (J2) E 70% (J3) DE AÇÚCAR. AS CURVAS DE FLUXO FORAM AJUSTADAS AOS MODELOS DE OSTWALD-DE WAELE (LINHA CONTÍNUA) E CASSON (LINHA DE TRAÇO).

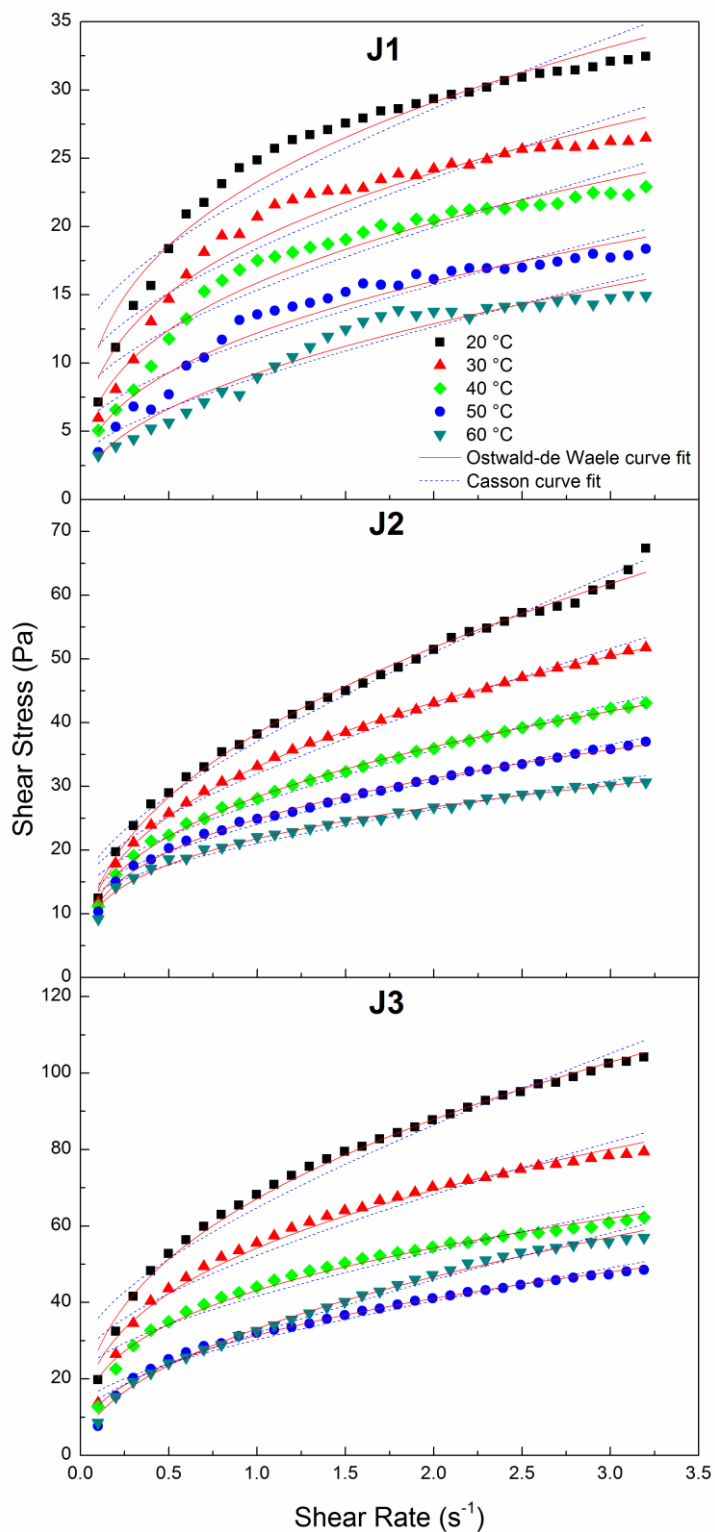


FIGURA 4 – CURVAS DE EVOLUÇÃO DA VISCOSIDADE PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA EM TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C.

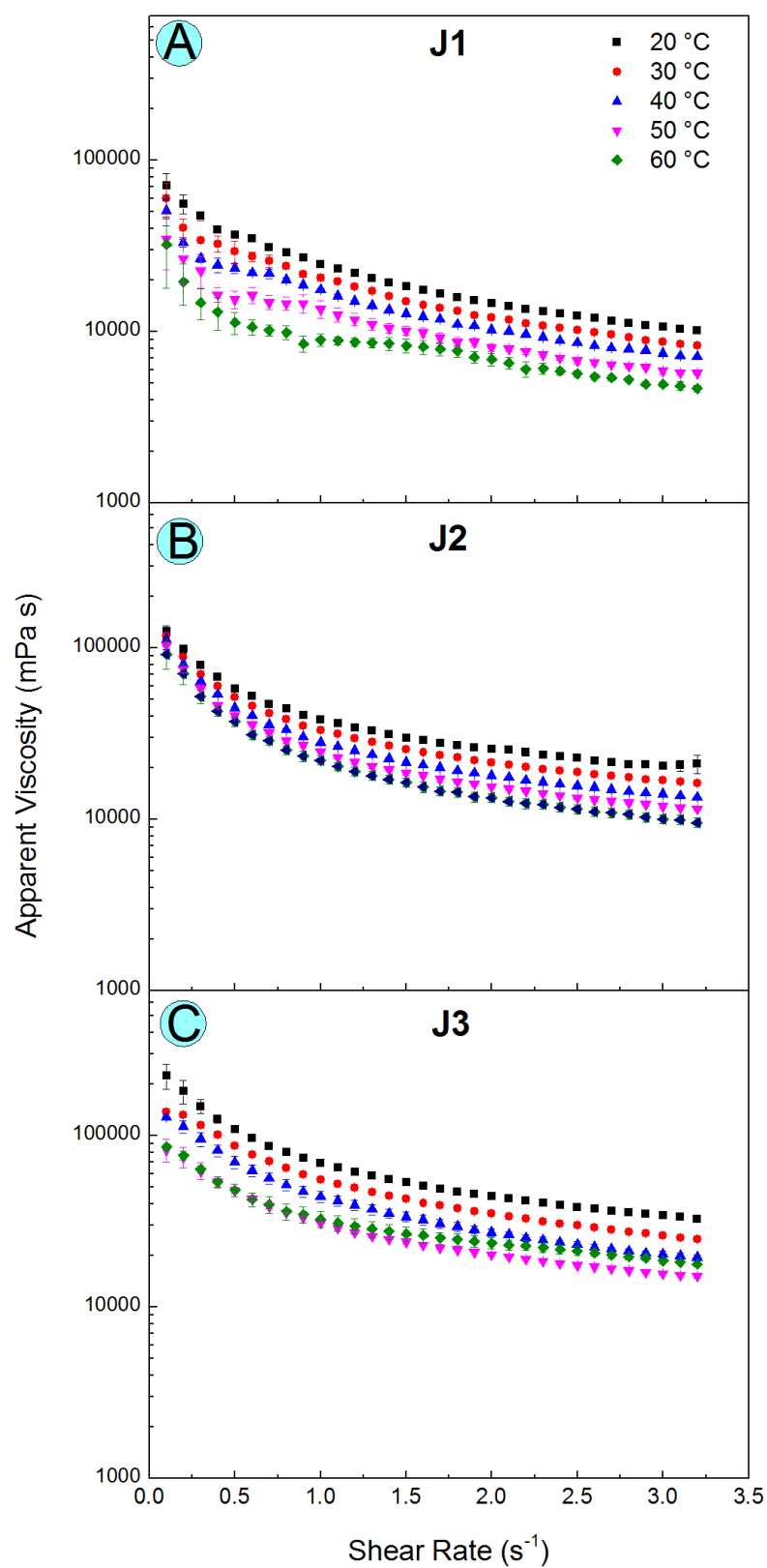


TABELA 5 – COMPARAÇÃO ENTRE A ENERGIA DE ATIVAÇÃO ( $E_a$ ) E A VISCOSIDADE APARENTE À TAXA DE CISALHAMENTO DE  $1,0 \text{ s}^{-1}$  DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA, EM DIFERENTES TEMPERATURAS.

Amostra	$E_a$ (kJ mol <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	$R^2$	Viscosidade aparente (mPas) <sup>2</sup>				
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
J1	19,87 ± 2,10 <sup>a</sup>	0,9461	24863,49 ± 223,96 <sup>Ac</sup>	20693,18 ± 895,85 <sup>Bc</sup>	17525,86 ± 447,93 <sup>Bc</sup>	13566,71 ± 1567,75 <sup>Cc</sup>	8974,09 ± 746,55 <sup>Dc</sup>
J2	11,24 ± 1,40 <sup>b</sup>	0,9984	38166,26 ± 671,89 <sup>Ab</sup>	33151,33 ± 44793 <sup>Bb</sup>	28083,61 ± 298,62 <sup>Cb</sup>	24916,28 ± 746,55 <sup>Db</sup>	22065,69 ± 1343,78 <sup>Db</sup>
J3	17,04 ± 21,7 <sup>ab</sup>	0,9331	68889,30 ± 970,51 <sup>Aa</sup>	55586,54 ± 1418,44 <sup>Ba</sup>	44025,81 ± 3284,80 <sup>Ca</sup>	30924,60 ± 162,88 <sup>Da</sup>	32623,44 ± 3583,42 <sup>Da</sup>

<sup>1</sup>Diferentes letras minúsculas significam diferenças significativas (HSD de Tukey,  $p < 0,05$ ). <sup>2</sup>Médias com letras maiúsculas diferentes são significativamente diferentes em cada linha, enquanto letras minúsculas diferentes significam diferenças significativas em cada coluna (HSD de Tukey,  $p < 0,05$ ).

FIGURA 5 – VISCOSIDADES DEPENDENTE DA TEMPERATURA E ADAPTAÇÃO DO MODELO AOS DADOS EXPERIMENTAIS PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA OS DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA EM 293,15; 303,15; 313,15; 323,15 E 333,15 K.

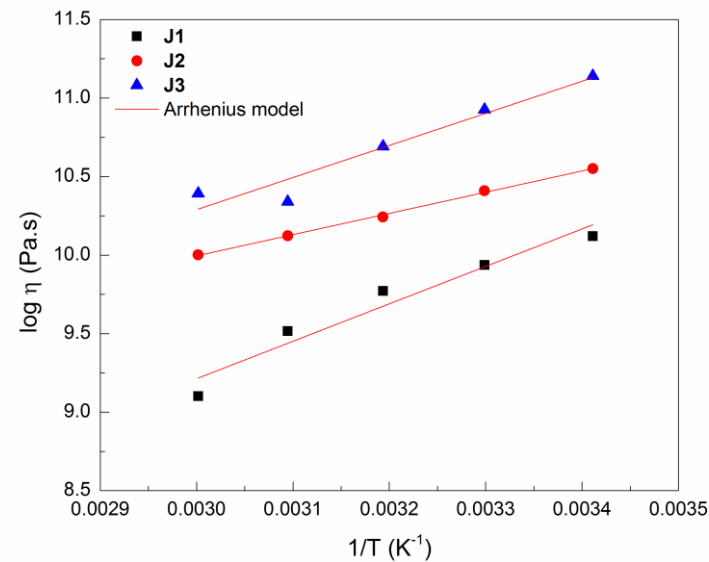




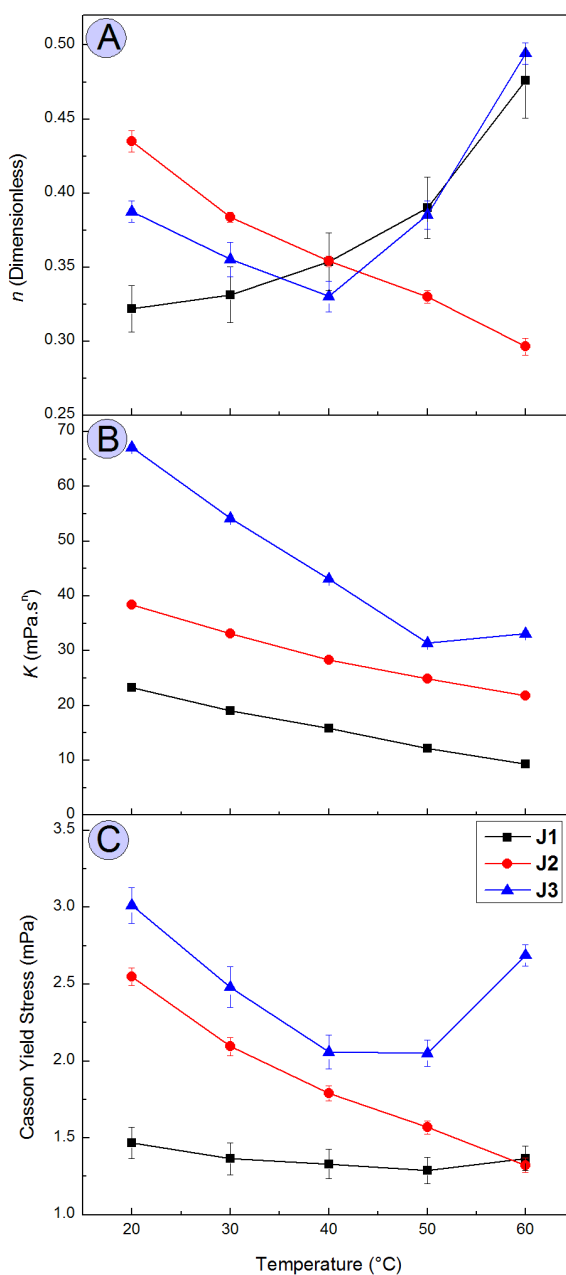
TABELA 6 – PARÂMETROS REOLÓGICOS AJUSTADOS AOS MODELOS OSTWALD-DE WAELE E CASSON PARA DOCE EM MASSA DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth) COM 30 (J1), 50 (J2) OU 70% (J3) (P/P) DE AÇÚCAR.

Modelo	Amostra	Temperatura (°C)	Parametros			
			$K$ (mPa.s <sup>n</sup> )	$n$	$R^2$	$\chi^2$
Ostwald-de Waele	J1	20	23,2848 ± 0,2987	0,3219 ± 0,0155	0,909849	1,9431
		30	19,0349 ± 0,2937	0,3314 ± 0,0187	0,881984	1,8594
		40	15,8788 ± 0,2555	0,3536 ± 0,0195	0,888853	1,3756
		50	12,2102 ± 0,2103	0,3902 ± 0,0208	0,898249	0,8977
		60	9,2636 ± 0,1986	0,4761 ± 0,0256	0,900753	0,7390
	J2	20	38,3372 ± 0,2286	0,4350 ± 0,0072	0,989189	1,0162
		30	33,0808 ± 0,0932	0,3839 ± 0,0034	0,996743	0,1775
		40	28,3348 ± 0,0861	0,3539 ± 0,0037	0,995385	0,1561
		50	24,8678 ± 0,0868	0,3300 ± 0,0042	0,992833	0,1626
		60	21,7855 ± 0,1010	0,2963 ± 0,0056	0,983965	0,2283
	J3	20	67,1093 ± 0,3988	0,3875 ± 0,0072	0,986267	3,2373
		30	54,1885 ± 0,5203	0,3552 ± 0,0116	0,957717	5,6940
		40	43,1035 ± 0,3697	0,3303 ± 0,0104	0,959675	2,9506
		50	31,3822 ± 0,2472	0,3853 ± 0,0095	0,975848	1,2466
		60	33,1022 ± 0,1971	0,4943 ± 0,0071	0,992255	0,7171
Casson	J1		$\sigma_0$ (mPa) <sup>1/2</sup>	$K_c$ (Pa.s) <sup>1/2</sup>	$R^2$	$\chi^2$
		20	3,2779 ± 0,1394	1,4680 ± 0,1024	0,7798	4,9252
		30	2,9259 ± 0,1413	1,3645 ± 0,1036	0,7484	4,1219
		40	2,5862 ± 0,1319	1,3309 ± 0,0964	0,7687	2,9635
		50	2,1447 ± 0,1196	1,2889 ± 0,0869	0,7971	1,8419
		60	1,6252 ± 0,1122	1,3681 ± 0,0805	0,8431	1,1868
	J2	20	3,5396 ± 0,0806	2,5494 ± 0,0581	0,9727	2,5763
		30	3,5596 ± 0,0800	2,0944 ± 0,0582	0,9594	2,2393
		40	3,4426 ± 0,0667	1,7907 ± 0,0487	0,9605	1,3493
		50	3,3355 ± 0,0602	1,5680 ± 0,0442	0,9573	0,9773
		60	3,2703 ± 0,0636	1,3213 ± 0,0469	0,9328	0,9689
	J3	20	5,0386 ± 0,1586	3,0119 ± 0,1152	0,9256	17,8126
		30	4,7537 ± 0,1806	2,4808 ± 0,1319	0,8629	18,9276

40	$4,3973 \pm 0,1498$	$2,0579 \pm 0,1098$	0,8605	10,4814
50	$3,4540 \pm 0,1183$	$2,0503 \pm 0,0860$	0,9117	4,6356
60	$2,9741 \pm 0,0951$	$2,6879 \pm 0,0681$	0,9675	3,0285

Nota:  $K$  = coeficiente de consistência;  $n$  = índice de comportamento do fluxo (sem dimensão);  $\sigma_0$  = tensão inicial de Casson;  $K_c$  = viscosidade plástico de Casson;  $R^2$  = coeficiente de determinação;  $\chi^2$  = qui-quadrado.

FIGURA 6 – EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE COMPORTAMENTO DE FLUXO ADIMENSIONAL  $n$  (A) E DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA  $K$  (B) DO MODELO DE OSTWALD-DE WAELE E DA TENSÃO INICIAL DE CASSON  $\Sigma$  (C) PARA DOCES EM MASSA DE FRUTO DA PUPUNHA A TEMPERATURAS VARIANDO DE 20 A 60 °C.



### 3.5 Estabilidade microbiológica

Ferreira et al. (2004) analisaram 18 marcas de doces em massa comercializadas no mercado português e quatro delas apresentaram resultados acima dos níveis esperados para os parâmetros investigados. Nesse estudo, após 6 meses de armazenamento à temperatura ambiente, todos os doces em massa investigados estiveram microbiologicamente adequados (TABELA 7) de acordo com a legislação da RDC número 12, ANVISA (BRASIL, 2001). Uma vez que coliformes, *Salmonella* e *E. coli* são os agentes causadores de doenças nocivas, a sua presença nas amostras foi verificada. Nas amostras de doce em massa, não foram encontrados nem coliformes totais, nem *Salmonella* e *E. coli*. Este resultado indica boas práticas de manipulação e binômio tempo-temperatura adequados durante o processamento e armazenamento dos produtos.

TABELA 7 – QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA APÓS 6 MESES DE ARMAZENAMENTO.

Teste	Valor de referência	J1	J2	J3
<i>Salmonella</i> (10 g ou 10 mL)	n.p	n.d	n.d	n.d
<i>Escherichia coli</i> (1 g ou 1 mL)	n.p	n.d	n.d	n.d
Coliformes totais (1 g ou 1 mL)	Acima de 10 <sup>2</sup> UFC	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>

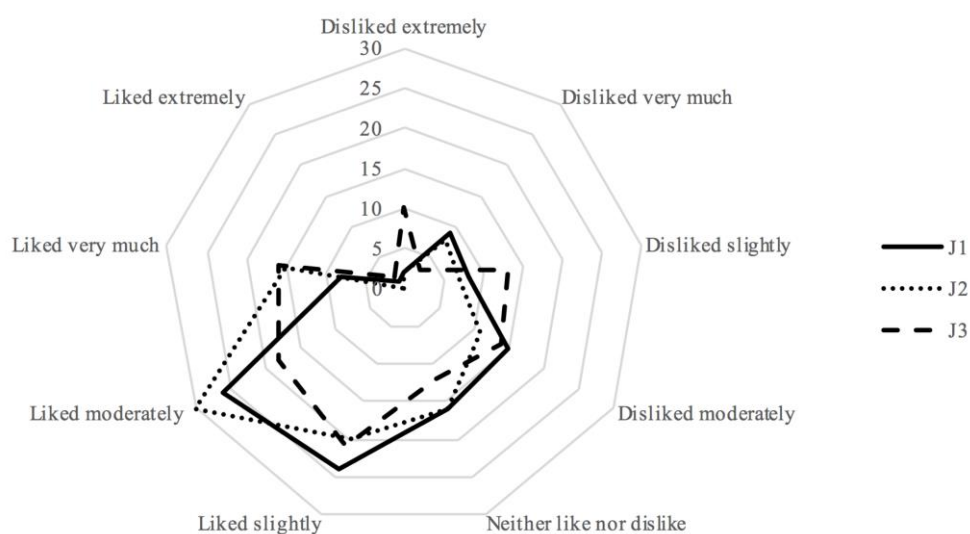
Nota: n.p não permitido; n.d não detectado. Concentração de açúcar (30% - J1, 50% - J2 e 70% - J3).

### 3.6 Avaliação sensorial

Em termos de avaliação global (FIGURA 7), todos os doces em massa apresentaram um perfil sensorial quase totalmente situado na região de aceitação, na qual J2 apresentou maior preferência sensorial na categoria “gostei moderadamente” (7 - pontuação). No teste de intenção de compra, J1 e J2 receberam uma pontuação média de 3, enquanto J3, recebeu uma pontuação média de 2 pontos, correspondendo a uma classificação entre “poderia comprar/poderia não comprar e “possivelmente compraria”, respectivamente. Correlacionando-se com esses dados, verifica-se que o uso da fruta da pupunha como ingrediente para a produção de doces em massa contribuiu positivamente para a qualidade sensorial de um produto final. Além disso, este novo produto agrega valor ao fruto e torna os nutrientes disponíveis por um longo período de tempo (LEVAJ et al., 2010), como

também foi observado após a elaboração de geleia de jambolão (LAGO et al., 2006). Os resultados revelaram boas perspectivas na ampliação da aplicação de frutas nativas na indústria de alimentos.

FIGURA 7 – DIAGRAMA DA FREQUÊNCIA DOS VALORES HEDÔNICOS EM RELAÇÃO À AVALIAÇÃO GLOBAL DOS DOCES EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA; 9 = GOSTEI EXTREMAMENTE, 5 = NEM GOSTEI NEM DESGOSTEI, 1 = DESGOSTEI EXTREMAMENTE.



#### 4 CONCLUSÃO

Os doces em massa resultaram em um produto homogeneizado de qualidade superior, com qualidades físico-químicas e sensoriais adequadas, expandindo a utilização dos frutos da pupunha, agregando valor à espécie. A degradação dos fenólicos totais ocorre devido ao processamento do doce em massa. A análise sensorial e a avaliação da intenção de compra indicaram que as melhores formulações foram aquelas obtidas a partir de concentrações de açúcares baixos e médios, para as quais as pontuações para todos os atributos foram encontradas em “possivelmente compraria” e “poderia comprar/poderia não comprar”. Os doces em massa se comportaram como fluidos pseudoplásticos e os modelos de Ostwald-de Waele (OW) e Casson (CA) descreveram adequadamente o comportamento reológico em estado estacionário, exibindo tensão inicial de acordo com o modelo de

CA. Os doces testados foram consideradas microbiologicamente seguros durante o período de armazenamento assim, este fruto constitui uma nova opção para as empresas agrícolas que procuram manter e expandir o mercado da pupunha.

## 5 REFERENCIAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (United States of America). **Official method of analysis of AOAC international**. 16. ed. Arlington, v. 1, 1998.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist (United States of America). **Official Methods of AOAC International**. Maryland: AOAC International, 2005.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist (United States of America). **Official methods of analysis of the AOAC**. Maryland: AOAC International, 2010.
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Food Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 34-38, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400007>
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC no 12, de 24 de Julho de 1978. Disponível em:<[http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12\\_78.pdf](http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12_78.pdf)> Acessado em: 22 set. 2017.
- BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.  
<https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- BASU, S.; SHIVHARE, U. S. Rheological, textural, microstructural, and sensory properties of sorbitol-substituted mango jam. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, n. 6, p. 1401-1413, 2013.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-012-0795-8>
- BATAGIN-PIOTTO, K. D.; ALMEIDA, C. V. D. E.; PIOTTO, F. A.; ALMEIDA, M. D. E. Anatomical analysis of peach palm (*Bactris gasipaes*) leaves cultivated in vitro, ex vitro and in vivo. **Brazilian Journal of Botany** v. 35, n. 1, p. 71-78, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042012000100008>
- BERNAT, N.; CHÁFER, M.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, J.; CHIRALT, A; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 488-496, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.045>
- BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H. **Processo de produção de doce em massa do fruto da pupunha,**

- BR102015026820 3, 2015.
- BORGES, S. V.; VALENTE, W. A.; FIGUEIREDO, L. P.; DIAS, M. V.; PEREIRA, P. P.; PEREIRA, A. G. T.; CLEMENTE, P. R. Quality evaluation of banana skin extract jellies. **Food Science and Technology International**, v. 17, n., 2, p. 177-83, 2011.  
<https://doi.org/10.1177/1082013210381945>
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.  
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2 de janeiro de 2001.
- CANTU-JUNGLES, T. M.; CIPRIANI, T. R.; IACOMINI, M.; HAMAKER, B. R.; CORDEIRO, L. M. A pectic polysaccharide from peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) and its fermentation profile by the human gut microbiota in vitro. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 9, n. 1, 1-6, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2016.11.005>
- CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A. M.; FARIAS NETO, J. T. Physical and chemical characteristics of peach palm fruits in the state of Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300013>
- CHUNG, C.; ROJANASASITHARA, T.; MUTILANGI, W; MCCLEMENTS, D. J. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum Arabic addition. **Food Chemistry**, v. 201, n., p. 15, 14-22, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>
- CLEMENT, C. R. Peach palm (*Bactris gasipaes*). In: JANICK, J.; PAUL, R. E. (eds.). **The encyclopedia of fruit and nuts**. CABI Publishing, Wallingford, 2008, 93-101 p.
- CONTRERAS, J.; CALDERÓN, L.; GUERRA, E.; GARCÍA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- COSTELL, E.; CARBONELL, E.; DURAN, L. Rheological indexes of fruit content in jams – effect of formulation on flow plasticity of sheared strawberry and peach jams. **Journal of Texture Studies**, v. 24, n. 4, p. 375-390, 1993.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.1993.tb00049.x>
- DE ALWIS, A. A. P.; HALDEN, K.; FRYER, J. P. Shape and conductivity effects in the ohmic heating of foods. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 67, n. 1, p. 159-

- 168, 1989.
- DE ANGELS, R. C. **Fisiologia da nutrição: fundamentos para nutrição e para desnutrição**. São Paulo: EDASRT, 1977.
- DERVISI, P.; LAMB, J.; ZABETAKIS, I. High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. **Food Chemistry**, v. 73, n. 1, p. 85-91, 2001.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00289-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00289-2)
- DJAOUDENE, O.; LOUAILECHE, H. Impact of storage conditions on the bioactive compounds and antioxidant capacity of commercial orange jam. **Journal of Analytical, Bioanalytical and Separation Techniques**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2016.
- EMBRAPA. (1997). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, Brazil. 212 p.
- EMBRAPA. (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conservas caseiras de frutas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 54 p.
- FAIRCHILD, M. D. **Color Appearance Models**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2013. 472 p.
- FIORDA, F. A.; PEREIRA, G. V. M.; THOMAZ-SOCCOL, V.; RAKSHIT, S. K.; SOCCOL, C. R. Evaluation of a potentially probiotic non-dairy beverage developed with honey and kefir grains: Fermentation kinetics and storage study. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 8, p. 1-10, 2016.  
<https://doi.org/10.1177/1082013216646491>
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Food Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200025>
- FLORES-MARTÍNEZ, H.; LEÓN-CAMPOS, C.; ESTARRÓN-ESPINOSA, M.; OROZCO-ÁVILA, I. Process optimization for the extraction of antioxidants from Mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK) by the response surface methodology (RSM) approach. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 773-785, 2016.
- GÁMBARO, A.; MIRABALLES, M.; PURTSCHER, I.; DEANDRÉIS, I.; MARTÍNEZ, M. Acceptability of *Aloysia citriodora*-supplemented peach jams. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 1, p. 64-71, 2013.  
<https://doi.org/10.1177/1082013213513030>
- GARCIA-VIGUERA, C.; ZAFRILLA, P.; ROMERO, F.; ABELLÁN, P.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. **Journal of Food Science** v. 64, n. 2, p. 243-247, 1999.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15874.x>
- HAKKINEN, S. H., KARENlampi, S. O., MYKKANEN, H. M.; TORRONEN, A. R. Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. **Journal of**

- Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2960-2965, 2000.  
<https://doi.org/10.1021/jf991274c>
- HALDEN, K, de ALWIS, A. A. P., FRYER, P. J. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 9-25, 1990.
- HERNÁNDEZ-UGALDE, J. A., MORA-URPÍ, J.; ROCHA, O. J. Genetic relationships among wild and cultivated populations of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae): Evidence for multiple independent domestication events. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 4, p. 571-583, 2011.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-010-9600-6>
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2006.
- LAGO, E. S; GOMES, E.; DA-SILVA, R. Produção de geléia de jabolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000400021>
- LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIM, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G. V.; GOMES, E.; DA SILVA, R. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel 'cajá-manga' (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 31, n. 2, p. 398-405, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200018>
- LEVAJ, B.; BUNIĆ, N.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V.; KOVAČEVIĆ, D. B. Gel strength and sensory attributes of fig (*Ficus carica*) jams and preserves as influenced by ripeness. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 2, p. 120-124, 2010.  
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01474.x>
- KIM, D-O.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. 395-400, 2004.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09956.x>
- KULCHETSCKI, L.; CHAIMSOHN, F. P.; GARDINGO, J. R. **Palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): a espécie, cultura, manejo agrônômico, usos e processamentos**. Ponta Grossa: UEPG, 2001. 148p.
- LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDOÑO, A. M.; ROJAS, M. G.; BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. B. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 9, p. 1505-1512, 2005.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2146>



- KADER, F.; ROVEL, B.; GIRARDIN, M.; METCHE, M. Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 74, n. 1, p. 31-34, 1997.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199705\)74:1<31::AID-JSFA764>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199705)74:1<31::AID-JSFA764>3.0.CO;2-9)
- KVIKLIENE, N.; KVIKLYS, D.; VIŠKELIS, P. Change in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar (Auksis). **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**, v. 14, n. 2, 195-202, 2006.
- LICCIARDELLO, F.; MURATORE, G. Effect of temperature and some added compounds on the stability of blood orange marmalade. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 1094-1100, 2011.  
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02335.x>.
- MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H.; MORALES, P.; SÁNCHEZ-MATA, M. C. Evolution of the nutritional composition of *Hovenia dulcis* Thunb. pseudofruit during the maturation process. **Fruits**, v. 70, n. 3, p. 181-187, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2015011>
- MATISSEK, R.; SCHENEPEL, F. M.; STEINER, G. **Analisis de los Alimentos: Fundamentos, metodos, aplicaciones**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1998. 430p.
- MEDEIROS, R. M.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris gasipaes kunth*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Nova Iorque: CRC Press, 1999, 464 p.
- MIGUEL, A. C. A. M., ALBERTINI, S., BEGIATO, G. F., DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 733-737, 2008.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.  
<https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- MONSALVE-GONZALEZ, A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; CAVALIERI, R. P.; MCEVILY, A. J.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-Hexylresorcinol as Anti-Browning Agent. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 797-800, 2006.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09361.x>

- NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F. Produção de pupunheira (*Bactris gasipaes*) para palmito sob diferentes espaçamentos, no Litoral do Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 87-95, 2008.
- ORTIZ-ZARAMA, M. A.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; LOURENÇO, R. V.; AMARAL-SOBRAL, P. J.; SOLORZA-FERIA, J. Rheological characterization of solutions of gelatin with bentonite and tannic acid. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 819-830, 2016.
- PALMER, J.; VENKATESWARAN, V.; FLESHNER, N. E.; KLOTZ, L. H.; COX, M. E. The impact of diet and micronutrient supplements on the expression of neuroendocrine markers in murine Lady transgenic prostate. **Prostate**, v. 68, n. 4, p. 345-353, 2008.  
<https://doi.org/10.1002/pros.20692>
- PINTO M. S.; LAJOLO F. M.; GENOVESE M. I. Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 3, p. 127-131.  
<https://doi.org/10.1007/s11130-007-0052-x>
- RABABAH ,T. M.; AL-MAHASNEH, M. A.; KILANI, I.; YANG, W.; EREIFEJ, K.; AL-U'DATT, M. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 6, p. 1096-1102, 2011.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>.
- RAO, M. A. **Rheology of fluids and semisolids: principles and applications**. Berlim: Springer, 1999. 482 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7>
- RAO, M. A. **Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods**. Nova Deli: Springer, 2014. 461 p. [10.1007/978-1-4614-9230-6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9230-6)
- REIN, M. J.; HEINONEN, R. Stability and enhancement of berry juice color. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n. 10, 3106-3114, 2004.
- ROJAS-GARBANZO, C., PÉREZ, A. M., BUSTOS-CARMONA, J.; VAILLANT, F. Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2377-2384, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.045>
- RUIZ-RODRÍGUEZ, B. M.; MORALES, P.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; SÁNCHEZ-MATA, M.; CÁMARA, M.; DÍEZ-MARQUÉS, C.; PARDO-DE-SANTAYANA, M.; MOLINA, M.; TARDÍO, J. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. **Food Research International** v. 44, n. 5, p. 1244-1253, 2011.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.015>
- SASTRY, S. K. Mathematical modeling and experimental studies on ohmic heating of liquid-particle mixtures in a static heater. **Journal of Food Process Engineering**, v. 15, n. 4, p. 241-261, 1992.
- <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1992.tb00155.x>
- SATO, A. C. K., SANJINEZ-ARGANDONA, E. J.; CUNHA, R. L. The effect of addition of calcium and processing temperature on the quality of guava in syrup. **International Journal of Food Science and Technology** v. 41, n. 4, p. 417-424, 2006.
- <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01088.x>
- ŠAVIKIN, K.; ZDUNIĆ, G.; JANKOVIĆ, T.; TASIĆ, S.; MENKOVIĆ, N.; STEVIĆ, T.; DORDEVIĆ, B. Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 212–217, 2009.
- <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0123-2>
- SELVAMUTHUKUMARAN, M.; KHANUM, F.; BAWA, A. S. Development of sea buckthorn mixed fruit jelly. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, n. 4, p. 403-410, 2007.
- <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01233.x>
- SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; HELM, C. V.; NEHRING, P.; OLIVO, I. S.; FETT, R. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 1, p. 1-8, 2015.
- STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418 p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 2010. 624 p.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture** v. 16, n. 1, p. 144-158, 1965.
- SOTO-CABALLERO, M. C.; VADEZ-FRAGOSO, A.; SALINAS-LOPEZ, A. N.; WELTI-CHANES, J.; VERARDO, V.; MÚJICA-PAZ, H. Rheological parameters of xanthan gum pectin solutions as a function of temperature and composition. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 859-868, 2016.
- STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. Academic Press, 2004. 377 p.
- TIRADO-GALLEGOS, J. M.; ZAMUDIO-FLORES, P. B.; ORNELAS-PAZ, J. J.; RIOS-VELASCO, C.; ACOSTA-MUÑIZ, C. H.; GUTIÉRREZ-MERAZ, F.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; SALGADO-DELGADO, R. Effect of the method of isolation and the degree of ripeness on the physicochemical, structural and rheological properties

- of apple starch. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v. 15, n. 2, p. 391-408, 2016.
- TRUMBO, P.; SCHLICKER, S.; YATES, A. A.; POOS, M. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, n. 11, p. 1621-1630, 2002.
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>
- VIEIRA, M. A., PODESTÁ, R., TRAMONTE, K. C., AMBONI, R. D. M. C., SIMAS, K. N., AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. Chemical composition of flours made of residues from the king palm (*Archontophoenix alexandrae*) industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 4, 973-980, 2009.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132009000400021>
- WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Beltsville: Agricultural Research Service, 1999. 116 p.
- WICKLUND, T.; ROSENFELD, H. J.; MARTINSEN, B. K.; SUNDFOR, M. W.; LEA, P.; BRUUN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFNER, K. Antioxidant activity capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, 387-391, 2005.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.017>
- WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 9, p. 423-428, 2005.
- YUYAMA, L.; AGUIAR, J.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C.; MACEDO, S.; FAVARO, D.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M.; PIMENTEL, S.; BADOLATO, E.; VANNUNCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003.  
<https://doi.org/10.1080/096374803/000061994>

## CONCLUSÃO GERAL

O uso da análise de componentes principais (PCA) permitiu a discriminação de amostras de palmito pupunha de acordo com os fatores agrometeorológicos. O uso da regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) permitiu o desenvolvimento, pela primeira vez, de um modelo matemático para prever o teor de minerais no palmito (P, Ca, S e Mg) e quantificar a intensidade do clima na concentração desses minerais, com um erro relativo médio de 2,41%. De acordo com os dados e informações analisados no presente artigo, os fatores que mais influenciaram na concentração de minerais foram a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar.

A combinação de pH e de dados agrometeorológicos com ferramentas de análise multivariada para a determinação da acidez em pupunha é uma abordagem interessante, pouco investigada até o momento. No presente trabalho, a PCA foi capaz de discriminar as amostras de pupunha, em relação a área de cultivo, enquanto a PLS permitiu o desenvolvimento de um modelo de previsão de pH com erros associados de 0,75%. A utilização de uma técnica instrumental, sem preparação da amostra, envolve várias vantagens, relacionadas principalmente com a redução do tempo, custo e potencial aplicação em sistemas on-line. Esta é uma ferramenta importante no controle do pH contra a produção da toxina botulínica.

O potencial para o aumento da produtividade pela simples manipulação da quantidade de inóculo de *Pleurotus ostreatus* e pelo número de furos nos pacotes de cultivo, utilizando bacia foliar úmida de pupunha como substrato em fermentação em estado sólido, não foi significativo devido a alta quantidade de umidade presente no substrato pela técnica de retirada de água livre sem o processo de secagem. Portanto, a ausência de secagem prévia do substrato não é adequada para bacia foliar de pupunha como substrato para *P. ostreatus*.

Os doces em massa produzidos a partir do fruto da pupunha resultaram em um produto homogêneo de boa qualidade, com características físico-químicas e sensoriais adequadas, estendendo a vida útil das frutas da pupunha. A degradação fenólica total ocorre devido ao processamento do doce em massa. A análise sensorial e a avaliação da intenção de compra indicaram que as melhores formulações foram aquelas obtidas a partir de concentrações de açúcares baixo e médio (J1 e J2), para as quais as pontuações para todos os atributos foram

encontradas em “possivelmente compraria” e “poderia comprar/poderia não comprar”. Os doces em massa se comportaram como fluidos pseudoplásticos e os modelos de Ostwald-de Waele (OW) e Casson (CA) descreveram adequadamente o comportamento reológico em estado estacionário, exibindo tensão inicial de acordo com o modelo de CA. Os doces testados foram consideradas microbiologicamente seguros durante o período de armazenamento. O doce em massa do fruto da pupunha constitui uma nova opção para as empresas agrícolas que procuram manter e expandir o mercado de frutas seus produtos, além de ser uma nova opção de venda para o produtor rural.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve o intuito de desenvolver modelos preditivos de características físico-químicas da pupunha em função do clima e aproveitar seus frutos e bainha foliar para produção de alimentos. Espera-se, contudo, que os resultados obtidos e apresentados nesta pesquisa possam contribuir para o desenvolvimento de trabalhos futuros tais como:

- Aplicação industrial dos modelos matemáticos de pH na segurança alimentar em conservas de palmito;
- Verificação e validação da aplicação dos modelos desenvolvidos nesse trabalho em outros locais de cultivo de pupunha;
- Estudos de variação de cor e da presença de carotenoides no doce em massa do fruto da pupunha em função do tempo de conservação.

## REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (United States of America). **Official method of analysis of AOAC international**. 16. ed. Arlington, v. 1, 1998.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist (United States of America). **Official Methods of AOAC International**. Maryland: AOAC International, 2005.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist (United States of America). **Official methods of analysis of the AOAC**. Maryland: AOAC International, 2010.
- ABRAMS, D. I.; COUEY, P.; SHADE, S. B.; KELLY, M. E.; KAMANU-ELIAS, N.; STAMETS, P. Antihyperlipidemic effects of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushrooms) in HIV-infected individuals taking antiretroviral therapy. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 11, n. 1, p. 60, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1186/1472-6882-11-60>
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- AHMED, M.; ABDULLAH, N.; AHMED, K. U.; BHUYAN, M. H. M. B. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 197-202, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200010>
- ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Food Science and Technolgy**, v. 23, n. 1, p. 34-38, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400007>
- ALMEIDA, I. R. de. **Clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no RS, PR e MT** 2005. 200f. Tese. (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.
- ALMEYDA, N.; MARTIN, F. W. **Cultivation of neglected tropical fruits with promise**. The pejibaye. Mayaguez: Institute of Agriculture, Science and Administration. New Orleans: USDA, 1980. 10p.
- ANEFALOS, L. C.; TUCCI, M. L. S.; MODOLO, V. A. Uma visão sobre a pupunheira no contexto do mercado de palmito. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 2, n. 7, p. 1-6, 2007.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC no 12, de 24 de Julho de 1978. Disponível em:<[http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12\\_78.p](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78.p)  
f> Acessado em: 22 set. 2017.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 2007.
- BASU, S.; SHIVHARE, U. S. Rheological, textural, microstructural, and sensory properties of



- sorbitol-substituted mango jam. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, n. 6, p. 1401-1413, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0795-8>
- BATAGIN-PIOTTO, K. D.; ALMEIDA, C. V. D. E.; PIOTTO, F. A.; ALMEIDA, M. D. E. Anatomical analysis of peach palm (*Bactris gasipaes*) leaves cultivated in vitro, ex vitro and in vivo. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 1, p. 71-78, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042012000100008>
- BAYSAL, E.; PEKER, H.; YALINKILIÇ, M. K.; TEMİZ, A. Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. **Bioresource Technology**, v. 89, n. 1, p. 95-97, 2003.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00028-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00028-2)
- BELLEGARD, C. R. G.; RAUPP, D. S.; CHAIMSOHN, F. P.; BORSATO, A. V. Avaliação de procedimentos de acidificação de conservas de palmito foliar de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 2, p. 247-254, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1842>
- BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; FIORDA, F. A. **Aspectos gerais do cultivo de cogumelos *Pleurotus ostreatus* e *djamor* pela técnica Jun-Cao**. Guarapuava: Apprehendere, 2015, 92p.
- BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H. **Modelo matemático de previsão de pH em palmito**, BR102015026814 9, 2015.
- BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H. **Processo de produção de doce em massa do fruto da pupunha**, BR102015026820 3, 2015.
- BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A. **Pests and diseases in mushroom *Pleurotus* spp crops**. Guarapuava: Apprehendere, 2015, 152p.
- BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; MACCARI JÚNIOR, A.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- BELLETTINI, M. B.; SANTOS, J. D.; VÍTOLO, F. M. D.; FIORDA, F. A.; SOCCOL, C. R. **Desenvolvimento de uma solução nutritiva a base de resíduo de palmeira**, BR102014008818 0, 2014.
- BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.  
<https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- BERNAT, N.; CHÁFER, M.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, J.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-

- MARTÍNEZ, C. Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 488-496, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.045>
- BHATTI, M. I.; JISKANI, M. M.; WAGAN, K. H.; PATHAN, M. A.; MAGSI, M. R. Growth development and yield of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (JACQ.EX.FR) Kummer as affected by different spawn rates. **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 7, p. 2685-2692, 2007.
- BLAAK, G. Vegetative propagacion of pejobaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). **Turrialba**, v. 30, n.3, p. 258-261, 1980.
- BLANCO METZLER, A.; MONTEIRO CAMPOS, M.; FERNÁNDEZ PIEDRA, M.; MORA URPI, J. E. Pejobaye palm fruit contribution to human nutrition. **Príncipes**, v. 36, n. 2., p. 66-69, 1992.
- BONATTI, M.; KARNOPP, P.; SOARES, H. M.; FURLAN, S. A. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 425-428, 2004.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.050>
- BORGES, G. D. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R. Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, n. 3, 708-715, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.025>
- BORGES, S. V.; VALENTE, W. A.; FIGUEIREDO, L. P.; DIAS, M. V.; PEREIRA, P. P.; PEREIRA, A. G. T.; CLEMENTE, P. R. Quality evaluation of banana skin extract jellies. **Food Science and Technology International**, v. 17, n., 2, p. 177-83, 2011.  
<https://doi.org/10.1177/1082013210381945>
- BOVI, M. L. A. Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 183-185, 1997.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.  
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- CAMPOS, S. D. S.; BOVI, M. L. A.; IADEROZA, M. Caracterização do palmito obtido de algumas combinações híbridas entre Açaí e Juçara cultivadas sob diferentes condições. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 637-646, 1991.
- CANTU-JUNGLES, T. M.; CIPRIANI, T. R.; IACOMINI, M.; HAMAKER, B. R.; CORDEIRO, L. M. A pectic polysaccharide from peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) and its

- fermentation profile by the human gut microbiota in vitro. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 9, n. 1, 1-6, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2016.11.005>
- CARDOSO, J. C. P.; DEMENJOUR, P. L. M. M.; PAZ, M. F. Cultivo do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* em bagaço de bociuva e de cana-de-açúcar pela técnica *juncao*. **Evidência**, v. 13, n. 1, p. 31-40, 2013.
- CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A. M.; FARIAS NETO, J. T. Physical and chemical characteristics of peach palm fruits in the state of Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300013>
- CARVALHO, C. S. M.; SALES-CAMPOS, C.; ANDRADE, M. C. N. Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. **Interciencia**, v. 35, n. 3, p. 177-182, 2010.
- CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 3p, (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 139).
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CEJUP, 1991. 271p.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis na Amazônia**. 7 ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 2010, 282p.
- CHANG ST, MILES PG. **Mushrooms: Cultivation, nutritional value medicinal effect and environmental impact**. Boca Raton: CRC Press; 2004. p. 480.
- CHANG, S.T. The world mushroom industry: trends and technological development. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 8, n. 4, p. 297-314, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v8.i4.10>
- CHUNG, C.; ROJANASASITHARA, T.; MUTILANGI, W; MCCLEMENTS, D. J. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum Arabic addition. **Food Chemistry**, v. 201, n., p. 15, 14-22, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>
- CLEMENT, C. R. Frutas da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 14, n. 83, p. 28-37, 1992.
- CLEMENT, C. R. Peach palm (*Bactris gasipaes*). In: JANICK, J.; PAUL, R. E. (eds.). **The encyclopedia of fruit and nuts**. Wallingford: CABI Publishing, 2008. 101 p.
- CLEMENT, C. R. Pupunha: recursos genéticos para produção de palmito. **Horticultura Brasileira**, v. 1, n. 5, p. 186-191, 1997.
- COGORNÍ, P. F. B. O.; SCHULZ, J. G.; ALVES, E. P.; GERN, R. M. M.; FURLAN, S. A.; WISBECK, E. The production of *Pleurotus sajor-caju* in peach palm leaves (*Bactris gasipaes*) and evaluation of its use to enrich wheat flour. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 267-274, 2014.

- <http://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0059>
- CONTRERAS, J.; CALDERÓN, L.; GUERRA, E.; GARCÍA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- COSTA, M. L.; CRUZ, A. G.; WALTER, E. H. M.; FARIA, J. A. F.; SANT'ANA, A. S.; GRANATO, D. Hearts of palm in conserve: identity and quality aspects and their implications on food safety. **International Food Research Journal**, v. 17, n. 1, p. 453-459, 2010.
- COSTELL, E.; CARBONELL, E.; DURAN, L. Rheological indexes of fruit content in jams – effect of formulation on flow plasticity of sheared strawberry and peach jams. **Journal of Texture Studies**, v. 24, n. 4, p. 375-390, 1993.
- <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.1993.tb00049.x>
- CUPUL, C. C.; ABARCA, G. H.; VÁSQUEZ, R. R.; SALMONES, D.; HERNÁNDEZ, R. G.; GUTIÉRREZ, E. A. Response of ligninolytic macrofungi to the herbicide atrazine: dose-response bioassays. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 46, n. 4, p. 348-357, 2014.
- [http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70094-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70094-X).
- CURVETTO, N. R.; FIGLAS, D.; DEVALIS, R.; DELMASTRO, S. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sup>4+</sup> and/or Mn(II). **Bioresource Technology**, v. 84, n. 2, p. 171-176, 2002.
- [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00013-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00013-5)
- DE ALWIS, A. A. P.; HALDEN, K.; FRYER, J. P. Shape and conductivity effects in the ohmic heating of foods. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 67, n. 1, p. 159-168, 1989.
- DE ANGELS, R. C. **Fisiologia da nutrição: fundamentos para nutrição e para desnutrição**. São Paulo: EDASRT, 1977.
- DEENIK, J.; ARES, A.; YOST, R.S. Fertilization response and nutrient diagnosis in peach palm (*Bactris gasipaes*): a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.195-207, 2000.
- DEROSSI, A.; FIORE, A. G.; de PILLI, T.; SEVERINI, C. A review on acidifying treatments for vegetable canned food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 10, p. 955-964, 2011.
- <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2010.491163>
- DERVISI, P.; LAMB, J.; ZABETAKIS, I. High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. **Food Chemistry**, v. 73, n. 1, p. 85-91, 2001.
- [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00289-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00289-2)

- DJAOUDENE, O.; LOUAILECHE, H. Impact of storage conditions on the bioactive compounds and antioxidant capacity of commercial orange jam. **Journal of Analytical, Bioanalytical and Separation Techniques**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2016.
- DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ, C. R.; GARCÍA-ALVARADO, M. A.; GARCÍA-GALINDO, H. S.; SALGADO-CERVANTES, M. A.; BERISTÁIN, C. I. Stability, antioxidant activity and bioavailability of nano-emulsified astaxanthin. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 2, p. 457-468, 2016.
- EMBRAPA. (1997). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, Brazil. 212 p.
- EMBRAPA. (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conservas caseiras de frutas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 54 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 380 p.
- FAIRCHILD, M. D. **Color Appearance Models**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2013. 472 p.
- FAN, F.; ROOS, Y. H. X-ray diffraction analysis of lactose crystallization in freeze-dried lactose-whey protein systems. **Food Research International**, v. 67, n. 1, p. 1-11, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.023>
- FERNANDES, Â.; BARROS, L.; MARTINS, A.; HERBERT, P.; FERREIRA, I. C. Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. **Food Chemistry**, v. 169, n.1, p. 396-400, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.027>.
- FERNÁNDEZ-CABANÁS, V. M.; POLVILLO, O.; RODRÍGUEZ-ACUÑA, R.; BOTELLA, B.; HORCADA, A. Rapid determination of the fatty acid profile in pork dry-cured sausages by NIR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 373-378, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.031>
- FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Unicamp: Campinas, 2015. 496 p.
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Food Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200025>
- FERREIRA, S. A.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.=Guilielma gasipaes, H.B.K. Bailey): I Solo latossolo amarelo, textura média. **Acta Amazônica**, v. 10, n. 2, p. 245-249, 1980.

- FILHO, P. A. C. Rapid Determination of sucrose in chocolate mass using near infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 631, n. 2, p. 216-211, 2009.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2008.10.049>
- FIORDA, F. A.; PEREIRA, G. V. M.; THOMAZ-SOCCOL, V.; RAKSHIT, S. K.; SOCCOL, C. R. Evaluation of a potentially probiotic non-dairy beverage developed with honey and kefir grains: Fermentation kinetics and storage study. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 8, p. 1-10, 2016.  
<https://doi.org/10.1177/1082013216646491>
- FLORES-MARTÍNEZ, H.; LEÓN-CAMPOS, C.; ESTARRÓN-ESPINOSA, M.; OROZCO-ÁVILA, I. Process optimization for the extraction of antioxidants from mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK) by the response surface methodology (RSM) approach. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 773-785, 2016.
- FREIRE, D. C. B. **Determinação do ponto ótimo para extração de palmito de pupunheira, análise nutricional e rendimento em função dos períodos pluviométricos na Amazônia Central.** Instituto Nacional De Pesquisas Da Amazônia – INPA programa de pós-graduação em agricultura no trópico úmido – PPG/ATU. Manaus, Amazonas Fevereiro, 2011.
- GALDINO, N. O.; CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 540-544, 2008.
- GÁMBARO, A.; MIRABALLES, M.; PURTSCHER, I.; DEANDRÉIS, I.; MARTÍNEZ, M. Acceptability of *Aloysia citriodora*-supplemented peach jams. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 1, p. 64-71, 2013.  
<https://doi.org/10.1177/1082013213513030>
- GARCIA-VIGUERA, C.; ZAFRILLA, P.; ROMERO, F.; ABELLÁN, P.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. **Journal of Food Science** v. 64, n. 2, p. 243-247, 1999.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15874.x>
- GONÇALVES, C. C. M.; PAIVA, P. C. A.; DIAS, E. S.; SIQUEIRA, F. G.; HENRIQUE, F. Avaliação do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (fries) sing. sobre o resíduo de algodão da indústria têxtil para a produção de cogumelos e para alimentação animal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 220-225, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S141370542010000100028>
- HALDEN, K. de ALWIS, A. A. P., FRYER, P. J. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 9-25, 1990.
- HAKKINEN, S. H., KARENLAMPI, S. O., MYKKANEN, H. M.; TORRONEN, A. R. Influence

- of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2960-2965, 2000.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf991274c>
- HANDLEY, R.; OVERSTREET, R. Uptake of calcium and chlorine in roots of *Zea mays*. **Plant Physiology**, v. 36, n. 6, p. 766-769, 1961.
- HELM, C. V.; RAUPP, D. S.; SANTOS, A. F. Development of peach palm fibrous flour from the waste generated by the heart of palm agribusiness. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 1, p. 171-177, 2014.
- HERNÁNDEZ-UGALDE, J. A.; MORA-URPÍ, J.; ROCHA, O. J. Genetic relationships among wild and cultivated populations of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae): Evidence for multiple independent domestication events. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 4, p. 571-583, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10722-010-9600-6>
- HÚNGARO, H. M.; ALVARENGA, V. O.; PEÑA, W. E. L.; SANT'ANA, A. de S. Hearts of palms preserves and botulism in Brazil: An overview of outbreaks, causes and risk management strategies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 34, n. 2, p. 80-95, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.07.008>
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2006.
- IPCC. Summary for policymakers. In: Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.; Boschung, K., J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M. **Climate Change 2013**. Cambridge : Cambridge University Press, 2013.
- JAWORSKA, G.; BERNÁS, E. Qualitative changes in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. mushrooms resulting from different methods of preliminary processing and periods of frozen storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 6, p. 1066-1075, 2009.  
<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3557>
- JIANG, H.; LIU, G.; MEI, C.; YU, S.; XIAO, X.; DING, Y. Rapid determination of pH in solid-state fermentation of wheat straw by FT-NIR spectroscopy and efficient wavelengths selection. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 404, n. 2, p. 603-611, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00216-012-6128-y>
- JOUBERT, E.; MANLEY, M.; BOTHA, M. Use of NIRS for quantification of mangiferin and hesperidin contents of dried green honey bush (*Cyclopiagenistoides*) plant material. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 15, p. 5279-5283, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf0606171>
- KADER, F.; ROVEL, B.; GIRARDIN, M.; METCHE, M. Mechanism of browning in fresh

- highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 74, n. 1, p. 31-34, 1997.  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199705\)74:1<31::AID-JSFA764>3.0.CO;2-9](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199705)74:1<31::AID-JSFA764>3.0.CO;2-9)
- KIM, D-O.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. 395-400, 2004.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09956.x>
- KULCHETSCKI, L.; CHAIMSOHN, F. P.; GARDINGO, J. R. **Palmito pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): a espécie, cultura, manejo agrônomo, usos e processamentos**. Ponta Grossa: UEPG, 2001. 148p.
- KVIKLIENE, N.; KVIKLYS, D.; VIŠKELIS, P. Change in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar (Auksis). **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**, v. 14, n. 2, 195-202, 2006.
- LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIM, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G. V.; GOMES, E.; DA SILVA, R. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel 'cajá-manga' (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 31, n. 2, p. 398-405, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200018>
- LAGO, E. S; GOMES, E.; DA-SILVA, R. Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** , v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000400021>
- LEAKEY, R. R. B. Potencial for novel food products from agroforestry trees: a review. **Food Chemistry**, V.66, p.1-14, 1999.
- LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDOÑO, A. M.; ROJAS, M. G.; BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. B. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 9, p. 1505-1512, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2146>
- LEVAJ, B.; BUNIĆ, N.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V.; KOVAČEVIĆ, D. B. Gel strength and sensory attributes of fig (*Ficus carica*) jams and preserves as influenced by ripeness. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 2, p. 120-124, 2010.  
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01474.x>
- LI, Y. Present development situation and tendency of edible mushroom industry in China. **Mushroom Science**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2012.



- LICCIARDELLO, F.; MURATORE, G. Effect of temperature and some added compounds on the stability of blood orange marmalade. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 1094-1100, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02335.x>.
- LOBELL, D. B.; FIELD, C. B. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. **Environmental Research Letters**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2007.
- LOBELL, D. B.; GOURDJI, S. M. The influence of climate change on global crop productivity. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 1686-1697, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- LOPES, A. S. **Soil Fertility Manual**. Peachtree Corners: Potash & Phosphate Institute, 1978. 200 p.
- LOPEZ, C.; SHANLEY, P.; FANTINI, A. **Riches of the forest: fruits, oils, remedies and handicrafts in Latin America**. Desa Putra: CIFOR/DFID/EC/Overbrook Foundation, 2004. 140 p.
- LU, X.; WEBB, M.; TALBOTT, M.; VAN EENENNAAM, J.; PALUMBO, A.; LINARES-CASENAVE, J. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4056-4064, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf9038502>
- MACHADO, A. R. G.; TEIXEIRA, M. F. S.; KIRSCH, L. S.; CAMPELO, M. C. L.; OLIVEIRA, I. M. A. Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 5, p. 621-627, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.07.002>.
- MAIEVES, H. A.; RIBANI, R. H.; MORALES, P.; SÁNCHEZ-MATA, M. C. Evolution of the nutritional composition of *Hovenia dulcis* Thunb. pseudofruit during the maturation process. **Fruits**, v. 70, n. 3, p. 181-187, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2015011>
- MALUF, D. F.; PONTAROLO, R.; CORDEIRO, G. A.; NAGATA, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Determinação de sibutramina em formas farmacêuticas através de espectroscopia no infravermelho com refletância difusa e métodos de calibração multivariada. **Quimica Nova**, v. 33, n. 3, p. 649-652, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000300031>
- MATISSEK, R.; SCHENEPEL, F. M.; STEINER, G. **Análisis de los Alimentos: Fundamentos, métodos, aplicaciones**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1998. 430p.
- MAZUR, L.; -ZAMORA, P. G.; DEMCZUK Jr., B.; RIBANI, R. H. Application of multivariate

- calibration and NIR spectroscopy for the quantification of methylxanthines in yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, n. 2, p. 55-60, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.005>
- MEDEIROS, R. M.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris gasipaes kunth*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Nova Iorque: CRC Press, 1999, 464 p.
- MELO, J., ANDREW, P. W.; FALEIRO, M. L. *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. **Food Research International**, v. 67, n. 1, p. 75-90, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.031>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.031>
- METZLER, A. B.; CAMPOS, M. M.; PIEDRA, M. F.; URPÍ-MORA J. Pejibaye palm fruit contribution to human nutrition. **Principes**, v. 36, n. 2, p. 66-69, 1992.
- MIGUEL, A. C. A. M., ALBERTINI, S., BEGIATO, G. F., DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 733-737, 2008.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ac60147a030>
- MOLLO, L. Efeito da temperatura no crescimento, no conteúdo e na composição de carboidratos não estruturais de plantas de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms (Bromeliaceae) cultivadas *in vitro*. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2009.
- MONSALVE-GONZALEZ, A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; CAVALIERI, R. P.; MCEVILY, A. J.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-Hexylresorcinol as Anti-Browning Agent. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 797-800, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09361.x>
- MONTGOMERY, D. C.; VINING, G. G.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. 3ª ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- MORA URPI, J. Método práctico para germinación de semillas de peyibaye. **Asbana**, v. 3, n. 1, p. 14-15, 1979.

- NAVARRO-CORTEZ, R. O.; HERNÁNDEZ-SANTOS, B.; GÓMEZ-ALDAPA, C. A.; CASTRO-ROSAS, J.; HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SANCHEZ, C. E.; JUÁREZ-BARRIETOS, J. M.; ANTONIO-CISNEROS, C. M.; RODRÍGUEZ-MIRAANDA, J. Development of extruded ready-to-eat snacks using pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 2, p. 409-422, 2016.
- NEVES, E. J. M.; dos SANTOS, Á. F.; RODHIGHERI, H. R.; BELLETTINI, S.; TESSMANN, D. J. **Cultivo da pupunheira para palmito nas regiões sudeste e sul do Brasil**, Circular Técnica, n. 143, Embrapa Florestas, Nov. 2007.
- NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F. Produção de pupunheira (*Bactris gasipaes*) para palmito sob diferentes espaçamentos, no Litoral do Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 87-95, 2008.
- OEI, P.; Nieuwenhuijzen, B.V. **Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms**. Wageningen: Agromisa Foundation and CTA; 2005. p 86.
- OLIVEIRA, G. A.; BUREAU, S.; RENARD, C. M. G. C.; PEREIRA-NETTO, A. B.; CASTILHOS, F. Comparison of NIRS approach for prediction of internal quality traits in three fruit species. **Food Chemistry**, v. 143, n. 15, p. 223-230, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.122>
- ORTIZ-ZARAMA, M. A.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; LOURENÇO, R. V.; AMARAL-SOBRAL, P. J.; SOLORZA-FERIA, J. Rheological characterization of solutions of gelatin with bentonite and tannic acid. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 819-830, 2016.
- PALMER, J.; VENKATESWARAN, V.; FLESHNER, N. E.; KLOTZ, L. H.; COX, M. E. The impact of diet and micronutrient supplements on the expression of neuroendocrine markers in murine Lady transgenic prostate. **Prostate**, v. 68, n. 4, p. 345-353, 2008.  
<https://doi.org/10.1002/pros.20692>
- PAPASPYRIDIS, L. M.; ALIGIANNIS, N.; TOPAKAS, E.; CHRISTAKOPOULOS, P.; SKALTSOUNIS, A. L.; FOKIALAKIS, N. Submerged fermentation of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* in a batch stirred tank bioreactor as a promising alternative for the effective production of bioactive metabolites. **Molecules**, v. 17, n. 3, p. 2714-2724, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.3390/molecules17032714>
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Palmito**. 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/3397/palmito\\_2013.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/3397/palmito_2013.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2013
- PASCHOALINO, J. E.; BERNHARDT, L. W.; BOVI, M. L. A.; BERBARI, S. A. G.;

- FERREIRA, V. L. P. **Industrialização do Palmito Pupunha**. Campinas: ITAL, 1997. Manual Técnico, 15p.
- PECK, M. W.; GOODBURN, K. E.; BETTS, R. P.; STRINGER, S. C. Assessment of the potential for growth and neurotoxin formation by non-proteolytic *Clostridium botulinum* in short shelf-life commercial foods designed to be stored chilled. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, n. 4, p. 207-216, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.12.006>
- PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Non destructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ac048651r>
- PENTEADO JÚNIOR, J. F.; DOS SANTOS, A. F.; NEVES, E. J. M. **Aspectos do agronegócio do palmito pupunha no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 21p, (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 275).
- PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, J. L. D. M. Why multivariate optimization? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000200003>
- PHILIPPOUSSIS, A. N. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates. In: NIGAM, P. S., PANDEY, A. (Eds.), **Biotechnology for agro-industrial residues utilization**. Nova Iorque: Springer, 2009.
- PIANTAVINI, M. S.; PONTES, F. L. D.; CERQUEIRA, L. B.; ZAMORA, P. G. P.; PONTAROLO, R. Simultaneous spectrophotometric determination of pyrantel pamoate and febantel in pharmaceutical preparations using partial least squares regression. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 69, n. 10, p. 948-952, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1134/S1061934814100104>
- PINTO M. S.; LAJOLO F. M.; GENOVESE M. I. Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 3, p. 127-131.  
<https://doi.org/10.1007/s11130-007-0052-x>
- PINTO, J. E. S. S.; NETTO, A. O. A. **Clima Geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. São Cristovão: Editora UFS, 2008.
- QUAST, E.; RUIZ, N. L.; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. Cinética de acidificação de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 4, 286-292, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2010130400038>
- RABABAH, T. M.; AL-MAHASNEH, M. A.; KILANI, I.; YANG, W.; EREIFEJ, K.; AL-U'DATT, M. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and

- anthocyanins of different fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 6, p. 1096-1102, 2011.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>.
- RAJARATHNAM, S. *Pleurotus* mushrooms. Part IA. Morfology, life cicle, taxonomy breeding and cultivation. **Critical Reviews Food Science and Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 157-223, 1987.  
<http://dx.doi.org/1010.1080/10408398709527465>
- REIN, M. J.; HEINONEN, R. Stability and enhancement of berry juice color. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n. 10, 3106-3114, 2004.
- RAO, M. A. **Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods**. Nova Deli: Springer, 2014. 461 p.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-9230-6>
- RAO, M. A. **Rheology of fluids and semisolids: principles and applications**. Berlim: Springer, 1999. 482 p.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7>
- RECKLING, M.; HECKER J. M.; BERGKVIST, G.; WATSON, C. A.; ZANDER, P.; SCHLÄFKE, N.; STODDARD, F. L.; EORY, V.; TOPP, C. F. E.; MAIRE, J.; BACHINGER, J. A. Cropping system assessment framework - Evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. **European Journal of Agronomy**, v. 76, n. 1, p. 186-197, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.005>
- RESENDE, J. M.; SAGGIN JUNIOR, O. J. **Processamento de palmito de pupunheira em agroindústria artesanal e uma atividade rentável e ecológica. Sistemas de Produção**. 1º ed. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004.
- RIVAS, P. M. S.; FILHO, A. A. P.; SANTOS, F. A. S.; ROSA, I. G. Evaluation of pectocellulosical substrates for edible mushrooms production from genus *Pleurotus* sp. (Agaricales). **Cadernos de Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 78-83, 2010.
- ROJAS-GARBANZO, C., PÉREZ, A. M., BUSTOS-CARMONA, J.; VAILLANT, F. Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2377-2384, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.045>
- RUIZ-RODRÍGUEZ, B. M.; MORALES, P.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; SÁNCHEZ-MATA, M.; CÁMARA, M.; DÍEZ-MARQUÉS, C.; PARDO-DE-SANTAYANA, M.; MOLINA, M.; TARDÍO, J. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. **Food Research International** v. 44, n. 5, p. 1244-1253, 2011.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.015>
- RYU, J.; KIM, M. K.; IM, C. H.; SHIN, P. Development of cultivation media for extending the shelf-life and improving yield of king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*). **Scientia Horticulture**, v. 193, n. 1, 121-126, 2015.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**, 4 Ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.
- SASTRY, S. K. Mathematical modeling and experimental studies on ohmic heating of liquid-particle mixtures in a static heater. **Journal of Food Process Engineering**, v. 15, n. 4, p. 241-261, 1992.
- <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.1992.tb00155.x>
- SATO, A. C. K., SANJINEZ-ARGANDONA, E. J.; CUNHA, R. L. The effect of addition of calcium and processing temperature on the quality of guava in syrup. **International Journal of Food Science and Technology** v. 41, n. 4, p. 417-424, 2006.
- <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01088.x>
- SAVOIE, J. M.; SALMONES, D.; MATA, G. Hydrogen peroxide concentration measured in cultivation substrates during growth and fruiting of the mushrooms. *Agaricus bisporus* and *Pleurotus* spp. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1337-1344, 2007.
- ŠAVIKIN, K.; ZDUNIĆ, G.; JANKOVIĆ, T.; TASIĆ, S.; MENKOVIĆ, N.; STEVIĆ, T.; DORDEVIĆ, B. Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 212–217, 2009.
- <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0123-2>
- SELVAMUTHUKUMARAN, M.; KHANUM, F.; BAWA, A. S. Development of sea buckthorn mixed fruit jelly. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, n. 4, p. 403-410, 2007.
- <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01233.x>
- SENA, M. M.; POPPI, R. J. N-way PLS applied to simultaneous spectrophotometric determination of acetylsalicylic acid, paracetamol and caffeine. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 34, n. 1, p. 27-34, 2004.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.japna.2003.08.011>
- SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; HELM, C. V.; NEHRING, P.; OLIVO, I. S.; FETT, R. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 1, p. 1-8, 2015.
- SHAO, Y.; CEN, Y.; HE, Y.; LIU, F. Infrared spectroscopy and chemometrics for the starch and protein prediction in irradiated rice. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1856-1861, 2011.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.166>

- SILVA, R. R. **Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja no município de Ibirubá-RS**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- SILVA, F. A. M.; SILVA, R. B.; VIDAL, T. C. M.; PAVARINI, R. Viabilidade de compostagem para o aproveitamento de resíduos das agroindústrias do palmito e da banana do Vale do Ribeira-SP. In: SILVA, R. B., MING, L. C. (Eds). Polo de biotecnologia da mata atlântica. **Relatos de pesquisas e outras experiências no Vale do Ribeira**. (1<sup>st</sup> ed.). Jaboticabal: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2010.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 2010. 624 p.
- SILVA, S.; MARTINS, S.; KARMALI, A.; ROSA, E. Production, purification and characterisation of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* with antitumour activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 9, p. 1826-1832, 2012.
- SINGH M. P.; PANDEY, V. K.; SRIVASTAVA, A. K.; VISHWAKARMA, S. K. Biodegradation of brassica haulms by white rot fungus *P. eryngii*. **Cellular and Molecular Biology**, v. 57, n. 1, p. 47- 55, 2011.
- SINGH, M. P.; SINGH, V. K. Biodegradation of vegetable and agrowastes by *Pleurotus sapidus*: a novel strategy to produce mushroom with enhanced yield and nutrition. **Cellular and Molecular Biology**, v. 58, n. 1, p. 1-7, 2012.
- <http://dx.doi.org/1010.1170/T913>
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture** v. 16, n. 1, p. 144-158, 1965.
- SINIJA, V. R.; MISHRA, H. N. FT-NIR spectroscopy for caffeine estimation in instant green tea powder and granules. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 998-1002, 2009.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.013>
- SŁAWIŃSKA, A.; KALBARCZYK, J. Evaluation of enzymatic activity of *Pleurotus ostreatus* regarding stages of mycelium development. **Acta Scientiarum Polunorum**, v. 10, n. 2, p. 195-202, 2011.
- SOTO-CABALLERO, M. C.; VADEZ-FRAGOSO, A.; SALINAS-LOPEZ, A. N.; WELTI-CHANES, J.; VERARDO, V.; MÚJICA-PAZ, H. Rheological parameters of xanthan gum pectin solutions as a function of temperature and composition. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 3, p. 859-868, 2016.
- <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2004.0250>

- SOUZA, A. M.; BREITKREITZ, M. C.; FILGUEIRAS, P. R.; ROHWEDDER, J. J. R.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para calibração multivariada na determinação de paracetamol em comprimidos comerciais utilizando espectroscopia no infravermelho próximo: um tutorial, Parte II. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 1057-1065, 2013
- STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418 p.
- STETS, S.; da SILVA, B. D.; TAVARES, T. M.; CORDEIRO, G. A.; NAGATA, N.; PESSOA, C. A.; PERALTA-ZAMORA, P. Sistemas alternativos de calibração para determinação espectrofotométrica simultânea de espécies com interferência espectral. **Química Nova**, v. 38, n. 9, p. 1226-1231, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150141>
- STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. Academic Press, 2004. 377 p.
- SUGUIMOTO, H. H.; BARBOSA, A. M.; DEKKER, F. H.; GOMES, J. H. C. Veratryl alcohol stimulates fruiting body formation in the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 194, n. 2, p. 235-238, 2001.
- TEIXEIRA, E. I.; FISCHER, G.; VAN VELTHUIZEN, H.; WALTER, C.; EWERT, F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, n. 15, p. 206-215, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.002>
- TIRADO-GALLEGOS, J. M.; ZAMUDIO-FLORES, P. B.; ORNELAS-PAZ, J. J.; RIOS-VELASCO, C.; ACOSTA-MUÑIZ, C. H.; GUTIÉRREZ-MERAZ, F.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; SALGADO-DELGADO, R. Effect of the method of isolation and the degree of ripeness on the physicochemical, structural and rheological properties of apple starch. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 15, n. 2, p. 391-408, 2016.
- TRAMONTE, K. C.; PROVESI, J. G.; SILVA, I. M. D. A.; MURAKAMI, A. N. N. M.; MARASCHIN, M.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R. Juice from king palm (*Archontophoenix alexandrae*) leaf sheathes: chemical characterisation and use in soft drink formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 9, p. 1871-1877, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02695.x>
- TRUMBO, P.; SCHLICKER, S.; YATES, A. A.; POOS, M. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, n. 11, p. 1621-1630, 2002.
- TSUJIYAMA, S.; UENO, H. Performance of wood-rotting fungi- based enzymes on enzymic saccharification of rice straw. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.



- 93, n. 11, p. 2841-2848, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6118>
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>
- VELIOGLU, Z.; UREK, R. O. Optimization of cultural conditions for biosurfactant production by *Pleurotus djamor* in solid state fermentation. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 120, n. 6, p. 526-531, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.03.007>
- VIEIRA, M. A., PODESTÁ, R., TRAMONTE, K. C., AMBONI, R. D. M. C., SIMAS, K. N., AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. Chemical composition of flours made of residues from the king palm (*Archontophoenix alexandrae*) industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 4, 973-980, 2009.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132009000400021>
- WANG, D.; SAKODA, A.; SUZUKI, M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. **Bioresource Technology**, v. 78, n. 3, p. 293-300, 2001.
- WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Beltsville: Agricultural Research Service, 1999. 116 p.
- WICKLUND, T.; ROSENFELD, H. J.; MARTINSEN, B. K.; SUNDFOR, M. W.; LEA, P.; BRUUN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFNER, K. Antioxidant activity capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, 387-391, 2005.
- WILLETT, K. M.; GILLETT, N. P.; JONES, P. D.; THORNE, P. W. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. **Nature**, v. 449, n. 1, p. 710-712, 2007.
- WISE, B. M.; GALLAGHER, N. B. **PLS Toolbox for use with Matlab, version 4.0, Eigen-vector Technologies**. 1<sup>o</sup> ed. Iowa: Manson, 2007.
- WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 9, p. 423-428, 2005.
- XIE, L. J.; YING, Y. B.; YING, T. J. Quantification of chlorophyll content and classification of non transgenic and transgenic tomato leaves using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 12, p. 4645-4650, 2007.  
<https://dx.doi.org/10.1021/jf063664m>

- YUYAMA, L.; AGUIAR, J.; YUYAMA, K.; MACEDO, S.; FAVARO, D.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. Determinação de elementos essenciais e não essenciais em palmito de pupunheira. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 91-95, 1999.
- YUYAMA, L.; AGUIAR, J.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C.; MACEDO, S.; FAVARO, D.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M.; PIMENTEL, S.; BADOLATO, E.; VANNUNCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003.  
<https://doi.org/10.1080/096374803/00006190>
- ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem**. São Carlos: UFSCar, 2004.
- ZHANXI, L. **Jun Cao Science**. 1º ed. Beijing: National Administrative College Publisher, 2012.
- ZHANXI, L.; XIAOBIN, C. A study on *Pleurotus eryngii* factory cultivation with JUNCAO technology and the spent substrate used as animal feed. In: SALES-CAMPOS, C., ABREU, R. L. S., VIANEZ, B. F., URBEN, A. F. (Eds.). **Proceedings of the 7th International Symposium on Mushrooms in Brazil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp. 79-82, 2013.

**APÊNDICE 1 – APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PELO COLEGIADO DO PPGEAL PARA ENCAMINHAMENTO AO COMITÊ DE ÉTICA/UFPR PARA ANÁLISE SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA**


1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37

**EXTRATO DE ATA DA 242ª REUNIÃO ORDINÁRIA DO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, REALIZADA EM 04 DE MAIO DE 2015.**

No quarto dia do mês de maio de dois mil e quinze, às 14:00 horas, na Sala de Reuniões do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, no Bloco da Engenharia Química, reuniu-se o Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, sob a presidência da Profª. Drª. Rosemary Hoffmann Ribani, e com as presenças dos senhores membros titulares: Prof. Dr. Marcos Rogério Mafra, Drª. Regina Maria Matos Jorge, Profª. Drª. Luciana Igarashi Mafra, Profª. Drª. Maria Lucia Masson, Profª. Drª. Nina Waszczynskij, e a Representante Discente, a Engenheira de Alimentos Paloma Souza Cabral Zappani. Registrou-se ainda a participação, da Profª. Drª. Michele Rigon Spier, da Profª. Drª. Franciny Campos Schmidt, do Prof. Dr. Álvaro Luiz Mathias, do Prof. Dr. Vitor Renan da Silva e da Profª. Drª. Érika de Castro Vasques. Ficaram registradas as justificativas de ausência do Prof. Dr. Charles Windson Isidoro Haminiuk, em aula na UTFPR, do Prof. Dr. Marcos Lúcio Corazza e da Profª. Drª. Agnes de Paula Scheer, em Pós-Doc no exterior e da Profª. Drª. Tirzhá Lins Porto Dantas em aula nesta IES. Havendo número legal, a Senhora Presidente deu por aberta a sessão. Em seguida, apresentou os assuntos da pauta:

**HOMOLOGAÇÕES:** ..... **APROVAÇÕES:**  
 .....38º - Aprovação do projeto de pesquisa do discente de doutorado **MARCELO BARBA BELLETTINI**, visando emissão de Análise de Mérito e posterior encaminhamento ao Comitê de Ética/UFPR. Decidiu-se pela entrega do processo à Profa. Dra. Nina Waszczynskij visando a análise e emissão do respectivo documento de análise de mérito. ....

Havendo percepção de que ninguém mais desejava fazer uso da palavra, a Senhora Presidente agradece a presença de todos e dá por encerrada a presente sessão, da qual foi lavrada a ata da qual se extraiu o presente extrato que segue assinado pela Coordenação Curitiba, no quarto dia do mês de maio de dois mil e quinze.

  
 Profª Drª ROSEMARY HOFFMANN RIBANI  
 Matrícula UFPR Nº 123820

## APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA ANÁLISE SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Marcelo Barba Belletini, pesquisador da Universidade Federal do Paraná, estou convidando você da comunidade da UFPR a participar de um estudo intitulado 'Processo de produção de doce em massa do fruto da pupunha' realizando um teste de visualização e degustação de doce em conserva formulado com fruto de pupunha para avaliar suas características. Esta pesquisa está sendo realizada visando à busca de alternativas na utilização do fruto de pupunha.

- a) O objetivo desta pesquisa é desenvolver doce em conserva e investigar a aceitação de um produto novo no mercado à base de fruto pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) através de consumidores voluntários.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário que compareça a uma sessão no Laboratório de Análise Sensorial, Usina Piloto B, do PPGEAL (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (Rua Francisco H. dos Santos, S/Nº, bairro Jardim das Américas) para participar da avaliação da aceitabilidade desses produtos novos à base de fruto de pupunha. A sessão será realizada em Agosto de 2015, nos períodos das 9:30 às 11:00 e das 14:00 às 17:00.
- c) Para tanto você deverá comparecer no Laboratório de Análise Sensorial, Usina Piloto B, do PPGEAL da UFPR para participar da avaliação da aceitabilidade desses produtos novos à base de fruto de pupunha. Nesta sessão serão avaliadas amostras de doce em massa, e a sessão terá duração de aproximadamente quarenta minutos.
- d) Se for alérgico a algum ingrediente a seguir: açúcar e/ou fruto de pupunha, é possível que você apresente algum desconforto. Se tiver restaurações dentárias ou próteses deve informar e estar atento, podendo interromper a participação na pesquisa.
- e) Não estão previstos riscos relacionados ao produto exceto no caso de você apresentar alergia a algum dos ingredientes listados no item "d" e, desconhecendo fato, participar do estudo. É possível ainda que sinta leve desconforto apenas por provar mais de uma amostra do produto.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são: identificar um produto novo no mercado à base de fruto de pupunha, quanto sua aceitação pelo mercado consumidor, relacionando suas características físicas com sensoriais. No entanto, nem sempre você será diretamente beneficiado com o resultado da pesquisa, mas poderá contribuir para o avanço científico.
- g) Os pesquisadores, Marcelo Barba Belletini, aluno do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, telefone (41)9927-0678, e-mail:marcelobelletini@yahoo.com.br e a Profª. Drª. Rosemary Hoffmann Ribani, tel: (41)3361-3232, e-mail: ribani@ufpr.br, responsáveis por este estudo poderão ser contatados na Usina Piloto B do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da UFPR, Centro Politécnico - Setor de Tecnologia - Bloco da Engenharia Química, Bairro Jardim das Américas - Rua Francisco H. dos Santos - S/No. das 07:30 às 11:30 e das 13:30 às 17:30 de segunda à sexta para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas pelos pesquisadores. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e seja mantida a confidencialidade.
- j) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro. Como membro da Comunidade da UFPR (estudante, professor, colaborador), você terá a garantia de que problemas como: alergia decorrente do estudo será assistida pela Plus Santé (tel: (41)3342-2525) atendimento de emergência contratado pela UFPR para o atendimento em qualquer local dos Campi. Após havendo necessidade de atendimento médico posterior você poderá agendar consulta na Casa III (Centro Politécnico – tel: (41)3361-3066 ou (41)3361-3643 no horário de atendimento das 07:00 às 18:00.
- k) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, \_\_\_\_\_, li esse termo de consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão.

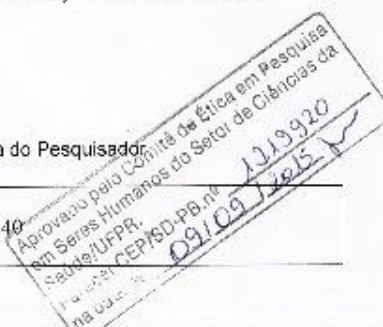
Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

(Assinatura do participante da pesquisa ou responsável legal)

Curitiba, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador

Comitê de ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da UFPR  
Rua Pc. Camargo, 285 – térreo – Alto da Glória – Curitiba-PR CEP:80060-240  
Tel (41)3360-7259 - e-mail: cometica.saude@ufpr.br



## APÊNDICE 3 – FICHA SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA

### AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA

Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Sexo: ( ) M ( ) F

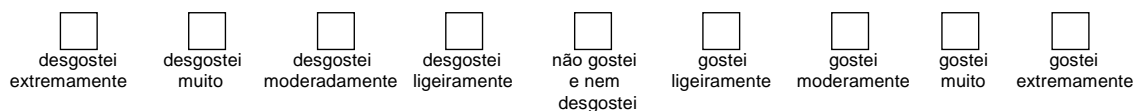
Idade: ( ) <18 ( ) 18 a 25 ( ) 26 a 35 ( ) 36 a 45 ( ) 46 a 55 anos ( ) 56 a 65 anos ( ) > 66 anos

- 1- Você conhece ou já ouviu falar sobre o **fruto da pupunha**? Sim ( ) Não ( )
- 2- Você já provou o **fruto da pupunha**? Sim ( ) Não ( )
- 3- Se a resposta foi **Sim**, diga em qual região você provou o fruto da **pupunha**? E de que forma provou o **fruto da pupunha**?
- \_\_\_\_\_
- 4- Você é diabético? Sim ( ) Não ( )
- 5- Você consome doce cremoso? Sim ( ) Não ( )
- 6- Quando você consome doce cremoso você geralmente:
- ( ) espalha o doce sobre o pão ou torrada ( ) consome somente o doce com colher

### PREZADO CONSUMIDOR

Avalie as amostras de **Doce em massa do fruto de pupunha**, provando-as da esquerda para a direita e descreva o quanto você gostou ou desgostou do produto. Se você preferir pode utilizar um biscoito.

#### AMOSTRA 192



Se você encontrasse à venda este produto (Amostra 192), qual seria sua atitude?

- ( ) certamente compraria o produto
- ( ) possivelmente compraria o produto
- ( ) talvez comprasse / talvez não comprasse
- ( ) possivelmente não compraria o produto
- ( ) certamente não compraria o produto

Observações/comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Observações/comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**AMOSTRA 531**

desgostei  
extremamente

desgostei  
muito

desgostei  
moderadamente

desgostei  
ligeiramente

não gostei  
e nem  
desgostei

gostei  
ligeiramente

gostei  
moderadamente

gostei  
muito

gostei  
extremamente

Se você encontrasse à venda este produto (Amostra 531), qual seria sua atitude?

- ( ) certamente compraria o produto  
 ( ) possivelmente compraria o produto  
 ( ) talvez comprasse / talvez não comprasse  
 ( ) possivelmente não compraria o produto  
 ( ) certamente não compraria o produto

Observações/comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**AMOSTRA 622**

desgostei  
extremamente

desgostei  
muito

desgostei  
moderadamente

desgostei  
ligeiramente

não gostei  
e nem  
desgostei

gostei  
ligeiramente

gostei  
moderadamente

gostei  
muito

gostei  
extremamente

Se você encontrasse à venda este produto (Amostra 622), qual seria sua atitude?

- ( ) certamente compraria o produto  
 ( ) possivelmente compraria o produto  
 ( ) talvez comprasse / talvez não comprasse  
 ( ) possivelmente não compraria o produto  
 ( ) certamente não compraria o produto

Observações/comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Obrigado pela participação!*

## ANEXO A – DEPÓSITO DE PATENTE: MODELO MATEMÁTICO DE PREVISÃO DE pH EM PALMITO, BR1020150268149


< Uso exclusivo do INPI >

PI0354

VIA JK/PD

**INPI** INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL  
PROTÓTIPO GERAL

22/10/2015 015150001440  
14:15 DEPR



ER 10 2015 026814 9

Espaço reservado para o protocolo

Espaço reservado para a etiqueta

Espaço reservado para o código QR

**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**  
Sistema de Gestão da Qualidade  
Diretoria de Patentes

<b>DIRPA</b>	Tipo de Documento: <b>Formulário</b>	<b>DIRPA</b>	Página: <b>1/3</b>
Título do Documento: <b>Depósito de Pedido de Patente</b>		Código: <b>FQ001</b>	Versão: <b>2</b>
		Procedimento: <b>DIRPA-PQ006</b>	

**AO Instituto Nacional da Propriedade Industrial:**  
O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. **Depositante (71):**
  - 1.1 Nome: Universidade Federal do Paraná
  - 1.2 Qualificação: Autarquia Federal
  - 1.3 CNPJ/CPF: 75095679/0001-49
  - 1.4 Endereço Completo: Rua João Negrão, 280 2º andar Curitiba/PR
  - 1.5 CEP: 80010-200
  - 1.6 Telefone: 41-33607441
  - 1.7 Fax: 41-33607416
  - 1.8 E-mail: inovacao@ufpr.br

continua em folha anexa

2. **Natureza:**  Invenção  Modelo de Utilidade  Certificado de Adição

3. **Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):**  
Modelo matemático de previsão de pH em palmito

continua em folha anexa

4. **Pedido de Divisão: do pedido Nº** **Data de Depósito:**

5. **Prioridade:**  Interna (66)  Unionista (30)

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

País ou Organização do depósito	Número do depósito (se disponível)	Data de depósito

continua em folha anexa

Jaf.

## ANEXO B – DEPÓSITO DE PATENTE: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE DOCE EM MASSA DO FRUTO DA PUPUNHA, BR1020150268203



&lt; Uso exclusivo do INPI &gt;

PI 032  
VIA  
UFPR

Espaço reservado para o protocolo

Espaço reservado para a etiqueta

Espaço reservado para o código QR



**INPI**  
INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL

**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**  
Sistema de Gestão da Qualidade  
Diretoria de Patentes

<b>DIRPA</b>	Tipo de Documento: <b>Formulário</b>	DIRPA	Página: 1/3
	Título do Documento: <b>Depósito de Pedido de Patente</b>	Código: FQ001	Versão: 2
			Procedimento: DIRPA-PQ006

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas:

**1. Depositante (71):**

- 1.1 Nome: Universidade Federal do Paraná  
 1.2 Qualificação: Autarquia Federal  
 1.3 CNPJ/CPF: 75095679/0001-49  
 1.4 Endereço Completo: Rua João Negrão, 280 2º andar Curitiba/PR  
 1.5 CEP: 80010-200  
 1.6 Telefone: 41-33607441    1.7 Fax: 41-33607416  
 1.8 E-mail: inovacao@ufpr.br

 continua em folha anexa

**2. Natureza:**     Invenção                       Modelo de Utilidade                       Certificado de Adição

**3. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):**

Processo de produção de doce em massa do fruto da pupunha

 continua em folha anexa

**4. Pedido de Divisão: do pedido Nº**    **Data de Depósito:**

**5. Prioridade:**                       Interna (66)                       Unionista (30)

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

País ou Organização do depósito	Número do depósito (se disponível)	Data de depósito

 continua em folha anexa



## ANEXO C – ARTIGO ACEITO NA REVISTA SAUDI JOURNAL OF BIOLOGICAL SCIENCES (JCR = 2,56)

ARTICLE IN PRESS

Saudi Journal of Biological Sciences (2016) xxx, xxx–xxx



King Saud University  
Saudi Journal of Biological Sciences

www.ksu.edu.sa  
www.sciencedirect.com



## REVIEW

### Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp.

Marcelo Barba Bellettini<sup>a,\*</sup>, Fernanda Assumpção Fiorda<sup>a</sup>,  
Helayne Aparecida Maieves<sup>a</sup>, Gerson Lopes Teixeira<sup>a</sup>, Suelen Ávila<sup>a</sup>,  
Polyanna Silveira Hornung<sup>a</sup>, Agenor Maccari Júnior<sup>b</sup>, Rosemary Hoffmann Ribani<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Federal University of Paraná, Department of Chemical Engineering, Graduate Program in Food Engineering, PO Box 19011, Zip Code: 81531-980 Curitiba, Paraná State, Brazil

<sup>b</sup> Federal University of Paraná, Department of Agronomy, PO Box 19011, Zip Code: 80035-060 Curitiba, Paraná State, Brazil

Received 18 October 2015; revised 8 March 2016; accepted 4 December 2016

## KEYWORDS

White-rot fungi;  
Intrinsic and extrinsic factors;  
Biological efficiency;  
Oyster mushroom

**Abstract** *Pleurotus* genus is one of most extensively studied white-rot fungi due to its exceptional ligninolytic properties. It is an edible mushroom and it also has several biological effects, as it contains important bioactive molecules. In basidiomycete fungi, lignocellulolytic enzymes are affected by many typical fermentation factors, such as medium composition, ratio of carbon to nitrogen, pH, temperature, air composition, etc. The survival and multiplication of mushrooms is related to a number of factors, which may act separately or have interactive effects among them. Out that understanding challenges in handling *Pleurotus* species mushroom requires a fundamental understanding of their physical, chemical, biological and enzymatic properties. This review presents a practical checklist of available intrinsic and extrinsic factors, providing useful synthetic information that may help different users. An in-depth understanding of the technical features is needed for an appropriate and efficient production of *Pleurotus* spp.

© 2016 The Authors. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of King Saud University. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Contents

1. Introduction . . . . .	00
2. Effects of intrinsic factors . . . . .	00
2.1. Composition of substrates . . . . .	00
2.2. Sources of nitrogen . . . . .	00

\* Corresponding author.

E-mail address: [marcelobeletini@yahoo.com.br](mailto:marcelobeletini@yahoo.com.br) (M.B. Bellettini).

Peer review under responsibility of King Saud University.



Production and hosting by Elsevier

<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>

1319-562X © 2016 The Authors. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of King Saud University. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Please cite this article in press as: Bellettini, M.B. et al., Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp., Saudi Journal of Biological Sciences (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>