



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

CLÁUDIO EDUARDO CARTABIANO LEITE

**CARACTERIZAÇÃO E TRIAGEM DE GENÓTIPOS EXPERIMENTAIS  
E CULTIVARES BRASILEIROS DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*  
(L.) Lam) E DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE FORMULAÇÃO  
DE BEBIDA TIPO SMOOTHIE**

Florianópolis  
2022

CLÁUDIO EDUARDO CARTABIANO LEITE

**CARACTERIZAÇÃO E TRIAGEM DE GENÓTIPOS EXPERIMENTAIS  
E CULTIVARES BRASILEIROS DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*  
(L.) Lam) E DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE FORMULAÇÃO  
DE BEBIDA TIPO SMOOTHIE**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de Doutor em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Dra. Alicia de Francisco

Florianópolis  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cartabiano Leite, Cláudio Eduardo

Caracterização e triagem de genótipos experimentais e cultivares brasileiros de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) e desenvolvimento preliminar de formulação de bebida tipo smoothie / Cláudio Eduardo Cartabiano Leite; orientadora, Alicia De Francisco, 2022.

233 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. batata-doce. 3. genótipos e cultivares. 4. desenvolvimento de novos produtos. 5. smoothie de batata-doce. I. De Francisco, Alicia. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite

**Caracterização e Triagem de Genótipos Experimentais e Cultivares Brasileiros de Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) e Desenvolvimento Preliminar de Formulação de Bebida Tipo Smoothie**

O presente trabalho em nível de **doutorado** foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Alicia de Francisco  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Candida Elisa Mafio  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Profa. Dra. Carlise Beddin Fritzen Freira  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Tatiane de Andrade Maranhão  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para a obtenção do título de Doutor em Ciência dos Alimentos.

---

Profa. Dra. Itaciara Larroza Nunes  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos

---

Profa. Dra. Alicia de Francisco  
Orientadora

Florianópolis, 2022

Dedico este trabalho ao santo nome de Deus Pai Todo Poderoso, e ao santo nome de Deus Filho Todo Poderoso, pois sem vossa Santa Vontade e Santa Misericórdia, nada haveria de materializado, tão pouco haveria salvação.

## AGRADECIMENTOS

“Lembra daquele menino que morou na rua, sem eira nem beira, fazia malabarismo nas esquinas, crocs furado na sola, aparentemente sem futuro? É, justamente ele que se formou Ph.D.”.

Todos os agradecimentos do mundo não expressam o sentimento de amor e gratidão que sinto por meus pais, Silvia Alves dos Santos e Cláudio Leite, sobremaneira por minha esposa e companheira Jacheline Batista. Neste ato, quero elencar meu núcleo familiar que muito me dá forças. Da parte de minha Mamãe: vovó Sara, vovô João, tia Kátia, tio Zeca, tio Michel, Priscila, tio Willian, tia Andréia, irmão Cláudio Augusto, prima Giovana, primo Lucas, primo Willianzinho e sua filha Valentina, prima Isabella, prima Marcellinha, primo Arthur, e a prima caçula Manuella. Da parte do meu Papai: vovó Ana, vovô Antônio, tio Dine, tia Cleide, tia Ni, prima Marílis, prima Thaís, primo Felipe, primo Rafael, primo Guilherme, prima Letícia. Da parte de minha esposa: sogra Jurema, sogro Jacir, e cunhado Juliano (famoso Zu).

Minha Mamãe e meu Papai tiveram muito trabalho comigo. Nunca fui uma pessoa fácil. Em 2006 tatuei as pernas, 2007 deixei a primeira faculdade, 2008 passei na rua. Voltei pra casa de Mamãe em 2009, e lá fiquei por conta das palavras firmes de minha amada tia Kátia. Já não encontrava uma saída para minha vida. Mas, ainda em 2009, Mamãe pagou a prova do Enem e colou o canhoto na porta da geladeira. No dia da prova, sentei em um lugar único no ônibus e fiz uma oração. Pedi ao Santo Senhor Jesus Cristo que me desse a oportunidade de dar um orgulho para minha Mamãe, um orgulho para minha família, apenas um orgulho...

Fiz uma pontuação tal no ENEM que permitiu meu Papai a encontrar, via Sisu, uma oportunidade para que eu pudesse realizar um sonho distante, meio ofuscado, a tal Universidade Federal. “Somente os melhores entram na Universidade Federal. Logo Eu em uma Federal...?”

Minha vaga foi confirmada! Hesitação pela grande mudança. Por um empurrão de grande amigo, José Eduardo Leite, parti em 2010 para Francisco Beltrão, realizar a Graduação em Tecnologia de Alimentos na UTFPR. Após 12 anos: Sou graduado Tecnólogo em Alimentos, Mestre em Processos Químicos e Bioquímicos (UTFPR-PB), Doutor em Ciência de Alimentos (UFSC). Em 2023, me formo no MBA em Agronegócios USP-ESALQ. Aqui só vai!

Nessa trajetória, uma pessoa muito especial acreditou em mim: minha esposa e companheira Jacheline Batista. Não apenas acreditou, mas esteve ao meu lado em cada sorriso, suor, sangue e lágrimas derramadas neste período. Não apenas esteve ao meu lado, mas compartilhou o período onde um steak de frango era cortado em dois para ter o que jantar. E até hoje trabalha incansavelmente para me dar todo o suporte necessário para eu pudesse atingir este nível.

Muito obrigado meu amiiii.

Agradeço muito à minha professora orientadora Dra. Alicia de Francisco, pois essa gigante me ofertou seus ombros para que eu pudesse ver mais longe. Estendo o cumprimento a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, e do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, que tanto me auxiliaram no período de doutoramento, especialmente à Profa. Dra. Marilde Terezinha Bordignon Luiz, Profa. Dra. Evanilda Teixeira, e ao Prof. Dr. Juliano De Dea Lindner. Reconheço todo o suporte que a UFSC me concedeu para a realização deste trabalho, maiormente aos laboratórios onde realizei minhas pesquisas.

Batata-doce é minha paixão. Não apenas me oferta seus nutrientes, mas me concede um objeto de pesquisa para a vida. Agradeço muito a oportunidade de trabalhar em parceria técnico-científica com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga, nas figuras da Dra. Candida Elisa Manfio, MSc. Gerson Henrique Wamser, e Dr. Daniel Alves Pedrosa. Tive a grande oportunidade de coletar pessoalmente as amostras junto ao Banco de Germoplasma de Batata-doce. Muito obrigado!

Em um período de deterioração das condições científicas no Brasil, reconheço a importância, e agradeço imensamente, ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq), pela bolsa de doutorado com taxa de bancada, que foi minha fonte de renda e investimento na pesquisa. Estendo o reconhecimento quanto a importância da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da qual fui bolsista no mestrado. Sou grato ao povo brasileiro, quem a duras penas pagam seus impostos, do qual uma alíquota é investida na educação.

Aos amigos José Francisco dos Santos Silveira Junior, Laércio Galvão Maciel, Bruno Luiz Ferreira, Gerson Lopes Teixeira e Carlos Eduardo da Silva Soares, vocês bem sabem de toda dificuldade que enfrentamos no doutorado. Estendo meu cumprimento a todos os amigos de graduação, mestrado, e especialmente aos que fiz durante o doutoramento!

Aos irmãos de caminhada: da República Xeca: Caio, Brunão, Fillipe, Myung, Raphael, Célio, Walmir e Nando; da JambaLek: Corvo, Adri, Xu, Vinão, Thiago Pazzetti, Bam Bam; da PipiNelas: Jonatas, Bruscato, Igor, Bruninho, Takeda e o Anderson de Coronel Vivida. Estendo o salvee para todos os irmãos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes neste tempo.

Aqui firmo o mais puro e verdadeiro respeito por quem dividiu o chão frio das ruas, dormindo em cima de papelão, fazendo pulseirinha de macramê, mangueando nos sinais: Adelaide Cenci e Leonardo Cassiano: “nessa altura da vida não há mais guerras ou conflitos, apenas o respeito por um tempo em que só quem tava junto sabe...”.

Enfim, quero deixar bem claro que EU sei quem esteve lado a lado e quem só ficou na bota...

*“...fica você com seu sonho de Doutor, quando formar cê me avisa morô?”  
Salve...  
(Racionais MC's, 1997), adaptado.*

## RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma planta angiosperma, dicotiledônea, cosmopolita, de família Convolvulaceae, gênero *Ipomoea*, única entre seus pares capaz de produzir um alimento nutritivo, consumido e beneficiado em todo o mundo. Este trabalho de tese tem na batata-doce seu objeto de pesquisa, em que os objetivos foram: (i) realizar uma revisão do estado da arte, e uma prospecção tecnológica da cultura; (ii) caracterizar a morfologia e os componentes físico-químicos de 18 amostras, subdividas em 12 genótipos experimentais e 6 cultivares brasileiras, registradas, procedentes do Banco de Germoplasma de Batata-doce, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga; (iii) elaborar uma formulação preliminar de uma bebida funcional tipo smoothie a base de batata-doce. A revisão gerou um artigo científico, e a prospecção tecnológica revelou que o código A01H5/00 do *Cooperative Patent Classification* (relacionado com a proteção genética de novas plantas angiospermas) esteve presente na maioria dos documentos de patentes analisados. O peso das raízes tuberosas variou de 443,82-83,30 g, o comprimento de 24,19-12,43 cm, e espessura de 5,22-2,81 cm. A cor instrumental estabeleceu o perfil de cor da polpa das amostras, as quais variaram de branco, creme, amarelo, laranja e roxa. A atividade de água foi 0,99, umidade de 83,32-76,28%, energia 88,43-60,96 Kcal, proteínas totais 7,35-1,77 g/100g, lipídios totais 1,77-0,66 g/100g, carboidratos totais 18,42-8,08 g/100g, fibra alimentar total 12,60-4,44 g/100g, e cinzas 3,77-1,51 g/100g. Das 16 variáveis independentes que caracterizaram as amostras, a Análise Fatorial exploratória identificou, com 92,08% de assertividade, 13 variáveis independentes com multicolinearidade. A Análise de Componentes Principais esclareceu 84,01% da variância explicativa dos dados. A triagem das amostras indicou que as cultivares SCS372 Marina e a SCS370 Luiza apresentam potencial de recomendação para a produção agrícola, e os genótipos experimentais 17025-13, 17125-10 e 17117 foram indicados para registro. A aplicação de modelos quimiométricos deu suporte para a elaboração de uma formulação básica de bebida funcional tipo smoothie a base de batata-doce. A análise de reologia revelou que o novo produto possui característica de fluido não-newtoniano pseudoplástico. Os dados da curva de fluxo foram modelados pela Lei de Potência de Ostwald-De Waele, e resultaram em índice de consistência de  $34,32 \pm 3,04 \text{ Pa.s}^n$ , e índice de comportamento de fluxo de  $0,20 \pm 0,02$ , com o modelo apresentando ajuste satisfatório ( $R^2_{\text{ajs}}=92\%$ ). A análise do módulo elástico ( $G'$ ) e módulo viscoso ( $G''$ ) revelaram uma possível região de viscoelasticidade linear no intervalo de tensão de cisalhamento de 1 Pa a 5 Pa. O desenvolvimento de novos produtos à base de batata-doce poderá favorecer o aproveitamento da cultura e estimular o aumento da produção agrícola deste alimento. Desse modo, a tese contribui para a valorização da batata-doce, um alimento-chave da agricultura nacional.

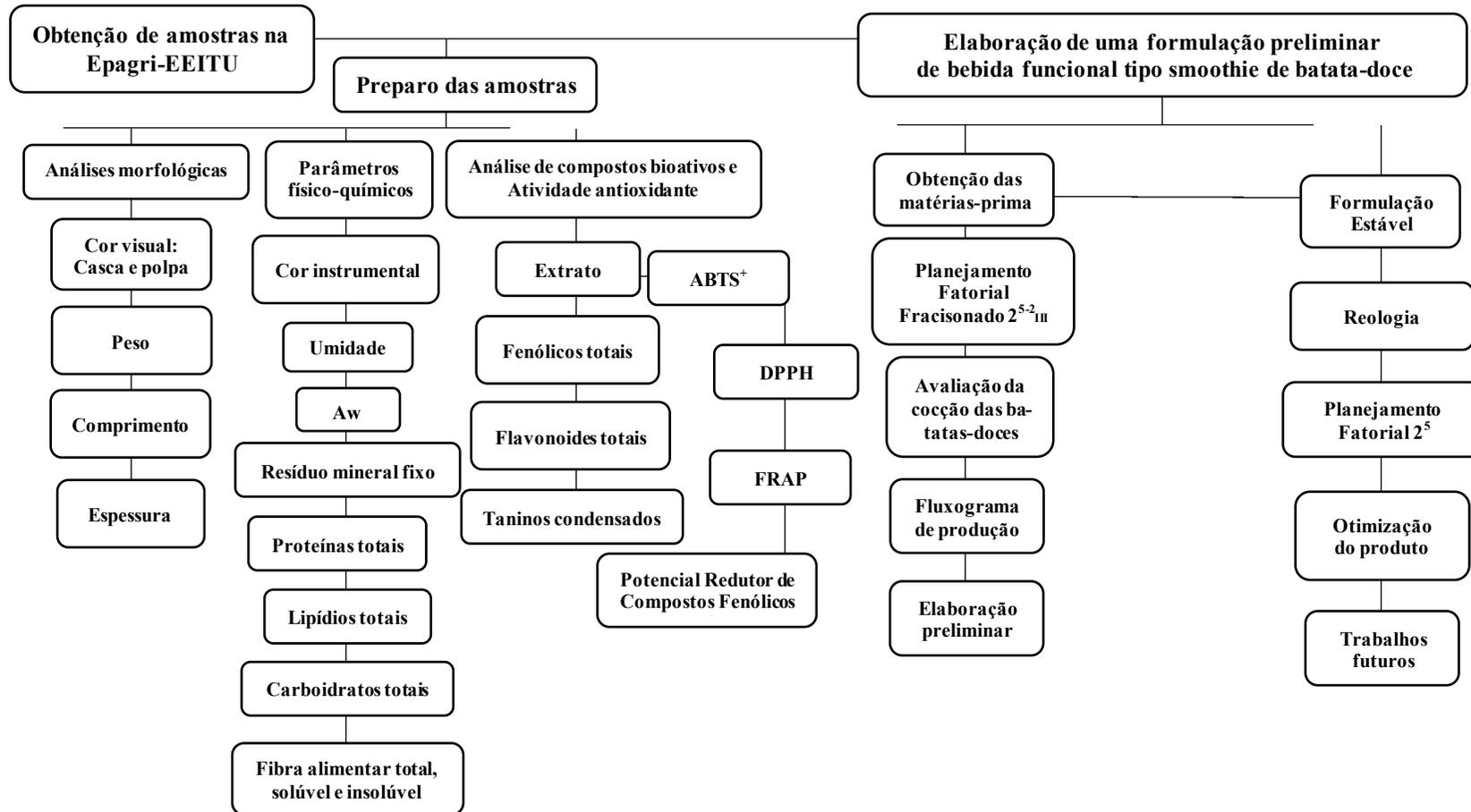
**Palavras-chave:** Batata-doce; Morfologia; Composição proximal; Fibra dietética; Análise de Fator; Análise de Componentes Principais; Smoothie.

## ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) is an angiosperm, dicotyledonous, cosmopolite plant, from the Convolvulaceae family, genus *Ipomoea*, unique among its peers capable of producing a nutritious food, consumed and processed worldwide. This thesis has the sweet potato as its object of research, in which the objectives were: (i) to carry out a review of the state of the art, and a technological prospection of the culture; (ii) to characterize the morphology and physico-chemical components of 18 samples, subdivided into 12 experimental genotypes and 6 registered Brazilian cultivars, from the Sweet Potato Germplasm Bank at the Agricultural Research and Extension Company of Santa Catarina, Ituporanga Experimental Station; (iii) to elaborate a preliminary formulation of a functional sweet potato-based smoothie beverage. The review generated a scientific article, and the technological investigation revealed that the code A01H5/00 of the Cooperative Patent Classification (related to the genetic protection of new angiosperm plants) was present in most of the analyzed patent documents. The weight of the tuberous roots ranged from 443.82 to 83.30 g, the length from 24.19 to 12.43 cm, and the thickness from 5.22 to 2.81 cm. The instrumental color established the color profile of the pulp of the samples, which varied from white, cream, yellow, orange and purple. Water activity was 0.99, moisture 83.32-76.28%, energy 88.43-60.96 Kcal, total proteins 7.35-1.77 g/100g, total lipids 1.77-0.66 g/100g, total carbohydrates 18.42-8.08 g/100g, total dietary fiber 12.60-4.44 g/100g, and ashes 3.77-1.51 g/100g. From the 16 independent variables that characterized the samples, the exploratory Factor Analysis identified, with 92.08% of assertiveness, 13 independent variables with multicollinearity. The Principal Component Analysis clarified 84.01% of the explanatory variance of the data. The screening of the samples indicated that the cultivars SCS372 Marina and SCS370 Luiza have the potential to agricultural production recommendation, and the experimental genotypes 17025-13, 17125-10 and 17117 were indicated for registration. The application of chemometric models supported the elaboration of a basic formulation of a functional beverage of sweet potato-based smoothie. The rheology analysis revealed that the new product has the characteristic of a non-Newtonian pseudoplastic fluid. The flow curve data were modeled by the Ostwald-De Waele Power Law, and resulted in a consistency index of  $34.32 \pm 3.04 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ , and a flow behavior index of  $0.20 \pm 0.02$ , with the model showing a satisfactory fit ( $R^2_{\text{adj}}=92\%$ ). The analysis of the elastic modulus ( $G'$ ) and viscous modulus ( $G''$ ) revealed a possible region of linear viscoelasticity in the shear stress range from 1 Pa to 5 Pa. The development of new sweet potato-based products may favor the use of the crop and stimulate the increase in agricultural production of this food. In this context, the thesis contributes to the appreciation of the sweet potato, a key food for Brazilian agriculture.

**Keywords:** Sweet potato. Morphology; Proximal Composition; Dietary fibers; Factor Analysis; Principal Component Analysis; Smoothie.

### FUXOGRAMA CONCEITUAL DA TESE



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1a – Planta jovem de batata-doce.....	28
Figura 1b – Caule principal, pecíolos e folhas.....	28
Figura 2a – Grupo de botões.....	29
Figura 2b – Flor da batata-doce.....	29
Figura 3a – Formação do sistema radicular da batata-doce: Início do desenvolvimento de raízes absorventes.....	30
Figura 3b – Formação do sistema radicular da batata-doce: Raízes absorventes.....	30
Figura 3c – Formação do sistema radicular da batata-doce: Raiz pivotal.....	30
Figura 4 – Variedades de raízes tuberosas de diferentes cultivares de batatas-doce.....	31

### CAPÍTULO 2

Figura 1a – Crescimento da batata-doce: (a) Desenvolvimento de dois cotilédones.....	90
Figura 1b – Crescimento da batata-doce: (b) Pecíolos iniciais e caule com leve pubescência.....	91
Figura 2 – Caule principal, pecíolos e folhas de batata-doce em configuração espiral com filotaxia 2/5.....	93
Figura 3 – Sistema radicular pivotante da batata-doce.....	94
Figura 4 – Exemplo de material de propagação de batata-doce: raiz tuberosa germinada.....	103

### CAPÍTULO 3

Figura 1 – Produção de batata-doce por região em 2016.....	126
Figura 2 – Códigos CPC correlacionados aos documentos de patente avaliados.....	130
Figura 3 – Grupo de códigos A23 relacionados aos documentos de patente avaliados.....	131
Figura 4 – Evolução dos pedidos de patentes ao longo dos anos.....	132
Figura 5 – Quantidade de documentos de patentes vinculados aos respectivos países.....	133
Figura 6 – Evolução no número de publicações por ano entre 1994-2018 relacionados a batata-doce.....	135

### CAPÍTULO 4

Figura 1 – Segunda Análise Fatorial Exploratória: Distribuição tridimensional de variáveis independentes em função dos Fatores 1, 2 e 5.....	159
Figura 2(A) – Distribuição das variáveis independentes na PCA: (A) PC1xPC2.....	163
Figura 2(B) – Distribuição das variáveis independentes na PCA: (B) PC1xPC3.....	163
Figura 2(C) – Distribuição das variáveis independentes na PCA: (C) PC1xPC4.....	163
Figura 3(A) – PCA Distribuição das amostras: (A) PC1xPC2.....	164
Figura 3(B) – PCA Distribuição das amostras: (B) PC1xPC3.....	164
Figura 3(C) – PCA Distribuição das amostras: (C) PC1xPC4.....	164

## CAPÍTULO 5

Figura 1 - Fluxograma das etapas adotadas para a produção de bebida funcional do tipo smoothie a base de batata-doce.....	194
Figura 2 - Baía número 1 da Usina de Alimentos (CCA/UFSC) utilizada para as etapas de produção de uma bebida funcional tipo smoothie a base de batata-doce.....	197
Figura 3 - Fogão industrial e panelão de alumínio com tampa para cocção das amostras de batata-doce utilizadas como matéria-prima.....	197
Figura 4 - Cocção à vapor das batatas-doces cortadas na transversal.....	198
Figura 5 - Avaliação da qualidade de cocção de batata-doce cortada na transversal.....	198
Figura 6 - Avaliação da qualidade de cocção de batata-doce inteira.....	199
Figura 7 - Cocção padronizada das amostras de batata-doce e desprendimento da derme e epiderme das raízes tuberosas.....	199
Figura 8 - Preparo do smoothie a base de batata-doce.....	200
Figura 9 - Amostra de nova variedade de batata-doce 17025-13.....	201
Figura 10 - Figura superior e lateral do smoothie de batata-doce aplicando na formulação a amostra 17025-13.....	201
Figura 11 - Tensão de cisalhamento e viscosidade aparente do smoothie de batata-doce..	205
Figura 12 - Curva de fluxo ajustada pela Lei de Potência de Ostwald-de Waele.....	207
Figura 13 - Propriedades viscoelásticas do smoothie de batata doce: módulo elástico ( $G'$ ) módulo de perda ( $G''$ ) .....	209

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

Tabela 1 – Composição nutricional da batata-doce crua e cozida com casca.....	32
Tabela 2 – Os dez países que mais produziram batata-doce no mundo em 2020.....	50
Tabela 3 – Produção brasileira de batata-doce entre 1988 a 2020.....	51
Tabela 4 – Cultivares brasileiros de batata-doce registrados no Registro Nacional de Cultivares.....	53

### CAPITULO 2

Tabela 1 – Os dez países que mais produziram batata-doce no mundo em 2018.....	99
Tabela 2 – Produção brasileira de batata-doce entre 1988 a 2018.....	100
Tabela 3 – Cultivares brasileiros de batata-doce.....	104
Tabela 4 – Composição nutricional da batata-doce crua e cozida com casca.....	105

### CAPITULO 3

Tabela 1 - Resultado da busca no site Espacenet.....	129
Tabela 2 - Documentos e artigos disponíveis na plataforma Science Direct® entre os anos 1994-2018.....	134

### CAPITULO 4

Tabela 1 – Amostras registradas e novas variedades de batatas-doce.....	144
Tabela 2 – Comparação morfológica entre cultivares registradas e novas variedades de batata-doce.....	152
Tabela 3 – Cor instrumental da polpa de cultivares registradas e novas variedades de batata-doce.....	153
Tabela 4 – Composição proximal e teor total de fibra alimentar em cultivares registradas e novas variedades de cultivares de batata-doce.....	156

### CAPITULO 5

Tabela 1 - Proporção de matéria prima utilizada na elaboração inicial do smoothie de batata-doce.....	191
Tabela 2 - Domínio fatorial para elaboração inicial do smoothie de batata-doce.....	192
Tabela 3 - Design experimental codificado do planejamento fatorial $2^{5-2}_{III}$ para triagem de variáveis relacionadas a elaboração inicial da bebida funcional de batata-doce.....	192
Tabela 4 - Domínio fatorial ajustado para formulação do smoothie de batata-doce.....	202
Tabela 5 - Design experimental codificado do planejamento fatorial $2^5$ para desenvolvimento do smoothie de batata-doce.....	203
Tabela 6 - Planejamento de mistura Simplex-Centroide com pontos axiais para otimização de um novo produto tipo smoothie a base de batata-doce.....	204
Tabela 7 - Estatística descritiva da modelagem reológica por Ostwald-De Waele.....	207

Tabela 8 - Parâmetros do modelo.....	208
Tabela 9 - Análise de variância do modelo.....	208

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
AF	Análise Fatorial
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
APG	Angiosperm Phylogeny Group
BAG-batata-doce	Banco Ativo de Germoplasma de Batata-doce
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CEAGESP	Companhia de Armazéns e Armazéns Gerais de São Paulo
CEASA	Centrais de Abastecimento do Estado
CFT	Conteúdo Fenólico Total
CNPH	Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CP	Componente Principal
CPC	Cooperative Patent Classification
CSPI	Center for Science in the Public Interest
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EElTu	Estação Experimental de Ituporanga
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPASC	Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization
FRAP	Capacidade de Redução Férrica do Plasma
FT	Flavonóis Totais
HKI	Helen Keller International
IAC	Instituto Agrônômico
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN	Instrução Normativa
INPI	Instituto Nacional de Proteção Intelectual
KMO	critério de Kaiser-Merkin-Olkin
LAMEB	Laboratório Multiusuário de Estudos Biológicos
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAM	Produção Agrícola Municipal
PCA	Análise de Componentes Principais
PRCFH	Potencial Redutor De Compostos Fenólicos Hidrofílicos
RAC	The Reaching Agents of Change
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RNC	Registro Nacional de Cultivares
SASHA	Sweetpotato Action for Security and Health in Africa
TC	Taninos Condensados
TS	Tabela Suplementar
UEPAE	Unidade Estadual de Execução de Pesquisas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFT	Universidade Federal do Tocantins

UFVJM  
USDA  
USDA  
λ

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
United States Department of Agriculture  
United States Department of Agriculture  
Comprimeto de Onda

## SUMÁRIO

<b>I - INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>II - OBJETIVOS</b> .....	23
II.i- OBJETIVO GERAL.....	23
II.ii - Objetivos específicos.....	24
<b>III - CAPITULO 1: REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	25
<b>1 A TAXONOMIA DA BATATA-DOCE</b> .....	26
<b>2 ASPECTOS NUTRICIONAIS DA BATATA-DOCE</b> .....	32
<b>3 COMPOSTOS BIOATIVOS EM BATATA-DOCE</b> .....	37
3.1 POLIFENÓIS.....	38
3.2 ANTOCIANINAS.....	41
3.3 CAROTENOIDES.....	39
<b>4 MANEJO DE CULTIVO</b> .....	45
<b>5 PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE</b> .....	48
<b>6 PRODUTOS DE BATATA-DOCE E PERSPECTIVAS PARA O MERCADO BRASILEIRO</b> .....	54
<b>7 BEBIDAS FUNCIONAIS: SMOOTHIE</b> .....	61
<b>REFERENCIAS</b> .....	66
<b>IV - CAPITULO 2: O POTENCIAL NUTRICIONAL E A RELEVÂNCIA SOCIAL DA BATATA-DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L. LAM): UMA REVISÃO..</b>	85
<b>RESUMO</b> .....	86
<b>ABSTRACT</b> .....	87
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	88
<b>2 TAXONOMIA E MORFOLOGIA DA BATATA-DOCE</b> .....	90
<b>3 ASPECTOS HISTÓRICOS</b> .....	96
<b>4 PRODUÇÃO MUNDIAL DE BATATA-DOCE</b> .....	98
<b>5 PESQUISA AGRÍCOLA E PRODUÇÃO DE BATATA DOCE NO BRASIL</b> .....	100
<b>6 BATATA-DOCE: QUALIDADE NUTRICIONAL E RELEVÂNCIA SOCIAL</b> .....	105
<b>7 COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE</b> .....	108
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	101
<b>REFERENCIAS</b> .....	110
<b>V - CAPITULO 3: ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE PATENTES E PUBLICAÇÕES ENVOLVENDO BATATA-DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L. LAM)</b> .....	123
<b>RESUMO</b> .....	124
<b>ABSTRACT</b> .....	125
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	126
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	127
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	128
3.1 AVALIAÇÃO DOS DOCUMENTOS E PATENTES.....	128
3.2 AVALIAÇÃO DOS ARTIGOS PUBLICADOS EM PLATAFORMA CIENTÍFICA.....	133
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	135
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	136
<b>VI - CAPITULO 4: CARACTERIZAÇÃO E TRIAGEM DE CULTIVARES E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE</b> .....	138
<b>RESUMO</b> .....	139

<b>ABSTRACT</b> .....	140
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	141
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	143
2.1 COLETA DE AMOSTRAS.....	143
2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	144
<b>2.2.1 Liofilização da polpa</b> .....	144
2.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA.....	145
2.4 COR INSTRUMENTAL.....	145
2.5 COMPOSIÇÃO PROXIMAL.....	145
<b>2.5.1 Umidade</b> .....	145
<b>2.5.2 Atividade de água</b> .....	146
<b>2.5.3 Resíduo mineral fixo</b> .....	146
<b>2.5.4 Proteínas totais</b> .....	146
<b>2.5.5 Lipídios totais</b> .....	147
<b>2.5.6 Carboidratos totais</b> .....	147
2.6 FIBRA DIETÉTICA TOTAL.....	147
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	148
<b>3 RESULTADOS</b> .....	150
3.1 MORFOLOGIA DE CULTIVARES REGISTRADOS E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE.....	150
3.2 COR INSTRUMENTAL DA POLPA.....	153
3.3 COMPOSIÇÃO PROXIMAL E FIBRA ALIMENTAR TOTAL.....	154
3.4 ANÁLISE DE FATOR E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	157
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	165
4.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE AMOSTRAS DE BATATA-DOCE.....	165
4.2 PERFIL DE COR DA POLPA DE BATATA-DOCE.....	167
4.3 COMPOSIÇÃO PROXIMAL E FIBRA ALIMENTAR TOTAL.....	169
4.4 TRIAGEM DE CULTIVARES E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE.....	173
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	175
<b>DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS</b> .....	175
<b>CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES</b> .....	176
<b>FINANCIAMENTO</b> .....	176
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	176
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR</b> .....	176
<b>REFERENCIAS</b> .....	177
<b>TRIAGEM DE SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE DE POLPA ROXA</b> .....	185
<b>RESUMO</b> .....	185
<b>VII - CAPÍTULO 5: DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE UMA FORMULAÇÃO DE BEBIDA FUNCIONAL A BASE DE BATATA-DOCE</b> .....	187
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	188
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	190
2.1 OBTENÇÃO DOS MATERIAIS.....	190
2.2 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUIMIOMETRIA NA TRIAGEM DE FORMULAÇÕES.....	191
2.3 COCCÃO DAS RAÍZES E PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....	193
2.4 PROCEDIMENTO DE PREPARO DA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SMOOTHIE.....	194

2.5 ANÁLISE REOLÓGICA.....	195
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>196</b>
3.1 DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE BEBIDA FUNCIONAL DO TIPO SMOOTHIE A BASE DE BATATA-DOCE.....	196
3.2 DOMÍNIO FATORIAL COESO DA FORMULAÇÃO.....	202
3.3 REOLOGIA DA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SMOOTHIE DE BATATA-DOCE.....	205
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>212</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>213</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>213</b>
<b>VIII - TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>217</b>
<b>IX - CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....</b>	<b>218</b>
<b>X - APÊNDICE A.....</b>	<b>220</b>

## I – INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma planta classificada como angiosperma dicotiledônea, a qual pertence à família Convolvulaceae, e demonstra crescimento repente com ciclo de vida perene. Dentre os mais de quinhentos espécimes que compõem o gênero *Ipomoea*, a batata-doce é a única capaz de gerar, em seu sistema radicular, raízes tuberosas nutritivas, as quais são amplamente consumidas e beneficiadas em todo o mundo (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; SINGH, 2010).

Mas as raízes históricas atreladas a origem da planta, bem como os eventos envolvidos em sua disseminação para diversos continentes, são temas controversos e que intrigam os cientistas até os dias de hoje. A principal teoria que descreve o surgimento da batata-doce indica que a planta provém das Américas, especialmente das regiões que compreendem a América Central e a América do Sul. Fragmentos de alimentos encontrados em sítios arqueológicos situados no Peru revelam a possibilidade de que a batata-doce era utilizada nesta região a mais de 10.000 anos atrás. No entanto, sua dispersão cosmopolita está emaranhada a eventos de navegação mundial, e se entrelaça com as crônicas de alguns dos mais famosos exploradores (AUSTIN, 1988; LEBOT, 2009).

A batata-doce é uma cultura rústica, capaz de crescer em solos marginais com baixo investimento em insumos e recursos hídricos, e produzir alimentos de forma abundante. É provável que esta característica ajude a esclarecer o fato de que, atualmente, a batata-doce é cultivada em mais de 100 países (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; FAO, 2020).

A China é o maior produtor, seguido dos países que compõem o continente africano como por exemplo o Malawi, Nigéria, Etiópia, Angola, Uganda, entre outros. Em países subdesenvolvidos que integram Ásia, África e América Latina, a batata-doce é um alimento de suma importância no abastecimento do mercado interno (LOW, SINDI, 2011; FAO, 2020).

Na África Central e África Subsaariana, a batata-doce de polpa laranja é largamente utilizada no combate a hipovitaminose A, um grave problema relacionado à desnutrição, e que acomete populações em situação de vulnerabilidade e insegurança alimentar (LAURIE et al., 2013).

A respeito da qualidade nutricional da batata-doce, suas raízes tuberosas são ricas em amido, fibras, vitaminas e minerais, além de serem ótima fonte de energia para o organismo humano. As batatas-doce de polpa colorida, especialmente os cultivares de polpa amarela, laranja e roxa, contam em sua composição com compostos bioativos capazes de contribuir positivamente para a saúde de seu consumidor (ALAM, 2021).

Vale destacar que a batata-doce pode ser empregada em diversos processos industriais, principalmente na geração de produtos alimentícios como doces, produtos de panificação, polvilho, conservas fermentadas, bebidas funcionais, bebidas alcóolicas, molho de soja, produtos lácteos, entre tantos outros (MU et al., 2017).

No Brasil, a produção de batata-doce é minimizada por conta do baixo valor agregado que este alimento possui. Sua comercialização é realizada, majoritariamente, por meio do comércio varejista de alimentos. Ainda são escassos os procedimentos tecnológicos de pós-colheita aplicados à cultura, com o objetivo de aumentar a tempo de prateleira das raízes tuberosas e melhorar as características físico-químicas do produto final.

Em contrapartida, empresas de pesquisa agrícola buscam o desenvolvimento de novos cultivares de batatas-doce na busca por obter plantas adequadas ao solo brasileiro, e que apresentem características agrícolas de interesse como alta produtividade, resistência a doenças, tolerância a seca, além da biofortificação nutricional (LANNES, WAMSER, FLARESSO, 2011).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atua, por meio do Registro Nacional de Cultivares (RNC), na regulamentação e no registro de novas plantas e cultivares agrícolas obtidas por meio de programas de melhoramento genético de plantas, as quais tendem a ser registrados, patenteados e disponibilizados para os produtores rurais enquanto novas sementes para cultivo e produção.

Os programas brasileiros de melhoramento genético de plantas são implementados em unidades e pesquisa agropecuária, tanto em nível federal como também e estadual, assim como em universidades e diversas empresas privadas ligadas ao agronegócio. Os projetos de pesquisas são desenvolvidos para as mais diversas culturas no intuito de garantir maior qualidade na produção agrícola, e buscam dar suporte para a segurança alimentar do povo brasileiro.

As cultivares melhoradas apresentam maior adaptação às diferentes condições edafoclimáticas encontradas no país, maior resistência a doenças e pragas, menor uso de defensivos, maior produtividade, biofortificação de nutrientes, entre outros atributos de interesse.

Neste contexto, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) desenvolveu e registrou cultivares de batatas-doce, os quais são adaptados para cultivo no estado de Santa Catarina, e apresentam boa produtividade aliado ao teor nutricional satisfatório (LANNES, WAMSER, FLARESSO, 2011).

Os cultivares de batatas-doce fornecidos pela EPAGRI despertam grande interesse no tocante ao estímulo à produção, disponibilidade comercial, e ao beneficiamento e aplicação para o desenvolvimento e inovação de produtos. Dentre as possibilidades de produtos

alimentícios que podem ser elaborados a partir da batata-doce, o setor de bebidas funcionais desponta como nicho de mercado com crescente demanda de consumo.

Dentre os diversos tipos de bebidas funcionais disponíveis no comércio de alimentos, os smoothies se destacam por associar qualidade sensorial e propriedades nutricionais de grande relevância ao consumidor. Em essência, os smoothies são produzidos a partir de frutas ou de vegetais, ou ainda pela combinação de ambos, com uso de água ou uma base láctea. Não há até o momento uma legislação brasileira que trate deste tipo de produto de modo específico, o qual é abrangido pela regulamentação que trata especificadamente dos padrões de identidade e qualidade para sucos e polpa de frutas. Vale destacar que é crescente a procura comercial por produtos alimentícios nutritivos, tonando os smoothies uma opção interessante para consumo (HURTADO et al., 2019; SEBRAE, 2019).

Neste contexto, é evidente que há uma problemática relacionada ao fato de que, existem poucos produtos alimentícios baseados em batata-doce disponíveis no mercado brasileiro. É necessário considerar ainda que, as raízes tuberosas geradas pela planta de batata-doce agregam qualidade nutricional e aptidão produtiva para a agricultura nacional.

A hipótese central desta tese de doutorado se fundamenta no aproveitamento da batata-doce enquanto matéria-prima para a indústria de alimentos, especialmente para setor de bebidas funcionais. O objetivo deste trabalho se concentra na pesquisa para caracterização de genótipos experimentais e cultivares brasileiros de batata-doce, registrados e fornecidos pela EPAGRI, com propósito de desenvolver uma formulação de bebida funcional, do tipo smoothie, a base de batata-doce.

## **II - OBJETIVOS**

### **II.i OBJETIVO GERAL**

- Caracterizar a morfologia e os componentes físico-químicos de genótipos experimentais e cultivares brasileiros de batatas-doce procedentes do banco de germoplasma de Batata-doce da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga, e utilizar a batata-doce no desenvolvimento preliminar de uma bebida funcional do tipo smoothie.

## II.ii Objetivos específicos

- Produzir uma revisão do estado da arte sobre a batata-doce;
- Realizar uma prospecção tecnológica acerca de patentes depositadas em diversos países que estejam relacionados ao beneficiamento da batata-doce, em conjunto com documentos publicados referente as raízes tuberosas;
  - Caracterizar a morfologia, a cor instrumental, composição centesimal e fibras dietéticas totais dos cultivares e genótipos experimentais de batatas-doce: SCS367 Favorita, SCS368 Ituporanga, SCCS369 Águas Negras, SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Darci, Leandro, 17007-15, 17025-13, 17052, 17082-8, 17092-9, 17105-20, 17107-18, 17117, 17125-10, 17162;
  - Avaliar os compostos bioativos e a atividade antioxidante nas amostras de batata-doce de polpa colorida;
  - Elaborar uma formulação experimental de bebida funcional do tipo smoothie a base de batata-doce.

**III - CAPÍTULO 1**

**REVISÃO DE LITERATURA**

## 1 A TAXONOMIA DA BATATA-DOCE

Taxonomia é a ciência que busca identificar, nomear, classificar e associar as múltiplas espécies existentes em diferentes grupos, de acordo com a equivalência que apresentam. A organização taxonômica está relacionada por níveis de homogeneidade entre cada espécie, que os distinguem da heterogeneidade observada no todo. A consideração da classificação taxonômica das plantas é fundamental para a elaboração de estudos adequados às peculiaridades do espécime tomado como amostra (BICUDO, 2004, SINGH, 2010).

Diversos pesquisadores e sistemas de nomenclatura devem ser considerados no amplo estudo científico da taxonomia de plantas, dentre os quais se podem aludir a: *Species Plantarum* (LINNAEUS, 1753), o sistema de Hutchinson (HUTCHINSON, 1969), o sistema de Takhtajan (TAKHTADZHIAN, TAKHTAJAN, 1997), o *Angiosperm Phylogeny Group* (APG) (APG, 1998; APG II, 2003; APG III, 2009; APG IV, 2016), Wu Zhengyi (ZHOU, SUN, 2016), o sistema Thorne (THORNE, 1976; THORNE, 1983; THORNE, 1992; THORNE, REVEAL, 2007), entre outros.

O sistema APG retrata a classificação atualizada para o grupo de plantas angiospermas, e pormenoriza os clados, as ordens e as famílias associadas. Dessa forma, a taxonomia da batata-doce inicia a partir do clado das Angiospermas, e progride para os clados Eudicot, Superasterids e Asterids. Por sua vez, o clado Asterids apresenta ramificações, sendo que uma divisão é caracterizada pelo grupo Lamiids, que por sua vez congrega a ordem Solanales que agrupa a família Convolvulaceae (APG III, 2009; APG IV, 2016).

A família Convolvulaceae é ampla e cosmopolita, sendo comumente conhecida como *The Morning Glory Family* por conta de seu padrão floral. As plantas que pertencem a esta família são, na grande maioria, reptantes, trepadeiras ou arbustivas, geram raízes e rizomas, e algumas espécies produzem látex e alcaloides. Suas flores exibem configuração gamopétala pentâmera (cinco pétalas unidas) em formato infundibuliforme, e cálice com cinco sépalas. Esta família dispõe de cerca de 59 gêneros, agrupando mais de 1600 espécimes (SING, 2010; BURIL, SIMÃO-BIANCHINI, ALVES, 2012).

Dentre os diversos gêneros que compõem a família Convolvulaceae, o gênero *Ipomoea* se destaca como o mais abundante em termos de espécies, associando em sua estrutura mais de quinhentos elementos (AUSTIN, HUÁMAN, 1996; SINGH, 2010).

As diversas plantas que constituem o gênero *Ipomoea* sp., apresentam folhas simples ou compostas, com leve crescimento em espiral, com bordas inteiras, lobadas ou divididas e, geralmente, apresentam nervuras. Porém, o gênero é comumente reconhecido por suas flores

em formato tubular ou de funil, as quais variam em tamanho e cor (FEREIRA, MIOTTO, 2009; NEPOMUCENO, ATHIÊ-SOUZA, BURIL, 2016; LIMA, MELO, 2019).

Suas plantas são, na grande maioria, videiras herbáceas perenes (vivem por mais de dois ciclos sazonais e florescem por diversas vezes durante sua vida útil). Alguns espécimes apresentam-se como arbustos eretos e podem ser encontrados nos trópicos. *Ipomoea* sp., é um gênero diversificado e apresenta fragmentações taxonômicas em subgêneros e seções, em que diversas plantas deste gênero possuem nomenclatura binomial (SINGH, 2010).

Dentre as diversas espécies de *Ipomoea*, a batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é o grande destaque pelo fato de ser a única representante do gênero *Ipomoea* de expressão econômica, capaz de gerar raízes tuberosas nutritivas, que são comercializadas e utilizadas para diversos fins em todo o planeta.

A batata-doce é uma planta de característica perene e semelhante a videira, contudo, quando cultivada com fins produtivos, é manejada como planta anual. Apresenta-se inicialmente como uma erva de caule rastejante e de crescimento reptante que, durante seu desenvolvimento, tende a se entrelaçar entre seus pares (LIU et al., 2014).

O caule da planta pode ser glabro ou levemente pubescente, e propende a crescer prostrado ao chão, manifestando ainda brotamento repetitivo. O comprimento do caule pode variar no comprimento de 1 a 5 metros, e na espessura entre 3 a 10 milímetros de diâmetro, dependendo do genótipo específico da planta. A ocorrência de entrenós no caule pode variar cerca de 3 a 5 cm de comprimento. Os caules rastejantes são capazes de gerar raízes nos pontos em que os entrenós instituem o contato com o solo (BARRERA, 1989; DAROS et al., 2002; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

O caule da batata-doce é, basicamente, composto pela epiderme como camada externa, o córtex, e pelo sistema vascular. A epiderme é comumente pubescente, constituída por fina faixa de células e de estômatos que possuem função de estabelecer processos de transpiração e troca gasosa da planta. O córtex é constituído de camadas celulares que acumulam a clorofila empregada na geração de energia para a planta, e conta ainda com dutos produtores de látex, estes que também estão presentes em toda estrutura do caule. Uma fina camada de endoderme separa o córtex dos feixes vasculares, compostos pelos tecidos floema e xilema, os quais são responsáveis pela condução de seiva. A região central do caule é formada por medula, composta por células do parênquima (MA et al., 2015; DELAZARI et al., 2018).

Já as folhas podem apresentar diversos formatos a depender do estágio de crescimento da planta (Figura 1a). O padrão de distribuição das folhas ao longo do caule apresenta

configuração alternada, com característica espiralada, em padrão pentâmero ou de filotaxia  $\frac{2}{5}$ , ou seja, a espiral genética completa duas voltas contando com cinco folhas, onde a sexta folha ocorre logo acima da primeira (Figura 1b) (EDMOND, AMERMAN, 1971; C.S.V., 2008; JEAN, 2009; SAUERESSIG, 2018).

**Figura 1 - Planta de batata-doce**



**Nota:** a: Planta jovem de batata-doce; b: Caule principal, pecíolos e folhas.

**Fonte:** O autor.

O pecíolo pode alcançar até 30 centímetros de comprimento, nos quais se desenvolvem as folhas que, em sua maioria, são simples, lobadas e ovadas (parte mais larga da folha encontra-se próximo ao pecíolo). As bordas podem ser inteiras ou serem levemente onduladas (lobada), com sua base cordada, e de aspecto glabro ou com leve pubescência a depender do cultivar. As folhas podem variar em tonalidade de cores de verde ao roxo, podendo apresentar ainda manchas roxas na base. O tamanho da folha pode variar dependendo do cultivar e do manejo de produção (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; SAUERESSIG, 2018).

As flores da batata-doce podem se desenvolver de modo unitário, mas também como grupos de botões, as quais crescem nas estípulas axilares das folhas (Figura 2a). As flores são características da família das *Morning Glory*, apresentando o cálice gamossépalo de cinco

sépalas com duas brácteas, e corola gamopétala com cinco pétalas unidas, com androceu de cinco estames e um pistilo composto do tipo bicarpelar (Figura 2b). A corola é actinomorfa com característica infundibuliforme. As cores podem se diferenciar, basicamente, entre o cor-de-rosa, purpura, azul, roxo e roxo escuro (TUTIN et al., 1992; HUAMAN, 1992; LEBOT, 2020).

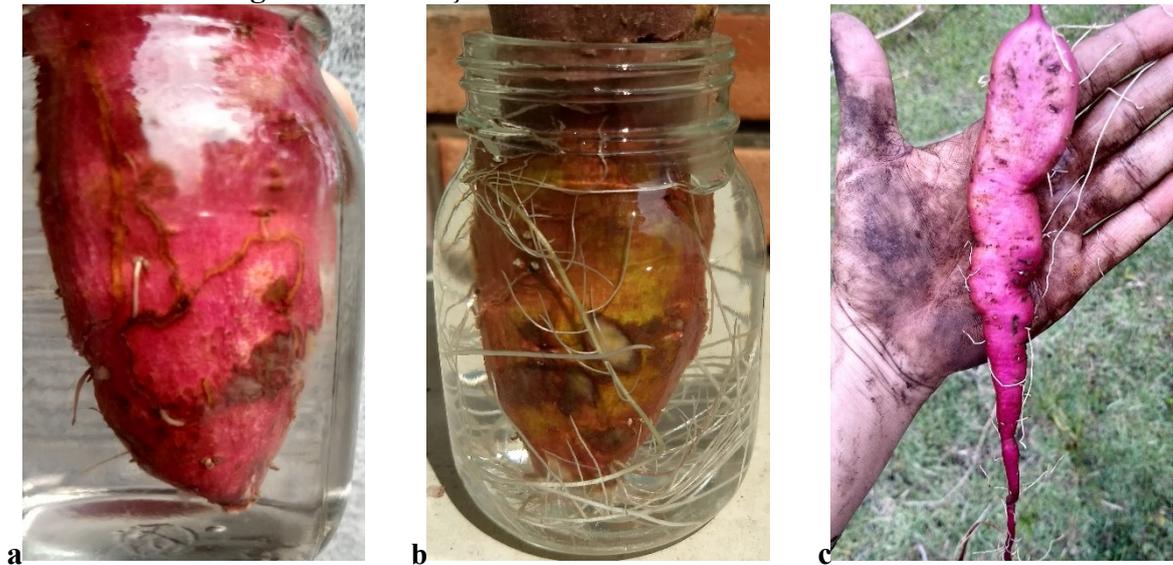
**Figura 2** – Flor de batata-doce



**Nota:** a: Grupo de botões; b: Flor da batata-doce.

**Fonte:** O autor.

A batata-doce possui um sistema radicular pivotante e ramificado, podendo chegar até a 90 centímetros de profundidade. As raízes podem crescer também a partir dos entrenós do caule que mantiverem contato com o solo. O desenvolvimento da raiz segue de acordo com as características de plantas dicotiledôneas, com a formação de uma raiz axial (denominada raiz de armazenamento, ou raiz tuberosa), e raízes absorventes (Figura 3a, b e c). É justamente as raízes axiais que são denominadas como batata-doce (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2002; MIRANDA et al. 2006; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

**Figura 3** - Formação do sistema radicular da batata-doce

**Nota:** a: Início do desenvolvimento de raízes absorventes; b: Raízes absorventes; c: Raiz pivotal.

**Fonte:** O autor.

As raízes absorventes da planta são formadas a partir de tecidos que contém células embrionárias denominadas meristemas. O meristema cambial é responsável pela formação das raízes absorventes, que por sua vez atua na absorção de água e nutrientes do solo, auxiliando no crescimento e desenvolvimento da planta. O desenvolvimento das raízes de armazenamento é fruto da intensa atividade de células meristemáticas (primárias, secundárias e terciárias), correlacionada com a ação dos tecidos xilema e floema (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

As raízes tuberosas que se originam a partir dos entrenós são denominadas raízes adventícias e são mais espessas em comparação com as raízes basais por conta da intensa atividade do meristema lateral. Dependendo da variedade, cerca de dez raízes tuberosas podem ser produzidas por planta. As raízes podem variar tanto na cor da casca, como também na cor da polpa, em função do tipo de cultivar, podendo ainda apresentar variação na morfologia e na quantidade de raízes entre suas plantas, igualmente entre as plantas que são originadas a partir de clones (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2002; MIRANDA et al. 2006; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

O desenvolvimento específico do diâmetro relacionado com a espessura das raízes axiais se deve a intensa atividade de células do meristema secundário, principalmente o câmbio de cortiça, o câmbio vascular e o câmbio anômalo. O câmbio de cortiça é um meristema lateral que age na formação de camadas externas de células de cortiça, gerando principalmente a periderme da raiz. Já o câmbio vascular apresenta paredes espessas que formam uma estrutura

circular na polpa, gerando floema secundário no exterior e células de parênquima no interior. O câmbio anômalo é um termo utilizado para designar células do meristema secundário com crescimento atípico (WILSON, LOWE, 1973; MYŚKOW, GOLA, TULIK, 2019; LEBOT, 2020).

Os principais tecidos que constituem as raízes axiais (raízes tuberosas) são a epiderme protetora externa, periderme secundária (formado pelo felogênio), feixes vasculares secundários (os quais encontram-se logo abaixo da periderme), os tecidos de condução de seiva e nutrientes floema e xilema, juntamente as traqueídes, parênquima de reserva, tubos de peneira e os vasos laticíferos, entre outros (WILSON, LOWE, 1973; LEBOT, 2020).

De modo geral, as raízes tuberosas da batatas-doce apresentam uma casca fina, de aproximadamente 2 milímetros, constituídas por um pequeno número de camadas celulares. A porção superior da casca é chamada de pele, a qual se desprende mais facilmente da raiz. Já a retirada completa da casca não é uma operação simples pois a divisão entre a casca e o limiar superior da polpa nem sempre é evidente, o que ocasiona, na maioria das vezes, o desprendimento de uma pequena porção de polpa junto com o conjunto da casca (LEBOT, 2020).

O formato das raízes pode variar de pequeno a grande, elíptico, redondo, oblongo ou ainda fusiforme. Dependendo do cultivar, as raízes tuberosas podem ainda possuir formato obovado. A superfície pode apresentar rugosidade e constrictões, porém, pode ser lisa ou possuir veias salientes, o que varia de acordo o cultivar e o manejo produtivo. A coloração da casca pode se diferenciar entre o roxo claro ao roxo escuro, como também de tom branco a amarelo, laranja, marrom e até avermelhada. A polpa pode possuir coloração amarelada a branco, laranja ou roxa, a depender do cultivar (HUAMAN, 1991; HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; CODEAGRO, 2014). A Figura 4 ilustra as dessemelhanças entre as raízes tuberosas proveniente de diferentes tipos de cultivares de batata-doce.

**Figura 4** - Variedades de raízes tuberosas de diferentes cultivares de batatas-doce



Fonte: O autor.

## 2 ASPECTOS NUTRICIONAIS DA BATATA-DOCE

A batata-doce é mundialmente reconhecida como um alimento nutritivo. Sua presença na dieta diária é capaz de contribuir ativamente para o consumidor no sentido de garantir o aporte de uma fração considerável das recomendações diárias de alguns nutrientes que o organismo necessita para sua manutenção. Para além disso, a disponibilidade comercial e o relativo baixo custo da batata-doce contribuem para o combate à desnutrição e a fome que as populações em países subdesenvolvidos enfrentam (HOTZ et al., 2012; WANG, NIE, ZHU, 2016).

Ao longo do tempo, o consumidor se encontra cada vez mais preocupado em atender suas necessidades nutricionais e consumir alimentos que possam, de alguma forma, favorecer beneficemente a saúde. Este fenômeno está atrelado a conscientização acerca do valor nutricional dos alimentos e, neste contexto, é possível verificar a ocorrência do aumento da demanda de consumo da batata-doce (MWANGA et al., 2017).

A análise da composição nutricional, não somente da batata-doce, mas sim dos diferentes alimentos disponíveis para consumo, possui suma importância no sentido de garantir ao consumidor informações valiosas acerca da qualidade de sua dieta (UNICAMP, 2011). O departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*United States Department of Agriculture- USDA*) possui um sistema de dados denominado *FoodData* que disponibiliza a composição nutricional de uma ampla fração dos alimentos disponíveis (USDA, 2020). A Tabela 1 apresenta os dados de composição da batata-doce nas condições crua, e cozida com casca, considerando apenas os nutrientes presentes no alimento, de acordo com as informações disponibilizadas pela *USDA-FoodData*.

**Tabela 1 - Composição nutricional da batata-doce crua e cozida com casca**

<b>Composição</b>	<b>Batata-doce crua (em 100g)</b>	<b>Batata-doce cozida com casca (em 100g)</b>
Umidade	77,28 g	75,78 g
Energia	86 kcal/ 359 kJ	90 kcal/ 378 kJ
Proteína	1,57 g	2,01 g
Lípidios totais	0,05 g	0,15 g
Cinzas	0,99 g	1,35 g
Carboidrato total (por diferença)	20,12 g	20,71 g
Fibras totais	3,0 g	3,3 g
Açúcares totais	4,18 g	6,48 g
Sacarose	2,52 g	2,28 g
Glicose (dextrose)	0,96 g	0,57 g
Frutose	0,7 g	0,5 g
Maltose	0 g	3,12 g
Amido	12,65 g	7,05 g
Cálcio, Ca	30 mg	38 mg
Ferro, Fe	0,61 mg	0,69 mg

Magnésio, Mg	25 mg	27 mg
Fósforo, P	47 mg	54 mg
Potássio, K	337 mg	475 mg
Sódio, Na	55 mg	36 mg
Zinco, Zn	0,3 mg	0,32 mg
Cobre, Cu	0,151 mg	0,161 mg
Magnésio, Mn	0,258 mg	0,497 mg
Selênio, Se	0,6 µg	0,2 µg
Vitamina C (ácido ascórbico total)	2,4 mg	19,6 mg
Tiamina	0,078 mg	0,107 mg
Riboflavina	0,061 mg	0,106 mg
Niacina	0,557 mg	1,487 mg
Ácido pantotênico	0,8 mg	0,884 mg
Vitamina B-6	0,209 mg	0,286 mg
Folato total	11 µg	6 µg
Colina total	12,3 mg	13,1 mg
Betaína	0 mg	34,6 mg
Vitamina A (RE)	709 µg	961 µg
Beta-caroteno	8509 µg	11509 µg
Alfa-Caroteno	7 µg	43 µg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	0,26 mg	0,71 mg
Beta-Tocoferol	0,01 mg	0,01 mg
Alfa-Tocotrienol	0,01 mg	0,02 mg
Vitamina K (fitoquinona)	1,8 µg	2,3 µg
Ácidos graxos totais saturados	0,018 g	0,052 g
16:00	0,018 g	0,05 g
18:00	0,001 g	0,002 g
Ácidos graxos totais monoinsaturados	0,001 g	0,002 g
18:01	0,001 g	0,002 g
Ácidos graxos totais polinsaturados	0,014 g	0,092 g
18:02	0,013 g	0,09 g
18:03	0,001 g	0,006 g
Triptofano	0,031 g	0,04 g
Treonina	0,083 g	0,107 g
Isoleucina	0,055 g	0,07 g
Leucina	0,092 g	0,118 g
Lisina	0,066 g	0,084 g
Metionina	0,029 g	0,037 g
Cisteína	0,022 g	0,028 g
Fenilalanina	0,089 g	0,114 g
Tirosina	0,034 g	0,044 g
Valina	0,086 g	0,11 g
Arginina	0,055 g	0,07 g
Histidina	0,031 g	0,039 g
Alanina	0,077 g	0,099 g
Ácido aspártico	0,382 g	0,488 g
Ácido glutâmico	0,155 g	0,198 g
Glicina	0,063 g	0,081 g
Prolina	0,052 g	0,067 g
Serina	0,088 g	0,113 g

**Nota:** g=gramas; mg=miligramas; µg= microgramas.

**Fonte:** USDA (2020).

De acordo com a Tabela 1, é possível verificar que a batata-doce é um alimento que possui alto valor energético. A batata-doce na condição *in natura* apresenta elevado teor de amido, carboidratos complexos, fibras, além de micronutrientes como minerais e vitaminas.

Após o processo de cocção (principal maneira de consumo), a batata-doce varia na densidade dos micronutrientes, com destaque para o aumento no teor de alguns minerais e de vitamina C.

A organização americana independente denominada *Center for Science in the Public Interest* (CSPI), atua para conscientizar a população em geral da importância na adoção de hábitos saudáveis de alimentação. A CSPI apresenta uma classificação do potencial nutricional de diferentes alimentos baseados em itens como a presença de fibras, conteúdo de açúcares e carboidratos complexos, bem como proteínas, vitaminas e minerais. Dessa forma, a batata-doce foi classificada pelo CSPI como o alimento número um em termos nutritivos, quando comparada a outros alimentos de origem vegetal (KIRSCHENBAUM, 2005; CSPI, 2020).

Os carboidratos representam o principal componente da batata-doce em base seca e constitui cerca de 60% a 80% da composição da raiz tuberosa, sendo que o amido é sua principal fração e responsável pelo alto índice energético e baixo índice glicêmico do alimento. O amido se constitui como um polissacarídeo de reserva energética das plantas e é formado por cadeias glicosídicas que geram porções denominadas amilose e a amilopectina (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005; ABEGUNDE et al., 2013; ZHOU et al., 2014).

A respeito da presença de macronutrientes e micronutrientes em quantidades satisfatórias, algumas cultivares de batata-doce apresentam a polpa colorida, pelo fato de que possuem em sua composição compostos bioativos como, por exemplo, ácidos fenólicos, polifenóis, carotenoides e antocianinas. Os compostos bioativos, quando biodisponíveis e absorvidos pelo organismo, podem atuar de forma benéfica para o metabolismo humano e contribuir para a manutenção da saúde (TEOW et al., 2007; CARDOSO, LEITE, PELUZIO, 2011; SHEKHAR et al., 2014; PARK et al., 2014).

Ademais, deve-se considerar que as folhas e as ramas geradas na porção aérea da planta da batata-doce podem também ser utilizadas para alimentação humana, as quais dispõem de conteúdo nutricional satisfatório e presença de compostos bioativos. Além do consumo por humanos, as folhas e ramas da batata-doce são capazes de serem aproveitadas como alimento para os animais, especialmente na produção de suínos (MIRANDA et al., 2006; THOMPSON, HIRSCH, 2016).

Viana et al. (2011), avaliaram a produção de silagem a partir de ramas de diferentes plantas de batata-doce. Os autores destacaram que as ramas apresentaram alto teor energético, proteico, e um adequado perfil fermentativo na geração de silagem, o que demonstra potencial de empregabilidade no trato animal.

Sun e colaboradores (2014), analisaram as folhas presentes em 40 cultivares chinesas de batatas-doce com relação à composição nutricional, destacando que as folhas apresentaram

alto conteúdo de proteína, fibras e minerais, além de compostos bioativos. Os autores comunicam ainda que houve correlação positiva entre o teor de polifenóis das folhas com a atividade antioxidante, sugerindo que as folhas da batata-doce deveriam ser consumidas, principalmente, por populações de países subdesenvolvidos, no sentido de mitigar casos de desnutrição.

Destaca-se que a batata-doce é versátil, capaz de ser utilizada como alimento de base na dieta de diversas populações no mundo, ser aproveitada enquanto matéria-prima em processos industriais, além de ser destinada a alimentação animal. Além disso, a batata-doce demonstra grande potencial para ser empregada no combate a deficiência nutricional de pessoas em situação de vulnerabilidade.

A hipovitaminose A é considerada um dos mais graves problemas de saúde da África Subsaariana. Esta situação desencadeou a elaboração de projetos com intuito maior de promover o consumo de batata-doce de polpa laranja, abundante em  $\beta$ -caroteno, para as populações de risco residente em diversos países africanos.

Instituições internacionais também atuam na elaboração de projetos e políticas públicas de intervenção, quando constatado situações de risco relacionado à desnutrição, principalmente entre grupos de mulheres, gestantes, lactantes e crianças (BENDECH, 2004; BURRI, 2011; LOW, SINDI, 2011; WUEHLER, OUEDRAOGO, 2011).

Uma das principais instituições que atuam no auxílio ao combate à desnutrição no mundo é a *Helen Keller International* (HKI), a qual atua para garantir a geração de mudanças sociais por meio da promoção de políticas e investimentos na área da produção e disponibilização de alimentos nutritivos. Um de seus projetos denominados *The Reaching Agents of Change* (RAC), atuou para que a batata-doce de polpa laranja fosse produzida e ofertada para o consumo de populações em risco nutricional, em países como Tanzânia, Moçambique, Nigéria, Gana e Burkina Faso (HELLEN KELLER INTERNATIONAL, 2014).

Laurie e colaboradores (2013), avaliaram a produção de 57 cultivares africanas de batatas-doce com relação a morfologia, condições de crescimento de plantas e desenvolvimento de raízes tuberosas sob ambiente de forte calor e estresse hídrico. Os autores reportaram que diversas batatas-doces africanas demonstraram resistência a seca e ao calor, destacando que seus resultados não só esclarecem as qualidades do germoplasma disponível na África, como também dão suporte para programas de melhoramento genético da planta, com vistas a garantir maior produção e fornecimento deste alimento.

Williams et al. (2013), comunicam que, no Timor-Leste, a hipovitaminose A figura como um dos principais problemas de saúde relacionados a desnutrição, e que a batata-doce de polpa laranja é um alimento de grande valia no combate a esta enfermidade. Os autores

avaliaram a introdução de três clones de batata-doce visando a produção local, destacando que uma cultivar de polpa laranja demonstrou potencial produtivo para a produção via agricultores locais, além da qualidade nutricional necessária para atender a demanda de consumo por um alimento rico em vitamina A.

Gurmu, Hussein e Laing (2014), destacam em seu trabalho a gravidade da hipovitaminose A para a saúde de crianças, lactantes e mulheres, residentes em países subdesenvolvidos como os que compõem a África Subsaariana. Diferentes estratégias são empregadas no combate à desnutrição, porém o alto custo da produção de alimentos afeta a continuidade da maioria dos trabalhos. Os autores abordam então o fato de que a batata-doce de polpa laranja é um alimento que associa baixo custo de cultivo e disponibilidade produtiva durante o ano todo. Estes fatos contribuem para que este alimento (especialmente cultivares de polpa laranja) possa ser utilizado no combate à desnutrição, principalmente com objetivo de aumentar os níveis de vitamina A na população de risco, além de contribuir com o fornecimento de macronutrientes e micronutrientes para seus consumidores.

Girard et al. (2017), avaliaram a eficiência de um projeto social de educação nutricional denominado *Sweetpotato Action for Security and Health in Africa* (SASHA), elaborado com objetivo de promover a educação nutricional em serviços de saúde pré-natal e pós-natal para mulheres no Quênia. O projeto incluiu também a distribuição de ramas-sementes para o plantio de batata-doce de polpa laranja. Desse modo, oito unidades locais de saúde básica foram incluídas no 'Mama SASHA', sendo que um grupo de pacientes receberam aconselhamento nutricional e as sementes, e outro grupo apenas o aconselhamento nutricional. Os autores observaram o aumento de vitamina A nos grupos que receberam o acompanhamento, e concluem que a promoção de batata-doce de polpa laranja para gestantes e lactantes em unidades de saúde é uma boa estratégia para melhorar o conhecimento acerca de aspectos nutricionais, e promover o consumo de alimentos ricos em vitamina A.

Fica evidente que a batata-doce é um alimento de grande importância no contexto social e humano, principalmente quando se leva em conta seu valor nutricional e relativa facilidade de produção aliado ao baixo custo.

No caso do Brasil, a possibilidade do aumento da produção, da demanda de consumo, e do aproveitamento da batata-doce, pode contribuir para a geração de novos projetos de pesquisas, incluindo o aumento do investimento para obtenção de cultivares melhoradas geneticamente, biofortificadas, e adaptadas ao meio ambiente brasileiro.

Esta perspectiva é capaz de ampliar a possibilidade de aplicação da batata-doce em diferentes seguimentos industriais nacionais, principalmente na geração de produtos alimentícios destinados tanto ao consumidor, como também para o trato animal.

### **3 COMPOSTOS BIOATIVOS EM BATATA-DOCE**

Os alimentos disponíveis para consumo dispõem em sua composição físico-química de um conjunto abundante de substâncias e compostos. Os componentes presentes nos alimentos exercem diferentes efeitos sobre o organismo humano, em função de sua estrutura e composição. Considerando um amplo espectro de substâncias, uma classe em particular é denominada de compostos bioativos.

Os compostos bioativos podem ser compreendidos como as substâncias produzidas por plantas, que estão presentes em alimentos e produtos alimentícios, e são capazes de atuar nas diferentes atividades celulares, fisiológicas e metabólicas do organismo, seja de animais ou de seres humanos que os ingerem (WANG et al., 2016).

A formação de compostos bioativos pode ocorrer em meio natural ou sintético, os quais estão amplamente presentes em alimentos como frutas, legumes, tubérculos, raízes tuberosas, vegetais, oleaginosas, bebidas, óleos, e alimentos de origem animal como peixes e frutos do mar, além de plantas e seus derivados. A presença de compostos bioativos, bem como sua concentração, pode variar de acordo com a classe e o tipo de fonte vegetal (GUAADAQUI et al., 2014; PLUMB et al., 2017).

Compostos bioativos podem ainda ser diferenciados enquanto componentes nutracêuticos ou componentes tóxicos. Os compostos bioativos considerados nutracêuticos apresentam efeitos positivos e benéficos ao organismo, incluindo a capacidade de agir na prevenção de doenças e promover a manutenção da saúde de seu consumidor. Já aqueles considerados tóxicos são compostos que podem ter sua origem atrelada a processos naturais, ou são formados em processos industriais e, invariavelmente, atuam de forma negativa no organismo humano (DAMODARAN, PARKIN, 2017).

Desse modo, estudos buscam analisar os diversos alimentos que apresentam em sua composição substâncias de caráter bioativo, bem como sua natureza e os efeitos que estes componentes apresentam sob o organismo humano.

A batata-doce também é um alimento que dispõem desta classe de substâncias em sua composição. Basicamente, os diferentes cultivares de batatas-doce apresentam alta variabilidade na concentração e a natureza de compostos bioativos.

Destaca-se que a ocorrência de compostos bioativos em batata-doce está atrelada, principalmente, a cultivares capazes de desenvolverem raízes tuberosas de polpa colorida, em especial nas batatas-doce de polpa laranja e polpa roxa.

### 3.1 POLIFENÓIS

As substâncias bioativas denominadas polifenóis estão presentes em uma ampla variedade de plantas, folhas e flores, bem como nos mais variados tipos de alimentos. Os polifenóis apresentam em sua estrutura elementar anéis aromáticos ligados a grupamentos hidroxila, ou ainda a grupos funcionais, o que permite a ocorrência de uma vasta gama de estruturas. De acordo com sua estrutura, os polifenóis podem atuar de modo diferente em uma série de reações (YAO et al., 2004; GOBBO-NETO, LOPES, 2007; YAMADA, CASTRO, 2007; KURATA et al., 2019).

A formação destes fitoquímicos decorre de processos metabólitos secundários em plantas e estão atrelados a mecanismos naturais de defesa. As plantas sintetizam estes compostos em rotas análogas à formação de componentes primários utilizados na promoção do crescimento da planta (GOBBO-NETO, LOPES, 2007; TSAO, 2010; QUIDEAU et al., 2011; SHEIKH et al., 2021; ŠAMEC et al., 2021).

As vias bioquímicas secundárias envolvidas na formação destes compostos geram um amplo espectro de possibilidade de conexões moleculares, o que permite que sejam formados diversos tipos de substâncias. Dessa forma, atualmente, há mais de 10.000 tipos de polifenóis diferentes identificados, os quais continuam despertando interesse como objeto para novos estudos. Os polifenóis podem ser, basicamente, subdivididos em dois grandes grupos: os flavonoides e os não flavonoides (VEITCH, GRAYER, 2011; BAICEANU, et al., 2015; LIBRO et al., 2016).

Os flavonoides constituem a principal classes de polifenóis e incluem os compostos que são denominados flavonóis, flavanonas, flavonas, isoflavonas, diidroflavanóis, chalconas, antocianinas e antocianidinas, além do composto catequina. Por outro lado, as substâncias derivadas do ácido hidroxicinâmico, conhecidas como os ésteres dos ácidos cumárico, cafeico e felúrico, além dos derivados do ácido hidroxibenzóico, como por exemplo o ácido salicílico,

ácido elágico, ácido gálico, ácido protocatéico e ácido vanílico, constituem a classe dos não flavonoides (SOARES, 2002; YAO et al., 2004; LIBRO et al., 2016).

Os polifenóis são substâncias híbridas sintetizados em rotas bioquímicas secundárias das plantas, nas quais estão envolvidas as vias do ácido chiquímico, a via acetato-malonato e a via do ácido malônico. A primeira, a via do ácido chiquímico é responsável por empregar a fenilalanina na formação do ácido cinâmico e, conseqüentemente, na geração de seus componentes ácidos derivados, os quais apresentam uma estrutura de nove átomos de carbono. Neste caso, outra via envolvida é a via do acetato-malonato, na qual são formados policetídeos com seis átomos de carbono. O processo de condensação entre o policetídeo e o ácido cinâmico gera um composto denominado chalcona, que conta com uma estrutura de quinze átomos de carbono e age como precursor dos flavonóides. Já a via do ácido malônico, a qual também é responsável pela formação de ácidos graxos, envolve a geração de moléculas de malonil-CoA e, partir de uma cascata de reações, gera policetídeos precursores da formação de alguns tipos de flavonoides (TAIZ, ZEIGER, 2004; QUIDEAU et al., 2011; PETRUSSA et al., 2013).

A estrutura dos flavonoides é composta de dois anéis aromáticos denominados A e B. Estes anéis estão associados a três átomos de carbono e um de oxigênio gerando um terceiro anel heterocíclico denominado C. Esta estrutura básica é denominada de flavona e possui configuração C6–C3–C6. As diferentes possibilidades de estruturas na montagem do anel C resultam na formação do grupo de flavonoides. Por outro lado, alterações na estrutura dos anéis A e B formam novas substâncias dentro da classe dos flavonoides (SOARES, 2002; HUBER, RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Em geral, os polifenóis são produzidos nas plantas como um meio protetivo a condições adversas, sendo que mais de 8.000 flavonoides já foram constatados. Diversos fatores podem influenciar na síntese e no acúmulo destes compostos, como por exemplo fatores ambientais adversos, condições de estresse, ou ainda condições de nutrição, de solo, excesso de radiação, irrigação, condições desfavoráveis de clima, possíveis predadores, entre outras prováveis situações (BRAVO, 1998; TAIZ, ZEIGER, 2004; GOBBO-NETO, LOPES, 2007; VEITCH, GRAYER, 2011).

Os flavonoides são frequentemente analisados em diferentes áreas científicas. Estudos apontam que a ingestão de alimentos que possuem compostos bioativos em sua composição, podem auxiliar de modo benéfico à saúde, principalmente com relação a prevenção de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT). A atividade antioxidante dos compostos bioativos é relatada como o principal meio atuação na manutenção da regulação metabólica de seu

consumidor (YOSHIMOTO et al., 2002; WANG et al., 2012; QIN et al., 2012; CHANET et al., 2013; YAMAGATA, TAGAMI, YAMORI, 2015).

A atividade antioxidante está, basicamente, envolvida em mecanismos bioquímicos de complexação com radicais livres, além da doação ou recepção de elétrons ou íons de hidrogênio. Este mecanismo é capaz de impedir que ocorra cascatas de reações de oxirredução geradas pelos radicais livres. Por outro lado, destaca-se a importância de novos estudos com objetivo de melhor compreender as possibilidades de atuação dos diferentes polifenóis no organismo humano (BRAND-WILLIAMS, CUVELIER, BERSSET, 1995; MANACH, 2004; ANGELO, JORGE, 2007).

A batata-doce é um alimento que apresenta em sua composição compostos bioativos como os polifenóis, principalmente as cultivares de polpa colorida, sendo que algumas variedades possuem alta concentração de compostos fenólicos. Além de ser rica em nutrientes, a presença de compostos bioativos reforça a possibilidade do consumo regular de batata-doce enquanto alimento benéfico à saúde (JIE et al., 2012; WILLIAMS et al., 2013; SHEKHAR et al., 2014; XU et al., 2015).

Jung e colaboradores (2011), avaliaram o conteúdo total de compostos fenólicos, atividade antioxidante, bem como o conteúdo de ácidos cafeoilquinínicos em raízes tuberosas de oito cultivares coreanas de batata-doce, e ainda em flores, folhas e caules de três destas cultivares, além de raízes submetidas a três métodos caseiros de preparo. Os autores reportam que as extremidades das raízes apresentam maior concentração dos biocompostos em relação a fração do meio, e que o método de preparo com emprego de fervura tende a diminuir este conteúdo. O trabalho destaca que as folhas da planta apresentaram o maior teor de compostos fenólicos entre todas as amostras, em que os autores sugerem que as folhas deveriam amplamente consumidas enquanto alimento.

Musilová et al. (2017), analisaram por técnica cromatográfica o conteúdo total de polifenóis e de ácidos fenólicos em amostras liofilizadas de três cultivares de batata-doce de polpa branca, laranja e roxa, cultivadas na Eslováquia. Os autores comunicam que o conteúdo total de polifenóis variou entre 1,16 a 13,99 mg.Kg<sup>-1</sup>, o conteúdo de ácido cafeico variou entre 0 a 320,70 mg.Kg<sup>-1</sup>, e o ácido 3-cafeoilquiníico de 2,39 a 57,57 mg.Kg<sup>-1</sup> em base seca, respectivamente.

Este grupo de compostos bioativos estão presentes nas porções aéreas e nas raízes tuberosas da batata-doce, não apenas enquanto polifenóis isolados, mas também ligados a macromoléculas. Este fato tende a incrementar o valor nutritivo desse alimento, enquanto que seu consumo regular pode contribuir de modo benéfico para a manutenção do organismo e

consequentemente para a saúde do consumidor (TEOW et al., 2007; TRUONG et al., 2007; SHEKHAR et al., 2014).

### 3.2 ANTOCIANINAS

As antocianinas são substâncias que possuem a capacidade absorver e transmitir luz em comprimentos específicos de onda no espectro visível, gerando assim grande nuance de cores baseada em azul, vermelho e roxo. Esta capacidade confere à antocianina a característica de ser um pigmento natural (LOPES et al., 2007).

Amplamente distribuídas na natureza, estes compostos de ocorrência natural são formados em rotas bioquímicas que originam os flavonoides, as quais estão presentes em plantas, flores e frutas, além de vegetais, raízes, tubérculos, raízes tuberosas e grãos. Além de conferir cor, as antocianinas também estão atreladas a importantes processos de defesa das plantas (GOULD, DAVIES, WINEFIELD, 2009).

Estes compostos possuem em sua estrutura elementar o cátion flavílico, contendo quinze átomos de carbono em configuração C6-C3-C6, geralmente unidas a moléculas de açúcares. Estas podem ser definidas como agliconas polihidroxi ou polimetoxi derivadas do cátion 2-fenilbenzenopirilium, ou ainda como grupos glicosídicos das antocianidinas, uma vez que as antocianinas são compostas da antocianidina aglicona ligadas a um ou mais glicosídeos (LÓPEZ, DELGADO-VARGAS, JIMÉNEZ, 2000; SWANSON, 2003; LOPES et al., 2007).

A estrutura das antocianinas é susceptível a mudanças em função de condições de pH, temperatura, luz, e ligações intramoleculares e intermoleculares com outras substâncias. Deste modo, as antocianinas podem apresentar diferentes formas estruturais como o cátion flavílico, a base quinoidal, a pseudo base carbinol e a chalcona, o que altera sua estabilidade e influência na nuance de cor da antocianina enquanto pigmento (FALCÃO, 2003).

Destaca-se que o pH é o fator de maior importância na condição estrutural das antocianinas. Quando o meio se encontra em pH ácido, a estrutura apresenta o vermelho como cor predominante, porém, conforme o meio se torna básico, ou seja, com o aumento do pH, as antocianinas apresentam tendência à coloração azul. As estruturas também podem variar de acordo com ligações à grupamentos hidroxílicos ou metoxílicos na aglicona base, além da presença de açúcares e de ácidos orgânicos que auxiliam na estrutura da molécula (CARDOSO, LEITE, PELUZIO, 2011).

A coloração das antocianinas é um atributo importante, que torna essa classe de substâncias uma ótima fonte de pigmentos naturais para a indústria. Quando em meio aquoso, as

antocianinas apresentam diferentes composições moleculares em equilíbrio iônico. Uma vez protonada, a molécula toma forma de cátion flavilium, predominantemente vermelha. Com a desprotonação, sua forma dominante é a base quinoidal, a qual tende para o azul. A reação de hidratação do cátion flavilium favorece a formação da pseudo base carbitol, que não apresenta coloração específica. Mas com a ocorrência de processos de isomeria dinâmica entre o grupo hidroxila e a dupla ligação da molécula de oxigênio no anel C, a pseudo base carbitol toma forma de base chalcona, a qual pode ser incolor ou ainda levemente amarelo (LOPES et al., 2007; KHOO et al., 2017; JIANG et al., 2019).

As moléculas de açúcar podem ser ligadas a antocianina por meio de ligações glicosídicas, as quais sucedem em diferentes posições da molécula, porém, ocorrem com maior incidência no carbono 3 do anel aromático, sendo que os principais glicídios são a glicose, a arabinose, a galactose e a raminose (MALACRIDA, MOTTA, 2006).

A maioria dos glicídios são acilados a ácidos fenólicos como o ácido p-cumárico, cafeico, ferúlico, malônico, p-hidroxi-benzóico, oxálico, málico, succínico ou acético, via reações de copigmentação, o que proporciona maior estabilidade às moléculas (FRANCIS, 1989; FALCÃO, 2003; MALACRIDA, MOTTA, 2006).

Diversos ramos industriais, principalmente a indústria de alimentos, utilizam as antocianinas como corantes naturais em seus produtos. Dentre as diferentes antocianinas, seis se destacam em alimentos: cianidina, delphinidina, peonidina, pelargonidina, petunidina e malvidina, em suas diferentes formas glicosiladas e aciladas (LOPES et al., 2007; RAMOS, HERRERA, MOYA-LEÓN, 2014).

Desse modo, trabalhos científicos buscam extrair, isolar e quantificar as antocianinas, além de caracterizar a natureza de suas estruturas por conta não apenas de sua capacidade de conferir cor, mas também pelo fato de que estes compostos apresentam efeitos benéficos à saúde. Os benefícios nutracêuticos das antocianinas estão atrelados, principalmente, a capacidade antioxidantes destes compostos, as quais também atuam em rotas bioquímicas como a via de ciclo-oxigenase, a via de proteína-quinase ativada por nitrogênio, além de vias envolvidas na sinapse de citocinas inflamatórias (KHOO et al., 2017).

Evidências apontam que o consumo de antocianinas apresenta efeitos benéficos ao organismo com relação a prevenção de DCNTs como, por exemplo, doenças cardiovasculares, diabetes, câncer, hiperlipidemia e outras doenças relacionadas a resistência da insulina, atuando também como compostos antioxidantes em funções neuronais. Indica-se que consumo regular de alimentos como beringelas, bagas de frutas, uvas, além de mirtilo, morango, romãs e vegetais

coloridos é capaz de promover efeitos benéficos à saúde (RAMOS, HERRERA, MOYA-LEÓN, 2014; GUO, XIA, 2018; PRASAIN, BARNES, WYSS, 2018).

Vale destacar que batata-doce, principalmente as cultivares de polpa roxa, também possuem em sua composição as antocianinas. Este fato desperta grande interesse com relação a promoção de seu consumo, bem como na utilização em projetos de pesquisa com objetivo de extrair, isolar e de avaliar a sua estabilidade para a aplicação em alimentos enquanto suplemento alimentar, ou mesmo ainda como corante natural (TRUONG et al., 2012; JIE et al., 2012; XU et al., 2015).

### 3.3 CAROTENOIDES

Os carotenóides são um grupo de substâncias consideradas como pigmentos naturais por conta da capacidade de transmitir diversas cores como o amarelo, o vermelho e o laranja e suas combinações. A síntese desta classe de compostos bioativos não ocorre apenas em organismos que realizam fotossíntese como as plantas, frutas e vegetais, mas também em organismos procariontes como as bactérias e alguns fungos (LOHR, 2009; LINNEWIEL-HERMONI, PARAN, WOLAK, 2016).

Os carotenoides são integrantes do grupo dos terpenóides, os quais possuem a molécula de isopreno como unidade fundamental. São constituídos de um esqueleto com cerca de oito unidades de isopreno com quarenta átomos de carbono, e apresentam característica linear com a ocorrência de insaturações ao longo da cadeia (LUDWICZUK, KALICKA-WOŹNIAK, GEORGIEV, 2017).

Estas substâncias encontram-se dispersas de modo abundante na natureza como pigmentos lipossolúveis e conferem cores em alimentos como frutas, tubérculos, raízes, legumes, raízes tuberosas e hortaliças, os quais também são utilizados pela indústria como corante natural. Os carotenoides podem ainda ser subdivididos em carotenos e xantofilas, sendo que os carotenos são puramente hidrocarbonetos, mas as xantofilas são componente derivados que apresentam em sua cadeia uma ou mais funções oxigênio (NUNES, MERCADANTE, 2004; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, VICARIO, HEREDIA, 2004; LOHR, 2009).

Além da capacidade de conferir diversas cores, os carotenoides desempenham funções importantes para as plantas nos processos de fotossíntese enquanto agentes fotoprotetivos. Apresentam também atividade no metabolismo humano, conferindo benefícios à saúde de seu consumidor. A principal via de atuação está na complexação de radicais livres e na absorção e

captura do oxigênio *singlet*, entre outros mecanismos de atuação (UENOJO, JUNIOR, PASTORE, 2007; GOMES, 2007).

A ingestão de carotenoides está atrelada a componentes da dieta, uma vez que humanos não sintetizam essa substância. Diversos de carotenoides são consumidos na alimentação, destacando principalmente o  $\beta$ -caroteno e o  $\alpha$ -caroteno, o licopeno, luteína, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina. Após seu consumo e absorção no organismo, os carotenóides se associam a lipoproteínas que os conduzem a diferentes órgãos e tecidos (BERENDSCHOT, PLAT, 2014).

O carotenoide conhecido como  $\beta$ -caroteno possui um papel especial no organismo humano por conta de suas estruturas cíclicas nas extremidades da cadeia, agindo como agente precursor da vitamina A (JAARSVELD et al., 2005; RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008).

Neste ponto, diversos estudos apontam para o fato de que a batata-doce de polpa laranja possui conteúdo significativos de carotenóides, especialmente para o  $\beta$ -caroteno (CHAMPAGNE et al., 2010).

Sobressai o fato de que a batata-doce é um alimento básico consumido por diversas pessoas e produzido em muitos países, o que torna este alimento interessante do ponto de vista da ingestão e do aproveitamento de seus componentes (GINTING, 2013; KAMMONA, et al., 2015; ISLAM et al., 2016).

O relativo baixo custo com a condução do planto, aliado a oportunidade de produção durante o ano todo, faz com que a batata-doce (principalmente as cultivares de polpa laranja e amarela) seja um potencial alimento utilizado como fonte de carotenoides (JAARSVELD et al., 2005; HUSSEIN et al., 2014).

Pereira e colaboradores (2019), avaliaram a possibilidade de substituição de farinha de trigo por farinha de batata-doce de polpa laranja e seus efeitos no perfil de aroma e cor em panetone preparado a partir de fermentação espontânea (panetone *sourdough*). Desse modo, eles prepararam quatro diferentes formulações do produto, sendo uma formulação controle sem adição de farinha de batata-doce de polpa laranja, e outras três contendo o ingrediente. Os autores relatam maior intensidade da cor amarela e menor volume específico em uma formulação com a farinha de batata-doce, identificando também compostos voláteis de aroma que não estavam presentes no controle.

Ademais, a utilização de farinha de batata-doce de polpa laranja (rica em carotenóides) na elaboração de produtos panificados, ou ainda seu emprego na biofortificação de produtos alimentícios, demonstra ser uma oportunidade viável do ponto de vista tecnológico (RODRIGUEZ-AMAYA, NUTTI, CARVALHO, 2011).

## 4 MANEJO DE CULTIVO

A longo dos anos, a batata-doce foi estabelecida como uma cultura produzida majoritariamente por pequenos agricultores rurais e agricultores familiares, como forma de obtenção de um alimento nutricionalmente satisfatório para as famílias e para a criação de animais, aliado ao baixo custo de produção. Atualmente, a expansão da demanda consumidora de batata-doce desperta grande interesse no amplo cultivo deste alimento, o qual demonstra potencial competitivo do ponto de vista comercial.

As principais batatas-doce cultivadas no mundo são as de polpa laranja, porém, sua polpa pode apresentar coloração amarela, alaranjada, branca, creme, inclusive roxa. A planta empregada para cultivo possui um ciclo anual de produtividade. Por outro lado, vale destacar que esta é uma planta perene, com ciclo de vida de cerca de 24 meses (IANNOTTI, 2011).

De modo geral, as batatas-doce apresentam bom crescimento a partir de condições de manejo simples, com baixo investimento em insumos e pesticidas, crescendo em diversos tipos de solo, inclusive em solos pobres e com pouco uso de fertilizante. Porém, o trato com a cultura deve levar em conta aspectos de qualidade agrícola, com objetivo de obter raízes tuberosas satisfatórias e boa produtividade comercial (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

O primeiro momento para a realização do plantio de batata-doce ocorre com a avaliação da qualidade de solo no qual a planta será cultivada. A batata-doce possui predileção por solo de característica leve, arenoso, ou ainda areno-argiloso. O solo deve ser bem drenado e adubado com matéria orgânica, apresentar boa aeração e ser ligeiramente ácido, com pH variando torno de 4,5 a 6,5, o que é ideal para o crescimento da planta e desenvolvimento do sistema radicular. Deve-se levar em conta que a planta é sensível a solos com presença de alumínio, sendo necessário uma etapa prévia de calagem neste tipo de solo (WOLFE, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; CASTRO, 2010).

Deste modo, deve-se revolver o solo para que a terra fique solta e aerada, seguido do preparo de leiras que são canteiros com a terra em fileiras elevadas a cerca de 30 a 40 centímetros de altura, o que auxilia no aquecimento do solo, inclusive a manter a terra drenada (RÓS, 2014a).

Preferencialmente, as leiras devem ser distanciadas umas das outras com espaçamento de 80 a 120 centímetros, sendo que o espaço entre as plantas deve ser entre 30 a 40 centímetros, pois deve-se levar em conta que, durante o crescimento dos caules reptantes, a batata-doce vai preencher o espaço entre plantas e leiras (CASTRO, 2010; RÓS, 2014a).

O solo preparado para o plantio deve apresentar uma temperatura mínima de cerca de 15°C. Porém, destaca-se que para o bom desenvolvimento e crescimento da planta, o solo deve estar na faixa entre 15°C a 29°C, em um ambiente com temperatura variando de 24°C a 30°C, apresentar abundância de sol, com sombra parcial à tarde, e noite quente. A batata-doce não suporta ambientes com baixas temperaturas e fica prejudicada se exposta a condições de geada (SULLIVAN, 2016).

O material para plantio de batatas-doce pode ser, basicamente, obtido de três formas: com o uso de mudas que são de raízes em estágio de brotamento; emprego de ramas-sementes ou estacas de plantas em desenvolvimento; ou ainda a obtenção de mudas a partir de viveiros. Vale destacar que o uso destes materiais torna o cultivo da batata-doce mais fácil em relação outras culturas que dependem da utilização de sementes para a semeadura (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; CASTRO, 2010).

As mudas podem ser submetidas a etapa de plantio após suas ramas crescerem cerca de 10 a 20 centímetros, sendo que as ramas-sementes escolhidas para o plantio devem apresentar 8 a 10 entrenós. Já as raízes tuberosas podem ser cortadas em posição longitudinal e serem introduzidas em uma área de terra úmida, a qual deve cobrir em alguns centímetros a região superior da raiz-semente no intuito de estimular a formação dos primeiros dois cotilédones da planta (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; IANNOTTI, 2011).

Batatas-doce adquiridas no comércio podem desenvolver ramas e serem cultivadas. Por outro lado, o cultivo visando a produtividade de raízes deve levar em conta a obtenção de materiais de plantio certificados, livres de doenças, as quais podem ser fornecidos por empresas do ramo agrícola, ou ainda por produtores rurais certificados.

A partir das ramas de uma plantação também é possível obter estacas para plantio. As estacas devem ser obtidas a partir de um corte transversal próximo aos entrenós e possuir cerca de 15 centímetros, as quais devem ser, inicialmente, depositadas em água. As estacas viáveis são capazes de gerar raízes na água e, após esta etapa, poderão ser transferidas para o solo em local com incidência de luz solar (CASTRO, 2010).

A planta necessita de abundância de água no estágio inicial de seu desenvolvimento. O processo de irrigação pode ser realizado por aspersão ou ainda por gotejamento. A irrigação deve acontecer de 1 a 2 vezes por semana durante o período inicial de 20 dias. Após isto, a oferta de água pode ser feita 1 vez por semana entre 20 a 40 dias e, passados 40 dias do plantio, 1 vez a cada 15 dias. De modo geral, deve ser ofertado para a lavoura um mínimo de 500 mm de água para seu crescimento satisfatório. Ambientes em que o índice pluviométrico anual varia

entre 700 mm a 1000 mm fornecem condições adequadas para o cultivo (THOMPSON, SMIT-TLE, HALL, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

Dessa forma, a planta pode desenvolver suas folhas e ramos de modo abundante, as quais podem se espalhar facilmente pelo solo. O crescimento reptante das videiras da planta tende a inibir o desenvolvimento de ervas daninhas na lavoura, sendo necessário pouca remoção destas plantas de crescimento espontâneo. O caule tem a capacidade de gerar raízes em pontos onde os entrenós entram em contato com o solo e, dessa forma, as plantas podem desenvolver um amplo sistema de raízes e conferir boa produtividade de raízes tuberosas (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

As flores se desenvolvem em um período de 90 a 120 dias após o plantio e apresentam morfologia característica de sua família (Convolvulaceae), podendo ocorrer em cores pálidas como o branco, lilás a roxo claro, roxo ou lavanda. Em ambientes em que as plantas são submetidas a luz do dia por períodos superiores a 11 horas, sua floração pode ser prejudicada (IANNOTTI, 2011).

Para produzir raízes tuberosas de tamanho satisfatório, a batata-doce necessita ao menos de quatro meses de temperatura quente, crescendo cerca de 8 a 15 centímetros. As raízes podem amadurecer no solo por entre 2 a 9 meses, mas este período de amadurecimento varia em função das diferentes cultivares e do manejo com a cultura. Cultivares com boa adaptação e que apresentam estágio precoce de maturação, quando submetidas a condições ideais de temperatura e irrigação, podem ser cultivadas como cultura de produção anual com ciclo de 4 meses (SULLIVAN, 2016).

O besouro conhecido como coleoptera (*Agriotes lineatus*) e os patógenos de solo conhecidos como vermes nematoides, principalmente o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* sp.) e nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) são as principais pragas que atingem a cultura. Algumas medidas para mitigar estas pragas incluem a rotação de culturas entre diferentes épocas de cultivo, o plantio em solo saudável e a utilização de raízes e ramos-sementes livre de nematoides, o emprego de cultivares resistentes, bem como a eliminação de restos de outras culturas e plantas de crescimento espontâneo (PINHEIRO et al., 2012).

Após o crescimento da planta, a batata-doce possui uma característica de se desenvolver em solo seco. Porém, vale destacar que o solo húmido de forma homogênea poderá auxiliar no seu desenvolvimento (LANNES, WAMSER, FLARESSO, 2011; IANNOTTI, 2011).

Durante as últimas semanas de cultivo, cerca de 3 a 4 semanas antes da colheita, a batata-doce não deve ser submetida a grande quantidade de água para que as raízes maduras não se separem. A colheita ocorre quando as folhagens da planta começam a apresentar

tonalidade amarela, porém, no caso em que o ambiente apresentar baixas temperaturas ou ainda sofrer efeito de geada, as raízes da batata-doce, provavelmente, não estarão em tamanho característico (RAY, TOMLINS, 2010; IANNOTTI, 2011).

Após a retirada da porção aérea da planta não é interessante deixar as raízes tuberosas por muito tempo enterrados no solo para que não ocorra podridão da raiz. A colheita também deve levar em conta o fato de que as raízes crescem próximas da superfície, ou seja, o procedimento de retirada das raízes deve ser feito com cuidado para que não ocorra danos na epiderme das raízes tuberosas (THOMPSON, SMITTL, HALL, 1992; RAY, TOMLINS, 2010).

Em áreas de clima tropical, a batata-doce pode ser mantida no solo e ser colhida de acordo com a necessidade de consumo, ou ainda em períodos de flutuação na oferta de mercado. Por outro lado, em regiões de clima temperado, sua colheita deve ser realizada antes do período de baixas temperaturas (RAY, TOMLINS, 2010).

Os produtores americanos de batatas-doce realizam um procedimento de cura das raízes tuberosas com objetivo de melhorar as características de sabor e nutrientes durante o armazenamento, além de proporcionar um período para que possíveis feridas na epiderme, ocasionadas durante a colheita, sejam sanadas (ADAM, 2005).

A etapa de cura é realizada com a secagem das raízes tuberosas em torno de 2 a 3 horas, seguido de armazenamento com temperatura entre 29-32°C, e umidade relativa do ar entre 90% a 95%. Esta etapa é realizada dentro de 5 a 14 dias. Neste caso, as batatas-doce curadas resistem até 13 meses de armazenamento. O armazenamento satisfatório da batata-doce é realizado entre 13°C a 15°C, com umidade relativa do ar em torno de 90% (BARTZ, BRENCHE, 2003; ADAM, 2005).

Devido a rusticidade, boa adaptação a climas quentes e alta produtividade de raízes tuberosas nutritivas, o cultivo de batata-doce se tornou fundamental para efetivar o abastecimento de alimentos para populações situadas em regiões como as ilhas de Oceano Pacífico, Índia, China e em países das Américas e da África (SHARMA et al., 2016).

## **5 PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE**

Consumida por milhões de pessoas e produzida em mais de 100 países, a batata-doce é uma cultura tipicamente cosmopolita, de crescimento rústico, capaz de se desenvolver e gerar raízes tuberosas nutritivas em solos marginais. Em geral, seu cultivo é simples e requer baixos

investimentos em insumos produtivos, necessitando fundamentalmente de irrigação adequada durante as fases iniciais de crescimento (DAFF, 2011; FAO, 2020).

A produtividade decorre, entre outros aspectos, da habilidade da planta em converter maior energia por unidade de área, por unidade de tempo. Este eficiente crescimento contribui para que a batata-doce esteja presente em diversas lavouras em todo o planeta, servindo como alimento básico, sobretudo para os habitantes de países subdesenvolvidos, justamente nos quais a tecnologia agrícola é escassa (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2002; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

Na maioria dos países em que é cultivada, a batata-doce é um alimento produzido por pequenos agricultores, os quais dispõem de recursos limitados e solos periféricos. Nestas condições, o montante da safra e a disponibilidade comercial das raízes tuberosas estão associados a somatória de pequenas produções.

Porém, o potencial produtivo por área logrado pelos pequenos produtores está abaixo da média obtida por grandes produtores em países desenvolvidos. Neste aspecto, é importante ressaltar que há uma janela de possibilidades para que o pequeno produtor possa alcançar maior rendimento com a adoção de melhorias em relação ao manejo de cultivo, bem como na disponibilidade de ramas-sementes geradas a partir de cultivares provenientes de melhoramento genético (DAFF, 2011; PRAKASH et al., 2018).

Em 2020, foram produzidas cerca de 89.487.853 toneladas de batatas-doce. Dentre as regiões produtoras, dados atualizados indicam que o continente Asiático responde pela maior parcela da produção mundial, com uma fatia de 62,6% do total produzido em 2020, o que corresponde a 55.979.599 toneladas. A África continental também apresenta alta produção de batata-doce, com uma fatia de 32,2%, o que corresponde a produção de 28.798.180 toneladas (FAO, 2022).

As Américas e a Oceania, juntos, produziram apenas 5,3% do total mundial de 2020. No continente americano, a produção alcançou 4,3%, o que representa 3.808.444 toneladas de batata-doce, a Oceania produziu 1% sendo 901.612 toneladas (FAO, 2022).

A batata-doce é um alimento primordial no que tange o abastecimento do mercado interno de países que compõem a África e a Ásia, sendo consumida diariamente por seus habitantes. A América Latina também é uma região de grande consumo de raízes tuberosas, porém sua produção encontra-se muito abaixo quando comparado a outras regiões do planeta, considerando que há clima propício para o cultivo em grande parte do território continental (LAURIE et al., 2013; WILLIAMS et al., 2013; FAO, 2020).

As informações disponibilizadas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), afirmam que a China (Região Central da China) é o país que mais produz batatas-doce no mundo, seguido dos países que compõem a África. A Tabela 2 ilustra os dez países que mais produziram batatas-doce em 2020.

**Tabela 2** - Os dez países que mais produziram batata-doce no mundo em 2020

Países	Produção (t)
China (Região Central da China)	48.949.495
Malawi	6.918.420
República Unida da Tanzânia	4.435.063
Nigéria	3.867.871
Angola	1.728.332
Etiópia	1.598.838
Estados Unidos da América	1.558.005
Uganda	1.536.095
Indonésia	1.487.000
Vietnã	1.372.838

Fonte: FAO (2020).

A China utiliza a batata-doce como uma relevante fonte de alimento, tanto no consumo de raízes tuberosas, como também na produção de rações para animais e na geração de produtos alimentícios. Além disso, novas perspectivas de utilização industrial contribuem para o aumento da demanda produtiva (MU et al., 2017).

Por conta da característica de produção em terra relativamente firme, e da capacidade de tolerar condições de baixa disponibilidade hídrica, a batata-doce se tornou o alimento básico para os povos de países que compõem a África Oriental e África Subsaariana, como por exemplo a Tanzânia, Etiópia, Ruanda e Burundi. Isto corrobora o fato de que estes países figuram como um dos maiores produtores de raízes tuberosas (MOTSA, MODI, MABHAUDHI, 2015).

No caso das Américas, os países que mais produziram batata-doce em 2020 foram os EUA, Brasil, Haiti, Cuba, Argentina, Peru, Uruguai, México, República Dominicana e Paraguai, respectivamente (FAO, 2020).

Com relação aos EUA, maior produtor das Américas, a batata-doce é considerada como um alimento presente na história de seu povo, e seu consumo é associado a uma data importante para a nação, o ‘Dia de Ação de Graças’ (*Thanksgiving day*). Além do mais, a batata-doce faz parte de um período de expansão e progresso do país, principalmente para os estados da região sul e sudeste. O consumo *per capita* de raízes tuberosas de batata-doce nos EUA atingiu a marca de 3,03 kg em 2020 (MCGREGER, 2014; STATISTA, 2020).

Já o Brasil, de acordo com as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), produziu em 2020 cerca de 847.896 toneladas de batata-doce, o que representa um acréscimo de 5,51% na produção em comparação com 2019 (IBGE, 2022).

Com relação a produção nacional de batata-doce, a Tabela 3 ilustra os indicativos disponibilizados pelo IBGE a partir do início dos registros.

**Tabela 3** - Produção brasileira de batata-doce entre 1988 a 2020

<b>Ano</b>	<b>Produção (em toneladas)</b>
1988	677.240
1989	682.152
1990	636.691
1991	622.432
1992	603.347
1993	575.872
1994	655.613
1995	619.186
1996	414.283
1997	490.087
1998	444.925
1999	472.422
2000	484.443
2001	484.719
2002	498.046
2003	533.165
2004	538.503
2005	513.646
2006	518.541
2007	529.531
2008	548.438
2009	477.472
2010	495.182
2011	544.820
2012	479.425
2013	505.350
2014	525.814
2015	595.977
2016	672.866
2017	780.461
2018	741.203
2019	803.626
2020	847.896

**Fonte:** IBGE (2022).

Quando se observa a produção brasileira nos últimos 32 anos, é possível constatar a ocorrência de uma grande flutuação nos resultados. Por outro lado, nos últimos 20 anos, a demanda de consumo da batata-doce cresceu, o que influenciou no aumento de produtividade.

De acordo com a Tabela 3, é possível constatar que houve certa estabilidade nos indicativos de produção entre os anos de 1998 a 2011. No entanto, a demanda de consumo por batata-doce aumentou na última década, impulsionada pela qualidade nutricional das raízes

tuberosas, aliado ao baixo custo. Este fato, provavelmente, induziu o produtor rural a apostar no cultivo da batata-doce, o que gerou um aumento gradativo na produção entre os anos de 2012 a 2017. Se por um lado a produção em 2018 apresentou leve queda, por outro lado a análise dos resultados revela que a produção é, atualmente, crescente.

Vale ressaltar que projetos focados em aprimorar o manejo de cultivo e o beneficiamento da batata-doce poderão contribuir para melhorar os índices de produtividade, fortalecer a cadeia produtiva e impulsionar a implantação de lavouras comerciais de expressão econômica, e assim estimular maior disponibilidade comercial das raízes tuberosas (FURLANETO, FIRETTI, MONTES, 2012).

Montes et al. (2006), divulgaram um estudo de caso realizado em São Paulo e informam que o cultivo da batata-doce dispõe de grande relevância na questão da geração de empregos no campo, por conta da exigência de mão-de-obra durante a lavra e a colheita das raízes tuberosas. Os autores destacaram ainda que a utilização de maquinário é o principal item de despesa para o agricultor na produção da batata-doce.

Guedes, Carvalho e Fernandes (2019), destacaram em seu trabalho que São Paulo é a principal cidade produtora de batata-doce no Brasil, e que a maioria dos produtores desta região destinam seu produto à venda direta das raízes tuberosas, o que acarreta o baixo valor agregado ao produto. Dessa forma, os autores avaliaram a possibilidade de edificação de uma empresa de processamento mínimo de batata-doce, em conjunto com a produção de chips. Os resultados obtidos no trabalho indicam que há a viabilidade econômica para a implantação.

Neste contexto, as empresas de pesquisa agropecuária buscam auxiliar os produtores rurais com o desenvolvimento de novos cultivares de batatas-doce adaptados ao solo brasileiro, que apresentem resistência a pragas, boa produtividade, além da biofortificação de nutrientes, de modo a tornar a cultura da batata-doce ainda mais nutritiva e atrativa ao consumidor (SUI-NAGA et al., 2011; MELO et al., 2011; AMARO et al., 2014).

O controle da geração, da produção e da comercialização de sementes e mudas de novas plantas obtidas por melhoramento vegetal no Brasil é realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio do órgão denominado Registro Nacional de Cultivares (RNC). Os novos cultivares desenvolvidos são registrados junto ao RNC e, após obter o número de registro, são habilitados para a comercialização enquanto sementes e mudas para cultivo. A Tabela 4 ilustra os 43 cultivares brasileiros de batatas-doce registrados junto ao RNC.

**Tabela 4** - Cultivares brasileiros de batata-doce registrados no Registro Nacional de Cultivares

<b>Cultivar</b>	<b>Detentor</b>	<b>Registro</b>
Amanda	Universidade Federal do Tocantins	22593
Ana Clara	Universidade Federal do Tocantins	22594
Barbara	Universidade Federal do Tocantins	22595
Beatriz	Universidade Federal do Tocantins	22596
Beauregard	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	26934
Brazlândia branca	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	07840
Brazlândia rosada	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	07841
Brazlândia roxa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	07852
BRS Amélia	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	27313
BRS Anembé	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Embrapa	44047
BRS Cotinga	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Embrapa	44053
BRS Cuia	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	27315
BRS Fepagro viola	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural	33889
BRS Gaita	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	33890
BRS Rubissol	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	27314
Carolina Vitoria	Universidade Federal do Tocantins	22597
CIP BRS Nuti	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	46899
Coquinho	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	07849
Duda	Universidade Federal do Tocantins	22598
IAC 134 AL01	Instituto Agrônômico – IAC	49339
IAC Ametista	Instituto Agrônômico – IAC	49341
IAC Clara	Instituto Agrônômico – IAC	49373
IAC Claudia	Instituto Agrônômico – IAC	51087
IAC Katherine	Instituto Agrônômico – IAC	51090
IAC La vânia	Instituto Agrônômico – IAC	49425
IAC Mara	Instituto Agrônômico – IAC	51091
IAC Mônica	Instituto Agrônômico – IAC	51092
IAC Prudentina	Instituto Agrônômico – IAC	49419
IAC Santa Elisa	Instituto Agrônômico – IAC	49348
IAC Yoka	Instituto Agrônômico – IAC	51093
Iapar 69	Instituto Agrônômico do Paraná	02322
Iapar 70	Instituto Agrônômico do Paraná	02323
Izabela	Universidade Federal do Tocantins	22600
Julia	Universidade Federal do Tocantins	22599
Livia	Universidade Federal do Tocantins	22591
Marcela	Universidade Federal do Tocantins	22592
Princesa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	06495
SCS367 Favorita	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	27465
SCS368 Ituporanga	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	27464
SCS369 Águas Negras	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	27463
Scs370 Luiza	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	32952
Scs371 Katiy	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	32953
Scs372 Marina	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	32954

Fonte: RNC (2022).

Nunes e colaboradores (2011), analisaram em seu trabalho o índice de produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação, a partir de cultivares que se destacaram em pesquisa anterior (NUNES, SANTOS, SOUZA, 2009), os quais provém do banco de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA),

Tabuleiros Costeiros, em Sergipe. Dentre os 17 genótipos avaliados em solo raso e de baixa fertilidade, 15 genótipos apresentaram boa produtividade de raízes tuberosas.

Azevedo et al. (2015), analisaram 65 genótipos de batatas-doce do banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), de acordo com o desempenho agrônomo, principalmente quanto a produtividade total das raízes tuberosas, fator esse de maior importância sob a ótica da produção comercial. Os autores destacaram que os genótipos apresentaram melhorias no desempenho agrônomo, porém, o manejo de cultivo e os efeitos ambientais podem influenciar na produtividade destas plantas.

Os trabalhos de pesquisa para melhoramento genético de batatas-doce, que buscam obter novos cultivares com bom desempenho produtivo e nutricional, contribuem para o aumento do interesse do produtor rural com relação ao plantio da cultura, o que pode elevar ao aumento da disponibilidade comercial da batata-doce.

## **6 PRODUTOS DE BATATA-DOCE E PERSPECTIVAS PARA O MERCADO BRASILEIRO**

A batata-doce é um alimento rico do ponto de vista nutricional, e que possui em sua composição diversos compostos de interesse industrial. Todas as porções da planta podem ser empregadas como fonte de substâncias naturais. Seus constituintes podem ainda ser aproveitados em processos industriais e na elaboração de produtos alimentícios, além da possibilidade de serem empregados pela indústria farmacêutica no desenvolvimento de medicamentos (MOHANRAJ, SIVASANKAR, 2014).

As raízes tuberosas podem ser aplicadas em processos inerentes aos mais diversos segmentos industriais, além da possibilidade de produção de matérias-primas capazes de contribuir para aumento nutricional e agregação de valor a diversos produtos. Em especial, as raízes de polpa colorida possuem potencial de aplicação na geração de substâncias relevantes como moléculas bioativas e corantes naturais (VALDEZ et al., 2001; GINTING, 2013).

Além disto, as propriedades nutricionais, aliadas a alta produtividade, tornam as batatas-doce de polpa colorida um alimento chave contra a insegurança alimentar global, com destaque para as cultivares de polpa laranja que são amplamente empregadas no combate a hipovitaminose A. Estas cultivares demonstram grande potencial de serem exploradas como um alimento primordial para consumo humano, incluindo os produtos alimentícios que destas podem ser obtidos (TAKEITI, ANTONIO, 2009; BOVELL-BENJAMIN, 2010).

O beneficiamento da batata-doce confere a oportunidade na produção de produtos como conservas fermentadas, bebidas alcólicas, molho de soja, leite acidófilo enriquecido com batata-doce, coalhada e iogurte com batata-doce, além de bebidas fermentadas. A porção superior das plantas podem ser aproveitadas na geração de feno, silagem, e ração para animais, contribuindo para a nutrição animal e reduzindo custos de produção. A farinha de batata-doce pode ser utilizada em panificados, ou ainda como substrato microbiano na produção de substâncias de interesse como ácidos orgânicos, proteínas, enzimas, entre outros (SHEIKHA, RAY, 2017).

O carboidrato é o constituinte majoritário da batata-doce em base seca, e o amido é seu principal representante. O amido de batata-doce pode ser extraído das raízes e aproveitado na produção de farinha, adoçantes, macarrão, panificados, batata frita, doces, sucos, bem como na geração de produtos derivados como pectina e maltose (GINTING, YULIFIANTI, 2015; MU et al., 2017).

Srivastava, Genitha e Yadav (2012), adquiriram amostras de raízes tuberosas de batata-doce comercializada na Índia, processaram-nas em farinha e avaliaram a elaboração de biscoitos a partir de combinações com farinha de trigo. Foram preparados biscoitos a partir de mescla de farinhas de batata-doce e trigo na proporção de 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 e 100:0. Os autores descrevem que os biscoitos contendo 40% de farinha de batata-doce apresentaram alta aceitabilidade em análise sensorial, aliado ao maior teor de fibras quando comparado com biscoitos feitos somente com a farinha de trigo.

A alta quantidade de carboidratos nas raízes tuberosas também propicia seu uso na produção de etanol de uso doméstico e combustível. A China é um bom exemplo, em que grande parte do montante de álcool produzido no país é derivado de batata-doce, a partir de processos de sacarificação e subsequente fermentação. A maior parte do álcool produzido a partir de batata-doce, principalmente a fração de maior qualidade, é aproveitada por indústrias chinesas produtoras de bebida alcoólica (PANDA, RAY, 2016).

As folhas das plantas são passíveis de utilização, não apenas para consumo humano, mas podem ser empregadas em processos de beneficiamento e elaboração de produtos, pois contam com a presença de fitoquímicos que atuam de modo benéfico para a saúde humana. As ramas possuem elevado teor proteico e podem ser aproveitadas na produção de rações para alimentação de animais como bovinos, suínos e ovinos (ISLAM, 2014).

Mussoline e Wilkie (2016), planejaram em seu trabalho demonstrar as vantagens da oportunidade de se utilizar a batata-doce para duas finalidades: raízes para produção de bio-combustível, e porção de ramas e folhas como alimento para animais. Para tanto, foram

comparados três cultivares denominadas CX-1, Hernandez e Beauregard, em que as raízes tuberosas de CX-1 demonstraram maior potencial para produção de bioetanol na faixa de 82,3 g.kg<sup>-1</sup> de raiz fresca, além de alta produtividade agrônômica (51,5 t.ha<sup>-1</sup>) e maior teor nutricional para ramas, principalmente no quesito minerais. Os autores destacaram que a cultivar CX-1 de batata-doce pode ser aproveitada tanto como matéria-prima para geração de bioetanol, como também na produção de alimento para o trato animal.

O shochu é uma bebida alcóolica destilada consumida preferencialmente em países da Ásia, porém, é reconhecida como uma bebida tradicional no Japão. Proveniente da China no início dos anos 1700, o shochu é preparado principalmente a partir de batata-doce, mas também pode ser feito de outras matérias-primas como o trigo, cevada ou ainda açúcar bruto. O shochu de batata-doce é produzido por um processo tradicional japonês, que utiliza uma cultura fermentativa específica denominada koji. Basicamente, uma mistura de água e batata-doce é submetida a fermentação por koji, em que a destilação deste líquido fermentado gera o shochu de batata-doce. Algumas matérias-primas específicas podem ser adicionadas, como por exemplo antocianinas de batata-doce de polpa roxa, constituindo assim bebidas com diferentes cores e aromas (WOLFE, 1992; PANDA, RAY, 2016; TAKAMINE, 2019).

Grande parte dos produtos fermentados de batata-doce são produzidos com o uso de bactérias ácido lácticas. Para tanto, são empregados cultivares de batata-doce de polpa laranja e polpa roxa na elaboração de conservas e suco fermentado, além da adição de polpa em coalhadas e iogurtes. A fermentação ácido láctica intervém de modo benéfico na geração de produtos fermentados, contribuindo para a preservação de vitaminas e substâncias bioativas provenientes de cultivares de polpa colorida, como polifenóis,  $\beta$ -caroteno e antocianinas (PANDA, RAY, 2016).

Panda et al. (2009), elaboraram uma conserva de batata-doce de polpa roxa. As raízes tuberosas foram cortadas em cubos e adicionados em salmoura, seguido de inoculação de cepa de *Lactobacillus plantarum* para a fermentação, condicionando o produto a um período de incubação de 28 dias. Os autores comentam que o produto com salmoura entre 8% a 10% foi considerado aceitável a partir de avaliação sensorial, o qual apresentou pH entre 2,5-2,8, acidez titulável de 1,5-1,7 g.kg<sup>-1</sup>, teor de ácido láctico entre 1,0-1,3 g.kg<sup>-1</sup>, amido entre 56-58 g.kg<sup>-1</sup>, e conteúdo de antocianina na ordem de 390 mg.kg<sup>-1</sup>.

Outros produtos fermentados como vinho e cerveja também podem ser elaborados com a utilização de batata-doce (PANDA, RAY, 2016). Panda e colaboradores (2015), avaliaram a tecnologia de produção, as características nutricionais e a aceitação sensorial de cerveja produzida com batata-doce de polpa roxa. Para a fermentação foi utilizado o malte de cevada

adicionado de flocos de batata-doce de polpa roxa nas proporções de 0, 30, 50 e 100%. Entre seus resultados, os autores comunicaram que a cerveja elaborada com 30% de batata-doce recebeu as maiores notas na avaliação sensorial, seguido pelo produto com adição de 50%, ambos aceitos em testes sensoriais. A cerveja com 30% apresentou ainda bom conteúdo de antocianinas e atividade antioxidante, a coloração roxa, e baixo teor alcoólico na faixa de 3,77%.

Yang et al. (2017), elaboraram cervejas tipo Lager e Ale a partir da produção de mosto contendo pasta de batata-doce de cultivares coreanas denominadas Shinyulmi (polpa branca) e Shinjami (polpa roxa), além de utilizar enzimas, malte, lúpulo e água. Foi avaliado também a utilização de enzimas na pasta de batata-doce com finalidade de melhorar a etapa de sacarificação. Os autores destacaram que o procedimento de infusão em três etapas com adição de 0,1% da cultura enzimática contendo  $\alpha$ -amilase alcançou 13,5°Brix no mosto, melhorando também a etapa de filtração. O produto resultante da aplicação de batata-doce de polpa roxa exibiu alto conteúdo de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante, parâmetros estes que aumentavam em função do aumento do uso da pasta de batata-doce de polpa roxa, porém, estes resultados não foram observados com uso da cultivar de polpa branca. Os autores comunicam ainda que as cervejas adicionadas de 41,6% de pasta de batata-doce de polpa roxa (Shinjami) exibiram atributos sensoriais semelhantes ao produto controle com 100% de malte de cevada. A cerveja de batata-doce de polpa roxa também exibiu coloração avermelhada, o que poderia contribuir para maior consumo deste tipo de produto.

Neste contexto, é provável que o aumento da empregabilidade da batata-doce em diferentes processos indústrias seja capaz de contribuir positivamente para expandir a tanto a produção como o aproveitamento da safra (raízes tuberosas, ramas e folhas).

A farinha de batata-doce apresenta potencial de aplicação na produção de bolos, snacks, biscoitos, pães, embutidos cárneos, chips, entre outros. Pode substituir em cerca de 20% a utilização de farinha de trigo na maioria dos produtos panificados, conferindo atributos de cor e sabor, além de aumentar o valor nutricional. Alguns produtos panificados podem ser elaborados com 100% de farinha de batata-doce, levando em conta o uso de coadjuvantes tecnológicos de produção para melhorar a qualidade sensorial, o que impulsiona, em paralelo, a produção de produtos panificados sem glúten (RODRIGUEZ-AMAYA, NUTTI, CARVALHO, 2011; SANTOS et al., 2013; KAUR, SANDHU, 2016).

Nzamwita, Duodu e Minnaar (2017), desenvolveram pães a partir da mescla de farinha de batata-doce de polpa laranja sobre a farinha de trigo nas proporções 10%, 20% e 30%. Os resultados indicaram que a porção de  $\beta$ -caroteno nos produtos com 10%, 20% e 30% de farinha de batata-doce de polpa laranja foi de 2,04, 4,25 e 6,66 mg.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Os autores

destacaram a inda que os pães elaborados com 20% e 30% de farinha de batata-doce de polpa laranja, os quais demonstraram alto teor de  $\beta$ -caroteno, poderiam ser utilizados como produto alimentício no combate a deficiência de vitamina A.

Salgadinhos tipo chips de alta qualidade foram desenvolvidos por Ravli, Silva e Moreira (2013), os quais avaliaram a influência do processo de fritura na qualidade do produto final. A cultivar de batata-doce de polpa laranja Beauregard foi cortada na transversal, gerando círculos de cerca de 5 cm de diâmetro e 1,6 mm de espessura, e submetida a técnicas de fritura sob pressão atmosférica, aliado a etapas de vácuo em diferentes temperaturas (120°C, 130°C e 140°C), seguido do uso de um dispositivo específico para remoção de óleo. O trabalho gerou um produto com teor de óleo 60% menor do que o observado em produtos tradicionais, sendo que os chips fritos em processo de duas etapas (1 min à pressão atmosférica e 2 min sob vácuo) exibiu teor de óleo 15% menor do que os fritos pelo processo único, além de receber notas satisfatórias para a análise sensorial nos quesitos de cor, textura e flavor.

Honi, Mukisa e Mongi (2017), avaliaram a qualidade nutricional, aceitabilidade sensorial e o tempo de prateleira de snacks extrusados a base de batata-doce de polpa laranja e amendoim. Foram produzidos por extrusão seis formulações com a mistura de batata-doce e amendoim nas proporções de 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%, adicionando também ao produto outros ingredientes básicos. Foi reportado que os teores de umidade, carboidratos e vitamina A aumentaram em função do aumento da quantidade de batata-doce de polpa laranja, porém a concentração de proteína total, gordura, fibras e cinza aumentaram em função da adição de amendoim. Os autores reportaram que o produto com 100% de batata-doce de polpa laranja obteve as maiores notas em avaliação sensorial, e que a vida útil de prateleira foi prevista para 118 a 150 dias em temperatura ambiente.

Bocher e colaboradores (2017), destacaram em seu trabalho que o purê de batata-doce de polpa laranja era um ingrediente que apresentava potencial econômico aliado a capacidade de aumentar o teor de vitamina A em produtos panificados de Ruanda. Desse modo, os autores avaliaram a possibilidade de estabelecer um empreendimento piloto produtor de purê de batata-doce de polpa laranja para fornecer a empresas de panificados, os quais atuaram também para organizar uma cadeia de valor para pães elaborados com o purê. Os autores comunicam que os primeiros pães produzidos com o purê de batata-doce de polpa laranja foram vendidos por seis estabelecimentos em 2015, alcançando vinte estabelecimentos em 2016. Deste modo, o empreendimento piloto, se constituído, demonstrou potencial de lucratividade e possibilidade de evolução para produção em maior escala.

Não apenas a farinha, mas o desenvolvimento de produtos com uso de purê pode estimular empresas desenvolvedoras de produtos alimentícios a aumentar a utilização deste ingrediente em formulações inovadoras. O purê de batata-doce de polpa roxa e de polpa laranja apresentam grande potencial de serem utilizados na produção de produtos destinados a crianças e bebês, alimentos panificados, molhos, sopas, produtos de confeitaria e sorvetes, entre outros (STEED, TRUONG, 2008; BOCHER et al., 2017; MU et al., 2017).

Vale destacar que a produção brasileira de batata-doce é destinada, principalmente, para o abastecimento do mercado interno via comercialização de raízes tuberosas *in natura*, nas gondolas de feiras e supermercados. Seu aproveitamento no Brasil é, majoritariamente, realizado por meio do consumo doméstico de raízes tuberosas, onde sua industrialização ainda é incipiente no país.

O trabalho desenvolvido por Franca (1988), já demonstrava a importância da batata-doce para o Brasil e a necessidade de impedir a decadência da cultura frente a outros cultivares que, notadamente, se destacaram nos últimos 32 anos.

Por outro lado, o estímulo a novos trabalhos de pesquisa focados no aproveitamento e na industrialização da batata-doce pode garantir maior nível de informação acerca da importância da cultura, promover o aumento do interesse nacional no seu beneficiamento, e agregar maior valor ao produto (TAKEITI, ANTONIO, 2009; COELHO et al., 2010; MORO et al., 2011).

Rizzolo (2014), objetivou em sua tese de doutorado produzir aguardente e etanol a partir da seleção entre três cultivares de batata-doce obtidas junto à Embrapa, denominadas Amélia, Cuia e Rubissol, além de avaliar diferentes cepas de leveduras. A avaliação da qualidade das cultivares, bem como a triagem para aproveitamento no processo produtivo, indicou que Cuia, uma batata-doce de polpa creme, se destacava dentre as três. A autora comunicou em sua tese que Cuia apresentou potencial para ser aplicada enquanto matéria-prima na produção de biocombustível e aguardente, agregando assim valor a cultivar, e oportunizando renda alternativa para a agricultura familiar que produzia essa cultivar.

Pagani et al. (2015), produziram um produto tipo chips a partir de cultivares de batata-doce de polpa roxa e branca e avaliaram a aceitabilidade sensorial por meio de teste de aceitação com uso de escala hedônica e 50 julgadores não treinados. Os quesitos avaliados foram: aparência, cor, aroma, textura e aceitabilidade. Os testes sensoriais indicaram que os chips de batata-doce de polpa roxa (sem tratamento) foi aceito por 82% dos julgadores, enquanto que os produtos com a batata-doce de polpa branca demonstraram 73% de aceitação para chips tratado

com ácido ascórbico, e 69% para chips sem tratamento. Os autores destacaram ainda que, de forma geral, os chips de batata-doce foram aceitos do ponto de vista sensorial.

Franco (2015), caracterizou em sua dissertação farinhas de batata-doce e de arroz com objetivo de desenvolver pães livre de glúten para pessoas com doença celíaca. Após a etapa de caracterização, foram elaborados os pães com adição de hidrocolóides na farinha de arroz, seguido da modificação da farinha de arroz pela de batata-doce. O produto contendo 25% de farinha de batata-doce apresentou semelhança ao produto controle em quesitos de textura, 80,3% de aceitabilidade, e sete dias de vida útil. A autora do trabalho destacou que as propriedades de pasta do blend de farinhas de arroz e batata-doce devem ser avaliadas em conjunto pois influenciam na textura dos pães, e que a utilização de hidrocolóides, além do uso de farinha de batata-doce na elaboração de pães sem glúten, é capaz de gerar produtos com qualidade sensorial, sendo essa uma ótima opção de consumo para pessoas celíacas.

Weber (2017), em sua tese de doutorado, focou em desenvolver um processo alternativo de produção de shochu com a substituição do fermento original (koji) pelo uso de outras leveduras industriais, além de avaliar a viabilidade econômica da produção do novo produto. Após intenso trabalho a autora obteve uma bebida destilada a qual se denominou “Tchêchu”, sendo que análises empregadas demonstraram as características semelhantes entre a composição do novo produto e de um shochu comercial. O trabalho destacou ainda que a produtividade brasileira de batata-doce, aliado à influência da cultura japonesa, gera uma grande oportunidade para agregar valor às raízes tuberosas enquanto matéria-prima para produção de shochu, e que o possível estabelecimento de uma indústria produtora se mostrou economicamente viável.

Humia et al. (2020), buscaram avaliar condições ótimas de processamento na elaboração de uma cerveja de batata-doce que apresentasse qualidade nutricional aliado a atividade e antioxidante e aceitação sensorial. Para tanto, utilizaram a cultivar Beauregard de batata-doce, produzida em Sergipe. Os produtos desenvolvidos apresentaram em sua composição  $\beta$ -caroteno e polifenóis, além de atividade antioxidante. Os autores destacaram que a composição de fitoquímicos da batata-doce auxiliou de modo benéfico nas características sensoriais e funcionais da cerveja, e que a batata-doce de polpa laranja possui potencial para ser utilizada na elaboração de cerveja com propriedades nutracêuticas.

Neste ponto, cabe ressaltar o fato de que, a elaboração de bebidas alcoólicas a partir de alimentos amiláceos já eram realizados por antigas tribos indígenas no Brasil. Alguns grupos étnicos da região amazônica, como os Guarani e os Tupinambá, produziam certos tipos bebidas alcoólicas fermentadas como, por exemplo, o *caxiri* e o *cauim* (também chamado *massato*, *caracu*), as quais eram tradicionalmente preparadas a partir da mastigação de grãos de milho, em

conjunto com raízes como a mandioca e a batata-doce. Essas bebidas especiais eram consumidas em cerimônias tribais de cunho religioso (NOELLI, BROCHADO, 1998; PANDA, 2019).

Assim, novos estudos visando o amplo beneficiamento da batata-doce no Brasil pode tornar este alimento uma fonte economicamente competitiva em processos industriais, no desenvolvimento de produtos para consumo humano, bem como na alimentação animal. Além disto, a batata-doce pode ainda, futuramente, se tornar um agente-chave na produção de biocombustíveis (RAY, TOMLINS, 2010).

## 7 BEBIDAS FUNCIONAIS: SMOOTHIE

Os hábitos relativos ao comportamento e a escolha de consumo de alimentos e produtos alimentícios são diretamente influenciados, entre outros aspectos, pelo padrão de vida dos consumidores. Moratoya e colaboradores (2013), avaliaram dados disponibilizados pela FAO sobre o consumo de alimentos no Brasil e no mundo, e reportam que fatores como renda, globalização e urbanização influenciam diretamente na dieta diária das pessoas.

Hiperconveniência é uma terminologia empregada para caracterizar o estilo atual de consumo de alimentos. A hiperconveniência está pautada na escolha de produtos que congregam conveniência de consumo e qualidade nutricional. Estas demandas estimulam a indústria de alimentos a inovar e desenvolver novos produtos nutritivos, prontos para consumo, o que impulsiona o setor de bebidas funcionais (BIGLIARDI, GALATI, 2013, SEBRAE, 2019).

Vale enfatizar que, atualmente, a demanda de consumo por bebidas funcionais está aquecida e apresenta tendência de crescimento mundial. A receita financeira do segmento de mercado de ‘Outros Sucos, Misturas de Sucos e Smoothies’ alcançou, em 2019, a marca de 39.650,66 milhões de dólares, sendo que a previsão para 2020 é alcançar 41.617,70 milhões de dólares. A maior fração de consumidores deste tipo de produto se encontra nos EUA. A previsão de crescimento anual deste segmento é de 4,5%, e o consumo mundial *per capita* é estimado para alcançar a marca de dois litros em 2020 (STATISTA, 2020b).

Dentre as bebidas funcionais, um produto se destaca: o smoothie (SRIVASTAVA et al., 2019). O smoothie pode ser compreendido como uma bebida constituída a partir de frutas frescas, vegetais, ou ainda pela combinação de ambos, podendo ser adicionado alguns ingredientes como água, mel, leite, iogurte, proteínas, entre outros. O produto possui como principal característica ser uma bebida nutritiva, de consistência suave, semilíquida e pastosa, pronta para consumo (WILKEY, 2013; TELESZKO, WOJDYŁO, 2014; SRIVASTAVA et al., 2019).

As bebidas funcionais do tipo smoothie associam as propriedades de saudabilidade almeçadas em um produto alimentício, em conjunto com a qualidade sensorial requisitada pelo consumidor. O termo bebida funcional pode ser entendido de maneira geral como bebidas que são nutritivas, não alcoólicas, e auxiliam na melhora das condições físicas do consumidor. Apresentam ainda efeitos benéficos para a saúde como a prevenção de DCNTs, redução de obesidade, fortalecimento do sistema imunológico, dentre outras diversas alegações que são declaradas, em função de cada tipo de produto e sua finalidade (ISLAM, KABIR, 2019). Dada a hiperconveniência e a demanda por produtos nutricionalmente satisfatórios, os smoothies se encaixam como uma ótima opção de consumo.

A mistura de vegetais e frutas na elaboração de smoothies é um desafio para a indústria de alimentos por conta das características sensoriais que o produto final pode apresentar. Por outro lado, a combinação de frutas e vegetais é capaz de beneficiar positivamente para o aumento da qualidade nutricional, além de contribuir para a presença de compostos bioativos no produto (TIWARI, 2018).

Porém, não há uma definição legal ou legislação específica para o smoothie, tão pouco um método padronizado de produção deste produto em específico. No continente Europeu, os smoothies são equiparados a sucos de frutas e vegetais, os quais são abrangidos primeiramente pela *Council Directive 2001/112/EC*, associado a documentos regulatórios específicos (*The Fruit Juices and Fruit Nectars Regulations*), elaborados e direcionados para cada país que compõe o bloco (OFFICIAL JOURNAL..., 2002; BRITISH..., 2016).

Desse modo, as legislações acerca da produção de sucos e smoothies são combinadas com orientações de fabricação de modo a obter a padronização da elaboração, qualidade e identidade dos produtos. Sua produção segue as especificações requeridas pela *European Fruit Juice Association*, e suas diretrizes reportam para um conjunto de medidas que os produtos devem atender, incluindo as análises de alguns parâmetros como textura, °Brix, acidez titulável, teor de carboidratos, presença de compostos bioativos, entre outros (BRITISH..., 2016).

No Brasil, a Instrução Normativa (IN) 49, de 26 de setembro de 2018, descreve os padrões de identidade e qualidade para suco e para polpa de fruta e permite a utilização de frutas e vegetais para a composição de uma bebida. O referido documento considera como fruta “a designação genérica do fruto comestível, incluído o pseudofruto e a infrutescência”, enquanto que vegetal é “a planta comestível e suas partes comestíveis, excetuada a fruta” (BRASIL..., 2018).

Os padrões microbiológicos para o suco preparado a partir de frutas e vegetais segue as regras estabelecidas pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 2 de janeiro de

2001, a qual aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Neste caso, a seção 17 que trata de sucos, refresco, refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas, descreve os limites de tolerância microbiológica para sucos e refrescos in natura, sendo coliformes termotolerantes a 45°C/mL  $10^2$  UFC/mL (Unidade Formadora de Colônia por mililitro), e ausente para *Salmonella* sp./25 mL, sendo que para suco pasteurizado os limites são coliformes termotolerantes a 45°C/mL 10 UFC/mL, e ausente para *Salmonella* sp./25 mL (BRASIL..., 2001).

Já o artigo 10 da IN 49/2018 comunica como limite máximo para a carga microbiológica na polpa das frutas (congeladas ou não), utilizadas para o produto, não superem  $5 \times 10^3$ /g para bolores e leveduras,  $2 \times 10^3$ /g nas polpas que são conservadas por agentes químicos e/ou que foram submetidas à algum tipo de tratamento térmico, máximo de 1/g para coliforme fecal, e ausente de *Salmonella* (em 25 g) (BRASIL..., 2018).

A resolução permite ainda que o suco possa ser adicionado de alguns ingredientes como gás carbônico, vitaminas, fibras e outros nutrientes previstos na RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012 (exclusivamente para o suco não adicionado de açúcares), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL..., 2018).

O processo de produção industrial do smoothie envolve o beneficiamento e a utilização de frutas e vegetais como principais matérias-primas, alguns ingredientes tecnológicos de produção, além da aplicação de processos convencionais, térmicos ou não. O processamento deve ser constituído de tecnologias aplicadas para garantir segurança sanitária e microbiológica, aliado a retenção de nutrientes e compostos bioativos no produto (TIWARI, 2018).

Basicamente, as frutas e os legumes são selecionados, limpos e minimamente processados. Após isto, é realizada a etapa de mistura das matérias-primas, podendo ocorrer a inclusão de suco concentrado de fruta e ingredientes como iogurte, leite, mel e outros. O produto segue para a homogeneização dos ingredientes, e após isto, ocorre a etapa de conservação do alimento, como a pasteurização, visando garantir sua qualidade microbiológica. O produto então pode ser resfriado, e submetido ao envase (TIWARI, 2018).

Guazi (2016), em sua dissertação de mestrado, buscou desenvolver smoothies a partir de polpa de morango, banana desidratadas, leite integral e água. As frutas foram secas com equipamento de secagem em leito de espuma, com uso de albumina e maltodextrina. A autora comunica que os smoothies preparados com diferentes quantidades de morango e banana desidratados foram aceitos sensorialmente, destacando que os produtos com 50% de morango + 50% de banana e leite, e com 60% morango + 40% banana e leite, demonstraram melhor aparência e cor. Já o smoothie com 40% morango + 60% banana e leite foi bem avaliado para os

quesitos aceitação global, doçura, sabor de fruta e intenção de compra. O trabalho demonstrou ser viável a elaboração de smoothies a partir de morango e banana desidratada.

Problemas relacionados a desnutrição e o hábito de consumo de produtos alimentícios com baixa qualidade nutricional, figuram como um fator de risco social. Neste aspecto, a ingestão insuficiente de frutas e vegetais é uma ameaça que contribui para o possível aumento da mortalidade humana.

Um estudo amplo realizado por Forouzanfar e diversos colaboradores (2015), avaliou sistematicamente setenta e nove ameaças relativas ao comportamento, metabolismo, ao ambiente e a ocupação social, os quais estão relacionados com a carga global de doenças, lesões e fatores de risco para a população de 188 países, no período de 1990-2013. O foco principal do trabalho foi identificar potenciais riscos à saúde social e examinar as possibilidades de prevenção. Os autores comunicaram que os riscos relacionados a alimentação causaram cerca de 11,3 milhões de mortes no período, sendo que 3,4 milhões de mortes foram relacionados ao consumo insuficiente de frutas, e 1,8 milhões à baixa ingestão de vegetais.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) promove programas para estimular a população mundial a adotar o hábito do consumo regular de frutas e vegetais com foco na promoção da saúde. Dentre diversos programas viabilizados pela OMS, destaca-se o projeto Cinco Por Dia (*Five-a-Day*). O projeto Cinco Por Dia se refere ao incentivo do consumo mínimo diário de 400g de frutas e vegetais, podendo este ser dividido em cinco porções de 80g (OMS, 2017).

Ainda que a OMS se dedique a promover o amplo consumo de frutas e vegetais, a organização estima que o consumo *per capita* mundial esteja em torno de 20% a 50% abaixo da porção total recomendada de 400g por dia (OMS, 2017).

O consumo de frutas e vegetais, incluindo produtos à base destes alimentos, propiciam o acesso do consumidor a um maior conjunto de nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas, minerais e fibras. No contexto da orientação da OMS, o consumo de smoothies nutritivos podem contar como uma parcela de consumo do total recomendado (TAYLOR, 2016).

O smoothie é um tipo de produto que vem de encontro ao conceito ‘Cinco Por Dia’, o qual pode ser considerado como fonte de ingestão de frutas e legumes, atuando de modo benéfico para a saúde do consumidor. Sua composição apresenta ainda baixo teor de sódio, gorduras saturadas e colesterol, além de contar com a presença de aminoácidos, fibras, vitaminas e minerais. Deste modo, estimular o consumo de smoothies de frutas e vegetais tende a contribuir para o aumento da ingestão de alimentos nutricionalmente satisfatórios (TAYLOR, 2016).

Nowicka, Wojdylo e Samoticha (2016), delinearum um estudo com intuito de caracterizar smoothies elaborados a partir de frutos do gênero *Prunus* quanto ao perfil de polifenóis, e verificar a correlação entre os biocompostos e a capacidade antioxidante, e inibição das enzimas  $\alpha$ -glucosidase e  $\alpha$ -amilase. O gênero *Prunus* é reconhecido por produzir diversas frutas do tipo baga incluindo ameixas, cerejas, pêssegos, damasco, nectarina e amêndoas. Assim, as autoras elaboraram 13 smoothies a partir de suco de cereja e purês de ameixas, pêssegos e damascos, além de produtos com misturas entre o suco de cereja e cada uma das frutas em proporções 80:20, 50:50 e 20:80. Foi reportado que os smoothies apresentaram diferença significativa em função da quantidade de biocompostos, sendo que o principal aspecto do produto decorre justamente da adição individual de cada fruta. Os smoothies com alta quantidade de purê de ameixa se destacaram pelo alto teor de ácidos hidroxicinâmicos, já os produtos com maior teor de purê de damasco exibiram maior quantidade de flavanóis, e os smoothies com alta quantidade de suco de cereja demonstraram maior conteúdo de antocianinas. Os smoothies de frutas de *Prunus* podem ser considerados como relevante fonte de compostos bioativos.

Xavier et al. (2019), buscaram desenvolver e caracterizar formulações de smoothies baseados em frutas, os quais foram adoçados com aplicação de mel. Quatro tipos de smoothies foram preparados a partir da combinação fixa de 50% de manga, 30% de uva e 20% de maracujá, sendo que a utilização de mel variou entre 0%, 5%, 10% e 15%. Os parâmetros de pH, acidez e ácido ascórbico não demonstraram diferença significativa entre os produtos. Os autores destacaram ainda que os smoothies obtidos no trabalho podem ser considerados fonte de vitamina C.

Walkling-Ribeiro et al. (2010), buscaram garantir a segurança microbiológica, qualidade nutritiva e sensorial de smoothies por meio da avaliação do impacto de processos de calor moderado e campo elétrico pulsado, em comparação a pasteurização, sob as características do produto final. A avaliação sensorial não diferiu estatisticamente entre produtos submetidos aos diferentes tratamentos. Os smoothies tratados com calor moderado (55°C; 60s) e campo elétrico pulsado (34 kV.cm<sup>-1</sup>; 60μs) demonstraram estabilidade microbiológica de 21 dias em comparação ao pasteurizado (72°C; 15s) que durou 14 dias. As características de pH e condutividade foram semelhantes, porém houve maior estabilidade da viscosidade e do °Brix para os smoothies submetidos a calor moderado e campo elétrico pulsado, contrastando com a qualidade da cor instrumental que foi melhor para o smoothie pasteurizado. Os autores destacam ainda que o processamento com calor moderado, em conjunto com campo elétrico pulsado, é uma alternativa viável frente a pasteurização, uma vez que estes demonstraram garantir maior vida de prateleira aos produtos.

Ribeiro et al. (2019), avaliaram a influência da temperatura e tempo armazenamento de um smoothie elaborado a partir da mistura de juçara, banana e morango, o qual foi submetido a pasteurização por 90 °C e 35 s, em equipamento de trocador de calor de superfície raspada, seguido de armazenamento a 7 °C e 25 °C, por 90 dias. Os smoothies não apresentaram presença de microrganismos, e houve queda no teor de antocianinas após os 90 dias sendo mais acentuada para os smoothies armazenados a 25 °C. O produto armazenado a 7 °C obteve avaliação satisfatória para a análise sensorial.

Neste contexto, é possível observar que a demanda por produtos alimentícios nutritivos tende a crescer, e que as bebidas funcionais tipo smoothie representam um importante tipo produto para este mercado. Este fenômeno impulsiona cada vez mais a indústria de alimentos a elaborar novas formulações que possam atender as expectativas de consumidores que buscam um estilo de vida saudável.

As bebidas funcionais representam um importante nicho de mercado, sendo que os smoothies caracterizam um segmento em crescente expansão. Estes aspectos contribuem para que o mercado global de smoothies apresente novas tendências e produtos embasados em trabalhos de pesquisa, com novos ingredientes e processos capazes de gerar produtos nutritivos. É provável que os smoothies se tornem um produto chave para a expansão do segmento industrial de bebidas funcionais (SHAW, CHARTERS, 2016).

## REFERÊNCIAS

- ABEGUNDE, O. K.; UM, T. H.; CHEN, J. W.; DENG, F. M.: Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, n. 33, p. 169-177, 2013.
- ADAM, K. L.: Sweetpotato: Organic Production. **The National Sustainable Agriculture Information Service – ATTRA**. 14p., 2005.
- ALAM, M. K.: A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 512-529, 2021.
- AMARO, G. B.; CARMONA, P. A. O.; FERNANDES, F. R.; PEIXOTO, J. R.; NÓBREGA, D. S.: Desempenho de cultivares de batata-doce no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, 2014.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N.: Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, n. 66, v. 1, p. 1-9, 2007.

APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An ordinal classification for the families of flowering plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 85, n. 4, p. 531–553, 1998.

APG II - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399–436, 2003.

APG III - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p. 105–121, 2009.

APG IV – ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 181, P. 1-20, 2016.

AUSTIN, D. F.; HUÁMAN, Z.: A synopsis of *Ipomoea* (Convolvulaceae) in the Americas. **Taxon**, v. 45, n. 1, p. 3-38, 1996.

AUSTIN, D. F: The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potatoes and related wild species. In: **Exploration, maintenance, and utilization of sweetpotato genetic resources: Report of the First Sweet Potato Planning Conference 1987**, International Potato Center-Peru, p. 27-60, 1988.

AZEVEDO, A. M.; JUNIOR, V. C. A.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M.: Desempenho agrônomo e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015.

BAICEANU, E.; VLASE, L.; BAICEANU, A.; NANES, M.; RUSU, D.; CRISAN, G.: New polyphenols identified in *Artemisiae abrotani herba* extract. **Molecules**, v. 20, n. 6, p. 11063-11075, 2015.

BARRERA, P.: **Batata-doce: Uma das doze mais importantes culturas do mundo**. Coleção Brasil Agrícola, Ícone Editora Ltda, 91 p., 1989.

BARTZ, J. A.; BRECHT, J.: **Postharvest physiology and pathology of vegetables, 2ed.** CRC Press, 2003. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=0K3e2OX-FzkcC&pg=PA334&lpg=PA334&dq=sweet+potato+armaze- ned+15/&source=bl&ots=7u1NrXwhi1&sig=ACfU3U1FTUBmrAt48\\_pUbNz4oaqOd-bLfzg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjiktW ivfmAhVHF7kGHQUoA8MQ6AEWAHoE-CAgQAQ#v=onepage&q=sweet%20potato&f=false](https://books.google.com.br/books?id=0K3e2OX-FzkcC&pg=PA334&lpg=PA334&dq=sweet+potato+armaze- ned+15/&source=bl&ots=7u1NrXwhi1&sig=ACfU3U1FTUBmrAt48_pUbNz4oaqOd-bLfzg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjiktW ivfmAhVHF7kGHQUoA8MQ6AEWAHoE-CAgQAQ#v=onepage&q=sweet%20potato&f=false)

BENDECH, M. A., BAKEWR, S. K.: **“VitA Burkina”: Improving vitamin A intakes of women and children through production and consumption of orange-fleshed sweet potatoes in Burkina Faso**. Helen Keller International – Regional Office for Africa, Burkina Faso, 2004.

BERENDSCHOT, T. T. J. M.; PLAT, J.: **Plant Stanol and Sterol Esters and Macular Pigment Optical Density**. Em: Handbook of Nutrition, Diet and the Eye, Academic Press, p. 441-449, 2014.

BICUDO, C. E. M.: Taxonomia. **Biota Neotropica**, v. 4, n.1, I-II, 2004.

BIGLIARDI, B.; GALATI, F.: Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 31, n. 2, p. 118-129, 2013.

BOCHER, T.; LOW, J. W.; MUOKI, P.; MAGNAGHI, A.; MUZHINGI, T.: From lab to life: Making storable orange-fleshed sweetpotato purée a commercial reality. **Open Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 148-154, 2017.

BOVELL-BENJAMIN, A. C.: **Sweet potato utilization in human health, industry and animal feed systems**. Em: Sweet Potato: Post Harvest Aspects in Food, Feed, And Industry. Nova Science Publishers, Inc, New York, 2010.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C.: Use of free radical method evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL: Instrução Normativa Nº 49, de 26 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília/DF, edição 187 do Diário Oficial da União, 2018.

BRASIL: Instrução Normativa Nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília/DF, 2001.

BRAVO, L.: Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. **Nutrition Reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BRITISH SOFT DRINKS ASSOCIATION: **Fruit Juice Technocal Guidance**. Bedford Row, London-UK, 36., 2016.

BURIL, M. T.; SIMÃO-BIANCHINI, R.; ALVES, M.: *Jacquemontia robertsoniana* (Convolvulaceae), a new shrub species from Brazil. **Kew Bulletin**, v. 67, n. 3, p. 455-459, 2012.

BURRI, B. J.: Evaluating sweet potato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 118-130, 2011.

C.S.V. - COMPETITION SCIENCE VISION: **Competition Science Vision: A specialized magazine for medical entrance & 10+2 exams**. Mahendra Jain for M/s, Pratiyogita Darpan Editor, Nova Delhi/India, n. 119, 2008. Disponível em: [https://books.google.com/books?id=-cDAAAAMBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?id=-cDAAAAMBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. C. G.: Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas**, v. 40, n. 1, p. 116-138, 2011.

CASTRO, L. A. S.: Instruções para plantio de mudas de batata-doce com alta sanidade. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Clima Temperado, Documentos 313**, 17p., 2010.

CHAMPAGNE, A.; BERNILLON, S.; MOING, A.; ROLIN, D.; LEGENDRE, L.; LEBOT, V.: Carotenoid profiling of tropical root crop chemotypes from Vanuatu, South Pacific. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 23, p. 763-771, 2010.

CHANET, A.; MILENKOVIC, D.; CLAUDE, S.; MAIER, J. A. M.; KHAN, M. K.; RAKOTOMANOMANA, N.; SHINKARUK, S.; BERARD, A. M.; BENNETAU-PELISSERO, C.; MAZUR, A.; MORAND, C.: Flavanone metabolites decrease monocyte adhesion to TNF- $\alpha$ -activated endothelial cells by modulating expression of atherosclerosis-related genes. **British Journal of Nutrition**, v. 110, p. 587-598, 2013.

CODEAGRO - COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO DOS AGRONEGÓCIOS: Batata-doce: Normas de classificação. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura**, v. 12, n. 14., 2014. Disponível em: [http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata\\_doce.pdf](http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata_doce.pdf). Acesso: 26/08/2019.

COELHO, M. I. S.; NASCIMENTO, C. R. P.; COELHO, M. C. S. C.; GOMES, E. C. S.; LIMA, M. S.: **Avaliação sensorial de doces de batatas-doce biofortificadas**. Sistema de Gerenciamento de Conferências (OCS V CONNEPI), 2010.

CSPI - CENTER FOR SCIENCE IN THE PUBLIC INTEREST: 10 Best Foods. Center for Science in The Public Interest, 2020. Disponível em: <https://cspinet.org/eating-healthy/what-eat/10-best-foods>

DAFF – DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES: **Sweet potato (Ipomoea batatas L. production**. Republic of South Africa - Department of Agriculture, Forestry And Fisheries, 28p., 2011. Disponível em: [https://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG\\_SweetPotato.pdf](https://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG_SweetPotato.pdf)

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.: **Química de alimentos de Fennema-5ed**. Artmed Editora, 1120p., 2017.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, T. N. S.; LEAL, N. R.; FREITAS, S. P.; SEDIYAMA, T.: Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 43-47, 2002.

DELAZARI, F. T.; ASSIS, I. R.; CABRERA, D. F.; FERREIRA, M. G.; DIAS, L. E.; RUEDA, A.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, D. J. H.: Morpho-physiological characteristics by sweet potato cultivars as function of irrigation depth. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 4, p. 3541-3549, 2018.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R.: **Sweet potatoes: production, processing, marketing**. Em: Major feed and food crops in agriculture and food series, The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, 334 p., 1971.

FALCÃO, L. D.; BARROS, D. M.; GAUCHE, C.; LUIZ, M. T. B.: Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa Processamento de Alimentos – CEPPA**, v. 21, n. 2, p. 351-366, 2003.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION.: **FaoStat**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso 12/03/2022.

FERREIRA, P. P. A.; MIOTTO, S. T. S.: Sinopse das espécies de *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, n. 7, v. 4, p. 440-453, 2009.

FOROUZANFAR et al.: Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. **Lancet** (London, England), v. 386, n. 10010, p. 2287, 2015.

FRANCA, F. H.: A batata-doce no Brasil: Produção, pesquisa e difusão de tecnologia. **Mejoramiento De La Batata**, p. 39-56, 1988.

FRANCIS, F. J.: Food colorants: anthocyanins. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, n. 28, v. 4, p. 273-314, 1989.

FRANCO, V. A.: **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce. Dissertação**. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, 129 f., 2015. Disponível em: [https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5148/5/Disserta%  
c3%a7%c3%a3o%20-%20Vilmara%20Ara%  
c3%bajo%20Franco-%202015.pdf](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5148/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Vilmara%20Ara%c3%bajo%20Franco-%202015.pdf)

FURLANETO, F. P. B.; FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M.: Comercialização, custos e indicadores de rentabilidade da batata-doce. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.

GINTING, E.: Carotenoid extraction of Orange-fleshed sweet potato and its application as natural food colorant. **Journal Teknologi dan Industri Pangan**, v. 24, n. 1, 2013.

GINTING, E.; YULIFIANTI, R.: Characteristics of noodle prepared from Orange-fleshed sweet potato and domestic wheat flour. **Procedia Food Science**, n. 3, p. 289-302, 2015.

GIRARD, A. W.; GRANT, F.; WATKINSON, M.; OKUKU, H. S.; WANJALA, R.; COLE, D.; LEVIN, C.; LOW, J.: Promotion of orange-fleshed sweet potato increased vitamin A intakes and reduced the odds of low retinol-binding protein among postpartum Kenyan women. **The Journal of Nutrition**, v. 147, n. 5, p. 955-963, 2017.

GOBBO-NETO, L.; LOPES N. P.: Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOMES, F. S.: Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v.20, n.5, 2007.

GOULD, K.; DAVIES, K.; WINEFIELD, C.: **Anthocyanins: biosynthesis, functions, and applications**. Springer Science+Business Media, 2009.

GUAADAQUI, A.; BENAICHA, S.; ELMAJDOUB, N.; BELLAOUI, M.; HAMAL, A.: What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 3, p. 174-179, 2014.

GUAZI, J. S.: **Produção de smoothie com polpas de morango e banana desidratadas em leite de espuma**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista — Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. 101f. 2016.

GUAZI, J. S.; LAGO-VANZELA, E. S.; CONTI-SILVA, A. C.: Development of smoothies from dehydrated products of strawberry and banana pulps obtained through foam-mat drying. **International journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 1, 2018.

GUEDES, P. T.; CARVALHO, B. L.; FERNANDES, A. M.: Plano econômico financeiro para diversificação de renda de pequenos produtores de batata-doce: produção de chips e minimamente processados. Em: **VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**, Faculdade de Tecnologia – FATEC, Botucatu/SP, 2019.

GUO, H.; XIA, M.: **Anthocyanins and Diabetes Regulation**. Em: Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease (Second Edition), Academic Press, p. 135-145, 2018.  
GURMU, F.; HUSSEIN, S.; LAING, M.: The potential of orange-fleshed sweet potato to prevent vitamin A deficiency in Africa. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 84, n. 1-2, p. 65-78, 2014.

HELLEN KELLER INTERNATIONAL: **Orange-fleshed sweet potato production, consumption, promotion and policy in Burkina Faso: Landscape analysis**. Hellen Keller International-Burkina Faso, 2014. Disponível em: [http://www.sweetpotatoknowledge.org/wp-content/uploads/2016/02/Burkina-Faso-OFSP-Situational-Analysis\\_working-draft-Sept-2014.pdf](http://www.sweetpotatoknowledge.org/wp-content/uploads/2016/02/Burkina-Faso-OFSP-Situational-Analysis_working-draft-Sept-2014.pdf)

HONI, B.; MUKISA, I. M.; MONGI, R. J.: Proximate composition, provitamin A retention, and shelf life of extruded orange-fleshed sweet potato and bambara groundnut-based snacks. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 1, p. e13415, 2017.

HOTZ, C.; LOECHL, C.; BRAUW, A.; EOZENOU, P.; GILLIGAN, D.; MOURSI, M.; MUNHAUA, B.; JAARVELD, P.; CARRIQUIRY, A.; MEENAKSHI, J. V.: A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. **British Journal of Nutrition**, n. 108, v. 1, p. 163-176, 2012.

HUAMAN, Z.: **Descriptors for sweet potato**. International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR, Centro Internacional de la Papa-CIP, Asian Vegetable Research and Development Center-AVRDC, 134 p., 1991.

HUAMAN, Z.: Systematic botany and morphology of the sweetpotato plant. **Technical information Bulletin 25**, International Potato Center-Peru, 22p., 1992.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.: Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

HUMIA, B. V.; SANTOS, K. S.; SCHNEIDER, J. K.; LEAL, I. L.; BARRETO, G. A.; BASTISTA, T.; MACHADO, B. A. S.; DRUZIAN, J. I.; KRAUSE, L. C.; MENDONÇA, M. C.;

PADILHA, F. F.: Physicochemical and sensory profile of Beaugard sweet potato beer. **Food Chemistry**, v. 312, 2020.

HURTADO, A.; GUÀRDIA, M. D.; PICOUET, P.; JOFRÉ, A.; BAÑÓN, S.; ROS, J. M.: Shelf-life extension of multi-vegetables smoothies by high-pressure processing compared with thermal treatment. Part I: Microbial and enzyme inhibition, antioxidant status, and physical stability. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 43, v. 10, 2019.

HUSSEIN, S. M.; JASWIR, I.; JAMAL, P.; OTHMAN, R.: Carotenoid stability and quantity of different sweet potato flesh colour over postharvest storage time. **Advances in Environmental Biology**, p. 667, 2014.

HUTCHINSON, J.: **Evolution and phylogeny of flowering plants: dicotyledons, facts and theory**. Academic Press, 717p., 1969.

IANNOTTI, M.: **The Beginner's Guide to Growing Heirloom Vegetables: The 100 Easiest-to-Grow, Tastiest Vegetables for Your Garden**. Timber Press, Portland, London-UK, 202 p., 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: **Produção Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro, v. 43, 64 p., 2016. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2016\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf)

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10233?ano=2020>

ISLAM, S. N.; NUSRAT, T.; BEGUM, P.; AHSAN, M.: Carotenoids and  $\beta$ -carotene in orange fleshed sweet potato: A possible solution to vitamin A deficiency. **Food Chemistry**, v. 199, p. 628-631, 2016.

ISLAM, S.: **Nutritional and medicinal qualities of sweetpotato tops and leaves**. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, 2014.

ISLAM, J.; KABIR, Y.: **Chapter 5 - Effects and mechanisms of antioxidant-rich functional beverages on disease prevention**. Em: *Functional and Medicinal Beverages*. Editora Academic Press, p. 157-198, 2019.

JAARSVELD, P. J.; FABER, M.; TANUMIHARDJO, S. A.; NESTEL, P. LOMBARD, C. J.; BENADÉ, A. J.: Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 5, 2005.

JEAN, R. V.: **Phyllotaxis: a systemic study in plant morphogenesis**. Cambridge University Press, 404 p., 2009.

JIANG, T.; MAO, Y.; SUI, L.; YANG, N.; LI, S.; ZHU, Z.; WANG, C.; YIN, S.; HE, J.; HE, Y.: Degradation of anthocyanins and polymeric color formation during heat treatment of purple sweet potato extract at different pH. **Food Chemistry**, n. 274, p. 460-470, 2019.

JIE, L.; XIAO-DING, L.; YUN, Z.; ZHENG-DONG, Z.; ZHI-YA, Q.; MENG, L.; SHAO-HUA, Z.; SHUO, L.; MENG, W.; LU, Q.: Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solution with various pH values and fruit juices. **Food Chemistry**, n. 136, p. 1429-1434, 2012.

JUNG, J. K.; LEE, S.; KOZUKUE, N.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M.: Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. plants and in home processed roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 24, p. 29-37, 2011.

KAMMONA, S.; OTHMAN, R.; JASWIR, I.; JAMAL, P.: Characterisation of carotenoid content in diverse local sweet potato (*Ipomoea batatas*) flesh tubers. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 7, n. 2, p. 347-351, 2015.

KAUR, M.; SANDHU, K. S.: **Sweet potato flour and starch**. Em: Tropical Roots and Tubers, John Wiley & Sons Ltd, Oxford, UK, p. 255-252, 2016.

KHOO, H. E.; AZLAN, A.; TANG, S. T.; LIM, S. M.: Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food & Nutrition Research**, v. 61, n. 1, 2017.

KIRSCHENBAUM, D. S.: **The healthy obsession program: Smart weight loss instead of low-carb lunacy**. BenBella Books, Inc., 2005.

KURATA, R.; SUN, H. N.; OKI, T.; OKUNO, S.; ISHIGURO, K.; SUGAWARA, T.: **Chapter 7 – Sweet potato polyphenols**. In: Sweet Potato: Chemistry, Processing and Nutrition. Editora Academic Press, p. 177-222, 2019.

LANNES, S., D.; WAMSER, G., H.; FLARESSO, J. A.: Novos cultivares de batata-doce. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI**, 2011.

LAURIE, S. M.; CALITZ, F. J.; ADEBOLA, P. O.; LEZAR, A.: Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) land races. **South African Journal of Botany**, n° 85, p. 10-16- 2013.

LEBOT, V. **Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids – 2<sup>nd</sup> Edition**. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement – CIRAD, Cabi, France, 503p., 2020. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=UInHDwAAQBAJ&pg=PA114&lpg=PA114&dq=lebot+tropical+root+2+ed+2020&source=bl&ots=B8shG-tsxR8&sig=ACfU3U3iJciwT\\_Kwoofz6t3dtCgUiakzuw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ah-UKEwj437r95PHmAhXZlBkGHZrZDlkQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=lebot%20tropical%20root%202%20ed%202020&f=false](https://books.google.com.br/books?id=UInHDwAAQBAJ&pg=PA114&lpg=PA114&dq=lebot+tropical+root+2+ed+2020&source=bl&ots=B8shG-tsxR8&sig=ACfU3U3iJciwT_Kwoofz6t3dtCgUiakzuw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ah-UKEwj437r95PHmAhXZlBkGHZrZDlkQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=lebot%20tropical%20root%202%20ed%202020&f=false)

- LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, J. D.: Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu/SP, v.1, p. 49-68, 2005.
- LIBRO, S.; GIACOPPO, S.; RAJAN, T. S.; BRAMANTI, P.; MAZZON, E.: Natural phytochemicals in the treatment and prevention of dementia: An overview. **Molecules**, v. 21, n. 4, p. 518, 2016.
- LIMA, A. P. D. S., & MELO, J. I. M. D.: Ipomoea L. (Convolvulaceae) na mesorregião agreste do Estado da Paraíba, Nordeste brasileiro. **Hoehnea**, v. 46(1), 2019.
- LINNAEUS, C. V.: **Species Plantarum 1**. Laurentius Salvius, Stockholm, 1753. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/13829#page/11/mode/1up>
- LINNEWIEL-HERMONI, K.; PARAN, E.; WOLAK, T.: **Carotenoid Supplements and Consumption: Implications for Healthy Aging**. Em: Molecular basis of nutrition and aging. Academic Press, 2016. p. 473-489.
- LIU, Q.; LIU, J.; ZHANG, P.; HE, S.: Root and Tuber Crops. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, p. 46-61, 2014.
- LOHR, M.: **Carotenoids**. Em: The Chlamydomonas Sourcebook (Second Edition, Academic Press, p. 799-817, 2009.
- LOPES, T.; XAVIER, M.; QUADRI, M. G.; QUADRI, M.: Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 3, 2007.
- LÓPEZ, O. P.; DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.: Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 40, v. 3, p. 173-289, 2000.
- LOW, J.; SINDI, K.: **Use of orange fleshed sweetpotato (OFSP to combat vitamin A deficiency in Sub-saharan Africa through innovative delivery systems**. Sweetpotato for Profit and Health Initiative-SPHI, FAO Working Session on Prevention of Micronutrient Deficiencies and Malnutrition, PROFAV Africa Regional Workshop, 2011.
- LUDWICZUK, A.; SKALICKA-WOŹNIAK, K.; GEORGIEV, M. I. **Terpenoids**. Em: Pharmacognosy, Academic Press, p. 233-266, 2017.
- MA, J.; ALONI, R.; VILLORDON, A.; LABONTE, D.; KFIR, Y.; ZEMACH, H.; SCHWARTZ, A.; ALTHAN, L.; FIRON, N.: Adventitious root primordia formation and development in stem nodes of ‘Georgia jet’ sweetpotato, *Ipomoea batatas*. **American Journal of Botany**, n. 102, v. 7, p. 1040-1049, 2015.
- MALACRIDA, C. R.; DA MOTTA, S.: Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa Processamento de Alimentos – CEPPA**, v. 24, n11, 0. 59-82, 2006.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L.: Polyphenol: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MCGREGER, A.: **Sweet Potatoes: a Savor the South® cookbook**. UNC Press Books, 2014.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J.: Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, n. 2, 2004.

MELO, P. S. L.; WARTHA, E. R. S. A.; MARINS, M. L. C. L.; LIMA, P. B. N.; SILVA, D. G.; CARVALHO, J. L. V.: Caracterização química de batata-doce biofortificada (*Ipomoea batatas* L.) *in natura* e cozida. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – CBCTA**, pg. 17, 2014.

MELO, W. F.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; BESSA, F. P.; DUSI, A. N.: Biofortificação no Brasil (BioFort: Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, p. 2675-2680, 2011.

MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J. B.: **A cultura da batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH, Brasília, 1º ed., 2º impressão, 89 p., 2006.

MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S.: Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam-A valuable medicinal food: A review. **Journal of Medicinal Food**, v. 17, n. 7, p. 733-741, 2014.

MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSIANO, M. A. A.: Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea Batatas* Lam.) na região oeste do estado de São Paulo: um estudo de caso. **Revista Informações Econômicas**, SP, v. 36, n. 4, pg. 15-23, 2006.

MORATOYA, E. E.; CARVALHAES, G. C.; WANDER, A. E.; ALMEIDA, L. M. D. M. C.: Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 72-84, 2013.

MORO, T. M. A.; SILVA, C. C. O.; SICILIANO, I.; MOURA, L. S. M.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.; FREITAS, D. G. C.: **Perfil sensorial e aceitação pelo consumidor de massa alimentícia à base de farinha de batata-doce de polpa alaranjada**. IV Reunião de Biofortificação, Teresina/PI, 2011.

MOTSA, N. M.; MODI, A. T.; MABHAUDHI, T.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. as a drought tolerant and food security crop. **South African Journal of Science**, v. 111, n. 11-12, p. 1-8, 2015.

MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; WANG, C.: **Sweet potato processing technology**. Academic Press, 446p., 2017.

- MUSILOVÁ, J.; BYSTRICKÁ, J.; ÁRVAY, J.; HARANGÓZO, L.: Polyphenols and phenolic acids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) roots. **Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences**, v. 11, n. 1, p. 82-87, 2017.
- MUSSOLINE, W. A.; WILKIE, A. C. Feed and fuel: the dual-purpose advantage of an industrial sweetpotato. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1567-1575, 2016.
- MWANGA, R. O. M.; ANDRADE, M. I.; CAREY, E. E.; LOW, J. W.; YENCHO G. C.; GRÜNEBERG, W. J.: **Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L)**. Em: Genetic Improvement of Tropical Crops Springer, Cham, p. 181-218, 2017.
- MYŚKOW, E., GOLA, E. M., & TULIK, M.: Continuity of procambium and anomalous cambium during formation of successive cambia in *Celosia argentea*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, n. 4, p. 1458-1466, 2019.
- NEPOMUCENO, S. C.; ATHIÊ-SOUZA, S. M.; BURIL, M. T.: Convolvulaceae da Microrregião do Alto Capibaribe, PE, Brasil. **Hoehnea**, n. 43, v. 3, p. 371-386, 2016.
- NOELLI, F. S.; BROCHADO, J. P.: O cauim e as beberagens dos Guarani e Tupinambá. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, n. 8, p. 117-128, 1998.
- NOWICKA, P.; WOJDYŁO, A.; SAMOTICHA, J.: Evaluation of phytochemicals, antioxidant capacity, and antidiabetic activity of novel smoothies from selected Prunus fruits. **Journal of Functional Foods**, v. 25, p. 397-407, 2016.
- NUNES, I., L.; MERCADANTE, A., Z.: Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 440-447, 2004.
- NUNES, M. U. C.; JESUS, A. F.; SANTOS, L. S.; LIMA, I. S.: Produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação em sistemas de produção orgânico em Sergipe. **Anais da IV Reunião de Biofortificação**, Teresina/Pi, 2011.
- NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R.; SOUSA, E. F.: Produtividade de clones de cultivares de batata-doce com diferentes colorações de polpa em sistema de produção orgânico em Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 52**, 2009.
- NZAMWITA, M.; DUODU, K. G.; MINNAAR, A.: Stability of  $\beta$ -carotene during baking of orange-fleshed sweet potato-wheat composite bread and estimated contribution to vitamin A requirements. **Food Chemistry**, v. 228, p. 85-90, 2017.
- OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: **COUNCIL DIRECTIVE 2001/112/EC of 20 December 2001 Relating to Fruit Juices and Certain Similar Products Intended For Human Consumption**. Official Journal of The European Communities, 2001L0112 — EN — 05.10.2014 — 006.001 — 1, 2002. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02001L0112-20141005&from=MT>

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE: **Fruit and vegetables for health initiative**. Food and Agriculture Organization, World Health Organization, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6807e.pdf>

PAGANI, A. A. C.; LEITE, T. S.; GOIS, C. A.; TRAJANO, C. T.; BERY, C. C. D. S.; SILVA, G. F.: Avaliação Sensorial de Chips de Batata-Doce Roxa e Branca e Enriquecida com Ácido Ascórbico. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 1714-1718, 2015.

PANDA, S. H.; PANDA, S.; SIVAKUMAR, P. S.; RAY, R. C.: Anthocyanin-rich sweet potato lacto-pickle: production, nutritional and proximate composition. **International Journal Of Food Science & Technology**, v. 44, n. 3, p. 445-455, 2009.

PANDA, S. K.: **Technology for wine and beer production from *Ipomoea batatas***. CRC Press, Taylor & Francis Group, 214 p., 2019.

PANDA, S. K.; RAY, R. C.: **Fermented Foods and Beverages from Tropical Roots and Tubers**. Em: Tropical Roots and Tubers, John Wiley & Sons Ltd, Oxford, UK, p. 255-252, 2016.

PANDA, S. K.; PANDA, S. H.; SWAIN, M. R.; RAY, R. C.; KAYITESI, E.: Anthocyanin-Rich Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Beer: Technology, Biochemical and Sensory Evaluation. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 3040-3049, 2015.

PARK, S. C.; KIM, S. H.; PARK, S.; LEE, H. U.; LEE, J. S.; PARK, W. S.; AHN, M. J.; KIM, Y. H.; JEONG, J. C.; LEE, H. S.; KWAK, S. S.: Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing IbOr-Ins gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar. **Plant Physiology**, n. 86, p. 82-90, 2014.

PEREIRA, A. P. A.; CLERICI, M. T. P. S.; SCHMIELE, M.; JÚNIOR, L. C. G.; NOJIMA, M. A.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K.; PASTORE, G. M.; NABESHIMA, E. H.: Orange-fleshed sweet potato flour as a precursor of aroma and color of sourdough panettones. **LWT**, v. 101, p. 145-151, 2019.

PETRUSSA, E.; BRAIDOT, E.; ZANCANI, M.; PERESSON, C.; BERTOLINI, A.; PATUI, S.; VIANELLO, A.: Plant flavonoids—biosynthesis, transport and involvement in stress responses. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 7, p. 14950-14973, 2013.

PINHEIRO, J. B.; RODRIGUES, C. S.; CARVALHO, A. D. F.; PEREIRA, R. B.: Nematoides na cultura da batata-doce. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Circular Técnica 105**, 9p., 2012.

PLUMB, J.; PIGAT, S.; BOMPOLA, F.; CUSHEN, M.; PINCHEN, H.; NØRBY, E.; ASTLEY, S.; LYONS, J.; KIELY, M.; FINGLAS, P.: eBASIS (Bioactive Substances in Food Information Systems and Bioactive Intakes: Major Updates of the Bioactive Compound Composition and Beneficial Bioeffects Database and the Development of a Probabilistic Model to Assess Intakes in Europe. **Nutrients**, v. 9, n. 4, p. 320, 2017.

PRAKASH, P.; KISHORE, P.; JAGANATHAN, D.; IMMANUEL, S.; SIVAKUMAR, P. S.: Status, performance and impact of sweet potato cultivation on farming communities of Odisha, India. **30<sup>th</sup> International Conference of Agricultural Economists**, Vancouver – CA, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329877138\\_Status\\_performance\\_and\\_impact\\_of\\_sweet\\_potato\\_cultivation\\_on\\_farming\\_communities\\_of\\_Odisha\\_India](https://www.researchgate.net/publication/329877138_Status_performance_and_impact_of_sweet_potato_cultivation_on_farming_communities_of_Odisha_India)

PRASAIN, J. K.; BARNES, S.; WYSS, J. M.: **Analyzing Ingredients in Dietary Supplements and Their Metabolites**. Em: Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease (Second Edition, Academic Press, p. 337-346, 2018.

QIN, F.; SIWIK, D. A.; LUPTAK, I.; HOU, X.; WANG, L.; HIGUCHI, A.; WEISBROD, R. M.; OUCHI, N.; TU, V. H.; CALAMARAS, T. D.; MILLER, E. J.; VERBEUREN, T. J.; WALSH, K.; COHEN, R. A.; COLUCCI, W. S.: The polyphenols resveratrol and S17834 prevent the structural and functional sequelae of diet-induced metabolic heart disease in mice. **American Heart Association, Circulation** 125, p. 1757-1764, 2012.

QUIDEAU, S., DEFFIEUX, D., DOUAT-CASASSUS, C., & POUYSEGU, L.: Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 50, n. 3, p. 586-621, 2011.

RAMOS, P.; HERRERA, R.; MOYA-LEÓN, M. A.: Anthocyanins: Food Sources and Benefits to Consumer's Health. Em: **Handbook of Anthocyanins: Food Sources, Chemical Applications and Health Benefits**, Nos Science Pub Inc, p. 373-394, 2014.

RAVLI, Y.; SILVA, P.; MOREIRA, R. G.: Two-stage frying process for high-quality sweet-potato chips. **Journal of Food Engineering**, v. 118, n. 1, p. 31-40, 2013.

RAY, R. C.; TOMLINS, K. I.: **Sweet potato, post-harvest aspects in food, feed and industry**. Nova Science Publishers, New York, 327p., 2010.

RIBEIRO, L. D. O.; BARBOSA, I. D. C.; SÁ, D. D. G. C. F.; SILVA, J. P. L. D.; MATTA; V. M. D.; FREITAS, S. P.: Stability evaluation of juçara, banana and strawberry pasteurized smoothie during storage. **Food Science and Technology**, Campinas, Ahead of Print, 2019.

RIZZOLO, J. A.: **Estudo para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [Ipomoea batatas (L. Lam)] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente**. Tese de Doutorado. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia-Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 122 f., 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20-%20T%20-%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RNC – REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES: **Registro Nacional de Cultivares**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, CultivarWeb, 2022. Disponível em: [http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J.: **Fontes brasileiras de carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Instituto do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília: MMA/SBF, 100 p., 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V.: **Carotenoids of Sweet Potato, Cassava, and Maize and Their Use in Bread and Flour Fortification**. Em: *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*, Academic Press, p. 301-311, 2011.

RÓS, A. B.: O plantio da batata-doce. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 11, n.2, 4p. 2014a.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HORATA, A. C. S.: Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014b.

SANTOS, P. R. R.; BRANDELERO, C. D.; FERREIRA, D. T. L.; NUNES, O. L. G.; GUZI, E. T.: Análise sensorial de pão de forma enriquecido com batata-doce biofortificada. **XIII Seminário de Extensão Universitária-SEU, Universidade do Oeste do Paraná-UNIOESTE**, Foz do Iguaçu/PR, 2013.

SAUERESSIG, D.: **Manual de Dendrologia**. Editora Plantas do Brasil Ltda, 304 p., 2018.

ŠAMEC, D.; KARALIJA, E.; ŠOLA, I.; VUJČIĆ BOK, V.; SALOPEK-SONDI, B.: The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. **Plants**, v. 10(1), p. 118, 2021.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS: **Grab and Go alia conveniência e qualidade**. Sistema de Inteligência Sebrae, Relatório de Inteligência Alimentos e Bebidas, 10p., 2019.

SHARMA, H. K.; NJINTANG, N. Y.; SINGHAL, R. S.; KAUSHAL, P.: **Tropical roots and tubers: production, processing and technology**. John Wiley & Sons, 622 p., 2016. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=Mmn-mDAAAQBAJ&pg=PA184&lpg=PA184&dq=sweet+potato+staple+foot+oceania+and+africa&source=bl&ots=7SpikTHKpl&sig=ACfU3U3Yqaowz9PIXAJA-r7Huc5GBq8UPA&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwit\\_66WmPfmAhX1H7kGHU-WvCZ8Q6AEwEnoECAgQAQ#v=onepage&q=sweet%20potato%20staple%20foot%20oceania%20and%20africa&f=false](https://books.google.com.br/books?id=Mmn-mDAAAQBAJ&pg=PA184&lpg=PA184&dq=sweet+potato+staple+foot+oceania+and+africa&source=bl&ots=7SpikTHKpl&sig=ACfU3U3Yqaowz9PIXAJA-r7Huc5GBq8UPA&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwit_66WmPfmAhX1H7kGHU-WvCZ8Q6AEwEnoECAgQAQ#v=onepage&q=sweet%20potato%20staple%20foot%20oceania%20and%20africa&f=false)

SHAW, E. F.; CHARTERS, S.: **Fruit and juice processing**. Em: *Chemistry and Technology of Soft Drinks & Fruit Juices*, p. 310-355, 2016.

SHEIKH, K.; MAQSOOD, M.; REHMAN, M.; SARWAR, S.; QAYYUM, A.; ALI, Q.: Biosynthesis of Polyphenols in *Salvia* Species. **Biological and Clinical Sciences Research Journal**, n.1, 2021.

SHEIKHA, A. F. E.; RAY, R. C.: Potential impacts of bioprocessing of sweet potato. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 3, p. 455-471, 2017.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAIN, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N.: Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, n. 173, p. 957-965, 2014.

SILVA, J. B. C.; LOPES C. A.; MAGALHÃES, J. S.: Batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, nº 6 (versão eletrônica)**, 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S.: **Cultura da batata-doce**. Em: Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas. Fundação Cargill, v. 2, cap. 21, p. 448-504, 2002.

SINGH, G.: **Plant Systematics: An Integrated Approach 3.ed.** Science Publishers, 702 p. 2010.

SOARES, S. E.: Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SRIVASTAVA, S.; GENITHA, T. R.; YADAV, V. Preparation and quality evaluation of flour and biscuit from sweet potato. **Journal of Food Processing Technology**, v. 3, n. 12, p. 113-18, 2012.

STATISTA: Other Juice, Juice Mixtures & Smoothies (worldwide. Statista, Hamburg, Germany, 2020b. Disponível em: <https://www.statista.com/outlook/20030600/100/other-juice-juice-mixtures-smoothies/worldwide>

STATISTA: **Per capita consumption of fresh sweet potatoes in the United States from 2000 to 2020 (in pounds\*)**. Statista, Hamburg, Germany, 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/257307/per-capita-consumption-of-fresh-sweet-potatoes-in-the-us/>

STEED, L. E.; TRUONG, V. D.: Anthocyanin content antioxidant activity and selected physical properties of flowtable purple-fleshed sweetpotato purees. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 5, 2008.

SUINAGA, F. A.; ARAUJO, T. A.; MALDONADE, I. R.; PINHEIRO, J. B.: Resistência de genótipos de batata-doce a insetos broqueadores de raízes tuberosas. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, p. 977-981, 2011.

SULLIVAN, D.: **Sweet potato: Production, nutritional properties and diseases**. Nova Science Publishers, 141p., 2016.

SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry**, n. 156, p. 380-389, 2014.

SRIVASTAVA, A.; KUMAR, R.; ARORA, A.; JOSHI, J.; VISHNOI, S.: Recent advances in preparation and functional properties of smoothie as food: A review. **International Journal of Food and Fermentation Technology**, v. 9(2), p. 89-100, 2019.

SWANSON, B. G.: **Tannins and Polyphenols**. Em: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), Academic Press, p. 5729-5733, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.: Fisiologia Vegetal. **Editora Artmed**, Porto Alegre, 719 p., 2004.

TAKAMINE, K.: **Sweet potato fermentation food (sweet potato *shochu*)**. Em: Sweet potato: Chemistry, processing and Nutrition, Academic Press, p. 325-347, 2019.

TAKEITI, C. Y.; ANTONIO, G. C.: Batata-doce: potencial para novos produtos alimentícios. **Artigo Agronline**, 2009. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=468>. Acesso 17/12/2019.

TAKHTADZHIAN, A. L.; TAKHTAJAN, A.: **Diversity and classification of flowering plants**. Columbia University Press, 620 p., 1997.

TAYLOR, B.: **Fruit and juice processing**. Em: Chemistry and Technology of Soft Drinks & Fruit Juices, p. 31-64, 2016.

TELESZKO, M.; WOJDYŁO, A.: Bioactive compounds vs. organoleptic assessment of 'smoothies'-type products prepared from selected fruit species. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 1, p. 98-106, 2014.

TEOW, C. C.; TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON, R. L.; PECOTA, K. V.; YENCHO, G. C.: Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, n. 103, p. 829-838, 2007.

THOMPSON, P. G.; SMITTLE, D. A.; HALL, M. R.: Relationship of sweetpotato yield and quality to amount of irrigation. **HortScience**, v. 27, n. 1, p. 23-26, 1992.

THOMPSON, S. M.; HIRSCHI, K. D.: **Salad Crops: Root, Bulb, and Tuber Crops**. Em: Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, p. 679–683, 2016.

THORNE, R. F.: **A Phylogenetic Classification of the *Angiospermae***. Em: **Evolutionary Biology**, p. 35-106, 1976. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4615-6950-3.pdf>

THORNE, R. F.: Classification and geography of the flowering plants. **The Botanical Review**, v. 58, n. 3, p. 225-327, 1992.

THORNE, R. F.: Proposed new realignments in the angiosperms. **Nordic Journal of Botany**, v. 3, n. 1, p. 85-117, 1983.

THORNE, R. F.; REVEAL, J. L.: An Updated Classification of the Class Magnoliopsida ("*Angiospermae*"). **The Botanical Review**, n. 73, v. 2, p. 67–181, 2007.

TIWARI, U.: **Production of fruit-based smoothies**. Em: Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis, Academic Press, p. 261-278, 2018.

TRUONG, V. D.; HU, Z.; THOMPSON, R. L.; YENCHO, G. C.; PECOTA, K. V.: Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 96-103, 2012.

TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON R. T.; DEAN, L. L.; SHOFRAN, B.: Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweet-potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars in the United States. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 343-349, 2007.

TSAO, R.: Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. **Nutrients**, v. 2, n. 12, p. 1231-1246, 2010.

TUTIN, T. G.; HEYWOOD, V. H.; BURGESS, N. A.; MOORE, D. M.; VALENTINE, D. H.; WALTERS, S. M.; WEBB, D. A.; BALL, P. W.; CHATER, A. O.; DEFILIPPS, R. A.; FER-GUSON, I. K.; RICHARDSON, I. B. K.: **Flora Europaea: Volume 3 (Diapensiaceae to Myoporaceae)**. Cambridge University Press, 1992.

UENOJO, M.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M.: Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v.30, n.3, 2007.

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.: **Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO**. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação-NEPA, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 4º ed., 161p. 2011.

USDA-UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE: **FoodData Central**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central, 2020. Disponível em: [fdc.nal.usda.gov](http://fdc.nal.usda.gov). Acesso em: 10/01/2020.

VALDEZ, C. C.; LÓPEZ, A. Y.; SCHWARTZ, S.; BULUX, J.; SOLOMONS, N. W.: Sweet potato buds: the origins of a “designer” food to combat hypovitaminosis A in Guatemala: processing, vitamin A content and preservation characteristics. **Nutrition Research**, v. 21, p. 61-70, 2001.

VEITCH, N. C.; GRAYER, R. J. Flavonoids and their glycosides, including anthocyanins. **Natural Product Reports**, v. 28, n. 10, p. 1613-1774, 2011.

VIANA, D. J. S., JÚNIOR, V. C. A., RIBEIRO, K. G., PINTO, N. A. V. D., NEIVA, I. P., FIQUEIREDO, J. A., LEMOS, V. T., PEDROSA, C. E., AZEVEDO, A. M.: Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.

WALKLING-RIBEIRO, M., NOCI, F., CRONIN, D. A., LYNG, J. G., & MORGAN, D. J.: Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. **LWT-Food Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 1067-1073, 2010.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F.: Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, n. 89, p. 90-116, 2016.

WANG, Y.; MIAO, X.; SUN, J.; CAI, L.: **Oxidative Stress in Diabetes: Molecular Basis for Diet Supplementation**. Em: Molecular Nutrition and Diabetes. Academic Press, p. 65-72, 2016.

WANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, X.; LIU, Y.; XIA, M.: Supplementation with cyanidin-3-O- $\beta$ -glucoside protects against hypercholesterolemia-mediated endothelial dysfunction and attenuates atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. **Journal of Nutrition**, n. 142, v. 6, p. 1033-1037, 2012.

WEBER, C. T.: **Produção, caracterização e avaliação econômica de destilados de batata doce**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós graduação em Engenharia Química, 132 f., 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/171392>

WILLIAMS, R.; SOARES, F.; PEREIRA, L.; BELO, B.; SOARES, A.; SETIAWAN, A.; BROWNE, M.; NESBITT, H.; ERSKINE, W.: Sweet potato can contribute to both nutritional and food security in Timor-Leste. **Field Crops Research**, nº 146, p. 38-43, 2013.

WILSON, L. A.; LOWE, S. B.: The anatomy of the root system in west Indian sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) cultivars. **Annals of Botany**, v. 37, n. 151, 1973.

WUEHLER, S. E.; OUEDRAOGO, A. W.: Situational analysis of infant and young child nutrition policies and programmatic activities in Burkina Faso. **Maternal and Child Nutrition**, n. 7(Suppl.1), p. 35-62, 2011.

XAVIER, L. E.; ALBUQUERQUE, T. N.; SOARES, W. K. A.; ARAÚJO, J. S. F.; SILVA, C. L.; MEIRELES, B. R. L. A.: Elaboração e avaliação da qualidade de bebida tipo smoothie adoçada com mel de abelhas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 7-10, 2019.

XU, J.; SU, X.; LIM, S.; GRIFFIN, J.; CAREY, E.; KATZ, B.; TOMICH, J.; SMITH, J. S.; WANG, W.: Characterization and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. **Food Chemistry**, n. 186, p. 90-96, 2015.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C.: Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônômicas. **Informações Agrônômicas**, n. 119, p. 1-32, 2007.

YAMAGATA, K.; TAGAMI, M.; YAMORI, Y.: Dietary polyphenols regulate endothelial function and prevent cardiovascular disease. **Nutrition**, v.31, p. 28-37, 2015.

YANG, H. N.; OH, E. B.; PARK, J. S.; JUNG, M. Y.; CHOI, D. S.: Brewing and Properties of Low-Malt Beer with a Sweet Potato Paste. **The Korean Journal of Food and Nutrition**, v. 30, n. 3, p. 491-500, 2017.

YAO, L. H.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; DATTA, N.; SINGANUSONG, R.; CHEN, S. S.: Flavonoids in food and their health benefits. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, n. 3, p. 113-122, 2004.

YOSHIMOTO, M.; YAHARA, S.; OKUNO, S.; ISLAM, MD. S.; ISHIGURO, K.; YAMAKAWA, O.: Antimutagenicity of mono-, di-, and tricaffeoylquinic acid derivatives isolates from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, n. 66, v. 11, p. 2336-2341, 2002.

ZHOU, W.; YANG, J; HONG, Y.; LIU, G.; ZHENG, J.; GU, Z.; ZHANG, P.: Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato. **Carbohydrate Polymers**, n. 122, p. 417-427, 2014.

ZHOU, Z.; SUN, H.: Wu Zhengyi and his contributions to plant taxonomy and phytogeography. **Plant diversity**, v. 38, n. 6, p. 259, 2016.

## IV - CAPÍTULO 2

### O POTENCIAL NUTRICIONAL E A RELEVÂNCIA SOCIAL DA BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L. LAM): UMA REVISÃO

As informações fornecidas no segundo capítulo da tese foram publicadas em:

CARTABIANO-LEITE, C. E., PORCU, O. M., DE CASAS, A. F. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. **International Journal of Engineering Research and Applications**, vol. 10, issue 6, (series-VIII), p. 23-40, junho 2020.

DOI: 10.9790/9622-1006082340.

<https://www.ijera.com/papers/vol10no6/Series-8/C006082340.pdf>

## RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma angiosperma dicotiledônea pertencente à família Convolvulaceae e capaz de produzir raízes tuberosas nutritivas consumidas em todo o mundo. Sua origem, bem como as circunstâncias relacionadas à sua dispersão mundial, são questões pertinentes e intrigam pesquisadores até os dias atuais. A China é o principal país produtor de batata-doce, e o continente asiático detém a maior parcela da produção mundial. No Brasil, a batata-doce é cultivada especialmente por pequenos agricultores e utilizada para abastecimento do mercado interno. A batata-doce desperta grande interesse quando se considera suas qualidades nutricionais, principalmente por ser rica em fibras, micronutrientes e uma excelente fonte de energia para o consumidor. As cultivares de polpa colorida como a batata-doce amarela, laranja e roxa possuem em sua composição diversos compostos bioativos como polifenóis, carotenóides e antocianinas. Nesse sentido, o trabalho apresenta uma revisão dos principais aspectos relacionados à taxonomia, morfologia, história, produção mundial e produção brasileira, destacando o potencial nutricional e a relevância social da batata-doce como cultura.

**Palavras-chave** – agricultura, alimentos, produção, batata-doce, raiz tuberosa.

## ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) is a dicotyledonous angiosperm plant which belongs to the Convolvulaceae family and its capable of producing nutritious tuberous roots eaten worldwide. Its origin, as well as the circumstances related to its worldwide dispersion, are pertinent questions and intrigue researchers nowadays. China is the main sweet potato producing country, and the Asian continent has the largest share of world production. In Brazil, sweet potatoes are specially grown by small farmers and used to domestic market supply. The sweet potato arouses huge interest when considering its nutritional qualities, especially because it is rich in fibers, micronutrients, and an excellent source of energy for the consumer. The colored pulp cultivars such as yellow, orange, and purple sweet potatoes have in their composition several bioactive compounds such as polyphenols, carotenoids, and anthocyanins. In this regard, the work presents a review of the main aspects related to taxonomy, morphology, history, world production, and Brazilian production, highlighting the nutritional potential and the social relevance of sweet potatoes as a crop.

**Keywords** – farming, food, production, sweet potato, tuberous root.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) é uma planta admirável por ser o único representante de sua espécie capaz de desenvolver raízes tuberosas nutritivas, que são consumidas em todo o mundo. A batata-doce faz parte do conjunto de alimentos que compõem a mercadoria raízes e tubérculos. Este grupo representa a sexta cultura alimentar mais importante do mundo (HUAMAN, 1992; FAO, 2020; INTEGRATED TAXONOMY INFORMATION SYSTEM, 2020).

Deve-se notar que o epíteto de batata-doce é usado para se referir ao conjunto de raízes tuberosas que são produzidas pela planta de mesmo nome. Em relação ao nome, a expressão batata-doce pode induzir a um equívoco de identidade e sustentar comparações duvidosas com outro alimento, a batata (*Solanum tuberosum*).

É certo que a batata-doce é uma raiz tuberosa e faz parte da família Convolvulaceae. Mas a batata é um tubérculo e membro da família Solanaceae. A palavra “batata” tem origem na língua Arawak que era pronunciada por povos indígenas ancestrais que habitavam regiões da América Central e do Sul e era usada pelos espanhóis para se referir à batata-doce. “Camote” é outra expressão usada para identificar a batata-doce especialmente em países da América do Sul e vem da língua náuatle expressa pelos povos astecas e indígenas que habitavam o México. Vale ressaltar que “kumara” (palavra originária da língua indígena quíchua da América do Sul) é o nome da batata-doce na Oceania (YEN, 1963; ADELAAR, 1996; HAUGEN, 2009; DENHAM, 2013; VIDIGAL, 2016; CUNHA, 2019).

As raízes históricas ligadas à origem da batata-doce e os eventos envolvidos em sua disseminação continental são temas polêmicos e intrigam pesquisadores até os dias de hoje.

A principal teoria relacionada ao seu aparecimento indica que a batata-doce é uma planta originária das Américas, principalmente das regiões que compreendem a América Central e a América do Sul. Fragmentos de alimentos encontrados em sítios arqueológicos localizados no Peru revelam a possibilidade de que a batata-doce tenha sido usada há mais de 10.000 anos (O'BRIEN, 1972; AUSTIN, 1988; WOOLFE, 1992).

A história de sua expansão das Américas para várias partes do mundo está enredada em importantes eventos náuticos e se entrelaça com as crônicas de alguns dos mais famosos exploradores. A chegada da batata-doce à Europa é creditada a Cristóvão Colombo que, durante a sua viagem de exploração ao Novo Mundo, recolheu em Hispaniola (hoje Ilha de São Domingos) vários despojos, incluindo amostras de batata-doce, e transportou-os para Espanha,

apresentando-os em 1493 à Espanha Católica Monarca Rainha Isabel I de Castela e Rei Fernando II de Aragão (KINGSBURY, 1992; HAWKES, FRANCISCO-ORTEGA, 1993).

Sua existência cosmopolita se deve, em parte, ao fato de a batata-doce ser uma cultura agrícola capaz de cultivar e produzir alimentos nutritivos abundantemente em solos marginais, com baixo investimento em insumos e recursos hídricos. Esta característica tem contribuído para que atualmente a batata-doce seja cultivada em mais de 100 países (OECD, 2015; MU et al., 2017, FAO, 2020).

Entre os países produtores de batata-doce, a China ocupa a primeira posição, seguida de países que compõem o continente africano e asiático, como Malawi, Nigéria, Etiópia, Índia, Angola, Uganda, entre outros (FAO, 2020).

Nos países subdesenvolvidos, principalmente na Ásia, África e América Latina, a batata-doce é um alimento essencial para o abastecimento do mercado interno. Em áreas da África Central e Subsaariana, a batata-doce de polpa alaranjada é amplamente utilizada para combater a hipovitaminose A, um dos problemas de desnutrição mais graves enfrentados por populações vulneráveis (LOW et al., 1997; LOW et al., 2017).

No Brasil, o potencial produtivo da batata-doce ainda é mitigado devido ao baixo valor agregado que este alimento possui, sendo que a maior parte da colheita é comercializada através do comércio varejista de alimentos básicos. Em contrapartida, centros de pesquisa agropecuária brasileiros, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), investem em programas de melhoramento genético de cultivares de batata-doce visando obter plantas aptas ao cultivo em solo brasileiro, que apresentem características produtivas e nutricionais satisfatórias (RODRIGUES, 2016; SOUSA et al., 2019).

Do ponto de vista nutricional, a batata-doce é um alimento rico em fibras, vitaminas e minerais, além de ser uma ótima fonte de energia. As cultivares de batata-doce coloridas, principalmente as raízes dos tubérculos de polpa amarela, laranja e roxa, apresentam em sua composição compostos bioativos que contribuem positivamente para a saúde de seus consumidores (DE ALBUQUERQUE, SAMPAIO, DE SOUZA, 2019).

Vale ressaltar que a batata-doce também pode ser utilizada como matéria-prima para o desenvolvimento ou incorporação em produtos alimentícios como, por exemplo, produtos de panificação, doces, féculas, massas, conservas fermentadas, bebidas funcionais, bebidas alcoólicas, molho de soja, laticínios produtos, entre muitos outros (MU et al., 2016). Além disso, a batata-doce também pode ser usada para produzir biocombustível (LAREO, FERRARI, 2019).

O objetivo do trabalho é preencher a lacuna sobre a importância nutricional da batata-doce e destacar a relevância que esse alimento tem no contexto social. Este artigo de revisão

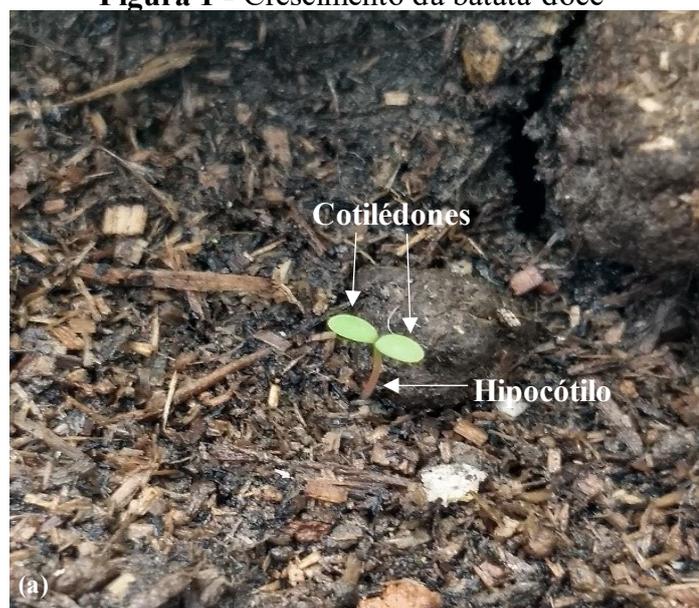
apresenta uma série de informações relacionadas a aspectos de taxonomia, morfologia, origem e história, eventos de propagação, dados de produção mundial, produção e pesquisa agrônômica brasileira e o potencial nutricional aliado à presença de compostos bioativos na batata-doce.

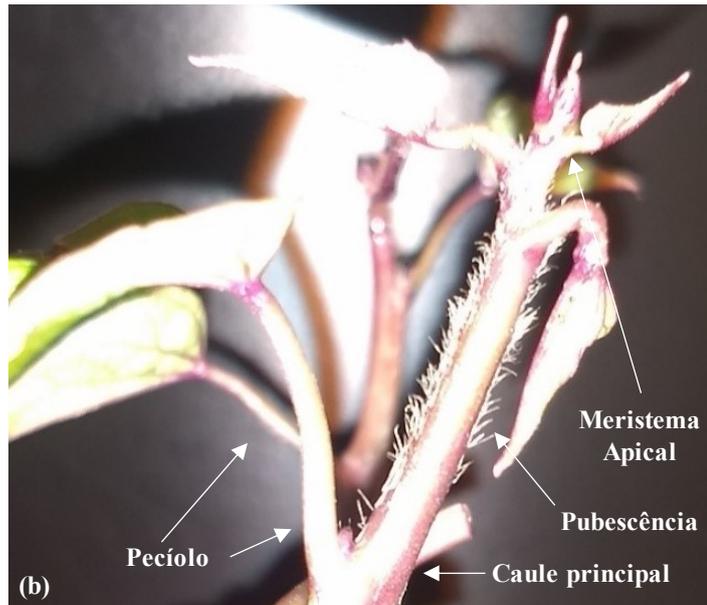
## 2 TAXONOMIA E MORFOLOGIA DA BATATA DOCE

A batata-doce é uma planta perene, pertencente à família Convolvulaceae, reconhecida principalmente por gerar raízes tuberosas que são utilizadas em todo o mundo, para as mais diversas finalidades. É uma angiosperma dicotiledônea, pois, durante o período de germinação e início de seu crescimento, a batata-doce apresenta a formação de dois cotilédones (Fig.1a), que auxiliam na geração e armazenamento da energia necessária ao desenvolvimento da planta. (HUAMAN, 1992; SOTO, SALDÍVAR, 2020).

O estudo da taxonomia vegetal é antigo e extenso. Para classificar os vários espécimes de plantas, o trabalho de muitos pesquisadores culminou em diferentes sistemas de nomenclatura, por exemplo, Species Plantarum (LINNAEUS, 1753), o sistema Hutchinson (HUTCHINSON, 1973), o sistema Takhtajan (TAKHTADZHIAN, TAKHTAJAN, 1997), Angiosperm Phylogeny Group (APG) (APG, 1998; APG, 2003; APG, 2009; APG, 2016), Wu Zhengyi (ZHOU, SUN, 2016), o sistema Thorne (THORNE, 1976; THORNE, 1983; THORNE, 1992; THORNE, REVEAL, 2007), entre outros.

**Figura 1 - Crescimento da batata-doce**





**Nota:** (a) Desenvolvimento de dois cotilédones; (b) Pecíolos iniciais e caule com leve pubescência.

**Fonte:** O autor.

De acordo com o sistema APG, que descreve a classificação atualizada de clados, ordens e famílias associadas ao grupo de plantas angiospermas, a taxonomia da batata-doce é originária do clado *Angiospermas*, e se desmembra juntamente com os clados *Eudicot*, *Superasterids* e *Asterids*, que por sua vez ramifica a classe *Lamiids*, que agrupa a ordem *Solanales* que contém a família *Convolvulaceae* (APG, 2009; APG, 2016).

A família *Convolvulaceae* é ampla e cosmopolita. É comumente conhecido como The Morning Glory Family por causa de seu padrão floral. As plantas que pertencem a esta família são, na sua grande maioria, répteis, trepadeiras ou arbustos, geram raízes e rizomas, e algumas espécies produzem látex e alcalóides. Suas flores apresentam uma configuração de pétalas gama (cinco pétalas unidas) em forma infundibuliforme, e um cálice com cinco sépalas separadas. Esta família possui cerca de 59 gêneros distribuídos em mais de 1600 espécimes (BURIL, SI-MÃO-BIANCHINI, ALVES, 2012; SINGH, 2019).

Dentre vários gêneros que compõem a família *Convolvulaceae*, o gênero *Ipomoea* é o mais expressivo, que agrega mais de 500 exemplares (SINGH, 2019). Vale ressaltar que a batata-doce é a principal representante do gênero *Ipomoea*, pois é a única planta do gênero capaz de produzir raízes de tubérculos nutritivas e de alta expressão econômica. As raízes tuberosas da batata-doce são amplamente consumidas como alimento, manipuladas e comercializadas em todo o mundo.

Durante o crescimento da planta, o caule se desenvolve de forma rastejante, prostrado ao solo, manifestando brotações repetitivas, podendo gerar raízes nos pontos onde os entrenós apresentam contato com o solo. O caule é macio e flexível, consistindo da epiderme, do córtex

e do sistema vascular. Possui formato cilíndrico e levemente achatado com predominância da cor verde, podendo também apresentar coloração púrpura, violeta ou púrpura dependendo do tipo de cultivar (EDMOND, AMMERMAN, 1971; BARRERA, 1989; HUAMAN, 1991).

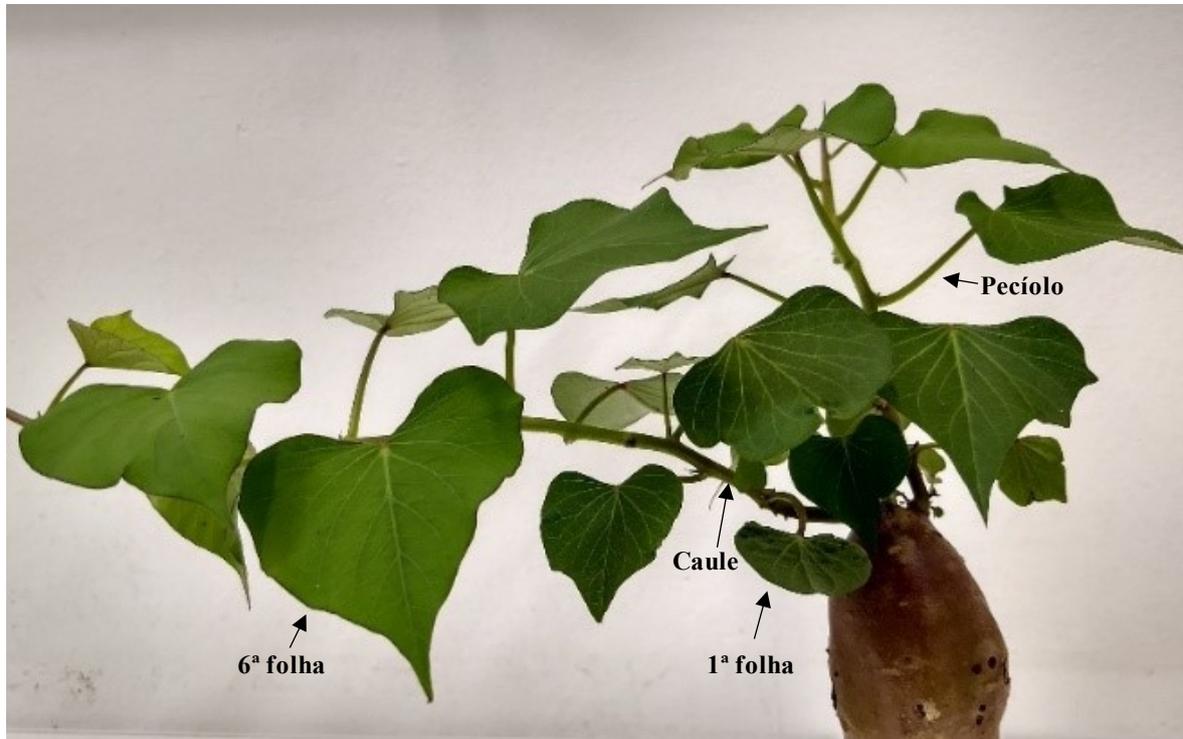
A epiderme do caule pode ser glabra ou levemente pubescente (Fig.1b), consistindo de uma fina faixa de células e estômatos para estabelecer os processos de transpiração e trocas gasosas na planta. O córtex possui camadas de células que acumulam clorofila, além de ductos produtores de látex, que também estão presentes em toda a estrutura do caule. Uma fina camada de endoderma separa o córtex dos feixes vasculares, compostos por tecidos como floema e xilema, que atuam na condução de seiva e nutrientes. A região central do caule é formada pela medula que é composta por células do parênquima (MA et al., 2015; DELAZARI et al., 2018).

O comprimento do caule pode variar de 1 a 5 m e a espessura de 3 a 10 mm. Os internódios podem se desenvolver de 2 a 20 cm de distância ao longo do caule (BARRERA, 1989; DAROS et al., 2002; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

O pecíolo que nasce do caule pode medir até 30 cm de comprimento e ser glabro ou pubescente, no qual se desenvolvem as folhas da batata-doce. Os caules e pecíolos possuem nutrientes que podem ser utilizados na alimentação animal principalmente na criação de suínos e bovinos seja *in natura* ou na forma de silagem (MIRANDA et al., 2006; VIANA et al., 2011).

As folhas são simples, glabras ou levemente pubescentes, com aspecto que varia entre ovalado, orbicular, sagital, cordiforme ou elíptico, e cresce peciolado com toda a borda, sendo a base cordiforme sua principal característica (Fig.2). O crescimento das folhas ao longo do caule apresenta uma configuração espiral de padrão pentâmero ou filotaxia 2/5, ou seja, a espiral genética completa duas voltas que agrupam cinco folhas, com a sexta folha desenvolvendo-se relativamente acima da primeira folha (EDMOND, AMMERMAN, 1971; CSV, 2008; JEAN, 2009; SAUERESSIG, 2018).

**Figura 2** - Caule principal, pecíolos e folhas de batata-doce em configuração espiral com filotaxia 2/5



Fonte: O autor.

A planta desenvolve um sistema radicular com característica pivotante, ramificada e difusa, constituído pela raiz principal, raízes secundárias e terciárias, atingindo até 90 cm de profundidade (Fig.3).

O desenvolvimento das raízes segue as características das plantas dicotiledôneas, com a formação de uma raiz axial (raiz armazenadora) qualificada como raiz tuberosa, de forma alongada, arredondada ou fusiforme, destacada pela alta espessura, e as raízes absorventes (lápiz e raízes fibrosas), que são abundantes e ramificadas e atuam na extração e transporte de água e nutrientes do solo para a planta (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2002; MIRANDA et al., 2006; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

**Figura 3 - Sistema radicular pivotante da batata-doce**



Fonte: O autor.

As raízes absorventes são formadas a partir de tecidos que possuem células meristemáticas. O meristema cambial é responsável pela formação de raízes absorventes. A raiz axial desenvolve-se a partir da intensa atividade das células meristemáticas primárias, secundárias e terciárias, juntamente com a ação dos tecidos de condução xilema e floema (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; LEBOT, 2019).

As raízes tuberosas podem variar tanto em comprimento e diâmetro, quanto na cor da casca e cor da polpa, dependendo do tipo de cultivar. As raízes que se desenvolvem a partir dos entrenós são chamadas de raízes adventícias e são relativamente mais espessas que as raízes basais devido à intensa atividade das células do meristema lateral. A mesma cultivar pode apresentar variação na morfologia, e no número de raízes entre plantas diferentes também entre plantas originadas de clones (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 1992; MIRANDA et al., 2006; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

O desenvolvimento da espessura das raízes tuberosas ocorre devido à atividade das células cambiais do meristema secundário, particularmente o câmbio da cortiça, o câmbio vascular e o câmbio anômalo. O câmbio da cortiça é um meristema lateral que atua na geração de camadas externas de células da cortiça, formando principalmente a periderme que contribui para a proteção da raiz. O câmbio vascular possui paredes espessas que formam uma estrutura circular na raiz, gerando floema secundário na parte externa e células do parênquima na parte interna. Câmbio anômalo é um termo usado para designar células do meristema secundário com crescimento atípico (WILSON, LOWE, 1973; LEBOT, 2019; MYŚKOW, GOLA, TULIK, 2019).

Os tecidos primários que constituem as raízes tuberosas são a periderme, os feixes vasculares, os traqueídeos, as células crivadas (especialmente os membros do tubo crivado localizados no floema) e os laticíferos. A constituição da raiz tuberosa é variada e heterogênea, incluindo também os tecidos xilema e floema, parênquima de reserva, epiderme protetora externa e periderme secundária, entre outros tecidos (WILSON, LOWE, 1973; LEBOT, 2009; NOH et al., 2010).

A casca da batata-doce tem cerca de dois milímetros de espessura e consiste em um pequeno número de camadas de células. A parte externa da casca é chamada de pele e é mais facilmente destacada da raiz. No entanto, a remoção exclusiva da porção de casca não é simples, pois a fronteira entre a casca e o limiar superior da polpa nem sempre é evidente, fazendo com que parte da polpa se desprenda da casca (LEBOT et al., 2019).

A superfície da casca da raiz tuberosa é geralmente lisa, mas pode apresentar constrictões horizontais e verticais dependendo da cultivar e do manejo de cultivo. A casca pode variar de cor roxa, branca, creme, amarela, laranja, marrom e até avermelhada. A polpa pode ser branca, creme, amarela, laranja ou roxa, dependendo da cultivar. A variação de cor da polpa se deve à presença de compostos bioativos com característica pigmentar, como antocianinas e carotenóides (HUAMAN, 1992; KIM, RYU, 1995; FAN et al., 2007; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; CODEAGRO, 2014).

As raízes absorventes são formadas a partir de tecidos que possuem células meristemáticas. O meristema cambial é responsável pela formação de raízes absorventes. A raiz axial desenvolve-se a partir da intensa atividade das células meristemáticas primárias, secundárias e terciárias, juntamente com a ação dos tecidos de condução xilema e floema (HUAMAN, 1992; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; LEBOT, 2019).

### 3 ASPECTOS HISTÓRICOS

Desconhece-se a origem geográfica legítima alusiva ao aparecimento da batata-doce. Este tema é atual, relevante e controverso. A hipótese central indica que a planta vem das Américas, ao longo de regiões que abrangem parte da América Central e América do Sul. Estudos arqueológicos e a análise de fragmentos de alimentos presentes em antigas cavernas e sítios arqueológicos em Chilca, Peru, indicam a provável presença de batata-doce nesta região, ainda no período Neolítico, cerca de 8.000 anos a.C. (ENGEL, 1970; O'BRIEN, 1972; AUSTIN, 1977; UGENT, PETERSON, 1988; WOOLFE, 1992; HUAMAN, 1999; HUANG, SUN, 2000; SRISUWAN, SIHACHAKR, SILJAK-YAKOVLEV, 2006; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; MORALES, 2009; MU, LI, 2019).

Segundo Austin (1988), a evolução da batata-doce está ligada ao desenvolvimento dos povos que habitavam a Península de Yucatán no sudeste do México e a foz do rio Orinoco que tem grande parte no estado do Delta Amacuro a noroeste da Venezuela por volta de 5.000 a.C. Os registros mostram que a batata-doce estava presente no grupo de alimentos produzidos pelos habitantes do Peru por volta de 750 d.C., empregando a agricultura de subsistência (LOEBENSTEIN, THOTTAPPILLY, 2009; STATHERS, 2018; MU, LI, 2019).

Buscando entender as origens da evolução da batata-doce, Srisuwan, Sihachakr e Siljak-Yakovlev (2006) estudaram a organização dos cromossomos das plantas *Ipomoea* spp., e descrevem que a provável origem da batata-doce decorre do cruzamento entre *Ipomoea* selvagem, *Ipomoea trifida* apresentou maior proximidade genética com *Ipomoea batatas*. Da mesma forma, Roullier et al. (2013), analisaram a genética de cultivares de batata-doce de regiões do México ao Peru e observaram que a evolução genética dos acessos de batata *Ipomoea* resulta do cruzamento da espécie com outra *Ipomoea* spp.

Esta hipótese foi corroborada pelo trabalho de Yang et al. (2017), que utilizou algoritmos computacionais e técnicas para síntese de genes a partir de sequências entre batatas *Ipomoea* e *Ipomoea nil*. Foi capaz de resolver mais de 75% da montagem genômica sequencial da batata-doce, desenvolvendo um modelo pioneiro com 15 pseudocromossomos. Os autores levantam a hipótese de que a batata-doce domesticada hexaplóide ( $B_1B_1B_2B_2B_2B_2$ ), surgiu do cruzamento entre um genitor silvestre diplóide (*Ipomoea trifida*) e um genitor silvestre tetraplóide (*Ipomoea batatas*), seguido de dois eventos de duplicação de todo o genoma que provavelmente ocorreram no período entre 800 e 500 mil anos a.C.

Srivastava, Mehrotra e Dilcher (2018), analisaram fósseis de folhas encontrados em sítios arqueológicos em Meghalaya, no leste da Índia, datados do período Paleoceno, por volta

de 57 milhões de anos a.C. Durante este período, a região de Meghalaya fazia parte do supercontinente Gondwana Leste. Os pesquisadores identificaram que os fósseis se referem a folhas de plantas da família *Convolvulaceae*, e possuem morfologia semelhante a folhas de plantas de *Ipomoea* spp. O estudo apresenta a hipótese de que o gênero *Ipomoea* pode ter se originado na Ásia e que, provavelmente, a batata-doce pode ter evoluído desta região, e não das Américas.

Por outro lado, outro tema polêmico envolvendo a história da batata-doce diz respeito ao seu surgimento e dispersão pela Oceania.

Na região da Polinésia, o cultivo de batata-doce já era praticado por antigos habitantes antes mesmo da chegada dos exploradores ocidentais. Uma hipótese para a chegada da batata-doce à região da Polinésia diz que os navegadores polinésios cruzaram o Oceano Pacífico até as Américas e que, provavelmente, durante o seu retorno, transportaram ramos de sementes ou raízes tuberosas em fase de brotação que se distribuíram por várias ilhas da região como as Ilhas Cook, Ilhas Marianas do Norte, Nova Zelândia, Havaí, Rapa-Nui (Ilha de Páscoa) (DIXON, 1932; GOLSON, HUGHES, 1980; HATHER, KIRCH, 1991; KINGSBURRY, 1992; KIPLE, ORNELAS, 2000; DENHAM, 2013; ROULLIER, KAMBOUO, PAOFA, MCKEY, LEBOT, 2013; BAYLISS-SMITH, GOLSON, HUGHES, 2017; LEBOT, 2019; RULL, 2019).

Evidências revelaram a presença de batata-doce na dieta de povos ancestrais que habitavam a remota Ilha de Páscoa. A análise do cálculo dentário de fósseis humanos, recuperados de sítios arqueológicos presentes na ilha (STEFAN, GILL, 2016), revelou a deposição de grânulos de amido, pois a análise desses grânulos de amido mostrou compatibilidade com o amido presente nas raízes tuberosas de batata-doce (DUDGEON, TROMP, 2014; TROMP, DUDGEON, 2015).

Estudos moleculares também são realizados para esclarecer as causas da dispersão global da batata-doce, com base na avaliação da relação genética existente entre espécies que ocupam diferentes regiões.

Em trabalho recente, Muñoz-Rodríguez et al. (2018), estudaram a evolução filogenética da batata-doce a partir da análise do genoma de 199 amostras, uma delas das Ilhas da Sociedade (Polinésia Francesa), coletadas em 1769 por membros do corpo expedicionário do ilustre explorador britânico James Cook. Os pesquisadores compartilharam a perspectiva de que as cepas de batata-doce das Américas e da Polinésia se separaram pelo menos 100.000 anos a.C. Essa teoria apoia a possibilidade de que a batata-doce tenha surgido na região da Polinésia antes mesmo dos humanos.

Miryeganeh e colaboradores (2014), estudaram a dispersão a longas distâncias de uma planta da família *Convolvulaceae* e gênero *Ipomoea*, da qual a batata-doce faz parte. Os autores

levantam a hipótese de que a presença cosmopolita de plantas desse gênero se deve a galhos e sementes que, possivelmente, foram carregados pelas correntes marítimas e foram depositados na região litorânea de diferentes partes do mundo, destacando também a importância da disseminação do pólen para angiospermas agrupados nesta família e gênero.

#### **4 PRODUÇÃO MUNDIAL DE BATATA DOCE**

A batata-doce é uma cultura alimentar rústica, capaz de crescer e produzir raízes tuberosas em solos pobres e com baixo investimento em insumos agrícolas. O alto rendimento produtivo se deve, em parte, à eficiência da planta na conversão de energia por unidade de área, por unidade de tempo. Essa característica contribui para que seu cultivo seja realizado em mais de 100 países, principalmente em países subdesenvolvidos onde a agricultura carece de tecnologia (WOOLFE, 1992; SAUERESSIG, 2018; FENG et al, 2020).

Em países da Ásia, África e Américas, a batata-doce tem fundamental importância como alimento básico, utilizada para abastecer o mercado interno e amplamente utilizada como suplemento alimentar na dieta de diversos habitantes (LAURIE et al., 2013; WILLIAMS et al, 2013).

Segundo dados disponibilizados pela Food and Agriculture Organization (FAO), em 2018 foram produzidas mais de 91 milhões de toneladas de batata-doce em todo o mundo, com uma área de colheita de cerca de 8 milhões de hectares (FAO, 2020), indicando que a produção global de batata-doce batatas apresentaram um rendimento médio de cerca de 11 toneladas por hectare.

Em relação aos continentes produtores de batata-doce, a Ásia possui a maior participação produtiva, com a geração de 66% do total da safra de 2018. A África também é um continente que apresenta grande produção de batata-doce, representando 28,3% do total produzido em aquele ano. As Américas produziram aproximadamente 4,6%, Oceania 1% e Europa 0,1% (FAO, 2020).

Vale ressaltar que a produção de batata-doce na Europa tende a ser prejudicada devido às baixas temperaturas que predominam na maioria dos países que compõem o continente. A batata-doce é uma cultura produzida em larga escala nos trópicos, incluindo países localizados em zonas temperadas quentes. Para o ótimo desenvolvimento da planta, recomenda-se que o solo de cultivo tenha temperatura entre 15°C a 29°C, e o ambiente tenha variação de temperatura entre 24°C a 30°C (LAXMINARAYANA, MISHRA, SOUMYA, 2016).

Dentre os países que cultivam batata-doce, destaca-se a China (China Central) como o maior produtor, seguido por países localizados nos continentes africano e asiático (FAO, 2020). A Tabela 1 mostra os dez países que mais produziram batata-doce em 2018.

A China lidera, desde 1961 (início da série histórica disponível) até os dias atuais, a produção mundial de batata-doce (FAO, 2020). De acordo com informações disponibilizadas no Anuário Estatístico da China, em 2018, o consumo per capita de tubérculos pela população do país foi de cerca de 2,6 kg (HORTON, 1988; REDWOOD, 2005; CHINA STATISTICAL YEARBOOK, 2019).

A China utiliza grande parte de sua safra de batata-doce como matéria-prima para produção de ração animal, produção de amido e produção de massas. Ramos e folhas de batata-doce também são usadas para alimentação animal, especialmente na suinocultura (MU et al, 2017; LI et al, 2017).

**Tabela 1** - Os dez países que mais produziram batata-doce no mundo em 2018

<b>Países</b>	<b>Produção (t)</b>
China Central	53.009.345
Malawi	5.668.543
Nigéria	4.029.909
Republica Unida da Tanzânia	3.834.779
Etiópia	1.834.619
Indonésia	1.806.389
Uganda	1.529.608
Índia	1.400.281
Vietnã	1.374.664
Angola	1.274.871

**Fonte:** FAO, 2020.

O Malawi é um país localizado no continente africano e, assim como a China, também apresenta alta produção de batata-doce. De acordo com a Tabela 1, considerando o número de batata-doce produzida em 2018 em uma área de colheita de cerca de 283.187 hectares (FAO, 2020), o Malawi apresenta produtividade média em torno de 20 toneladas por hectare, superando a média mundial.

No Malawi, a batata-doce é geralmente cultivada usando técnicas de rotação de culturas com milho e feijão. A cultura principal é lavrada durante o período entre outubro e março, uma vez que a segunda safra geralmente é produzida em meados de julho a setembro (MINOT, 2010; TERAVEST, 2015).

A produção significativa de batata-doce no Malawi reflete a disseminação de programas voltados para o desenvolvimento da agricultura local. No início da década de 1990, o país foi atingido por uma severa seca, que causou insuficiência de material de propagação. Assim,

a partir de 1992, os agentes públicos concentraram seus esforços em projetos voltados à distribuição de sementes de mandioca e batata-doce entre os agricultores. Como resultado, entre 1994 e 1995, a área de cultivo de batata-doce cresceu 63% e a produção aumentou 92% (MINDE et al., 1997; DEVEREUX, 1997).

Os programas de desenvolvimento agrícola no Malawi forneceram apoio para aumentar a produção de alimentos no país, contribuindo para aumentar a renda dos agricultores e combater a desnutrição. Assim, a batata-doce tornou-se uma cultura significativa para a segurança alimentar do país (MINDE et al., 1997; BOONE et al., 2013; CHIPUNGU et al., 2017).

Na América Latina, a cultura da batata-doce é fundamental para a composição do grupo alimentar de base da população. Em relação à produção de batata-doce no continente americano, os principais países que produziram batata-doce em 2018 foram: Estados Unidos da América (EUA), Brasil, Haiti, Cuba, Argentina, Peru, Uruguai, México, República Dominicana e Paraguai, respectivamente (FAO, 2020). Vale ressaltar que o Brasil é o segundo maior produtor de batata-doce das Américas.

## 5 PESQUISA AGRÍCOLA E PRODUÇÃO DE BATATA DOCE NO BRASIL

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil produziu, em 2018, mais de 741 mil toneladas de batata-doce. A Tabela 2 mostra os resultados da produção brasileira de batata-doce desde o início da série histórica até os dados mais recentes.

De acordo com a Tabela 2, é possível identificar que, em 2017, a safra brasileira de batata-doce atingiu o pico de produção em relação à série histórica.

**Tabela 2 - Produção brasileira de batata-doce entre 1988 a 2018**

<b>Ano</b>	<b>Produção (t)</b>
1988	677.240
1989	682.152
1990	636.691
1991	622.432
1992	603.347
1993	575.872
1994	655.613
1995	619.186
1996	414.283
1997	490.087
1998	444.925
1999	472.422
2000	484.443
2001	484.719
2002	498.046

2003	533.165
2004	538.503
2005	513.646
2006	518.541
2007	529.531
2008	548.438
2009	477.472
2010	495.182
2011	544.820
2012	479.425
2013	505.350
2014	525.814
2015	595.977
2016	672.866
2017	780.461
2018	741.203

**Fonte:** IBGE, 2020.

De acordo com a Tabela 2, é possível identificar que, em 2017, a safra brasileira de batata-doce atingiu o pico de produção em relação à série histórica. Considerando os números entre 2012 e 2017, a produtividade da batata-doce no Brasil cresceu mais de 38%. No entanto, houve uma ligeira queda de 5% entre a produção brasileira de batata-doce 2017-2018.

Talvez, o crescimento recente da produção brasileira de batata-doce tenha sido impulsionado diretamente pela demanda do consumidor. A venda de raízes tuberosas ocorre principalmente em condições frescas, e a maior parte do escoamento da colheita nacional é realizada através do comércio varejista de alimentos nas Centrais de Abastecimento do Estado (CEASAs), mercearias e mercados de hortaliças (MANOS, GALVAO, ALMEIDA, 2015; EMBRAPA, 2020).

Por outro lado, pesquisas agrônômicas que busquem melhorar o manejo da produção e a disponibilidade de cultivares de batata-doce podem contribuir substancialmente para avançar os índices de produtividade, fortalecer a cadeia produtiva e impulsionar a implantação de culturas comerciais de expressão econômica, estimulando maior disponibilidade comercial do produto (FURLANETO, FIRETTI, MONTES, 2012).

Em 1975, a Unidade Estadual de Execução de Pesquisas (UEPAE) na cidade de Brasília, iniciou trabalhos de pesquisa visando o melhoramento de hortaliças. Em 1981, a UEPAE-Brasília tornou-se o Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças (CNPH) e promoveu, entre 1982-1983, pesquisas preliminares visando o melhoramento da batata-doce. Mais tarde, a UEPAE-Brasília se tornaria EMBRAPA-Hortaliças (FRANÇA et al., 1983).

Em 1978, a UEPAE-Manaus iniciou as pesquisas de batata-doce para avaliar o potencial produtivo da cultura para o estado do Amazonas. O trabalho pioneiro realizado pela UEPAE-Manaus buscou estabelecer o consórcio de cultivo entre batata-doce e guaraná para

proporcionar uma boa cobertura do solo e garantir maior rentabilidade para o agricultor local (CORRÊA et al., 1980; EMBRAPA, 2019).

Guedes (1980), estudou as características de cultivo e o potencial de produção de seis cultivares de batata-doce em terras firmes no estado do Amazonas. Dois experimentos de cultivo foram implantados em diferentes épocas do ano (maio e setembro), com o plantio das mudas em linhas espaçadas de 1 m, e 0,50 m entre plantas, com aplicação de adubo. O experimento de maio foi colhido após 90 dias, e o experimento iniciado em setembro foi colhido após 120 dias, que apresentou maior produtividade e variou de 16.520 a 32.900 kg/ha. A pesquisadora destacou que o cultivo de batata-doce no Amazonas desperta grande interesse quando se considera a geração de matéria-prima para a produção de farinha (GUEDES, LEITÃO, CÉSAR, 1980), bem como para a produção de álcool.

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) também vem realizando pesquisas agrônomicas desde a década de 1980 para o melhoramento e introdução de cultivares de batata-doce aptas ao cultivo no estado do Paraná (SOUZA, SANDRI, 1990).

Souza (2000), avaliou o potencial de sete genótipos de batata-doce para o município de Ponta Grossa/Paraná, que foram cultivados em solo de baixa fertilidade entre 1993-1994. A batata-doce foi avaliada com base nas características agrônomicas, comerciais e culinárias. O autor comenta que o rendimento produtivo dos genótipos variou entre 13,7 a 21,7 t/ha, enquanto o rendimento comercial das raízes tuberosas variou entre 43 a 83% da produção total.

Desde 1975, a Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC) realiza trabalhos de pesquisa e extensão rural para fortalecer a cadeia agropecuária. Mais tarde, a EMPASC tornou-se a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). A EPAGRI é proprietária do Banco Ativo de Germoplasma de Batata-doce (BAG-batata-doce), que foi criado em 1984, com a coleta de cultivares de Santa Catarina e posterior introdução de cultivares de outros países como Argentina e Peru, possibilitando novos cruzamentos e obtenção de cultivares geneticamente melhoradas cultivares (EPAGRI 2016).

As cultivares obtidas por meio de melhoramento genético são voltadas ao cultivo em solo brasileiro com benefícios agrônomicos como maior resistência a pragas, tolerância à escassez hídrica, estabilidade no material de propagação e alta produtividade, juntamente com a biofortificação de nutrientes (Fig.4). Essas características contribuem para tornar a cultura da batata-doce atrativa para o produtor e consumidor (BRUNE, SILVA, FREITAS, 2005; SUINAGA et al., 2011; MELO et al., 2012; AMARO et al., 2014).

**Figura 4** - Exemplo de material de propagação de batata-doce: raiz tuberosa germinada



Fonte: O autor.

Montes et al. (2006) publicaram um estudo de caso na cidade de São Paulo e relataram que o cultivo de batata-doce tem grande importância na geração de empregos no campo devido à necessidade de mão de obra durante a mineração. Neste estudo, o uso de maquinário se destaca como o principal item de custo para o produtor.

Nunes et al. (2011), avaliaram o índice de produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação, de cultivares que se destacaram em pesquisas anteriores (NUNES, SANTOS, SOUSA, 2009), provenientes do banco de germoplasma da Embrapa-Tabuleiros Costeiros em Sergipe. Dentre os 17 genótipos avaliados em solo raso e de baixa fertilidade, 15 apresentaram boa produtividade de raízes tuberosas. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atua, por meio do Cadastro Nacional de Cultivares (RNC), para controlar a produção e comercialização de sementes e mudas de novas plantas obtidas em pesquisa agropecuária (MAPA, 2020).

**Tabela 3 - Cultivares brasileiras de batata-doce**

<b>Cultivar</b>	<b>Detentor*</b>	<b>Registro</b>
Amanda	UFT	22593
Ana Clara	UFT	22594
Barbara	UFT	22595
Beatriz	UFT	22596
Beauregard	EMBRAPA	26934
Brazlândia branca	EMBRAPA	07840
Brazlândia rosada	EMBRAPA	07841
Brazlândia roxa	EMBRAPA	07852
BRS Amélia	EMBRAPA	27313
BRS Cuia	EMBRAPA	27315
BRS Fepagro viola	EMBRAPA	33889
BRS Gaita	EMBRAPA	33890
BRS Rubissol	EMBRAPA	27314
Carolina Vitoria	EMBRAPA	22597
Coquinho	EMBRAPA	07849
Duda	UFT	22598
Iapar 69	IAPAR	02322
Iapar 70	IAPAR	02323
Izabela	UFT	22600
Julia	UFT	22599
Livia	UFT	22591
Marcela	UFT	22592
Princesa	EMBRAPA	06495
SCS367 Favorita	EPAGRI	27465
SCS368 Ituporanga	EPAGRI	27464
SCS369 Águas Negras	EPAGRI	27463
SCS370 Luiza	EPAGRI	32952
SCS371 Katiy	EPAGRI	32953
SCS372 Marina	EPAGRI	32954

\*UFT: Universidade Federal do Tocantins; EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IAPAR: Instituto Paranaense de Agronomia; EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

**Fonte:** EMBRAPA, 2000.

Azevedo et al. (2015), analisaram 65 genótipos de batata-doce do banco de germoplasma da Universidade Federal do Jequitinhonha e Vale do Mucuri (UFVJM) de acordo com o desempenho agrônomico das plantas, principalmente quanto à produtividade total de raízes, fator de maior importância sob a ótica da produção comercial. Os autores destacam que os genótipos experimentais apresentaram melhorias no desempenho agrônomico. No entanto, o manejo da cultura e os efeitos ambientais podem influenciar diretamente na produtividade das raízes tuberosas.

Reddy et al. (2018), avaliaram as características morfológicas de plantas de 15 cultivares de batata-doce, cultivadas em solo argiloso e silte, com pH 6,8 e ciclo produtivo de 120 dias. Os autores observaram que o rendimento de raízes tuberosas tem correlação positiva com as características morfológicas da planta, como comprimento da planta, número de folhas e brotações. Além disso, as plantas com maior rendimento produziram raízes tuberosas com polpa branca e creme, enquanto as plantas com menor rendimento geraram raízes com polpa roxa e laranja.

Vale ressaltar que as pesquisas para melhoramento genético de batata-doce que busquem a obtenção de novas cultivares com excelente desempenho produtivo e nutricional podem contribuir para aumentar o interesse do produtor rural em plantar a cultura induzindo um aumento na disponibilidade comercial da batata-doce.

## 6 BATATA-DOCE: QUALIDADE NUTRICIONAL E RELEVÂNCIA SOCIAL

A batata-doce é um alimento de alto valor nutricional e consumido mundialmente. É rico em vitamina C e vitamina A (batata-doce de polpa alaranjada) e fonte de energia, fibras, vitamina B5 (ácido pantotênico), vitamina B6 (piridoxina) e potássio. A batata-doce de polpa colorida também possui compostos bioativos que ajudam a manter a saúde do consumidor (UNICAMP, 2011; MOHANRAJ, SIVASANKAR, 2014).

O United States Department of Agriculture (USDA) fornece informações sobre a composição nutricional de vários tipos de alimentos, incluindo seus principais meios de consumo, por meio do banco de dados chamado FoodData (USDA, 2020).

A Tabela 4 apresenta os dados de composição nutricional da batata-doce fornecidos pelo USDA-FoodData, nas circunstâncias de alimentos crus e cozidos, destacando apenas os nutrientes disponíveis nas raízes tuberosas.

**Tabela 4** - Composição nutricional da batata-doce crua e cozida com casca

Composição*	Batata-doce	Batata-doce
	Crua (100g)	cozida/casca (100g)
Umidade	77.28 g	75.78 g
Energia	86 kcal	90 kcal
Proteína	1.57 g	2.01 g
Lipídios totais	0.05 g	0.15 g
Cinzas	0.99 g	1.35 g
Carboidrato total (por diferença)	20.12 g	20.71 g
Fibras totais	3.0 g	3.3 g
Açúcares totais	4.18 g	6.48 g
Sacarose	2.52 g	2.28 g
Glicose (dextrose)	0.96 g	0.57 g
Frutose	0.7 g	0.5 g
Maltose	0 g	3.12 g
Amido	12.65 g	7.05 g
Cálcio, Ca	30 mg	38 mg
Ferro, Fe	0.61 mg	0.69 mg
Magnésio, Mg	25 mg	27 mg
Fósforo, P	47 mg	54 mg
Potássio, K	337 mg	475 mg
Sódio, Na	55 mg	36 mg
Zinco, Zn	0.3 mg	0.32 mg

Cobre, Cu	0.151 mg	0.161 mg
Magnésio, Mn	0.258 mg	0.497 mg
Selênio, Se	0.6 µg	0.2 µg
Vitamina C (ácido ascórbico total)	2.4 mg	19.6 mg
Tiamina	0.078 mg	0.107 mg
Riboflavina	0.061 mg	0.106 mg
Niacina	0.557 mg	1.487 mg
Ácido pantotênico	0.8 mg	0.884 mg
Vitamina B-6	0.209 mg	0.286 mg
Folato total	11 µg	6 µg
Colina total	12.3 mg	13.1 mg
Betaína	0 mg	34.6 mg
Vitamina A (RE)	709 µg	961 µg
Beta-Caroteno	8509 µg	11509 µg
Alfa-Caroteno	7 µg	43 µg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	0.26 mg	0.71 mg
Beta-Tocoferol	0.01 mg	0.01 mg
Alfa-Tocotrienol	0.01 mg	0.02 mg
Vitamina K (fitoquinona)	1.8 µg	2.3 µg
FAS*	0.018 g	0.052 g
FAM*	0.001 g	0.002 g
FAP*	0.014 g	0.092 g
Triptofano	0.031 g	0.04 g
Treonina	0.083 g	0.107 g
Isoleucina	0.055 g	0.07 g
Leucina	0.092 g	0.118 g
Lisina	0.066 g	0.084 g
Metionina	0.029 g	0.037 g
Cisteína	0.022 g	0.028 g
Fenilalanina	0.089 g	0.114 g
Tirosina	0.034 g	0.044 g
Valina	0.086 g	0.11 g
Arginina	0.055 g	0.07 g
Histidina	0.031 g	0.039 g
Alanina	0.077 g	0.099 g
Ácido aspártico	0.382 g	0.488 g
Ácido glutâmico	0.155 g	0.198 g
Glicina	0.063 g	0.081 g
Prolina	0.052 g	0.067 g
Serina	0.088 g	0.113 g

\* FAS: Ácidos graxos totais saturados; FAM: Ácidos graxos totais monossaturados; FAP: Ácidos graxos totais poliinsaturados.

**Nota:** g = gramas; mg = miligramas; µg = microgramas.

**Fonte:** USDA, 2020.

Cabe ressaltar que a batata-doce é um alimento nutritivo, e possui alto valor energético. As raízes tuberosas se destacam por seu alto teor de amido, carboidratos complexos, fibras solúveis e fibras insolúveis, proteínas, além de minerais e vitaminas. Por outro lado, seu teor lipídico é baixo. Quando a batata-doce é submetida a cocção, ocorre uma variação na densidade de micronutrientes, especialmente o aumento no teor de alguns minerais e vitamina C.

O componente predominante da batata-doce em base seca é o amido, que pode variar entre 65% a 89% de composição em diferentes cultivares. O amido é um tipo de carboidrato formado por cadeias glicosídicas, que formam duas porções de polissacarídeos chamados amilose e amilopectina. O amido é considerado como a reserva de energia primária das plantas. O amido de batata-doce fornece energia ao organismo, principalmente quando as raízes tuberosas são submetidas ao cozimento, pois as cadeias de amido são transformadas em maltose (Tabela 4), o que aumenta o índice glicêmico desse alimento (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005; ABEGUNDE et al., 2013; ZHOU et al., 2014; OWUSU-MENSAH et al., 2016).

Folhas e galhos de batata-doce também possuem vários micronutrientes e compostos bioativos. A composição físico-química das folhas revela a presença de diversos nutrientes como vitaminas e minerais, além de fibras e compostos bioativos. As folhas de batata-doce são consumidas como alimento, principalmente por habitantes de países do continente africano, Ásia e ilhas do Oceano Pacífico (JOHNSON, PACE, 2010). Os ramos e folhas também possuem um perfil de fermentação adequado para serem utilizados na produção de silagem para ração animal (VIANA et al., 2011).

Sun et al. (2014), avaliaram a composição nutricional das folhas de 40 cultivares chinesas de batata-doce e identificaram um alto teor de proteína, sódio, potássio e polifenóis. Os autores sugerem que o consumo de folhas de batata-doce pode ajudar a combater problemas de desnutrição em países subdesenvolvidos.

A enorme relevância social da batata-doce fica evidente quando se considera a exigência nutricional do ser humano aliada ao compromisso com a produção de alimentos. A batata-doce é um alimento conveniente para ser utilizado como suplemento nutricional na dieta de pessoas vulneráveis.

Países e instituições internacionais investem em políticas públicas e projetos sociais para atender populações que apresentam problemas relacionados à desnutrição, principalmente para o grupo de mulheres, gestantes, lactantes e crianças. Os projetos buscam promover melhorias na alimentação, incentivando a produção e o consumo de alimentos nutritivos, que podem garantir efeitos positivos para a saúde do consumidor (WUEHLER, OUEDRAOGO, 2011).

Nesse sentido, a batata-doce é um alimento capaz de suprir a deficiência de nutrientes importantes para a manutenção do metabolismo, como é o caso do retinol, também conhecido como vitamina A. A hipovitaminose A é considerada um grave problema de saúde em diversos países que compõem na região conhecida como África Subsaariana. Esse problema de saúde pública incentivou a elaboração de propostas voltadas para a promoção do cultivo e incentivo

ao consumo de batata-doce de polpa alaranjada, alimento rico em  $\beta$ -caroteno, substância considerada pró-vitamina A (BURRI, 2011; LOW et al., 2017).

Williams et al. (2013), reportaram que as patologias crônicas resultantes de má nutrição, principalmente relacionadas com a hipovitaminose A, figuram como um problema significativo para Timor-Leste. Os autores avaliaram a introdução de três cultivares de batata-doce para cultivo por agricultores locais nas safras 2006-2007 e 2007-2008, e relatam que pelo menos uma cultivar apresentou potencial de produção nas condições da agricultura local, aliada à qualidade nutricional necessária para mitigar a demanda de vitamina A pela população vulnerável do país.

Laurie et al. (2013), avaliaram 57 cultivares de batata-doce sul-africanas para características morfológicas e diversidade genética, que vêm de pesquisas para melhorar cultivares nativas. Seus resultados mostraram algumas cultivares de batata-doce com melhor sabor, maior tempo de armazenamento e alta capacidade de produção com tolerância a solos secos. Os autores enfatizam os resultados que são úteis para o avanço dos estudos de melhoramento de cultivos, bem como para programas de nutrição, como, por exemplo, o Sweetpotato Action for Security and Health in Africa (SASHA), que atua para estimular o aumento do consumo de batata de laranja polpa na África.

A instituição Helen Keller International promoveu o projeto The Reaching Agents of Change (RAC) que funcionou na Tanzânia, Moçambique, Nigéria, Gana e Burkina Faso. O projeto gerou mudanças políticas e sociais nos diferentes países ao garantir o cultivo e fornecimento de batata-doce de polpa alaranjada, tornando-a um alimento significativo para as populações locais (HKI, 2014).

## **7 COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA DOCE**

As cultivares de batata-doce de polpa colorida possuem em sua composição uma grande variedade de compostos bioativos como polifenóis, ácidos fenólicos, carotenóides e antocianinas (TEOW et al., 2007; PARK et al., 2014; SHEKHAR et al., 2015). Esses compostos podem atuar em diversas reações bioquímicas no organismo, contribuindo positivamente para a manutenção da saúde do consumidor (MANACH et al., 2004; CARDOSO, LEITE, PELUZIO, 2011).

Vários estudos buscam quantificar (JUNG et al., 2011), extrair (CIPRIANO et al. 2015), analisar a estabilidade (ALVES et al., 2012), de compostos bioativos presentes na batata-

doce, além de avaliar sua ingestão e desempenho para a manutenção biológica do organismo do consumidor, principalmente quanto ao nível de substâncias do metabolismo e o consequente aumento após o consumo de batata-doce (JAMIL et al., 2012; SHEKHAR et al., 2015).

A batata-doce de polpa roxa possui quantidades significativas de polifenóis e antocianinas, o que torna o consumo regular interessante (JIE et al., 2012; WILLIAMS et al., 2013; XU et al., 2014; SHEKHAR et al., 2015). As antocianinas também despertam grande interesse por parte da indústria em termos de sua aplicação como corante natural (TRUONG et al., 2012).

Jie et al. (2012), identificaram e avaliaram a estabilidade térmica de antocianinas de batata-doce de polpa roxa (cultivar chinesa Jihei), e relataram que foram identificados treze tipos de antocianinas, especialmente cianidina e peonidina, aciladas com ácidos p-fenólicos ácido hidroxibenzoico, ácido ferúlico e ácido cafeico. Os autores apontam que as antocianinas presentes na batata-doce de polpa roxa têm potencial para aplicação em diversos produtos da indústria alimentícia.

Xu et al. (2014), caracterizaram as antocianinas presentes na batata-doce de polpa roxa cultivar P40 e avaliaram a estabilidade em condições de cozimento. Os autores relatam que esta cultivar possui alto teor de antocianinas (14 mg/g em base seca), com a identificação de 12 antocianinas aciladas. As antocianinas desaciladas apresentaram maior resistência ao cozimento, destacando que esses compostos também podem ser utilizados no desenvolvimento de produtos funcionais.

Outro composto bioativo presente em algumas cultivares de batata-doce que desperta grande interesse é o  $\beta$ -caroteno. Champagne et al. (2010), caracterizaram os carotenóides presentes em 10 diferentes cultivares de tubérculos e raízes tuberosas cultivadas em Vanuatu. Em particular, os autores avaliaram 33 raízes de tubérculos de batata-doce e relataram uma alta concentração de trans- $\beta$ -caroteno para cultivares de polpa de laranja.

Ginting (2013), avaliou a extração de carotenóides de batata-doce de polpa alaranjada e sua aplicação como corante natural em alimentos. O autor relata que foram obtidos extratos variando de 12,49 a 235,94  $\mu\text{g/mL}$  para  $\beta$ -caroteno, ressaltando que os extratos apresentaram estabilidade de cor após um mês armazenados no escuro.

Hussein et al. (2014), quantificaram a presença de carotenóides de batata-doce cultivados na Malásia e observaram que cultivares de polpa de laranja apresentam maior teor da substância em relação a outras cultivares, com a variável tempo de armazenamento pós-colheita influenciando diretamente na concentração e estabilidade desses compostos. O autor destaca ainda que a disponibilidade de cultivo ao longo do ano, associada ao baixo custo de produção, torna a batata-doce de polpa alaranjada uma interessante fonte de carotenóides.

## 8 CONCLUSÃO

O estudo da taxonomia da batata-doce fornece informações significativas relacionadas às características hierárquicas da cultura, e isso é vital para o entendimento das propriedades morfológicas e biológicas de sua espécie. No entanto, a evolução histórica da batata-doce, bem como sua disseminação mundial e sua ascensão na Oceania, são temas inconclusivos. Na verdade, a batata-doce é um alimento nutritivo. Possui fibras, vitaminas e minerais apesar de ser uma ótima fonte de energia. As cultivares de batata-doce de polpa colorida possuem compostos bioativos, como polifenóis, antocianinas e carotenóides, o que as torna atraentes para os consumidores que procuram alimentos benéficos à saúde. O maior produtor de batata-doce do mundo é a China (China Central), escoada por países africanos e asiáticos. A produção brasileira de batata-doce revelou que o país está muito abaixo quando comparado aos principais produtores mundiais, o que indica que o potencial produtivo e tecnológico da batata-doce ainda é pouco explorado. Nessa perspectiva, as empresas de pesquisa agropecuária têm papel fundamental no melhoramento de cultivares que apresentem alto desempenho produtivo e nutricional aliado à biofortificação e adaptação para as diferentes regiões brasileiras. Ressalta-se que novos estudos devem ser realizados, visando a aplicação da batata-doce em diferentes segmentos industriais no Brasil.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece especialmente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa (Código de Processo 141974/2019-2), e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-Estação Experimental Ituporanga pelo apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABEGUNDE, O. K.; MU, T. H.; CHEN, J. W.; DENG, F.M.: Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, v. 33(2), p. 169-177, 2013.

- ADELAAR, W.F.H.: South america: the quechua language (Cap 137). In: **Atlas of Languages of Intercultural Communication in the Pacific, Asia, and the Americas**. (Walter de Gruyter & Co, Berlin), 1996.
- ALVES, R. M. V.; ITO, D.; CARVALHO, J. L. V. D.; MELO, W. F. D.; GODOY, R. L. D. O.: Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15(1), p. 59-71, 2012.
- AMARO, G. B.; CARMONA, P. A. O.; FERNANDES, F.; PEIXOTO, J.; NÓBREGA, D. D. S.: Desempenho de cultivares de batata-doce no Distrito federal. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 1796-1803, 2014.
- APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An ordinal classification for the families of flowering plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 85, n. 4, P. 531-553, 1998.
- APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399-436, 2003.
- APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.
- APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.
- AUSTIN, D. F.: Hybrid polyploids in *Ipomoea* section batatas. **Journal of Heredity**, v. 68 (4), p. 259-260, 1977.
- AUSTIN, D.F.: The Taxonomy, Evolution and Genetic Diversity of Sweet Potatoes and Related Wild Species. **Report of the First Sweet Potato Planning Conference 1987**, International Potato Center-Peru, p. 27-60, 1988.
- AZEVEDO, A. M.; JUNIOR, V. C. A.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M.: Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015.
- BARRERA, P.: **Batata-doce: Uma das doze mais importantes culturas do mundo**. Coleção Brasil Agrícola, Ícone Editora Ltda, 91 p., 1989.
- BAYLISS-SMITH, T.; GOLSON, J.; HUGHES, P.: **Phase 6: Impact of the sweet potato on swamp land use, pig rearing and exchange relations**. In: Ten Thousand Years of Cultivation at Kuk Swamp in the Highlands of Papua New Guinea, Editora ANU Press, v. 46, 512 p., 2017.
- BOONE, R.; COVARRUBIAS, K.; DAVIS, B.; WINTERS, P.: Cash transfer programs and agricultural production: the case of Malawi. **Agricultural Economics**, v. 44(3), p. 365-378, 2013.

BRUNE, S.; SILVA, J. B. C.; FREITAS, R. A.: **Novas técnicas de multiplicação de ramas de batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Hortaliças, Circular Técnica 39, 8p., 2005.

BURIL, M. T.; SIMÃO-BIANCHINI, R.; ALVES, M.: *Jacquemontia robertsoniana* (Convolvulaceae), a new shrub species from Brazil. **Kew Bulletin**, v. 67(3), p.455-459, 2012.

BURRI, J. B.: Evaluating sweet potato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, n. 10, p. 118-130, 2011.

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. C. G: Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas**, v. 40 (1), p. 116-138, 2011.

CHAMPAGNE, A.; BERNILLON, S.; MOING, A.; ROLIN, D.; LEGENDRE, L.; LEBOT, V.: Carotenoid profiling of tropical root crop chemotypes from Vanuatu, South Pacific. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 23, p. 763-771, 2010.

CHINA STATISTICAL YEARBOOK: **National Bureau of statistics of China**. China Statistical Yearbook, 2019.

CHIPUNGU, F.; CHANGADEYA, W.; AMBALI, A.; SAKA, J.; MAHUNGU, N.; MKUMBIRA, J.: Analysis of micronutrients variations among sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) genotypes in Malawi. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, v. 9(4), p. 22-35, 2017.

CIPRIANO, P. A.; EKICI, L.; BARNES, R. C.; GOMES, C.; TALCOTT, S.T.: Pre-heating and polyphenol oxidase inhibition impact on extraction of purple sweet potato anthocyanins. **Food Chemistry**, n. 180, p. 227-234, 2015.

CODEAGRO - COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO DOS AGRONEGÓCIOS: **Batata-doce: Normas de classificação**. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, v. 12(2), 7 p., 2014.

CORRÊA, M. P. F.; CÉSAR, J.; GUEDES, A. L. C.; CANTO, A. C.: **Cultivo de batata-doce nas entrelinhas do guaraná**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, Comunicado Técnico nº 15, November, 1980.

CSV - COMPETITION SCIENCE VISION: **A specialized magazine for medical entrance & 10+2 exams**. Mahendra Jain for M/s, Pratiyogita Darpan Editor, Nova Delhi/India, 119 p., 2008.

CUNHA, A.G.: **Dicionário etimológico da língua portuguesa**. Lexikon Editora, 2019.

DAROS, M.; JÚNIOR, A. T. A.; PEREIRA, T.N.S; LEAL, N.R.; FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T.: Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 20(1), p. 43-47, 2002.

DE ALBUQUERQUE, T. M. R.; SAMPAIO, K. B.; DE SOUZA, E. L.: Sweet potato roots: Unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds—A review. **Trends in Food Science & Technology**, n. 85, p. 277-286, 2019.

DELAZARI, F. T.; ASSIS, I. R.; CABRERA, D. F.; FERREIRA, M. G.; DIAS, L. E.; RUEDA, A.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, D. J. H.: Morpho-physiological characteristics by sweet potato cultivars as function of irrigation depth. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90(4), p. 3541-3549, 2018.

DENHAM, T.: Ancient and historic dispersals of sweet potato in Oceania. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110(6), p. 1982-1983, 2013.

DEVEREUX, S.: **Household food security in Malawi**. Institute of Development Studies, University of Sussex, United Kingdom, 63 p., 1997.

DIXON, R. B.: The problem of the sweet potato in Polynesia. **American Anthropologist**, v. 34(1) p. 40-66, 1932.

DUDGEON, J. V.; TROMP, M.: Diet, geography and drinking water in Polynesia: microfossil research from archeological human dental calculus, Rapa Nui (Easter Island). **International Journal of Osteoarcheology**, v. 24(5), p. 634-648, 2014.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R.: **Sweet potatoes: production, processing, marketing**. In: Major feed and food crops in agriculture and food series. Editora The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, 334 p., 1971.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G.R.: **Sweet potatoes: production, processing, marketing**. In: Major feed and food crops in agriculture and food series. Editora The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, 334 p., 1971.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **50 anos do IPEAAOc**. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, Embrapa Amazônia Ocidental, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ed. Embrapa, Brasília/DF, 173 p., 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Como plantar batata-doce: Informações de Mercado**. Embrapa Hortaliças, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasília/DF, 2020.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Registro Nacional de Cultivares – RNC**. (CultivarWeb) Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil, 2020.

ENGEL, F.: Exploration of the Chilca Canyon, Peru. **Current Anthropology**, v. 11(1), p. 55-58, 1970.

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA: **Epagri – 40 anos de pesquisa agropecuária em Santa Catarina**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Florianópolis, 125 p., 2016.

FAN, G.; HAN, Y.; GU, Z.; GU, F.: Composition and color stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41(8), p. 1412-1416, 2007.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION: **FaoStat**. Food and Agriculture Organization(<http://www.fao.org/faostat/en/#home>), 2020.

FENG, J.; ZHAO, S.; LI, M.; ZHANG, C.; QU, H.; LI, Q.; LI, J.; LIN, Y.; PU, Z.: Genome-wide genetic diversity detection and population structure analysis in sweetpotato (*Ipomoea batatas*) using RAD-seq. **Genomics**, v. 112(2), p. 1978-1987, 2020.

FRANÇA, F.; MIRANDA, J.; FERREIRA, P.; MALUF, W.; BARBOSA, S.: **Avaliação de germoplasma de batata-doce *Ipomoea batatas* (L.) Lam. visando resistência a insetos de solo**. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, Embrapa-Hortaliças, n. 23, 177 p., 1983.

FURLANETO, F. P. B.; FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M.: Comercialização, custos e indicadores de rentabilidade da batata-doce. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9(2), 2012.

GINTING, E.: Carotenoid extraction of Orange-fleshed sweet potato and its application as natural food colorant. **Journal Teknologi dan Industri Pangan**, v. 24(1), 2013.

GOLSON, J.; HUGHES, P. J.: The appearance of plant and animal domestication in New Guinea. **Journal de la Société des Océanistes**, v. 36(69) p. 294-303, 1980.

GUEDES, A. L. C.: **Cultivo de batata-doce em áreas de terra firme do estado do Amazonas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, UEPAE Manaus, Pesquisa em Andamento nº01, Agosto, 1980.

GUEDES, A. L. C.; LEITÃO, A. M.; CÉSAR, J.: **Batata-doce: nova alternativa agrícola para o estado do Amazonas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, UEPAE Manaus, Comunicado Técnico nº01, Agosto, 1980.

HATHER, J.; KIRCH, P.V.: Prehistoric sweet potato (*Ipomoea batatas*) from Mangaia Island, central Polynesia. **Antiquity**, n. 65, p. 887-893, 1991.

HAUGEN, J.D.: Borrowed borrowings: Nahuatl loan words in English. **Lexis Journal in English Lexicology**, n. 3, 2009.

HAWKES, J.; FRANCISCO-ORTEGA, J.: The early history of the potato in Europe. **Euphytica**, n. 70, p.1-7, 1993.

HKI - HELEN KELLER INTERNATIONAL: **Orange-fleshed sweet potato production, consumption, promotion, and policy in Burkina Faso: Landscape analysis**. Hellen Keller International, 17 p., 2014.

HORTON, D. R.: **World Patterns and Trends in Sweet Potato Production and Use**. In: Exploration, maintenance, and utilization of sweetpotato genetic resources: Report of the First Sweet Potato Planning Conference-1987, International Potato Center-Peru, p. 17-26, 1988.

HUAMAN, Z.: **Descriptors for sweet potato**. International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR, Centro Internacional de la Papa-CIP, Asian Vegetable Research and Development Center-AVRDC-1991, 134 p., 1991.

HUAMAN, Z.: **Sweetpotato germplasm management (Ipomoea batatas) Training manual**. International Potato Center-Peru, 2018 p., 1999.

HUAMAN, Z.: Systematic botany and morphology of the sweetpotato plant. **Technical Information Bulletin 25**, International Potato Center-Peru, 22 p., 1992.

HUANG, J.C.; SUN, M.: Genetic diversity and relationships of sweetpotato and its wild relatives in *Ipomoea* series *Batatas* (Convolvulaceae) as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 100(7), p. 1050-1060, 2000.

HUSSEIN, S. M.; JASWIR, I.; JAMAL, P.; OTHMAN, R.: Carotenoid stability and quantity of different sweet potato flesh colour over postharvest storage time. **Advances in Environmental Biology**, 667 p., 2014.

HUTCHINSON, J.: **The Families of Flowering Plants (3rd Edition)**. The Clarendon Press, Oxford, p. 519-524, 1973.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil, 2020.

INTEGRED TAXONOMY INFORMATION SYSTEM: **Ipomoea L.** Interagency Taxonomic Information System, Department of Agriculture (USDA), 2020.

JAMIL, K. M.; BROWN, K. H.; JAMIL, M.; PEERSON, J. M.; KEENAN, A. H.; NEWMAN, J. W.; HASKELL, M. J.: Daily consumption of orange-fleshed sweet potato for 60 days increased plasma  $\beta$ -carotene concentration but did not increase total body vitamin A pool size in Bangladeshi women. **The Journal of Nutrition**, v. 142(10), p. 1896-1902, 2012.

JEAN, R.V.: **Phyllotaxis: a systemic study in plant morphogenesis**. Editora Cambridge University Press, 404 p., 2009.

JIE, L.; XIAO-DING, L.; YUN, Z.; ZHENG-DONG, Z.; ZHI-YA, Q.; MENG, L.; SHAO-HUA, Z.; SHUO, L.; MENG, W.; LU, Q.: Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solution with various pH values and fruit juices. **Food Chemistry**, n. 136, p. 1429-1434, 2012.

JOHNSON, M.; PACE, R. D.: Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. **Nutrition Reviews**, v. 68(10), p. 604-615, 2010.

JUNG, J. K.; LEE, S.; KOZUKUE, N.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M.: Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) plants and in home processed roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 24, p. 29-37, 2011.

- KIM, S. Y.; RYU, C.H.: Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Korean Journal of Food and Science Technology**, v. 27(5), p. 819-825, 1995.
- KINGSBURRY, J.M.: Christopher Columbus as a botanist. **Arnoldia**, v. 52(2), p.11-28, 1992.
- KIPLE, K. F.; ORNELAS, K. C.: **The Cambridge World History of Food (Volume 1)**. Editora Cambridge University Press, 1917 p., 2000.
- LAREO, C.; FERRARI, M. D.: **Sweet Potato as a Bioenergy Crop for Fuel Ethanol Production: Perspectives and Challenges**. In: Bioethanol Production from Food Crops: Sustainable Sources, Interventions and Challenges, Editora Academic Press, p. 115-147, 2019.
- LAURIE, S. M.; CALITZ, F. J.; ADEBOLA, P. O.; LEZAR, A.: Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) land races. **South African Journal of Botany**, n. 85, p. 10-16, 2013.
- LAXMINARAYANA, K.; MISHRA, S.; SOUMYA, S.: **Good Agricultural Practices in Tropical and Tuber Crops**. In: Tropical Roots and Tubes. Editora John Wiley & Sons Ltd., p. 183-224, 2016.
- LEBOT, V.: **Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids (2nd.Edition)**. (Cabi), Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement – CIRAD, France, 517 p., 2019.
- LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, J. D.: Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, n. 1, p. 49-68, 2005.
- LI, H.; XIE, K.; LI, W.; HUANG, B.: Root and Tuber Crops for Food Security and income Generation in Hunan, China: Results of a Scoping Study. **FoodSTART+**, 58 p., 2017.
- LINNAEUS, C.: **Species Plantarum 1**. Laurentius Salvius, Stockholm, 1753.
- LOEBENSTEIN, G.; THOTTAPPILLY, G.: **The sweetpotato**. Editora Springer Science & Business Media, 539 p., 2009.
- LOW, J. W.; KINYAE, P.; GICHUKI, S.; OYUNGA, M.A.; HAGENIMANA, V.; KABIRA, J.: **Combating Vitamin A Deficiency Through the Use of Sweet Potato: Results from Phase I of an Action Research Project in South Nyanza, Kenya**. International Potato Center-Peru, 1997.
- LOW, J. W.; MWANGA, R.O.; ANDRADE, M.; CAREY, E.; BALL, A. M.: Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. **Global Food Security**, v. 14, p. 23-30, 2017.
- MA, J.; ALONI, R.; VILLORDON, A.; LABONTE, D.; KFIR, Y.; ZEMACH, H.; SCHWARTZ, A.; ALTHAN, L.; FIRON, N.: Adventitious root primordia formation and development in stem nodes of 'Georgia jet' sweetpotato, *Ipomoea batatas*. **American Journal of Botany**, v. 102(7), p. 1040-1049, 2015.

- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L.: Polyphenol: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, n. 79, p., 727-747, 2004.
- MANOS, M. G. L.; GALVAO, D. D. O.; ALMEIDA, M. R. M.: **Características do mercado consumidor de batata-doce em Sergipe e potencial para variedade de polpa alaranjada**. In: Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 18 p., 2015.
- MELO, W. F.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; BESSA, F. P.; DUSI, A.N.: **Biofortificação no Brasil (BioFort): Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno**. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, p. 2675-2680, 2011.
- MINDE, I. J.; TERI, J. M.; SAKA, V. W.; ROCKMAN, K.; BENESI, I. R. M.: **Accelerated multiplication and distribution of cassava and sweet potato planting material in Malawi**. Alternative strategies for smallholder seed supply: proceedings of an International Conference on Options for Strengthening National and Regional Seed Systems in Africa and West Asia, p. 162-167, 1997.
- MINOT, N.: **Staple food prices in Malawi**. In: Seminar on “Variation in staple food prices: Causes, consequence, and policy options”, (African Agricultural Marketing Project-AAMP), Maputo, Mozambique, 2010.
- MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J.B.: **A cultura da batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPq, Brasília, 89 p., 2006.
- MIRYEGANEH, M.; TAKAYAMA, K.; TATEISHI, Y.; KAJITA, T.: Long-distance dispersal by sea-drifted seeds has maintained the global distribution of *Ipomoea pes-caprae* subsp. *brasiliensis* (Convolvulaceae). **PLoS One**, v. 9(4) p 10, 2014.
- MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A valuable medicinal food: a review. **Journal of Medicinal Food**, v. 17(7), p. 733-741, 2014.
- MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSIANO, M. A. A.: Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea Batatas* Lam.) na região oeste do estado de São Paulo: um estudo de caso. **Revista Informações Econômicas**, v. 36(4), p. 15-23, 2006.
- MORALES, F. J.: **The mysteries of sweet potato**. Geneflow 2009: A Magazine About Agricultural Biodiversity, Biodiversity International, v. 20, 2009.
- MU, T.; LI, P.: **Chapter 2 – Sweet potato: origin and production**. In: Sweet Potato: Chemistry, Processing and Nutrition. Editora Academic Press, p. 5-25, 2019.
- MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; WANG, C.: **Sweet potato processing technology**. Academic Press, 429p., 2017.

MUÑOZ-RODRÍGUEZ, P.; CARRUTHERS, T.; WOOD, J. R. I.; WILLIAMS, B. R. M.; WEITEMIER, K.; KRONMILLER, B.; ELLIS, D.; ANGLIN, N. L.; LONGWAY, L.; HARRIS, S. A.; RAUSHER, M. D.; KELLY, S.; LISTON, A.; SCOTLAND, R. W.: Reconciling Conflicting Phylogenies in the Origin of Sweet Potato and Dispersal to Polynesia. **Current Biology**, v. 28(8), p. 1246-1256.e12, 2018.

MYŚKOW, E.; GOLA, E. M.; TULIK, M.: Continuity of procambium and anomalous cambium during formation of successive cambia in *Celosia argentea*. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-9, 2019.

NOH, S. A.; LEE, H. S.; HUH, E. J.; HUH, G. H.; PAEK, K. H.; SHIN, J. S.; BAE, J. M.: SRD1 is involved in the auxin-mediated initial thickening growth of storage root by enhancing proliferation of metaxylem and cambium cells in sweetpotato (*Ipomoea batatas*). **Journal of Experimental Botany**, v. 61(5), p. 1337-1349, 2010.

NUNES, M. U. C.; JESUS, A. F.; SANTOS, L. S.; LIMA, I. S.: **Produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação em sistemas de produção orgânico em Sergipe**. Reunião De Biofortificação no Brasil, 4 p., 2011.

NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R.; SOUSA, E. F.: **Produtividade de clones de cultivares de batata-doce com diferentes colorações de polpa em sistema de produção orgânico em Sergipe**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Tabuleiros Costeiros – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 52, 16 p., 2009.

O'BRIEN, P.J.: The Sweet Potato: Its Origin and Dispersal 1. **American Anthropologist**, v. 74(3), p. 342-365, 1972.

OECD - ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Safety Assessment of Foods and Feeds Derived from Transgenic Crops, Volume 2**. OECD Publishing, Noel Food and Feed Safety, Paris, FR, 2015.

OWUSU-MENSAH, E.; CAREY, E. E.; ODURO, I.; ELLIS, W. O.: Cooking Treatment Effects on Sugar Profile and Sweetness of Eleven-Released Sweet Potato Varieties. **Journal of Food Processing & Technology**, n. 7, 2016.

PARK, S. C.; KIM, S. H.; PARK, S.; LEE, H. U.; LEE, J. S.; PARK, W. S.; AHN, M. J.; KIM, Y. H.; JEONG, J. C.; LEE, H. S.; KWAK, S. S.: Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing Ibor-Ins gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar. **Plant Physiology**, n. 86, p. 82-90, 2014.

REDDY, R.; SOIBAM, H.; AYAM, V. S.; PANJA, P.; MITRA, S.: Morphological characterization of sweet potato cultivars during growth, development and harvesting. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 52(1), p. 46-50, 2018.

REDWOOD, J.: **Superpower Struggles Mighty America, Faltering Europe, Rising Asia**. Editora Palgrave Mcmillan, 193 p., 2005.

RODRIGUES, P.: Genética Brasileira: Programa de Melhoramento Genético da Batata-doce Busca Aumento de Produtividade e Maior Qualidade das Raízes. **Hortaliças em Revista**, Embrapa Hortaliças, v. 20(V), p. 6-9, 2016.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; BRINGAS, V. M. F.; ROSSEL, G.; TAY, D.; MCKEY, D.; LEBOT, V.: Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **PloS One**, v. 8(5), e62707, 2013.

ROULLIER, C.; KAMBOUO, R.; PAOFA, J.; MCKEY, D.; LEBOT, V.: On the origin of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity**, v. 110(6), p. 594-604, 2013.

RULL, V.: Human discovery and settlement of the remote Easter Island (SE Pacific). **Quaternary**, v. 2(2), 15 p., 2019.

SAUERESSIG, D.: **Manual de Dendrologia**. Editora Plantas do Brasil Ltda, 304 p., 2018.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAJ, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N.: Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, n. 173, p. 957-965, 2015.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J.S.: **Batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.)**. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, v. 6, 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J.S.: **Cultura da batata-doce**. In: Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas. Fundação Cargill, v. 2, p. 448-504, 2002.

SINGH, G.: **Plant systematics: an integrated approach**. Editora CRC Press, 551 p., 2019.

SOTO, F.E.A.; SALDÍVAR, S.O.S.: **Architecture, Structure and Chemistry of Plant Cell Walls and Their Constituents**. In: Science and Technology of Fibers in Food Systems, (Springer), p. 3-14, 2020.

SOUSA, R. D. D.; AMARO, G.; PEIXOTO, J.; VILELA, M.; CARMONA, P.; THOMÉ, K.: **Caracterização de clones de batata-doce mantidos no banco de germoplasma da Embrapa Hortaliças**. In: Características do Solo e sua Relação com Plantas 2, Editora Atena, p. 204-2015, 2019.

SOUZA, A. B.; SANDRI, T.: Avaliação preliminar de introduções de batata-doce a parâmetros agronômicos e aspectos comerciais e culinárias. **Ciências Agrárias**, v. 11(1), 1990.

SOUZA, A. D.: Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a atributos agronômicos desejáveis. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24(4), p. 841-845, 2000.

SRISUWAN, S.; SIHACHAKR, D.; SILJAK-YAKOVLEV, S.: The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. **Plant Science**, v. 171(3), p. 424-433, 2006.

SRIVASTAVA, G.; MEHROTRA, R.C.; DILCHER, D.L.: Paleocene *Ipomoea* (Convolvaceae) from India with implications for an East Gondwana origin of Convolvulaceae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115(23), p. 6028-6033, 2018.

STATHERS, T.; LOW, J.; MWANGA, R.; CAREY, T.; MCEWAN, M.; DAVID, S.; GIBSON, R.; NAMANDA, S.; MCEWAN, M.; MALINGA, J.; ACKATIA-ARMAH, R.; BENJAMIN, M.; KATCHER, H.; BLAKENSHIP, J.; ANDRADE, M.; AGILI, S.; NJOKU, J.; SINDI, K.; MULONGO, G.; TUMWEGAMIRE, S.; NJOKU, A.; ABIDIN, E.; MBABU, A.; MKUMBIRA, J.; OGERO, K.; RAJENDRAN, S.; OKELLO, J.; BECHOFF, A.; NDYETABULA, D.; GRANT, F.; MARU, J.; MUNYUA, H.; MUDEGE, N.: **Everything You Ever Wanted to Know About Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Manual**. International Potato Center-Perú, 12 vols., 664 p, 2018.

STEFAN, V. H.; GILL, G. W.: **Skeletal Biology of the Ancient Rapanui (Easter Islanders)**. Editora Cambridge University Press, 334 p., 2016.

SUINAGA, F. A.; ARAUJO, T. A.; MALDONADE, I. R.; PINHEIRO, J. B.: **Resistência de genótipos de batata-doce a insetos broqueadores de raízes tuberosas**. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, p. 977-981, 2011.

SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry**, n. 156, p. 380-389, 2014.

TAKHTADZHIAN, A. L.; TAKHTAJAN, A.: **Diversity and classification of flowering plants**. Columbia University Press, 620 p., 1997.

TEOW, C. C.; TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON, R. L.; PECOTA, K. V.; YENCHO, G. C.: Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, n. 103, p. 829-838, 2007.

TERAVEST, D.; CARPENTER-BOGGS, L.; THIERFELDER, C.; REGANOLD, J. P.: Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and conventional tillage systems in Malawi. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 212, p. 285-296, 2015.

THORNE, R. F.: **A Phylogenetic Classification of the Angiospermae**. In: Evolutionary Biology, Editora Springer, Boston-MA, p. 35-106, 1976.

THORNE, R. F.: Proposed new realignments in the angiosperms. **Nordic Journal of Botany**, v. 3(1), p.85-117, 1983.

THORNE, R. F.; REVEAL, J. L.: An Updated Classification of the Class Magnoliopsida ("Angiospermae"). **The Botanical Review**, v. 73(2), p. 67-181, 2007.

THORNE, R.F.: Classification and geography of the flowering plants. **The Botanical Review**, v. 58(3), p. 225-327, 1992.

TROMP, M.; DUDGEON, J. V.: Differentiating dietary and non-dietary microfossils extracted from human dental calculus: the importance of sweet potato to ancient diet on Rapa Nui. **Journal of Archeological Science**, n. 54, p. 54-63, 2015.

TRUONG, V. D.; HU, Z.; THOMPSON, R.L.; YENCHO, G.C.; PECOTA, K.V.: Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 26, p. 96-103, 2012.

UGENT, D.; PETERSON, L.W.: **Archeological remains of potato and sweet potato in Peru**. Circular, International Potato Center-Peru, v. 16(3), 1988.

UNICAMP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS: **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO (4th.Ed.)**. UNICAMP, Centro de Estudos e Pesquisa de Alimentos – NEPA, Universidade Estadual de Campinas, 161 p., 2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE: **FoodData Central**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2020.

VIANA, D. J. S.; JÚNIOR, V. C. A.; RIBEIRO, K. G.; PINTO, N. A. V. D.; NEIVA, I. P.; FIQUEIREDO, J. A.; LEMOS, V. T.; PEDROSA, C.E.; AZEVEDO, A.M.: Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, v. 41(8), p. 1466-1471, 2011.

VIDIGAL, L.A.: Transculturalidades: redescobrimo as conexões ancestrais. **Revista Brasileira do Caribe**, v. 17(33), p. 17-35, 2016.

WILLIAMS, R.; SOARES, F.; PEREIRA, L.; BELO, B.; SOARES, A.; SETIAWAN, A.; BROWNE, M.; NESBITT H.; ERSKINE, W.: Sweet potato can contribute to both nutritional and food security in Timor-Leste. **Field Crops Research**, n. 146, p. 38-43, 2013.

WILSON, L. A.; LOWE, S.B.: The anatomy of the root system in West Indian sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars. **Annals of Botany**, v. 37(3), p. 633-643, 1973.

WOOLFE, J.A.: Sweet potato: an untapped food resource. **Cambridge University Press**, 622 p., 1992.

WUEHLER, S. E.; OUEDRAOGO, A. W.: Situational analysis of infant and young child nutrition policies and programmatic activities in Burkina Faso. **Maternal and Child Nutrition**, v. 7(1), p. 35-62, 2011.

XU, J.; SU, X.; LIM, S.; GRIFFIN, J.; CAREY, E.; KATZ, B.; TOMICH, J.; SMITH, J.S.; WANG, W.: Characterization and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. **Food Chemistry**, n. 186, p. 90-96, 2014.

YANG, J.; MOEINZADEH, M. H.; KUHL, H.; HELMUTH, J.; XIAO, P.; HAAS, S.; LIU, G.; ZHENG, J.; SUN, Z.; FAN, W.; DENG, G.; WANG, H.; HU, F.; ZHAO, S.; FERNIE, A. R.; BOERNO, S.; TIMMERMAN, B.; JHANG, P.; VINGRON, M.: Haplotype-resolved sweet potato genome traces back its hexaploidization history. **Nature Plants**, v. 3(9), p. 696-703, 2017.

YEN, D. E.: The New Zealand kumara or sweet potato. **Economic Botany**, v. 17(1), p. 31-45, 1963.

ZHOU, W.; YANG, J.; HONG, Y.; LIU, G.; ZHENG, J.; GU, Z.; ZHANG, P.: Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato. **Carbohydrate Polymers**, n. 122, p. 417-427, 2014.

ZHOU, Z.; SUN, H.: Wu Zhengyi and his contributions to plant taxonomy and phytogeography. **Plant Diversity**, v. 38(6), 2016.

## V - CAPÍTULO 3

### ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE PATENTES E PUBLICAÇÕES ENVOLVENDO BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L. LAM)

As informações fornecidas no terceiro capítulo da tese foram publicadas em:

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite, José Francisco dos Santos Silveira Júnior, Alicia de Francisco, Itaciara Larroza Nunes: **Capítulo 4 - Análise de Documentos de Patentes e Publicações Envolvendo Batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam)**. Em: *Avanços e Desafios da Nutrição* 3, p. 27-34. Atena Editora. Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. Ponta Grossa/PR, 2019. DOI: 10.22533/at.ed.4081924054

<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/05/E-BOOK-Avancos-e-Desafios-da-Nutricao.pdf>

## RESUMO

A produção mundial de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) foi, em 2016, superior a marca de 105 milhões de toneladas. Do total, 74,7% fora produzido pelo continente Asiático, este que também detêm a maior parcela consumidora deste tubérculo. A crescente demanda por batata-doce ampliou a exploração agrícola deste alimento no Brasil, sendo produzidas mais de 669 mil toneladas. Esta perspectiva positiva de crescimento do setor induz a sondagem de patentes envolvidas na utilização e beneficiamento da batata-doce, sob a ótica do desenvolvimento de novos produtos alimentícios empregando essa cultivar. Portanto, este trabalho teve por finalidade a busca por documentos de patente relacionados à batata-doce e sua aplicação em conjunto com artigos publicados com o mesmo tema. O levantamento de patentes foi realizado com informações disponíveis na plataforma especializada ESPACENET utilizando as palavras-chave 'sweet' acrescido do operador booleano 'and' e 'potato', 'Ipomoea batatas', 'sweetpotato' e códigos CPC A23L19/00, A23L19/10 e A23L19/12, e o levantamento de artigos foi feito na plataforma ScienceDirect®. Foram identificados e avaliados 122 documentos de patentes e 696 artigos, ambos relacionados com a palavra-chave 'sweetpotato'. Foi possível constatar que a pesquisa e aplicação tecnológica de batata-doce é um campo promissor para novos estudos, possibilitando publicação de novos artigos bem como novos depósitos de patentes.

**Palavras-Chave:** batata-doce; prospecção tecnológica; patente

## ABSTRACT

In 2016, the world production of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L. Lam.) was over 105 million tons. From overall, 74.7% had been producing by the Asian continent, which also holds the largest consuming portion of this tuber. The growing demand for sweet potatoes has boosted the agricultural production of this food in Brazil, producing more than 669 thousand tons. This positive outlook for the sector's growth induces the exploration of patents involved in the use and processing of sweet potatoes from the perspective of the development of new food products using this cultivar. Therefore, this work had the purpose of searching for patent documents related to sweet potatoes and its application in conjunction with articles published with the same theme. The patent search was carried out with information available on the specialized platform ESPACENET using the keywords 'sweet' plus the boolean operator 'and' with 'potato', 'Ipomoea batatas', 'sweet potato' and CPC codes A23L19/00, A23L19/10 and A23L19/12, and the survey of articles was done on the ScienceDirect® platform. A total of 122 patent documents and 696 articles were identified and evaluated, both related to the keyword 'sweet potato.' It was possible to verify that the research and technological application of sweet potatoes is a promising field for new studies, enabling the publication of new articles as well as new patent deposits.

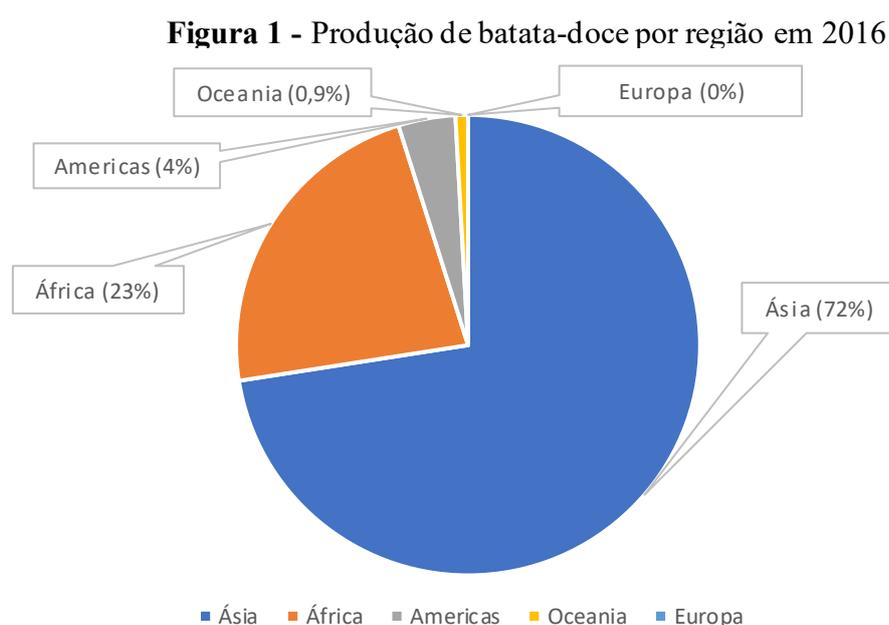
**Key-words:** sweet potato; technological prospecting; patent

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) é uma raiz tuberosa rica do ponto de vista nutricional, por conta de seu aporte de vitaminas e minerais, além de ser considerada fonte de fibras. Este é um alimento que está presente em diversas culturas e é consumido diariamente, além de ser cultivada e produzida por mais de 100 países em todo o mundo (DAFF, 2011; PRAKASH et al., 2018).

Dados atualizados pela Food and Agriculture Organization (FAO) indicam que, em 2016, a produção mundial de batata-doce superou a marca de 105 milhões de toneladas. Do total, 74,7% foi produzido pelo continente Asiático, 20,3% pelo continente Africano e 4,1% pelo continente Americano (FAO, 2018).

Os dados relativos à distribuição percentual da produção de batata-doce em 2016, subdividido por continentes, é ilustrado na Figura 1.



Fonte: FAOSTAT (2019).

No Brasil, os indicadores agrícolas disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no anuário da Produção Agrícola Municipal (PAM) informam que, em 2016, o país produziu 669.454 toneladas de batatas-doces, com um acréscimo de 12,3% em relação a produção de 2015 (IBGE, 2016). Quando avaliada a evolução no triênio 2014-2016,

é possível constatar que houve também o aumento dos resultados quanto a: quantidade produzida; área plantada/colhida e variação da produção de batata-doce.

Pode-se confirmar que o aumento da demanda consumidora por batatas-doces ampliou o cultivo e conseqüente produção deste tipo de alimento, o que oferece perspectivas positivas de crescimento do setor. Este cenário de expansão agrícola também está atrelado à condução de pesquisas agropecuárias que buscam o melhoramento genético de plantas de batata-doce, com o desenvolvimento de novos cultivares que apresentem melhor desempenho para cultivo, assim como valor nutricional satisfatório (EPAGRI, 2016).

Porém, o aumento da produção brasileira de batatas-doces enquanto tubérculo evidencia a falta de trabalhos que abordem seu beneficiamento. Este fato corrobora a baixa disponibilidade de produtos provenientes de batata-doce nas gôndolas dos centros de comércio varejista, bem como limitados componentes de formulação a partir desta matriz.

A relevância desta questão, atrelada ao aumento da demanda consumidora, estimula a necessidade de elaboração de novos projetos de pesquisa para o beneficiamento global da batata-doce.

Assim, uma das ferramentas utilizada para apoiar novos projetos sob o ponto de vista industrial, é a elaboração de um documento de prospecção de tecnologias e patentes. A prospecção tende a ser uma ferramenta indispensável para amparar a tomada de decisão quanto à escolha de processos e tecnologias, onde o principal propósito é contribuir com o delineamento racional de propostas de trabalho, permitindo validar hipóteses futuras e prognosticar cenários emergentes (MAYERHOFF, 2008).

É neste contexto que a atual prospecção tecnológica se insere. O objetivo é mapear novas e antigas concessões de patentes que envolvem tecnologia de beneficiamento de batata-doce, com o escopo de pesquisa delimitado por um período de tempo específico, com o intuito de antecipar possíveis tendências de utilização deste alimento.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O procedimento adotado para a realização da prospecção de patentes relacionadas com batata-doce seguiu, inicialmente, as etapas de: delimitação do objetivo da busca; definição das palavras-chave; determinação dos códigos relacionados ao *Cooperative Patent Classification* (CPC); escolha da base de dados; levantamento quantitativo de documentos e tratamento dos dados obtidos.

Dessa forma, a finalidade da busca foi identificar patentes relacionadas ao beneficiamento de batatas-doces. As palavras-chave selecionadas e utilizadas para a busca geral de patentes foram ‘sweet’ acrescido do operador booleano ‘and’ e ‘potato’, ‘Ipomoea batatas’ e ‘sweetpotato’.

Para a seleção dos códigos específicos atrelados ao CPC, foi determinada a busca relacionada com patentes da seção A (Necessidades Humanas), classe A23 (Alimentos Ou Produtos Alimentícios; Seu Beneficiamento, Não Abrangido Por Outras Classes) e sub-classe A23L (Alimentos, Produtos Alimentícios ou Bebidas Não Alcoólicas, Não Abrangidos Pelas Subclasses A21D Ou A23B-A23J; Seu Preparo Ou Tratamento, p. ex. Cozimento, Modificação das Qualidades Nutritivas, Tratamento Físico (Modelagem ou Processamento Não Totalmente Abrangidos Por Esta Subclasse A23P); Conservação De Alimentos Ou Produtos Alimentícios, em Geral (Conservação De Farinhas, Massa Para Cozimento A21D)), dos quais foram selecionados para este trabalho os códigos específicos: A23L19/00, A23L19/10 e A23L19/12.

A partir da delimitação prévia das palavras-chave e dos códigos CPC a serem utilizados, a busca por documentos focou em bases de dados internacionais que possam oferecer uma ampla medida quanto às patentes existentes no mundo. Assim, foi estabelecida a base de dados denominada *Espacenet*, a qual abrange mais de 100 milhões de documentos de patente em todo o mundo (ESPACENET, 2018). A busca por documentos de patentes abrangeu o período de tempo específico entre Janeiro/1937 a Maio/2018.

Paralelamente a busca por documentos de patentes, ocorreu também o levantamento da quantidade de artigos disponíveis referentes ao tema. A busca por artigos foi feita com filtro ‘por ano’, selecionando o período que compreende de Janeiro/1994 a Maio/2018. Esta busca foi feita com a utilização da principal palavra-chave ‘sweetpotato’. Para tanto, foi selecionada a plataforma científica online denominada ScienceDirect®, a qual é operada pela editora Elsevier, que pertence ao grupo RELX Goup (ELSEVIER, 2018).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 AVALIAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE PATENTES**

A etapa de pesquisa e levantamento de documentos de patente, realizada na plataforma *Espacenet*, foi feita por meio da utilização do campo denominado ‘busca avançada’, onde

houve, inicialmente, a pesquisa utilizando individualmente cada uma das palavras-chaves selecionadas e, em seguida, a combinação das palavras-chaves com os códigos específicos do CPC.

A Tabela 1 ilustra os dados obtidos proveniente da busca pelos documentos de patente.

**Tabela 1 - Resultado da busca no site Espacenet**

sweet and potato	Ipomoea batatas	sweetpotato	A23L19/00	A23L19/10	A23L19/12	Resultado Espacenet*
X						>10000
	X					238
		X				122
		X	X			2
		X		X		2
		X			X	0
	X		X			0
	X			X		0
	X				X	0

\*Número de documentos identificados.

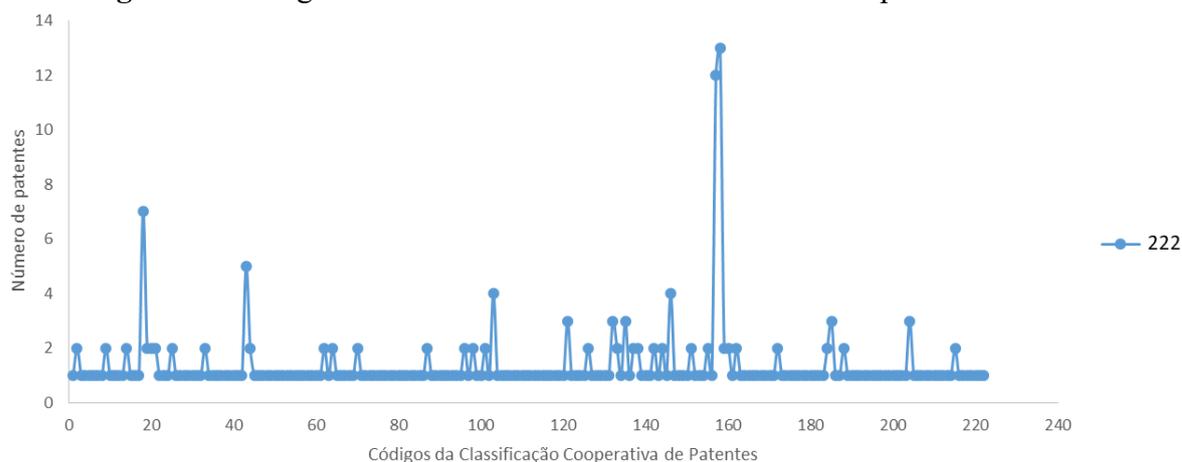
De acordo com os dados obtidos, a pesquisa utilizando os termos ‘sweet’ ‘and’ e ‘potato’ listou mais de 10 mil documentos relativos, tornando esta avaliação inviável. A observação deste alto número de documentos pode estar correlacionada com diversas patentes aleatórias, as quais podem, provavelmente, fugir do âmbito de batatas-doces, uma vez que o levantamento realizado pelo site pode apontar documentos envolvidos com as palavras ‘sweet’ e ‘potato’ de modo isolado, e não estar necessariamente relacionados com o tubérculo.

Já a pesquisa utilizando o termo ‘Ipomoea batatas’ revelou 238 patentes relacionadas, sendo essa ainda uma quantidade muito alta de documentos a serem analisados.

Desse modo, o termo ‘sweetpotato’ indicou 122 documentos, sendo essa uma quantidade ainda alta de patentes, porém, uma vez que o termo ‘sweetpotato’ está diretamente relacionado com as batatas-doces enquanto cultivar e tubérculo, foi conveniente a realização de uma avaliação minuciosa no conteúdo disponível destes documentos.

Destaca-se o fato de que, quando a busca foi feita com a utilização dos termos em conjunto com os códigos CPC, foram apontados apenas 2 documentos para: ‘sweetpotato’+A23L19/00 e ‘sweetpotato’+A23L19/10.

Assim, após a definição de avaliação dos 122 documentos relacionados com a palavra-chave ‘sweetpotato’, foi realizada a análise detalhada dos códigos CPC atrelados a estes documentos. A Figura 2 exibe os códigos CPC observados, os quais estavam presentes na descrição das 122 patentes avaliadas.

**Figura 2** - Códigos CPC correlacionados aos documentos de patente avaliados

Os dados ilustrados na Figura 2 mostram que houve a identificação de 222 códigos CPC análogos aos 122 documentos de patentes analisados.

É possível perceber que há um pico na descrição geral dos códigos das patentes, o qual está relacionado com o código A01H5/00. Este código em específico agrupa as patentes envolvidas com a proteção de “Angiospermas, i.e. plantas frutíferas, caracterizadas por suas partes de plantas; Angiospermas caracterizadas por modo diverso de sua taxonomia botânica” (INPI, 2018).

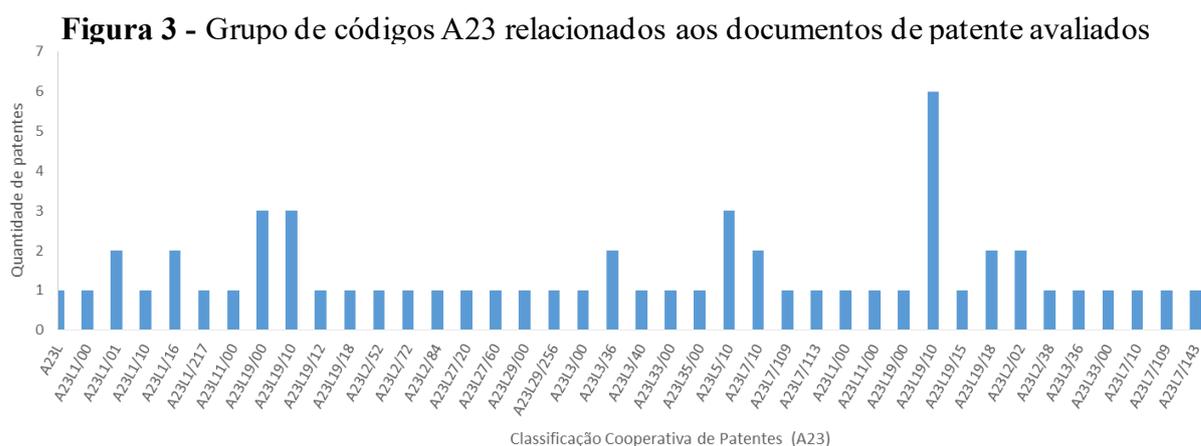
Esta informação revela como é alta quantidade de patentes relacionadas com a proteção de cultivares de batata-doce enquanto semente para plantio. É possível indagar que, possivelmente, grupos de pesquisa relacionados a bancos de germoplasma, ou ainda pesquisadores pertinentes a grande área da agricultura, possam estar envolvidos com a pesquisa para desenvolvimento e obtenção de novas cultivares com características agrônômicas distintas para cultivo em diferentes países, ocasionando assim na indispensabilidade de proteção e patenteamento de novas cultivares.

Houve também a identificação de diversos documentos de patentes relacionados com código da seção C (Química; Metalurgia), principalmente a classe C12, envolvendo: “Bioquímica; Cerveja; Álcool; Vinho; Vinagre; Microbiologia; Enzimologia; Engenharia Genética Ou De Mutação” (INPI, 2018).

Possivelmente, a grande parte destas patentes esteja relacionada com bebidas alcoólicas, uma vez que a batata-doce é um alimento apto à fermentação e obtenção de álcool.

Destaca-se que o continente Asiático é grande consumidor de bebidas alcoólicas destiladas a base de batata-doce, principalmente o Japão, onde o expoente fica por conta da produção da bebida denominada ‘*Shochu*’ (TAKAMINE, SAMESHIMA, 2008; SATO et al., 2018).

Ainda dentre os 222 códigos de CPC previamente examinados, foi realizado o agrupamento dos códigos que apresentem relação com o beneficiamento de produtos alimentícios. A Figura 3 ilustra os códigos agrupados a partir da classe A23.



Desse modo, foram agrupados 40 códigos referentes a classe A23, todos relacionados com a subclasse A23L. Destaca-se que, apenas 18,02% da totalidade dos códigos avaliados estavam relacionados com procedimentos de beneficiamento das batatas-doces (A23L), previamente designado pelo escopo da pesquisa.

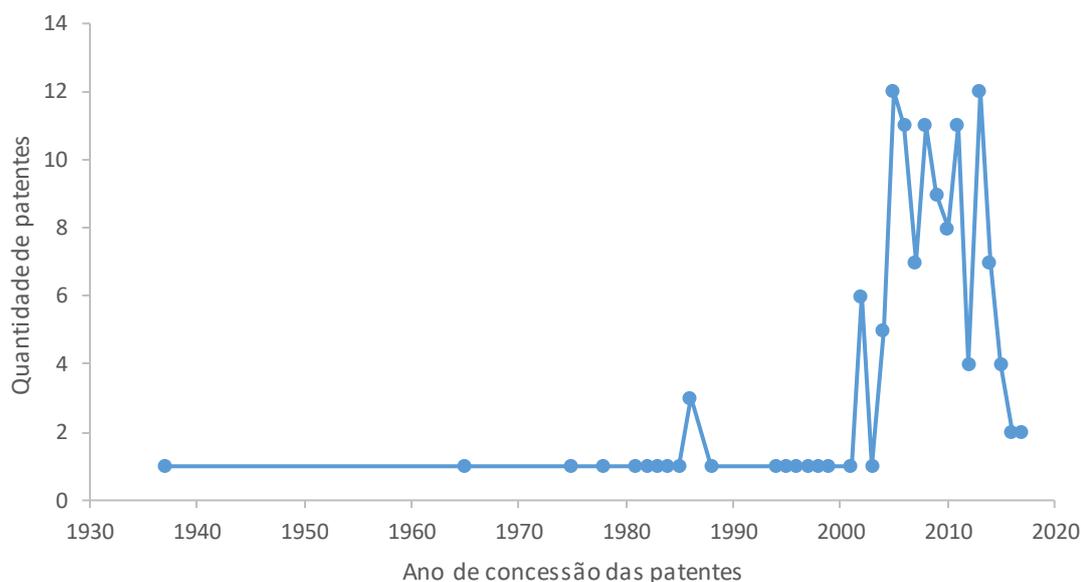
Dias e Russo (2016), realizaram uma prospecção tecnológica na base de dados *Patentoscope*, e, para tanto, empregaram palavras-chave relacionadas a batata-doce, os quais verificaram que o código de maior ocorrência foi justamente A23L, identificado em 44,31% dos documentos avaliados. Destaca-se que os resultados obtidos na presente prospecção são menores do que o reportado por estes autores, porém, houveram certas diferenças quanto a utilização da base de dados para a busca dos documentos, bem como das palavras-chave utilizadas.

Fica evidente o baixo número de patentes avaliadas que apresentam códigos CPC relacionados ao beneficiamento e processamento industrial de batata-doce. Esta observação é condizente com o resultado apresentado anteriormente na Tabela 1, o qual foi obtido ainda na etapa de levantamento dos documentos de patentes, em que a busca realizada com a palavra-chave + código CPC resultou na indicação pelo site da presenta de apenas 2 documentos.

Isto pode estar correlacionado com o fato de que, na avaliação dos 122 documentos, o código A23 encontrava-se, na maior parte, como código secundário ou terciário, e não como código principal do documento.

Após as avaliações dos códigos CPC, realizou-se a determinação da evolução dos pedidos de patentes relativos à batata-doce ao longo dos anos. A Figura 4 ilustra as patentes em função do ano de concessão.

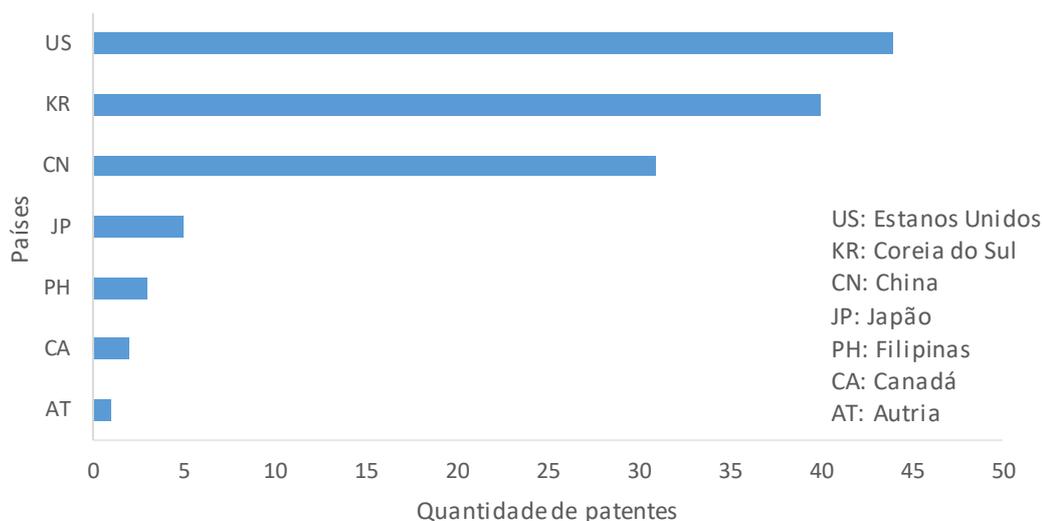
**Figura 4 - Evolução dos pedidos de patentes ao longo dos anos**



A Figura 4 revela que o primeiro pedido de patente relacionado com batata-doce ocorreu no ano de 1937. Este documento em específico foi uma patente concedida para duas pessoas, da qual tem por título ‘Sweetpotato Sirup’ (‘xarope de batata-doce’), depositada nos Estados Unidos (EUA), porém, sem resumo disponível.

É possível identificar que, a partir dos anos 2000, houve um grande aumento nos números de patentes relacionadas com batata-doce. Nos anos de 2005 e 2013 ocorreram o maior número de concessões de patentes, indicando que o aumento do interesse da proteção e utilização de batata-doce ocorreu nos últimos 20 anos.

Isto posto, foi realizado também o levantamento das informações relacionadas com os países detentores das patentes listadas nos 122 documentos previamente analisados, com objetivo de identificar os principais países relacionados com a utilização da batata-doce. A Figura 5 ilustra os países detentores das patentes e o número de documentos vinculados.

**Figura 5** - Quantidade de documentos de patentes vinculados aos respectivos países

A Figura 5 indica que os EUA detêm o maior número de patentes dentre os 122 documentos analisados nesta pesquisa com 44 documentos, os quais representam 36,06% do total. Na sequência figura a Coreia do Sul, com 40 documentos de patentes representando 32,8%, e, em seguida, está a China, detentora de 31 documentos relativos a 25,5% do total.

Esta consideração é intrigante, uma vez que a China é o maior produtor de batata-doce do mundo, ainda que considerado os dados de produção entre 1999 e 2016 (FAO, 2018), período este que condiz com o aumento de concessão patentes. Destaca-se também a divergência observada em função de resultados publicados por trabalho prévio (DIAS, RUSSO, 2016).

Neste ponto, é necessário considerar que a base de dados utilizada para a busca por documentos de patentes pode estar relacionada com a divergência das informações observadas. Neste sentido, certas bases de dados podem deter documentos de patentes em que outras bases não dispõem dos mesmos documentos. Assim, o levantamento de documentos de patentes em uma única base de dados pode não refletir a totalidade das informações.

### 3.2 AVALIAÇÃO DOS ARTIGOS PUBLICADOS EM PLATAFORMA CIENTÍFICA

O levantamento de artigos disponibilizados na plataforma científica “ScienceDirect®” foi realizado por meio da utilização da principal palavra-chave ‘sweetpotato’, sendo a mesma selecionada para a busca de documentos de patente, o que resultou em 788 documentos disponíveis.

Porém, quando selecionada a ferramenta de filtro com o quesito ‘por ano’, selecionando os anos compreendidos entre 1994 a 2018, estão disponíveis apenas 696 documentos.

Para melhor visualização deste resultado, a Tabela 2 ilustra os diferentes tipos de documentos e artigos indicados pela plataforma, os quais estão relacionados com a palavra-chave ‘sweetpotato’.

**Tabela 2** - Documentos e artigos disponíveis na plataforma ScienceDirect® entre os anos 1994-2018

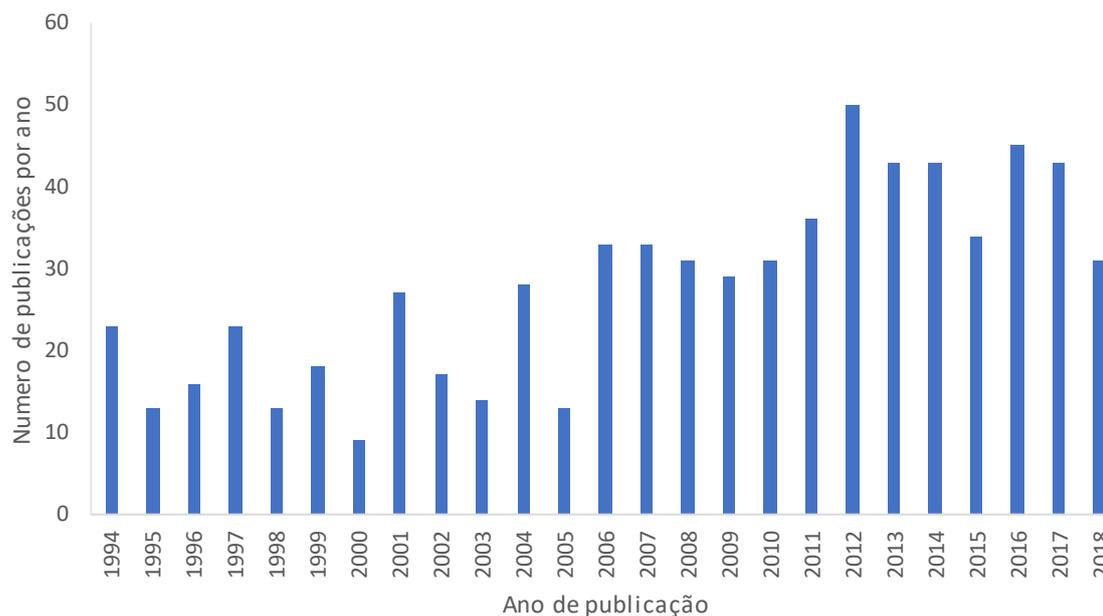
<b>Tipos de artigos</b>	<b>Sem filtro</b>	<b>Filtro por ano</b>
Artigos de revisão	48	45
Artigos de pesquisa	513	455
Enciclopédia	8	8
Capítulos de livros	73	58
Resumos de conferência	11	8
Resenhas de livros	1	1
Correspondência	1	1
Editoriais	2	2
Errata	3	3
Mini revisão	3	1
Notícia	2	1
Revisão de produto	1	1
Comunicação breve	22	19
Outros	100	93
Total	788	696

Essa diferença no número de documentos é heterogênea do ponto de vista das categorias dos artigos. Com a utilização de filtro ‘por ano’, ocorre a queda do número de documentos relacionados a: Artigos de revisão; Artigos de pesquisa; Capítulos de livros; Resumos de conferência; Mini revisão; Notícia; Comunicação breve; Outros. Ao considerar os resultados observados com uso de filtro, destaca-se que a principal linha de artigos publicados com batata-doce está relacionada à “Artigos de pesquisa”, com a ocorrência de 455 artigos, seguido de 58 capítulos de livro que abordam a batata-doce como tema.

Foram observados também 93 publicações reunidas no campo ‘Outros’, porém, a plataforma ScienceDirect® não especifica quais são as diferenças nestes tipos de publicação para alocação neste conjunto.

Assim, entre os anos utilizados para filtrar a pesquisa de publicações com a batata-doce, houve uma evolução no número total de publicações para cada ano em específico. A Figura 6 ilustra o montante de publicações sobre batata-doce agrupadas por ano.

**Figura 6 -** Evolução no número de publicações por ano entre 1994-2018 relacionados a batata-doce



É possível perceber que o ano de maior ocorrência relativo a publicações foi o ano de 2012, com 50 trabalhos, seguido do ano de 2016 com a publicação de 45 trabalhos. O período entre os anos de 2012 a 2018 agrupam o maior número de publicações do período avaliado.

Cabe destacar que houve também um acréscimo no número geral de publicações quando considerado os últimos 20 anos. Esta avaliação corrobora a mesma informação obtida quanto a avaliação do aumento, nos últimos 20 anos, em relação ao número de depósitos de patentes com batatas-doces.

Desse modo, é possível constatar que houve o aumento no interesse de pesquisa e utilização deste tubérculo nos últimos 20 anos, quando considerado o incremento simultâneo das publicações de artigos e dos documentos de patentes, ilustrados nas Figuras 4 e 6.

#### 4 CONCLUSÃO

Ao longo do período de tempo estipulado para realização da pesquisa, foi possível constatar que, nos últimos 20 anos, houve um crescimento tanto no número de depósitos de patentes quanto no número de publicações relacionados a batata-doce.

Cabe salientar que os documentos identificados estão de acordo como período de tempo delimitado no escopo desta prospecção. Neste sentido, é muito provável que, a cada dia

que passa, novas publicações e pedidos de patentes possam ser protocolados e concedidos, o que torna a prospecção de patentes um trabalho contínuo, com a finalidade de: i-) atualizar as informações acerca de patentes e publicações envolvendo batata-doce; e ii-) ampliar a concepção de utilização da batata-doce com intuito de buscar a promoção de novas publicações e pedidos de patentes.

Foi possível constatar, pela avaliação dos documentos de patentes encontrados por meio desta prospecção tecnológica, que a utilização de batatas-doces é um setor do agronegócio em está em franca expansão. Os Estados Unidos, a Coréia do Sul e a China são os principais países exploradores de tecnologias envolvendo patentes com batata-doce, porém, o maior produtor deste tubérculo continua sendo a China.

Foram observados diversos códigos relacionados ao *Cooperative Patent Classification* nos documentos avaliados, revelando que a maior ocorrência se deu para o código A01H5/00.

Com relação a busca por artigos, contata-se que a principal linha de publicação se insere em “Artigos de pesquisa”, indicando a utilização da batata-doce enquanto objeto de estudo, onde o ano de 2012 aparece como o expoente com 50 estudos publicados. Vale dizer que o crescimento de publicações coincide com o aumento no número de concessão de patente.

Conclui-se que a área de pesquisa e aplicação tecnológica de batatas-doces é um campo promissor para diversos estudos o que permite a publicação de novos artigos, bem como o emprego de tecnologias associadas possibilitando assim novos depósitos de patentes.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e apoio à pesquisa (Código de Processo 141974/2019-2).

## REFERÊNCIAS

DAFF – DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FORESTRY & FISHERIES: **Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) production**. The Republic of South Africa, Department Of Agriculture, Forestry & Fisheries – Plant Production, 28 p., 2011. Disponível em: [http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG\\_SweetPotato.pdf](http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG_SweetPotato.pdf).

DIAS, C. T.; RUSSO, S. L.: **Estudo da batata-doce utilizando mapeamento de prospecção tecnológica**. Anais do II Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agromercado, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de Caxias do Sul/RS, 2016. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/IIsimposioinovacaoagromercado/simposioinovacaoagromercado/ucs/paper/viewFile/4622/1481>.

ELSEVIER: **ScienceDirect®**. Elsevier, RELX Group™, 2018. Disponível em: <https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect>.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA: **Epagri 40 anos de pesquisa agropecuária em Santa Catarina**. Epagri, 126p., 2016.

ESPAENET: **Espacenet Patent Search**. European Patent Office – EPO, 2018. Disponível em: <https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html#tab-1>.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS: **FAOSTAT: Statistical databases**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: **Produção Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro, v. 43, 64 p., 2016. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2016\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf).

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL: **Classificação de patentes**. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/b/?notion=scheme&version=20190101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>. Acesso: 28/05/2018.

MAYERHOFF, Z. D.: Uma Análise Sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 1, n. 1 p. 7 – 9, 2008.

SATO, Y.; HAN, J.; FUKUDA, H.; MIKAMI, S.: Enhancing monoterpene alcohols in sweet potato shochu using the diglycoside-specific  $\beta$ -glucosidase. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 125, issue 2, p. 218-223, 2018.

PRAKASH, P.; KISHORE, P.; JAGANATHAN, D.; IMMANUAL, S.; SIVAKUMAR, P. S.: **The Status, Performance and Impact of sweet potato cultivation on farming communities of Odisha, India**. In: 2018 Conference, July 28-August 2, 2018, Vancouver, British Columbia. International Association of Agricultural Economists, 2018.

TAKAMINE, K.; SAMESHIMA, Y.: The contribution factor for flavor of sweet potato shochu. **Journal of the Brewing Society of Japan**, v. 103, n.8, p. 601-606, 2008.

## VI - CAPÍTULO 4

### CARACTERIZAÇÃO E TRIAGEM DE CULTIVARES E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE

As informações fornecidas no quarto capítulo da tese foram publicadas em:

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite, Brunna de Kácia Ferreira Souza, Candida Elisa Manfio, Gerson Henrique Wamser, Daniel Pedrosa Alves, Alicia de Francisco. Sweet potato new varieties screening based on morphology, pulp color, proximal composition, and total dietary fiber content via factor analysis and principal component analysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. DOI 10.3389/fpls.2022.852709.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.852709/full>

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite, Bruno L. Ferreira, Laercio G. Maciel, Gerson L. Teixeira, Candida E. Manfio, Gerson H. Wamser, Daniel P. Alves, Alicia de Francisco. Solvent screening on purple-fleshed sweet potato bioactive compounds extraction. **Anais do III Simpósio de Batata-Doce**, 14 de setembro a 07 de outubro de 2021, Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

## RESUMO

Foi avaliado um conjunto amostral de dezoito batatas-doces (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) segmentadas em seis cultivares registradas e doze novas variedades. As 142 raízes tuberosas foram obtidas de um banco de germoplasma de batata-doce (BAG-batata-doce; -27.417713768824555, -49.64874168439556), de plantas pertencentes a um programa de melhoramento de batata-doce. Todas as amostras foram caracterizadas quanto à morfologia, cor instrumental da polpa, composição centesimal e fibra alimentar total. Os resultados analíticos foram submetidos a testes estatísticos paramétricos e não paramétricos para comparação dos dados de variância amostral. Além disso, a triagem das cultivares e novas variedades foi realizada por meio de análise estatística exploratória, Análise Fatorial e Análise de Componentes Principais. Das dezesseis variáveis independentes que caracterizaram as amostras, a Análise Fatorial exploratória identificou treze que apresentaram comunalidade superior a 0,7, com 92,08% de assertividade. A Análise de Componentes Principais gerou 4 componentes principais capazes de responder por 84,01% da variância explicativa. Assim, dentre as seis cultivares registradas SCS372 Marina e SCS370 Luiza apresentaram capacidade de serem empregadas como cultivares para produção. Entre as doze novas variedades de batata-doce, as amostras 17025-13, 17125-10 e 17117 atenderam aos requisitos de patente e registro. Esses resultados serão úteis para os agricultores que desejam utilizar essas batatas-doces no desenvolvimento de suas lavouras.

**Palavras-chave:** batata-doce, nova variedade de cultura, fibra alimentar total, análise fatorial, análise de componentes principais.

## ABSTRACT

A sample set of eighteen sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) segmented into six registered cultivars and twelve new varieties were evaluated. The 142 tuberous roots were obtained from a sweet potato germplasm bank (BAG-sweet potato; -27.417713768824555, -49.64874168439556), from plants belonging to a sweet potato breeding program. All samples were characterized according to their morphology, instrumental pulp color, proximate composition and total dietary fiber. The analytical results were submitted to parametric and non-parametric statistical tests for sample variance data comparison. Moreover, the screening of the cultivars and new varieties was performed by exploratory statistical analysis, Factor Analysis and Principal Component Analysis. From the sixteen independent variables that characterized the samples, the exploratory Factor Analysis identified thirteen that had a communality greater than 0.7, with 92.08% of assertiveness. The Principal Component Analysis generated 4 principal components able to account for 84.01% of the explanatory variance. So, among the six registered cultivars SCS372 Marina and SCS370 Luiza showed the capability to be employed as cultivars for production. Among the twelve sweet potato new varieties, samples 17025-13, 17125-10, and 17117 met the requirements for patent and registration. These results will be useful to farmers who wish to use these sweet potatoes in the development of their crops.

**Keywords:** sweet potato, new crop variety, total dietary fiber, factor analysis, principal component analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma raiz tuberosa conhecida mundialmente como uma valiosa cultura alimentar. A planta pertence à família Convolvulaceae, e é o único espécime entre seus pares do gênero *Ipomoea* capaz de produzir raízes tuberosas que são consumidas como alimento básico e empregadas como matéria-prima industrial em muitos processos (MEIRA et al., 2012; MU et al., 2017; SINGH, 2019).

A batata-doce é uma cultura alimentar importante para a segurança alimentar dos habitantes de países tropicais e subtropicais. O consumo de suas raízes tuberosas, assim como das folhas da planta, pode auxiliar na mitigação dos impactos negativos à saúde causados pela alta incidência de desnutrição, principalmente entre mulheres, gestantes e crianças (WADL et al., 2018; AMAGLOH et al., 2021; GASURA et al., 2021). Vários estudos relatam os efeitos benéficos que os componentes da batata-doce podem ter no metabolismo humano, como anti-inflamatório (CHEN et al., 2019), anticancerígeno (LI, MU, DENG, 2013; MOHANRAJ, SIVASANKAR, 2014; SUGATA, LIN, SHIH, 2015), efeitos antidiabéticos (DUTTA, 2015; YUAN et al., 2017) e antiobesidade (JU et al., 2011, Kim et al., 2020). Notavelmente, o consumo de batata-doce de polpa alaranjada está relacionado ao aumento de vitamina A no organismo (VAN JAARSVELD et al., 2005; LOW et al., 2007). Assim, os pesquisadores recomendam o consumo diário de batata-doce para estimular os efeitos benéficos à saúde (WANG, NIE, ZHU, 2016; ALAM, 2021; AMAGLOH et al., 2021).

A maioria das variedades de batata-doce tem um teor de umidade de 60% a 80%. Assim, os sólidos totais correspondem a 20% - 40% da composição total (ROSE, VASANTHAKAALAM, 2011; JÚNIOR et al., 2012; RUTTARATTANAMONGKOL et al., 2016; SUN et al., 2017; HEO et al., 2021). A composição média da polpa inclui: 43,5% de amido total, 2% de proteína, 0,4% de lipídios, 4,4% de cinzas e 49,7% de fibra alimentar total (MU, SINGH, 2019). Além disso, as cultivares de batata-doce conhecidas como variedades de polpa colorida possuem em sua composição compostos bioativos como: ácidos fenólicos, antocianinas e carotenóides (ALAM, 2021).

Os dados agrícolas disponibilizados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) indicam que, em 2019, a batata-doce foi produzida em 109 países, destacando-se a China (continental) como o maior produtor com uma colheita superior a 51 milhões de toneladas de raízes tuberosas. Entre os principais produtores de batata-doce em 2019 estão os países que compõem os continentes africano e asiático, além dos Estados Unidos da América (FAOSTAT, 2021).

Algumas características da cultura, como destaque econômico, alto rendimento e qualidade nutricional das raízes tuberosas, sugerem novas pesquisas para melhoramento genético de plantas (GASURA et al., 2021). Além disso, os programas de melhoramento genético da batata-doce visam fornecer novas variedades de plantas para os agricultores, consumidores e indústria com características únicas para atender às demandas características de cada setor (GRÜNEBERG et al., 2015; MU et al., 2017; LOW et al., 2020; CARTABIANO, PORCU, DE CASAS, 2020).

Em sua extensa revisão, Katayama et al. (2017) destacaram várias questões que os programas de melhoramento genético de batata-doce enfrentam, como a obtenção de novas variedades de plantas que proporcionem maior rendimento de produção, boas características morfológicas, resistência à seca e às mudanças climáticas, adaptação ao manejo do plantio direto e resistência a pragas que afetam a colheita e os tubérculos armazenados. Em relação à composição estrutural e nutricional, as raízes tuberosas devem apresentar qualidade morfológica, maior teor de nutrientes, fibra alimentar total, amido e compostos bioativos (TANAKA et al., 2017).

Se o produtor agrícola não investir no cultivo de novas variedades de batata-doce, tanto os consumidores quanto a indústria alimentícia não encontrarão as raízes tuberosas produzidas por plantas de melhor qualidade (FEDERIZZI et al., 2012). Portanto, estudos que visem avaliar as diferentes demandas exigidas pelos agentes que trabalham com batata-doce são essenciais. Isso é crucial para apoiar um plano de ação conjunto para melhorar as colheitas futuras (DE JONGE, SALAZAR, VISSER, 2021).

Em geral, os agricultores têm dificuldades de acesso a publicações científicas e informações que possam corroborar a qualidade das novas variedades de plantas alimentícias oriundas de programas de melhoramento genético. Comunicações científicas que destacam pesquisas baseadas nas diferentes demandas do setor produtivo agrícola podem mitigar essa lacuna (QAIM, 2020). Os relatórios de pesquisa publicados devem ter como objetivo fornecer suporte para a tomada de decisão dos produtores em relação às vantagens de estabelecer culturas de batata-doce com base no uso de novas variedades de plantas (KATAYAMA et al., 2017; SINGH, SINGH, SINGH, 2021).

Da mesma forma, os consumidores de batata-doce têm exigências particulares quanto à qualidade nutricional das raízes, associadas à forma e aparência. Além disso, consumidores exigentes em nutrição também estão cientes de que a batata-doce de polpa colorida, principalmente a batata-doce de polpa alaranjada e roxa, possui compostos bioativos em sua composição

que são benéficos à sua saúde (TRUONG et al., 2018; RICACHENEVSKY et al., 2019; LOW et al., 2020; MWANGA et al., 2021).

Portanto, o objetivo deste estudo foi fornecer informações para apoiar a decisão do agricultor de investir na produção agrícola de novas variedades de batata-doce. O objetivo principal foi avaliar a qualidade morfológica, diferenças de cor da polpa, composição centesimal e teor total de fibra alimentar em cultivares patenteadas e novas variedades de batata-doce obtidas por um programa de melhoramento genético de plantas. Os resultados analíticos serão usados para triagem entre as culturas de batata-doce.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 COLETA DE AMOSTRAS**

As cultivares registradas e as novas variedades de batata-doce da safra 2020 foram desenvolvidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural – Estação Experimental de Ituporanga, Santa Catarina, Brasil. As raízes tuberosas foram coletadas do Banco Ativo de Germoplasma de Batata Doce (BAG-batata-doce: -27.417713768824555; -49.64874168439556).

De 140 plantas de batatas-doce cultivadas no banco de germoplasma, foram coletadas 18 amostras subdivididas em 6 cultivares registradas e 12 novas variedades de destaque. As batatas-doces adquiridas foram colhidas aleatoriamente para evitar viés. Três plantas de cada cultivar foram selecionadas do campo de crescimento, e as raízes tuberosas produzidas por cada planta foram utilizadas para o estudo.

A Tabela 1 mostra o número amostral, nomes e quantidade de raízes tuberosas avaliadas por amostra. Pode-se observar que todas as plantas não produziram o mesmo número de raízes, o que pode estar relacionado a fatores genéticos e ambientais.

**Tabela 1** - Amostras registradas e novas variedades de batatas-doce

Numero	Nome	Raízes Analisadas por amostra	Código de registro
1	SCS367 Favorita	18	27465*
2	SCS368 Ituporanga	11	27464*
3	SCS369 Águas Negras	9	27463*
4	SCS370 Luiza	13	32952*
5	SCS371 Katiy	10	32953*
6	SCS372 Marina	9	32954*
7	Darci	6	Nova variedade
8	Leandro	3	Nova variedade
9	17007-15	8	Nova variedade
10	17025-13	9	Nova variedade
11	17082-8	6	Nova variedade
12	17092-9	5	Nova variedade
13	17105-20	7	Nova variedade
14	17107-18	5	Nova variedade
15	17125-10	5	Nova variedade
16	17052	6	Nova variedade
17	17117	7	Nova variedade
18	17162	5	Nova variedade

\*Batata-doce registrada no Cadastro Nacional de Cultivares, da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil.

## 2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

Amostras de batata-doce foram coletadas e acondicionadas em papel kraft unitário antes de serem transportadas para o Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, Brasil). As raízes tuberosas foram limpas e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) e enxaguadas em água destilada seguida de secagem noturna em temperatura ambiente. Algumas raízes tuberosas de cada amostra foram analisadas a fresco, e outras foram embaladas a vácuo com embalagem de Nylon-Poli em relevo seguida de armazenamento em freezer a temperatura de -20 °C.

### 2.2.1 Liofilização da polpa

Para análises específicas com raízes tuberosas em base seca, as amostras a -20 °C foram rapidamente transferidas para um ultracongelador (Nuair Glacier Blue) e armazenadas a -55 °C. Essas amostras foram descascadas e a polpa foi liofilizada a vácuo por 48 horas (Terroni LS3000D) no Laboratório Multiusuário de Estudos Biológicos (LAMEB, Brasil). Após a

liofilização, a polpa seca foi finamente moída em moinho de martelos, acondicionada em tubos falcon e armazenada em dessecador à temperatura ambiente.

### 2.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA

A morfologia foi avaliada de acordo com o protocolo estabelecido pela Companhia de Armazéns e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, Brasil). As raízes tuberosas foram examinadas de acordo com as características morfológicas, a cor visual da pele primária e secundária, peso (g), comprimento (cm) e largura (cm). O peso foi obtido em balança semi-analítica Marte A1600 ( $\pm < 0,01$ g), e o comprimento e a largura foram avaliados com um paquímetro Digimess Inox Harddened (Codeagro, 2014). Os descritores morfológicos das raízes tuberosas estão de acordo com Huaman (1991).

### 2.4 COR INSTRUMENTAL

A avaliação instrumental da cor foi realizada em amostras frescas usando um colorímetro portátil Minolta CR-400 (fonte de luz D65). Foram obtidos os seguintes parâmetros: L\* (Luminosidade; 0 preto e 100 branco), a\* (+a\*=vermelho; -a\*=verde) e b\* (+b\*=amarelo; -b\*=azul). Os fatores C\* (saturação) e h° (ângulo de matiz) foram obtidos com as equações 1 e 2, conforme recomendado por Konica Minolta (1994). Todos os resultados instrumentais de cor foram avaliados e interpretados usando o sistema CIELAB (CAIVANO, BUERA, 2016).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

### 2.5 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

#### 2.5.1 Umidade

Inicialmente, amostras de polpa fresca foram fragmentadas e submetidas à técnica de split para formar o conjunto amostral. A análise foi realizada de acordo com o método AOAC 934.01 (AOAC, 2005). As amostras foram trituradas em 5 g e colocadas em cadinho pesado

previamente seco em estufa. Os cadinhos com as amostras foram submetidos à secagem a 105°C até peso constante. Em seguida, as amostras foram removidas, pesadas e a porcentagem de umidade foi determinada.

### **2.5.2 Atividade de água**

A atividade de água ( $A_w$ ) foi avaliada em amostras frescas utilizando o equipamento Aqualab 4TE Decagon® que analisa o ponto de orvalho em espelho resfriado. O ponto de pressão de vapor da amostra fresca entra em equilíbrio com o ar em uma câmara fechada que contém um espelho. A detecção é resultado da condensação da água no espelho. Uma vez em equilíbrio, a umidade relativa do ar na câmara é igual à atividade de água na amostra.

### **2.5.3 Resíduo mineral fixo**

A determinação do resíduo mineral fixo (cinzas) foi realizada de acordo com o método AOAC 930.05 (AOAC, 2005). Cadinhos de alumínio previamente tarados e pesados contendo 5 g de amostra foram colocados em mufla a 550 °C por 6 h, até a completa incineração. Em seguida, os cadinhos foram resfriados em dessecador, pesados em balança analítica e determinado o teor de resíduo mineral fixo.

### **2.5.4 Proteínas totais**

A análise da proteína total foi realizada de acordo com a técnica de Kjeldahl descrita pelo método AOAC 978.04 (AOAC, 2005), com alguns ajustes. Uma porção de 5 g das amostras liofilizadas foi adicionada em um tubo digestor Kjeldahl seguido de 2,5 g de sulfato de cobre e sulfato de sódio (1:10) e 20 ml de ácido sulfúrico. O tubo em branco não continha uma amostra de batata-doce liofilizada. A solução foi aquecida a 180°C por 2 horas e até 400°C por cerca de 3 horas até a digestão completa. A destilação ocorreu com 25 ml de NaOH a 50%, e o produto destilado foi coletado em um Erlenmeyer contendo 50 ml de solução de ácido bórico a 4%. A titulação foi realizada com ácido clorídrico 0,1 N e as proteínas totais foram determinadas.

### 2.5.5 Lipídios totais

A determinação de lipídios totais com equipamento Soxhlet foi realizada com modificações pelo método AOAC 930.9 (AOAC, 2005) com modificações. Uma amostra de 5 g da amostra liofilizada foi colocada em papel filtro amarrado com fio de lã desengordurado, transferido para um cartucho de celulose e armazenado na vidraria do equipamento. Um frasco de fundo chato foi pré-aquecido por 60 min a 105°C, resfriado em dessecador e tarado. Em seguida, 160 ml de hexano foram adicionados ao frasco. O balão foi conectado ao equipamento e aquecido por 6h para extração lipídica. Em seguida, os frascos de fundo chato contendo os lipídios foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica. Os lipídios totais foram determinados de acordo com o método.

### 2.5.6 Carboidratos totais

A avaliação do teor de carboidratos totais nas amostras foi realizada pela diferença entre 100 (porcentagem total de substâncias presentes na amostra) e a soma das frações do teor obtidas para os parâmetros: umidade, cinzas, proteínas totais e lipídios totais.

## 2.6 FIBRA DIETÉTICA TOTAL

A análise da fibra total foi realizada por meio de um kit enzimático fornecido pela Megazyme®, conforme o método 32-05.01 descrito pela American Association of Cereal Chemists - AACC (AACC, 2010), com alguns ajustes. Amostras de 1 g foram cuidadosamente pesadas em tubos falcon, com a adição de 50 µl de tampão fosfato 0,08 M (pH 6,0), 50 µl de  $\alpha$ -amilase (Enzyme Commission Number (EC), 3.2.1.1) e colocadas em banho-maria a 100 °C por 15 minutos com agitação contínua. Os tubos foram removidos e resfriados em banho de gelo seguido da adição de 100 µl de Protease (EC, 3.4.21.62) e colocados novamente em banho quente a 60°C por 30 minutos com agitação constante. Em seguida, foram adicionados 200 µl de amiloglicosidase (EC 3.2.1.3), seguido de um banho de água a 60°C com agitação. Em cada amostra foram adicionados 225 mL de etanol 95% pré-aquecido a 60°C, seguido de 60 minutos de repouso. A filtração ocorreu em um cadinho micro-Gooch 40/100 contendo 0,1 mg de celite colocado em um Erlenmeyer conectado a um sistema de vácuo. O béquer foi lavado com etanol a 78% e duas porções de etanol a 95% e acetona foram adicionadas aos resíduos do cadinho de Gooch. Os cadinhos foram mantidos durante a noite em um forno a 103°C. Uma réplica (R1)

seguiu para análise de proteínas pelo método de Kjeldahl, e outra réplica (R2) seguiu para determinação de cinzas em forno mufla a 525 °C. Cada análise teve um controle em branco sem a amostra. O teor total de fibra alimentar foi obtido pela equação 3, e o valor do branco foi medido pela equação 4.

$$\mathbf{Fibra\ diet\acute{e}tica\ total} = \frac{\left(\frac{\mathbf{R1} + \mathbf{R2}}{2}\right) - \mathbf{p} - \mathbf{A} - \mathbf{B}}{\frac{\mathbf{m1} + \mathbf{m2}}{2}} \times \mathbf{100} \quad (3)$$

Onde: m1=replicar peso 1; m2=peso duplo 2; R1=peso residual da réplica m1 (análise de proteína); R2=peso residual da réplica m2 (análise de cinzas); A=peso de cinzas de R2; p=peso das proteínas R1; B=valor em branco (equação 4);

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{BR1} + \mathbf{BR2}}{2} - \mathbf{BP} - \mathbf{BA} \quad (4)$$

BR=resíduo branco; BP = branco replicado de proteína (BR1); BA = réplicas de cinzas brancas (BR2).

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados neste trabalho foram analisados estatisticamente empregando um software licenciado TIBCO Statistica® Ultimate Academic v. 14.0.0 (STATSOFT, 2021) e o software livre RStudio versão 3.6.0 "Planting of a Tree" (RSTUDIO, 2019). Todos os resultados analíticos foram inicialmente estimados pelos testes de Normalidade e Homocedasticidade. O conjunto de dados paramétricos foi submetido a ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), onde a média e o desvio padrão foram utilizados como estimadores. Os dados não paramétricos foram avaliados por Kruskal Wallis e Testes de Nemeny ( $p < 0,05$ ), onde foram utilizados como estimadores a mediana e o intervalo interquartil. A triagem amostral foi realizada pelos métodos estatísticos exploratórios Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (PCA).

Inicialmente, o conjunto de dados de entrada foi padronizado para corresponder à conjectura relacionada ao modelo de fator ortogonal calculado pela matriz de correlação. A padronização foi feita para mitigar a variabilidade significativa intrínseca aos dados dos resultados

brutos, de modo que cada variável independente possui uma variância igual a 1. A Equação 5 foi utilizada para padronização dos dados.

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{DP} \quad (5)$$

Onde: X= número a ser padronizado;  $\bar{X}$ =média dos valores; SD=desvio padrão.

Os dados padronizados foram girados usando o método bruto Varimax (KAISER, 1958). A rotação de dados tem a função de identificar a colinearidade máxima entre as variáveis de entrada para obter padrões adequados com alta correlação para os fatores (FORINA et al., 2014). A AF foi empregada para reproduzir a variabilidade original incorporada nos resultados da variável independente em menos variáveis aleatórias chamadas de fatores. Os fatores estimados são vinculados à variância inicial dos dados de entrada por meio do cálculo de modelos lineares (CRUZ, TOPA, 2009; ALKARKHI, ALQARAGHULI, 2019).

A AF foi realizada no conjunto de resultados adquiridos para as 16 variáveis independentes que descreveram as características das cultivares de batata-doce e novas variedades. Todas as 16 variáveis independentes que alimentam a primeira AF são denominadas: Peso (We), Comprimento (Le), Largura (Wi), Atividade de água (Wa), Umidade (M), Valor energético (Ev), Proteínas totais (P), Lipídios totais (L), Carboidratos totais (Carb), Fibra alimentar total (Tdf), Cinzas (Cinzas), L\*, a\*, b\*, C e h°. As variáveis independentes serão agregadas em novos subconjuntos de variáveis inter-relacionadas e combinadas usando fatores de agrupamento.

A estimação do número do fator para a FA exploratório foi realizada a partir dos autovalores que possuem valor >1, segundo o critério de Kaiser (KAISER, 1958). O objetivo é preservar no sistema as novas dimensões que podem reproduzir as informações de variância contínua nas variáveis independentes originais. Assim, 5 fatores foram selecionados com autovalores de 3,83, 3,27, 2,46, 2,41 e 1,26.

A PCA pela matriz de correlação foi aplicada para avaliar as principais variáveis independentes em função dos fatores calculados. O método visa esclarecer a estrutura de variância e covariância dos dados por meio de combinações lineares. As combinações lineares geradas pelo teste estatístico exploratório são descritas como componentes principais e não se correlacionam entre si (ARMANINO et al., 1987; FORINA et al., 2014).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 MORFOLOGIA DE CULTIVARES REGISTRADOS E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE

A análise morfológica revelou que o peso e o comprimento dos tubérculos variaram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre todas as amostras (Tabela 2). O maior resultado de peso foi observado para SCS372 Marina com 443,82 g (329,25), e 17117 426,55 g (85,82). Os valores para as amostras 17025-13 (331,97 g (116,54)), 17052 (325,79 g (230,34)), 17092-9 (386,13 g (300,11)), 17105-20 (388,87 g (438,91)), 17107-18 (417,89 g (443,63)), 17125-10 (415,80 g (209,14)) e 17162 (377,57 g (221,89)) foram estatisticamente semelhantes ( $p < 0,05$ ). O SCS367 Favorita (83,30 g (22,01)) tem o menor peso. A dissimilaridade entre SCS372 Marina e SCS367 Favorita foi de 81,23%.

As amostras Darci (24,19 cm  $\pm$  2,68) e 17117 (22,97 cm  $\pm$  4,71) apresentaram maior comprimento, juntamente com SCS369 Águas Negras (18,70 cm  $\pm$  4,89), SCS371 Katiy (19,95 cm  $\pm$  5,01), SCS372 Marina (20,50 cm  $\pm$  4,63), e as novas variedades Leandro (21,63 cm  $\pm$  4,87), 17007-15 (19,56 cm  $\pm$  1,80), 17052 (18,89 cm  $\pm$  3,69), 17082-8 (22,08 cm  $\pm$  4,93), 17092-9 (21,00 cm  $\pm$  2,81), 17105-20 (20,84 cm  $\pm$  5,59), 17107-18 (21,78 cm  $\pm$  5,32), 17125-10 (20,33 cm  $\pm$  3,30) e 17162 (22,03 cm  $\pm$  5,71) que não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) variável física. As cultivares SCS367 Favorita (12,43 cm  $\pm$  3,27), SCS368 Ituporanga (16,30 cm  $\pm$  2,39) e SC370 Luiza (16,20 cm  $\pm$  3,43) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes com os menores comprimentos. A diferença de comprimento entre Darci e SCS367 Favorita foi de 48,61%.

No entanto, a largura não apresentou variação significativa entre as amostras. A nova variedade 17105-20 apresentou o maior resultado de 5,22 cm  $\pm$  1,37, sendo significativamente semelhante ( $p < 0,05$ ) a SCS372 Marina (5,06 cm  $\pm$  1,01), 17025-13 (5,04 cm  $\pm$  1,23), SCS368 Ituporanga (5,02 cm  $\pm$  1,10), SCS369 Águas Negras (4,63 cm  $\pm$  1,30), SCS370 Luiza (4,66 cm  $\pm$  0,92), e as novas variedades Darci (4,69 cm  $\pm$  1,58), 17007-15 (4,42 cm  $\pm$  0,97), 17052 (4,87 cm  $\pm$  0,85), 17082-8 (4,68 cm  $\pm$  0,81), 17092-9 (4,49 cm  $\pm$  0,81), 17105-20 (5,22 cm  $\pm$  1,37), 17107-18 (4,84 cm  $\pm$  0,90), 17117 (4,53 cm  $\pm$  1,04), 17125-10 (4,65 cm  $\pm$  1,45), e 17162 (4,82 cm  $\pm$  0,62). O SCS367 Favorita (2,81 cm  $\pm$  0,70) e o Leandro (3,65 cm  $\pm$  0,31) apresentaram os menores valores de espessura e foram estatisticamente semelhantes. Os resultados de espessura tiveram 46,16% de variação entre o maior e o menor valor.

Em geral, as características morfológicas das amostras (Tabela 2) foram avaliadas como grandes, com formato redondo, elíptico oblongo a elíptico e de grande espessura. A cor visual da pele foi, predominantemente, marrom claro para a pele superficial e creme para a pele secundária. As superfícies radiculares foram predominantemente irregulares, variando de amostras lisas a amostras com leves constrições e nervuras salientes.

**Tabela 2 - Comparação morfológica entre cultivares registradas e novas variedades de batata-doce**

Amostras	Peso $\bar{x}$ (IQR)	Comprimento $\bar{x}\pm DP$	Largura $\bar{x}\pm DP$	Cor visual da polpa	Atributos morfológicos
SCS367 Favorita	83,30 (22,01)	12,43 $\pm$ 3,27 <sup>c</sup>	2,81 $\pm$ 0,70 <sup>b</sup>	Amarelo	Pequena, longa elíptica à redonda; superfície com poucas constrictões; casca-primária: marrom claro; casca-secundária: laranja-claro (salmão).
SCS368 Ituporanga	307,90 (224,39)*	16,30 $\pm$ 2,39 <sup>bc</sup>	5,02 $\pm$ 1,10 <sup>a</sup>	Amarelo	Grande, obovada a oblonga; superfície lisa; casca-primária: amarelo; casca-secundária: amarelo-claro.
SCS369 Águas Negras	302,81 (182,88)*	18,70 $\pm$ 4,89 <sup>ab</sup>	4,63 $\pm$ 1,30 <sup>a</sup>	Amarelo	Grande, obovada a elíptica; superfície lisa; casca-primária: vermelho; casca-secundária: creme.
SCS370 Luiza	246,49 (86,91)* <sup>‡</sup>	16,20 $\pm$ 3,43 <sup>bc</sup>	4,66 $\pm$ 0,92 <sup>a</sup>	Roxo	Média a pequena, redonda elíptica; superfície lisa; casca-primária: roxo; casca-secundária: roxo.
SCS371 Katiy	306,64 (156,47)* <sup>‡</sup>	19,95 $\pm$ 5,01 <sup>ab</sup>	3,93 $\pm$ 0,65 <sup>ab</sup>	Branco	Grande, longa elíptica; superfície com leves constrictões horizontais; casca-primária: marrom; casca-secundária: creme.
SCS372 Marina	443,82 (329,25)*	20,50 $\pm$ 4,63 <sup>ab</sup>	5,06 $\pm$ 1,01 <sup>a</sup>	Amarelo/ Laranja	Grande, redonda elíptica; superfície lisa; casca-primária: marrom claro; casca-secundária: laranja.
Darci	314,72 (392,87)*	24,19 $\pm$ 2,68 <sup>a</sup>	4,69 $\pm$ 1,58 <sup>a</sup>	Branco	Grande, elíptica a oblonga; superfície com leves ranhuras longitudinais; casca-primária: roxo claro; casca-secundária: creme.
Leandro	265,68 (146,06)*	21,63 $\pm$ 4,87 <sup>ab</sup>	3,65 $\pm$ 0,31 <sup>ab</sup>	Branco	Grande, elíptica; superfície com leves veias; casca-primária: marrom claro; casca-secundária: creme.
17007-15	263,74 (82,03)* <sup>‡</sup>	19,56 $\pm$ 1,80 <sup>ab</sup>	4,42 $\pm$ 0,97 <sup>a</sup>	Laranja	Grande, elíptica; superfície com veias e constrictões; casca-primária: marrom; casca-secundária: laranja.
17025-13	331,97 (116,54)*	16,20 $\pm$ 3,63 <sup>bc</sup>	5,04 $\pm$ 1,23 <sup>a</sup>	Laranja	Grande, redonda; superfície com leves constrictões; casca-primária: roxo; casca-secundária: creme.
17052	325,79 (230,34)*	18,89 $\pm$ 3,69 <sup>ab</sup>	4,87 $\pm$ 0,85 <sup>a</sup>	Amarelo	Média, redonda elíptica; superfície com leves constrictões horizontais; casca-primária: laranja; casca-secundária: laranja-claro.
17082-8	314,93 (264,44)*	22,08 $\pm$ 4,93 <sup>ab</sup>	4,68 $\pm$ 0,81 <sup>a</sup>	Amarelo	Grande, longa elíptica; superfície lisa; casca-primária: laranja-claro; casca-secundária: creme.
17092-9	386,13 (300,11)*	21,00 $\pm$ 2,81 <sup>ab</sup>	4,49 $\pm$ 0,81 <sup>a</sup>	Branco	Grande, longa oblonga; superfície com leves veias; casca-primária: marrom claro; casca-secundária: creme.
17105-20	388,87 (438,91)*	20,84 $\pm$ 5,59 <sup>ab</sup>	5,22 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	Laranja claro	Grande, longa oblonga; superfície com veias; casca-primária: marrom claro; casca-secundária: creme.
17107-18	417,89 (443,63)**	21,78 $\pm$ 5,32 <sup>ab</sup>	4,84 $\pm$ 0,90 <sup>a</sup>	Laranja claro	Grande, longa oblonga; superfície lisa; casca-primária: roxo claro; casca-secundária: laranja-claro.
17117	426,55 (178,39)*	22,97 $\pm$ 4,71 <sup>a</sup>	4,53 $\pm$ 1,04 <sup>a</sup>	Laranja	Grande, longa oblonga; superfície com leves constrictões verticais e horizontais; casca-primária: marrom; casca-secundária: laranja.
17125-10	415,80 (209,14)*	20,33 $\pm$ 3,30 <sup>ab</sup>	4,65 $\pm$ 1,45 <sup>a</sup>	Branco/ Amarelo	Grande, redonda a redonda elíptica; superfície com leves constrictões verticais; casca-primária: marrom; casca-secundária: creme.
17162	377,57 (221,89)*	22,03 $\pm$ 5,71 <sup>ab</sup>	4,82 $\pm$ 0,62 <sup>a</sup>	Amarelo	Grande, longa oblonga a elíptica irregular; superfície com leves veias e constrictões; casca-primária: roxo claro; casca-secundária: creme.

Diferentes símbolos na coluna de peso mostram diferenças significativas entre as amostras com 95% de confiabilidade pelos testes de Kruskal-Wallis/Nemenyi. Letras diferentes nas colunas de comprimento e largura mostram diferenças significativas entre as amostras com 95% de confiabilidade por ANOVA/Tukey.  $\bar{x}$ (IQR)=Mediana e Intervalo Interquartil  $\bar{x}\pm DP$ =Média e Desvio Padrão.

### 3.2 COR INSTRUMENTAL DA POLPA

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos da cor instrumental da fração de polpa de todas as amostras analisadas. A cor do conjunto das amostras de polpa exibiu diferenças notáveis, mas o escopo de cores varia entre branco, amarelo, laranja e roxo.

A nova variedade 17092-9 apresentou o maior resultado para luminosidade com um  $L^*$  85,19 (0,79), que foi significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) dos menores valores das amostras SCS370 Luiza 27,90 (1,83) e 17007-15 57,37 (0,90). Houve similaridade estatística para os valores do parâmetro cor instrumental  $a^*$  entre 17007-15 (32,28 (2,01)) e SCS370 Luiza (30,83 (1,42)). O valor mais baixo registrado para  $a^*$  foi 17162 (-5,30 (1,26)). Além disso, o parâmetro  $b^*$  17007-15 (48,21 (0,87)) apresentou o maior resultado que foi estatisticamente semelhante apenas ao SCS367 Favorita (47,31 (1,88)) que por sua vez foi estatisticamente semelhante ao Darci (23,30 (0,77)). Darci e SCS370 Luiza (-8,42 (1,42)) foram significativamente semelhantes ( $p < 0,05$ ).

O parâmetro de saturação  $C^*$  foi maior para 17005-15 (58,02 (1,82)) e SCS367 Favorita (51,21 (1,40)) que foram estatisticamente semelhantes. Além disso, SCS367 Favorita foi semelhante a SCS371 Katiy (24,91 (2,60)), 17092-9 (24,37 (0,28)), SCS369 Águas Negras (24,27 (0,79)) e Darci (23,54 (0,77)). Por outro lado, SCS370 Luiza (344,74 (3,48)) apresentou o maior valor de  $h^\circ$  estatisticamente semelhante ( $p < 0,05$ ) a 17092-9 (99,69 (0,63)), que por sua vez foi semelhante a 17117 (59,04 (0,93)). O menor valor para este parâmetro foi para 17007-15 (56,51 (1,46)), que não apresentou diferença significativa para 17117.

**Tabela 3** - Cor instrumental da polpa de cultivares registradas e novas variedades de batata-doce

Amostras	$L^*$ $\bar{x}(\text{IQR})$	$a^*$ $\bar{x}(\text{IQR})$	$b^*$ $\bar{x}(\text{IQR})$	C $\bar{x}(\text{IQR})$	$h^\circ$ $\bar{x}(\text{IQR})$
SCS367 Favorita	71,63 (1,36)	19,59 (0,89)	47,31 (1,88)*†	51,21 (1,40)*‡	67,52 (1,75)
SCS368 Ituporanga	83,54 (1,36)	-3,98 (0,34)	31,61 (0,66)	31,86 (0,70)	97,23 (0,11)
SCS369 Águas Negras	84,10 (1,45)	-3,04 (0,53)	24,08 (0,73)	24,27 (0,79)‡	97,24 (1,06)
SCS370 Luiza	27,90 (1,83)‡	30,83 (1,42)*	-8,42 (2,28)‡	31,96 (1,93)	344,74 (3,48)*
SCS371 Katiy	81,79 (3,05)	-2,50 (0,38)	24,78 (2,66)	24,91 (2,60)‡	95,83 (1,56)
SCS372 Marina	79,14 (1,21)	3,53 (1,18)	42,70 (0,87)	42,88 (0,81)	85,23 (1,56)
Darci	83,40 (2,07)	-4,08 (0,80)	23,30 (0,77)‡†	23,54 (0,77)‡	100,03 (1,82)
Leandro	82,90 (1,15)	-3,56 (0,35)	28,86 (0,92)	29,08 (0,95)	97,26 (0,56)
17007-15	57,37 (0,90)‡	32,28 (2,01)*	48,21 (0,87)*	58,02 (1,82)*	56,51 (1,46)†
17025-13	71,04 (3,31)	24,15 (1,29)	43,39 (1,80)	49,66 (0,96)	60,91 (2,28)
17052	83,89 (2,18)	-3,47 (1,41)	41,57 (1,42)	41,63 (1,39)	94,64 (1,92)
17082-8	82,80 (0,87)	-0,75 (0,15)	42,80 (0,78)	42,81 (0,78)	91,76 (0,70)

17092-9	85,19 (0,79)*	-4,05 (0,32)	24,03 (0,23)	24,37 (0,28)‡	99,69 (0,63)*‡
17105-20	72,55 (1,26)	14,15 (1,81)	39,79 (0,28)	42,15 (0,80)	70,46 (2,17)
17107-18	74,57 (2,58)	17,66 (4,07)	41,11 (2,77)	44,74 (4,30)	66,18 (3,29)
17117	65,46 (0,35)	24,93 (1,13)	40,82 (1,07)	47,95 (1,38)	59,04 (0,93)‡
17125-10	83,81 (2,90)	-3,71 (1,88)	42,45 (1,58)	42,54 (1,48)	95,53 (2,69)
17162	84,94 (2,85)	-5,30 (1,26)‡	31,75 (1,35)	32,01 (1,32)	99,34 (2,47)

Diferentes símbolos em uma coluna mostram diferenças significativas entre amostras com 95% de confiabilidade pelos testes de Kruskal-Wallis e Nemenyi.  $\tilde{x}$ (IQR)=Mediana e Intervalo Interquartil.

### 3.3 COMPOSIÇÃO PROXIMAL E FIBRA ALIMENTAR TOTAL

As amostras de batata-doce apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis independentes conforme ilustrado na Tabela 4. A atividade de água foi próxima de 1,00 para todas as amostras. Amostras SCS370 Luiza ( $0,99 \pm 0,01$ ), SCS368 Ituporanga ( $0,99 \pm 0,01$ ), SCS371 Katiy ( $0,99 \pm 0,01$ ), SCS372 Marina ( $0,99 \pm 0,01$ ), 17007-15 ( $0,99 \pm 0,01$ ), 17052 ( $0,99 \pm 0,01$ ), 17052 ( $0,99 \pm 0,01$ ), -9 ( $0,99 \pm 0,01$ ), 17117 ( $0,99 \pm 0,01$ ) e 17125-10 ( $0,99 \pm 0,01$ ) apresentaram os maiores valores, que não diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) de SCS367 Favorita ( $0,98 \pm 0,01$ ), SCS369 Águas Negras ( $0,98 \pm 0,01$ ), Leandro ( $0,98 \pm 0,01$ ), 17025-13 ( $0,98 \pm 0,01$ ) e 17082-8 ( $0,98 \pm 0,01$ ). Em contraste, a nova variedade de batata-doce denominada 17162 ( $0,97 \pm 0,01$ ) apresentou o menor valor de atividade de água.

O teor de umidade apresentou variações entre todas as amostras. A amostra 17162 teve o maior percentual ( $83,32 \pm 1,90$ ) e foi estatisticamente semelhante às amostras SCS369 Águas Negras ( $83,13 \pm 0,70$ ), 17117 ( $82,96 \pm 1,24$ ), Leandro ( $82,41 \pm 1,62$ ), SCS367 Favorita ( $81,64 \pm 1,21$ ), 17052 ( $81,33 \pm 0,89$ ), 17125-10 ( $81,21 \pm 0,45$ ), SCS371 Katiy ( $80,77 \pm 0,68$ ), Darci ( $80,55 \pm 0,04$ ), SCS368 Ituporanga ( $80,16 \pm 0,61$ ) e 17105-20 ( $80,15 \pm 1,00$ ). Os menores resultados para teor de umidade foram registrados para 17025-13 ( $76,28 \pm 0,86$ ), estatisticamente semelhante ( $p < 0,05$ ) a SCS372 Marina ( $76,92 \pm 1,43$ ), 17107-18 ( $77,75 \pm 2,23$ ), 17092-9 ( $78,48 \pm 0,50$ ), 17007-15 ( $79,32 \pm 0,88$ ), 17082-8 ( $79,58 \pm 1,00$ ) e SCS370 Luiza ( $79,68 \pm 0,80$ ). A diferença entre a maior e a menor umidade foi de 8,45%.

Os dados de composição proximal das cultivares de batata-doce e novas variedades permitem estimar o valor energético total em quilocalorias (Kcal), de acordo com os valores de conversão de Atwater (Welsh, 1994; Nichols, 1994). A variedade 17025-13 ( $88,43 \pm 3,65$ ) teve a maior variável energia e foi estatisticamente semelhante a SCS372 Marina ( $87,78 \pm 4,79$ ), 17107-18 ( $83,48 \pm 9,23$ ), 17092-9 ( $81,60 \pm 1,88$ ), 17007-15 ( $80,17 \pm 4,47$ ), SCS368 Ituporanga ( $78,16 \pm 1,84$ ), SCS371 Katiy ( $75,78 \pm 4,97$ ), SCS370 Luiza ( $75,32 \pm 1,79$ ), 17082-8

(74,89 ± 4,26) e 17125-10 (74,46 ± 1,54). Em contrapartida, a nova variedade 17162 (60,96 ± 8,06) apresentou a menor energia, seguida por 17117 (62,46 ± 4,43), SCS369 Águas Negras (66,14 ± 5,27), SCS368 Favorita (67,42 ± 5,13), Leandro (68,81 ± 8,84), Darci (70,30 ± 0,41), 17105-20 (71,23 ± 3,72), 17052 (71,69 ± 2,77), e também 17125-10, 17082-8, SCS370 Luiza e SCS371 Katiy.

Os resultados para proteína total (em base seca) revelaram que as amostras 17007-15 (7,35 ± 0,12) e 17052 (7,04 ± 0,15) apresentaram os maiores teores. O menor valor foi observado em SCS372 Marina (1,45 ± 0,16). Para os lipídios totais, todas as batatas-doces apresentaram baixo teor, o que é característico das raízes tuberosas, então SCS368 Ituporanga (1,77 ± 0,14) se destacou dos demais e foi significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) de 17162 (0,82 ± 0,15) e 17107-18 (0,66 ± 0,04).

SCS372 Marina (18,42 ± 1,52) apresentou o maior teor de carboidratos totais e foi estatisticamente semelhante a 17025-13 (17,38 ± 0,45) e 17107-18 (16,68 ± 2,56). Os menores valores de carboidratos totais foram 17052 (8,08 ± 1,11), 17162 (8,67 ± 2,08), 17007-15 (8,85 ± 1,06), SCS369 Águas Negras (9,47 ± 0,44), Leandro (9,53 ± 0,92), 17117 (9,55 ± 1,44) e Darci (11,45 ± 0,30) sem diferenças significativas.

Os resultados para fibra alimentar total revelaram que a cultivar SCS372 Marina (12,60 ± 1,26) teve o maior valor, seguida pelas amostras 17025-13 (10,59 ± 2,82), 17107-18 (10,20 ± 1,26), 17082-8 (9,70 ± 1,24), 17092-9 (8,10 ± 1,89), SCS371 Katiy (8,08 ± 1,98), 17007-15 (7,67 ± 1,91), SCS370 Luiza (7,40 ± 1,89), 17117 (7,00 ± 2,06), 17125-10 (6,85 ± 1,76), SCS369 Ituporanga (6,58 ± 1,62) e 17105-20 (6,48 ± 1,59), que não apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre si. As amostras Darci (4,44 ± 1,57), SCS368 Favorita (4,45 ± 0,86), 17162 (4,66 ± 1,39), 17052 (4,77 ± 1,76), Leandro (4,78 ± 1,39) e SCS369 Águas Negras (5,62 ± 1,62) apresentaram os menores valores.

O teor de cinzas foi o maior para a nova variedade 17007-15 (3,77 ± 0,25), seguido por 17105-20 (3,26 ± 0,07), ambas semelhantes entre si segundo análise estatística. A cultivar SCS371 Katiy (1,51 ± 0,45) apresentou o menor teor de cinzas, juntamente com SCS369 Águas Negras (1,53 ± 0,14), 17125-10 (1,65 ± 0,10) e Leandro (1,74 ± 0,08).

**Tabela 4 - Composição proximal e teor total de fibra alimentar em cultivares registradas e novas variedades de cultivares de batata-doce**

Amostras	Atividade de água $\bar{x}\pm DP$	Umidade (%) $\bar{x}\pm DP$	Energia (kcal.100g <sup>-1</sup> ) $\bar{x}\pm DP$	Proteínas Totais (g.100g <sup>-1</sup> MS) $\bar{x}\pm DP$	Lípidios Totais (g.100g <sup>-1</sup> MS) $\bar{x}\pm DP$	Carboidratos Totais (g.100g <sup>-1</sup> MS) $\bar{x}\pm DP$	Fibra dietética Total (g.100g <sup>-1</sup> MS) $\bar{x}\pm DP$	Cinzas (g.100g <sup>-1</sup> MS) $\bar{x}\pm DP$
SCS367 Favorita	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	81,64±1,21 <sup>abcde</sup>	67,42±5,13 <sup>cde</sup>	2,60±0,10 <sup>hij</sup>	1,01±0,45 <sup>abc</sup>	11,98±1,20 <sup>def</sup>	4,45±0,86 <sup>b</sup>	2,77±0,17 <sup>bcde</sup>
SCS368 Ituporanga	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	80,16±0,61 <sup>abcdefg</sup>	78,16±1,84 <sup>abcd</sup>	2,24±0,22 <sup>j</sup>	1,77±0,14 <sup>a</sup>	13,30±0,56 <sup>cd</sup>	6,58±1,62 <sup>ab</sup>	2,52±0,13 <sup>cde</sup>
SCS369 Águas Negras	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	83,13±0,70 <sup>ab</sup>	66,14±5,27 <sup>de</sup>	4,91±0,11 <sup>bc</sup>	0,95±0,42 <sup>abc</sup>	9,47±0,44 <sup>efg</sup>	5,62±1,62 <sup>b</sup>	1,53±0,14 <sup>h</sup>
SCS370 Luiza	0,99±0,01 <sup>a</sup>	79,68±0,80 <sup>bcdefgh</sup>	75,32±1,79 <sup>abcde</sup>	3,60±0,09 <sup>ef</sup>	1,07±0,52 <sup>abc</sup>	12,81±1,02 <sup>de</sup>	7,40±1,89 <sup>ab</sup>	2,83±0,15 <sup>bcd</sup>
SCS371 Katiy	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	80,77±0,68 <sup>abcdef</sup>	75,78±4,97 <sup>abcde</sup>	3,12±0,10 <sup>fghi</sup>	0,99±0,54 <sup>abc</sup>	13,61±0,23 <sup>cd</sup>	8,08±1,98 <sup>ab</sup>	1,51±0,45 <sup>h</sup>
SCS372 Marina	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	76,92±1,43 <sup>gh</sup>	87,78±4,79 <sup>a</sup>	1,45±0,16 <sup>k</sup>	0,92±0,23 <sup>abc</sup>	18,42±1,52 <sup>a</sup>	12,60±1,26 <sup>a</sup>	2,28±0,13 <sup>def</sup>
Darci	0,98±0,01 <sup>cd</sup>	80,55±0,04 <sup>abcdef</sup>	70,30±0,41 <sup>bcde</sup>	3,87±0,15 <sup>de</sup>	1,00±0,03 <sup>abc</sup>	11,45±0,30 <sup>defg</sup>	4,44±1,57 <sup>b</sup>	3,13±0,11 <sup>b</sup>
Leandro	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	82,41±1,62 <sup>abcd</sup>	68,81±8,84 <sup>bcde</sup>	5,22±0,10 <sup>b</sup>	1,09±0,52 <sup>abc</sup>	9,53±0,92 <sup>efg</sup>	4,78±1,39 <sup>b</sup>	1,73±0,08 <sup>fgh</sup>
17007-15	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	79,32±0,88 <sup>defgh</sup>	80,17±4,47 <sup>abcd</sup>	7,35±0,12 <sup>a</sup>	1,71±0,08 <sup>ab</sup>	8,85±1,06 <sup>fg</sup>	7,67±1,91 <sup>ab</sup>	3,77±0,25 <sup>a</sup>
17025-13	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	76,28±0,86 <sup>h</sup>	88,43±3,65 <sup>a</sup>	2,57±0,44 <sup>ij</sup>	0,95±0,15 <sup>abc</sup>	17,38±0,45 <sup>ab</sup>	10,59±2,82 <sup>ab</sup>	2,81±0,08 <sup>bcd</sup>
17052	0,99±0,01 <sup>abc</sup>	81,33±0,89 <sup>abcde</sup>	71,69±2,77 <sup>bcde</sup>	7,04±0,15 <sup>a</sup>	1,24±0,26 <sup>abc</sup>	8,08±1,11 <sup>g</sup>	4,77±1,76 <sup>b</sup>	2,30±0,03 <sup>def</sup>
17082-8	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	79,58±1,00 <sup>cdefgh</sup>	74,89±4,26 <sup>abcde</sup>	4,43±0,20 <sup>cd</sup>	0,89±0,13 <sup>abc</sup>	12,28±1,38 <sup>def</sup>	9,70±1,24 <sup>ab</sup>	2,81±0,35 <sup>bcd</sup>
17092-9	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	78,48±0,50 <sup>efgh</sup>	81,60±1,88 <sup>abc</sup>	3,18±0,14 <sup>fgh</sup>	1,09±0,09 <sup>abc</sup>	14,76±0,77 <sup>bcd</sup>	8,10±1,89 <sup>ab</sup>	2,49±0,26 <sup>cde</sup>
17105-20	0,98±0,01 <sup>bcd</sup>	80,15±1,00 <sup>abcdefg</sup>	71,23±3,72 <sup>bcde</sup>	2,90±0,15 <sup>ghi</sup>	0,97±0,08 <sup>abc</sup>	12,72±0,88 <sup>de</sup>	6,48±1,59 <sup>ab</sup>	3,26±0,07 <sup>ab</sup>
17107-18	0,98±0,01 <sup>abcd</sup>	77,75±2,23 <sup>fgh</sup>	83,48±9,23 <sup>ab</sup>	2,70±0,40 <sup>hij</sup>	0,66±0,04 <sup>c</sup>	16,68±2,56 <sup>abc</sup>	10,20±1,26 <sup>ab</sup>	2,20±0,03 <sup>efg</sup>
17117	0,99±0,01 <sup>abcd</sup>	82,96±1,24 <sup>abc</sup>	62,46±4,43 <sup>e</sup>	3,31±0,17 <sup>efg</sup>	1,22±0,23 <sup>abc</sup>	9,55±1,44 <sup>efg</sup>	7,00±2,06 <sup>ab</sup>	2,95±0,05 <sup>bc</sup>
17125-10	0,99±0,01 <sup>ab</sup>	81,21±0,45 <sup>abcde</sup>	74,46±1,54 <sup>abcde</sup>	2,11±0,15 <sup>j</sup>	1,19±0,28 <sup>abc</sup>	13,82±0,72 <sup>bcd</sup>	6,85±1,76 <sup>ab</sup>	1,65±0,10 <sup>gh</sup>
17162	0,97±0,01 <sup>d</sup>	83,32±1,90 <sup>a</sup>	60,96±8,06 <sup>e</sup>	4,72±0,17 <sup>bc</sup>	0,82±0,15 <sup>bc</sup>	8,67±2,08 <sup>fg</sup>	4,66±1,39 <sup>b</sup>	2,46±0,23 <sup>cde</sup>

Letras diferentes na mesma coluna mostram diferenças significativas entre amostras com 95% de confiabilidade pelos testes ANOVA e Tukey. MS=Matéria Seca.  $\bar{x}\pm DP$ =Média e Desvio Padrão.

### 3.4 ANÁLISE DE FATOR E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

As análises morfológicas, colorimétricas e físico-químicas realizadas para as cultivares e novas variedades de batata-doce objetivaram elucidar sua estrutura física e composição. A variância observada nos resultados foi apontada por métodos de inferência estatística e revelou diferenças intrínsecas nas amostras enquanto variável independente. No entanto, para a triagem das amostras, outros métodos estatísticos devem ser aplicados aos dados. Assim, os resultados foram submetidos à análise estatística exploratória da FA.

Vale destacar que a seção Apêndice A desta tese apresenta as informações suplementares para o amplo entendimento do trabalho. Desse modo, a Tabela Suplementar (TA) 1 apresenta as correlações entre as variáveis independentes.

A análise do valor numérico da TA 1 sugere o agrupamento das 16 variáveis de entrada independentes em dois grupos, sendo o primeiro grupo formado por We, Le e Wi, que estão relacionados à morfologia das amostras. O outro grupo foi formado por Wa, M, Ev, P, L, Carb, Tdf, Ash, L\*, a\*, b\*, C\* e h°, que descreve a composição proximal, teor total de fibra alimentar e polpa instrumental cor. Assim, foram obtidos os autovalores da matriz de correlação amostral. O autovalor representa a importância que cada novo fator tem na variabilidade explicativa do conjunto de dados. Os resultados dos autovalores são apresentados em TS 2.

É possível avaliar pela TS 2 que os 5 fatores combinados explicaram 82,64% da variação total intrínseca aos dados de entrada. O Fator 1 explicou 23,93% da variabilidade dos dados, enquanto o Fator 2 explicou 20,42%, o Fator 3: 15,35%, o Fator 4: 15,04% e o Fator 5: 7,91%. A TS 3 apresenta a relação entre as variáveis de resposta obtidas durante as análises e os 5 fatores calculados pela AF.

De acordo com a TS 3, observou-se a correlação das cargas fatoriais entre os 5 fatores e as 16 variáveis independentes de entrada. O M, Ev, Carb e Tdf tiveram alta relação com o Fator 1 (23,93% da variabilidade) e se correlacionam entre si nesse fator. L\* e a\* estão relacionados entre si e correlacionados com o Fator 2 (20,42% da variabilidade). As variáveis b\* e h° tiveram um valor de carregamento relacionado ao Fator 3 (15,35% de variabilidade). O Wa e as cinzas foram correlacionados e vinculados ao Fator 4 (15,04% da variabilidade). As variáveis de morfologia We e Le têm um valor de carregamento atrelado ao Fator 5, com 7,91% da variância explicativa total.

O SF 2 apresenta o *Scree-plot* com autovalores obtidos para cada 16 variáveis independentes, e confirma a adoção dos 5 fatores para a primeira AF exploratória (KAISER, 1958). O ST 4 apresenta os valores de comunalidade da variável independente em relação aos novos fatores. De acordo com o critério de ajuste de Kaiser-Merkin-Olkin (KMO) (KAISER, 1970), o valor de comunalidade para cada variável referente ao último fator (Fator 5) deve ser  $>0,7$ . Devido à menor carga observada para Largura (0,65), P (0,42) e L (0,68), uma segunda FA exploratória foi realizada para verificar a adequação dos dados de entrada.

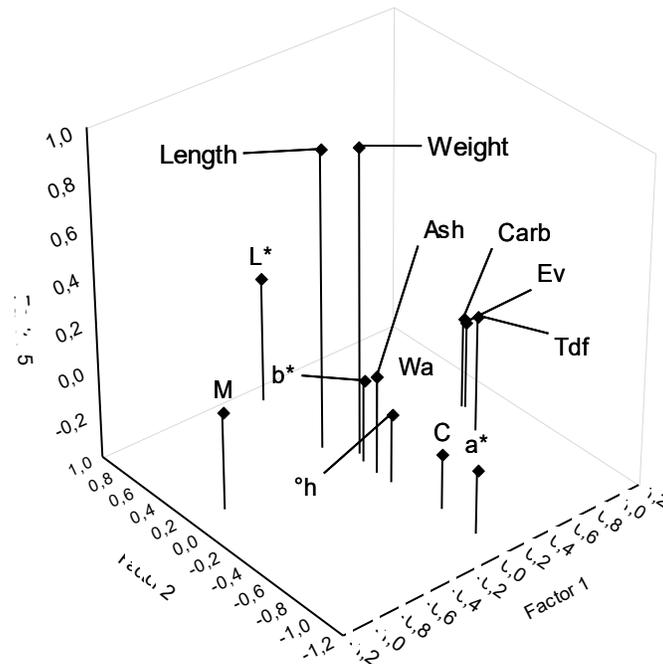
A segunda AF exploratória foi realizada com a supressão das variáveis com a menor comunalidade do conjunto de dados de entrada (Largura, P e L). A primeira AF exploratória foi capaz de identificar 13 variáveis independentes que resumem as informações preliminares relacionadas à variabilidade original. Assim, uma nova AF exploratória foi realizada apenas com as 13 variáveis com grande comunalidade, a saber: We, Le, Wa, M, Ev, Carb, Tdf, Ash, L\*, a\*, b\*, C e h°. A Tabela 5 mostra as correlações amostrais obtidas para as 13 variáveis independentes da segunda AF exploratória. Assim, 5 fatores foram usados novamente em que cada fator tinha um autovalor  $>1$  (KAISER, 1958). Os autovalores fatoriais do segundo FA exploratório aumentaram para 3,63, 2,99, 2,42, 1,87, 1,05. A Figura 1 apresenta as 13 variáveis de entrada da segunda AF, e a TS 6 ilustra os resultados dos cinco fatores percentuais acumulados.

**Figura 1** - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Distribuição tridimensional de variáveis independentes em função dos Fatores 1, 2 e 5

Factor Loadings, Factor 1 vs. Factor 2 vs. Factor 5

Rotation: Varimax raw

Extraction: Principal components



A PCA foi realizada para as variáveis independentes com maior comunalidade apontada pela FA. As variáveis We, Le, Wa, M, Ev, Carb, Tdf, Ash, L\*, a\*, b\*, C\* e h° foram usadas como vetor de entrada aleatório. Os dados brutos foram previamente padronizados pela equação 5 para obter variáveis independentes centradas em zero, com variância aproximada de 1. O ST 5 ilustra as correlações entre as 13 variáveis independentes e o ST 9 apresenta a média e o desvio padrão.

Para o teste PCA, foi selecionado um número máximo de 4 componentes principais (CP) capazes de sintetizar e descrever a variabilidade explicativa dos dados de entrada. Os autovalores para os 4 CPs foram 3,63, 2,99, 2,42 e 1,87. A TS 10 apresenta os autovalores e a TS 11 ilustra as pontuações de 4 CPs em função de cada 13 variáveis independentes.

De acordo com a TS 10, a CP 1 teve uma variância explicativa total de 27,96%, enquanto a CP 2 teve 23,03%, a CP 3 18,60%, e a CP 4 explicou 14,42%. A TS 11 indica que a CP 1 pode ser interpretada como uma dimensão que associa as variáveis independentes de qualidade

nutricional das amostras. Considerando os altos escores para CP 1 (TS 11), é possível afirmar que M, Ev, Carb, Tdf tiveram maior correlação positiva. O parâmetro de cor  $a^*$  também tende para CP 1.

A CP 2 e a CP 3 representam dimensões de comparação entre variáveis independentes relacionadas à composição centesimal das amostras e análise de cor. Os destaques estimados pelos escores se devem aos parâmetros de cor, notadamente o  $L^*$  com maior correlação para a CP 2. Em contrapartida, os parâmetros  $b^*$  e C foram correlacionados com a CP 3. Mas a CP 4 destacou-se como índice da qualidade morfológica de raízes tuberosas de batata-doce. Agrupados com as variáveis independentes de morfologia, também foram encontrados atributos relacionados à composição centesimal. Os escores destacados para a CP 4 enfatizam as variáveis independentes We, Le, Wa e Ash.

Em conformidade com a TS 11, é possível avaliar os coeficientes de ponderação calculados entre as variáveis independentes e os componentes principais da PCA, que possui valores balanceados numericamente. Este aspecto está ligado à distribuição equilibrada da variância explicativa total entre os componentes. Assim, a principal explicação está voltada para a CP 1 e a CP 4, que agruparam variáveis independentes de maior interesse. Portanto, a CP 1 e a CP 4 podem ser interpretados como índices que descrevem a qualidade nutricional e os aspectos morfológicos das amostras.

A TS 9 confirma que as variáveis independentes possuem uma variância de aproximadamente 1, não havendo dominância direta de nenhuma variável específica. Assim, a fonte de influência da distinção entre os valores dos coeficientes vem da correlação entre as variáveis independentes. A TS 12 ilustra os 4 resultados de pontuação CP para o PCA em função das 18 amostras de batata-doce (Tabela 1).

A TS 12 indica a relação entre as amostras e os 4 CPs calculados pelo teste. As amostras com maiores pontuações individuais para um CP específico foram diretamente correlacionadas com os resultados analíticos observados para a caracterização das variáveis independentes (Tabelas 2, 3 e 4). Uma avaliação mais detalhada revela que as variáveis independentes M, Ev, Carb, Tdf e  $a^*$  tendem ao CP 1, um índice de qualidade nutricional das amostras de batata-doce, e os escores dessas variáveis para CP 1 (TS 11) foram -0,80, 0,75, 0,67, 0,77 e 0,59. Assim, as amostras que tiveram os maiores resultados relacionados a essas variáveis específicas são 17162, 17025-13,

SCS372 Marina, SCS370 Luiza e 17007-15 (Tabela 4), que possuem pontuação alta com a CP 1 com resultados -3,47, 3,15, 3,88, 3,11 e -2,55 (TS 12).

Considerando a CP 4 um índice relacionado à morfologia das amostras, as variáveis agrupadas foram Le, We, Ma e Ash, com escores -0,71, -0,53, -0,65 e -0,65 (TS 11). A Tabela 2 e a Tabela 4 mostram resultados significativos para as amostras de batata-doce Darci, SCS372 Marina e 17005-15, com pontuações 1,77, -1,33, -2,23 (TS 12), respectivamente.

A FS 4 ilustra a porcentagem de autovalor de cada 13 variáveis independentes. Além disso, TS 13 mostra os valores de comunalidade das variáveis sobre as 4 CPs. A avaliação da TS 13 confirma o ajuste obtido com a segunda AF exploratória (TS 8), com o objetivo de agrupar variáveis independentes com multicolinearidade. A FS 4 confirma a qualidade do modelo em função do percentual de variância explicativa total dos componentes principais.

A Figura 2 (A) mostra a dispersão das variáveis independentes em função de CP 1 e CP 2, que juntos detêm 51% da variabilidade explicativa dos dados. As variáveis  $a^*$ , Wa, Ash,  $h^\circ$  e  $C^*$  estão agrupadas no quadrante superior direito. Isolado no quadrante superior esquerdo e tendendo a CP 2 está M. No quadrante inferior direito estão as variáveis Tdf, Ev, Carb e  $b^*$ , e no quadrante inferior esquerdo estão as variáveis We, Le e  $L^*$ . É possível observar a formação de dois clusters críticos que explicam os dados. Primeiro, há um agrupamento no quadrante inferior direito referente à qualidade nutricional das amostras que reúnem Tdf, Ev e Carb. As variáveis independentes We e Le estão agrupadas no quadrante inferior esquerdo, representando a qualidade morfológica da batata-doce. Ambos os clusters apresentam baixa relação com a CP 2, mas se distinguem pela associação com a CP 1, maior para o cluster nutricional e menor para o cluster morfológico.

A Figura 2 (B) ilustra a dispersão das variáveis independentes de acordo com CP 1 e CP 3. Novamente, o quadrante superior direito agrupa os parâmetros instrumentais de cor  $C^*$ ,  $b^*$  e  $a^*$  neste conjunto. No quadrante superior esquerdo estão os M. No quadrante inferior direito estão as variáveis Tdf, Ev, Carb, junto com Wa, Ash e  $h^\circ$ , e no quadrante inferior esquerdo estão as variáveis We e Le. Por fim, no eixo das abcissas está a variável  $L^*$  com baixa aderência para CP 1 e nula para CP 3. Além disso, a Figura 2 (C) mostra uma nova dispersão entre as variáveis, que no quadrante superior direito são Ev, Carb,  $a^*$ , e  $h^\circ$ . No quadrante inferior direito estão agrupados Tdf, C, Wa, Ash e  $b^*$ , e no quadrante inferior esquerdo estão as variáveis We, Le,  $L^*$  e M.

O agrupamento de variáveis independentes observado na Figura 2 pode ser correlacionado com a dispersão das variáveis dependentes (amostras), que é apresentada na Figura 3. A Figura 3

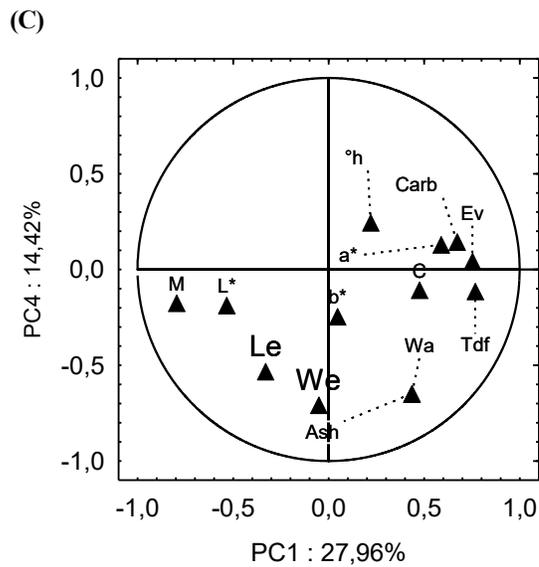
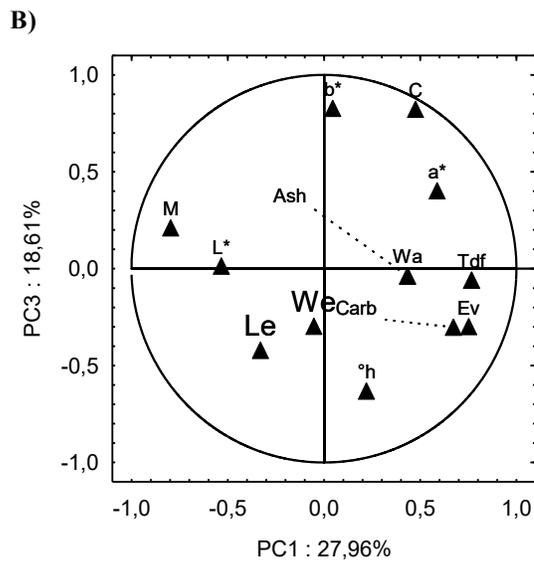
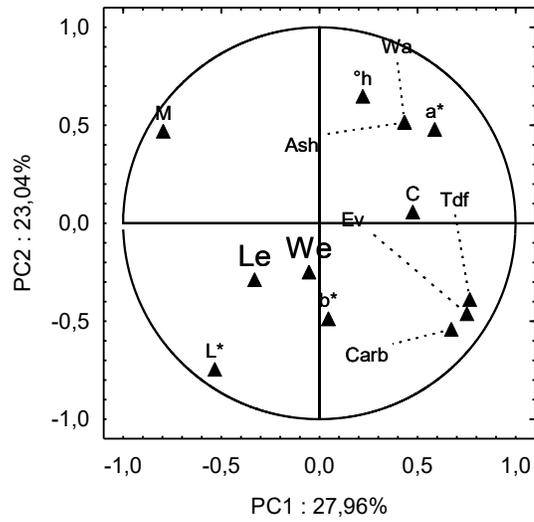
também está correlacionada com a TS 12, principalmente com a disposição de cada amostra no gráfico de dispersão. Devido ao tamanho dos nomes da batata-doce, o gráfico foi composto pelos números das amostras que foram descritos anteriormente na Tabela 1. Em relação à análise da dispersão dos PCA, a orientação foi dada para amostras totalmente imersas em um quadrante específico.

A Figura 3 (A) congrega a CP 1 e CP 2 (com 51% da variabilidade explicativa) e mostra que esses componentes principais resultaram em um maior agrupamento das amostras. No quadrante superior direito estão as amostras SCS70 Luiza e 17007-15. No quadrante superior esquerdo estão as amostras SCS367 Favorita, SCS369 Águas Negras, 17052 e 17117. No quadrante inferior direito, é possível observar o agrupamento das amostras SCS372 Marina, 17025-13, 17107-18 e 17082-8, e no quadrante inferior esquerdo são 17125-10, 17105-20 e 17162. As amostras que foram espalhadas entre dois quadrantes são SCS368 Ituporanga, SCS371 Katiy, Darci, Leandro e 17092-9.

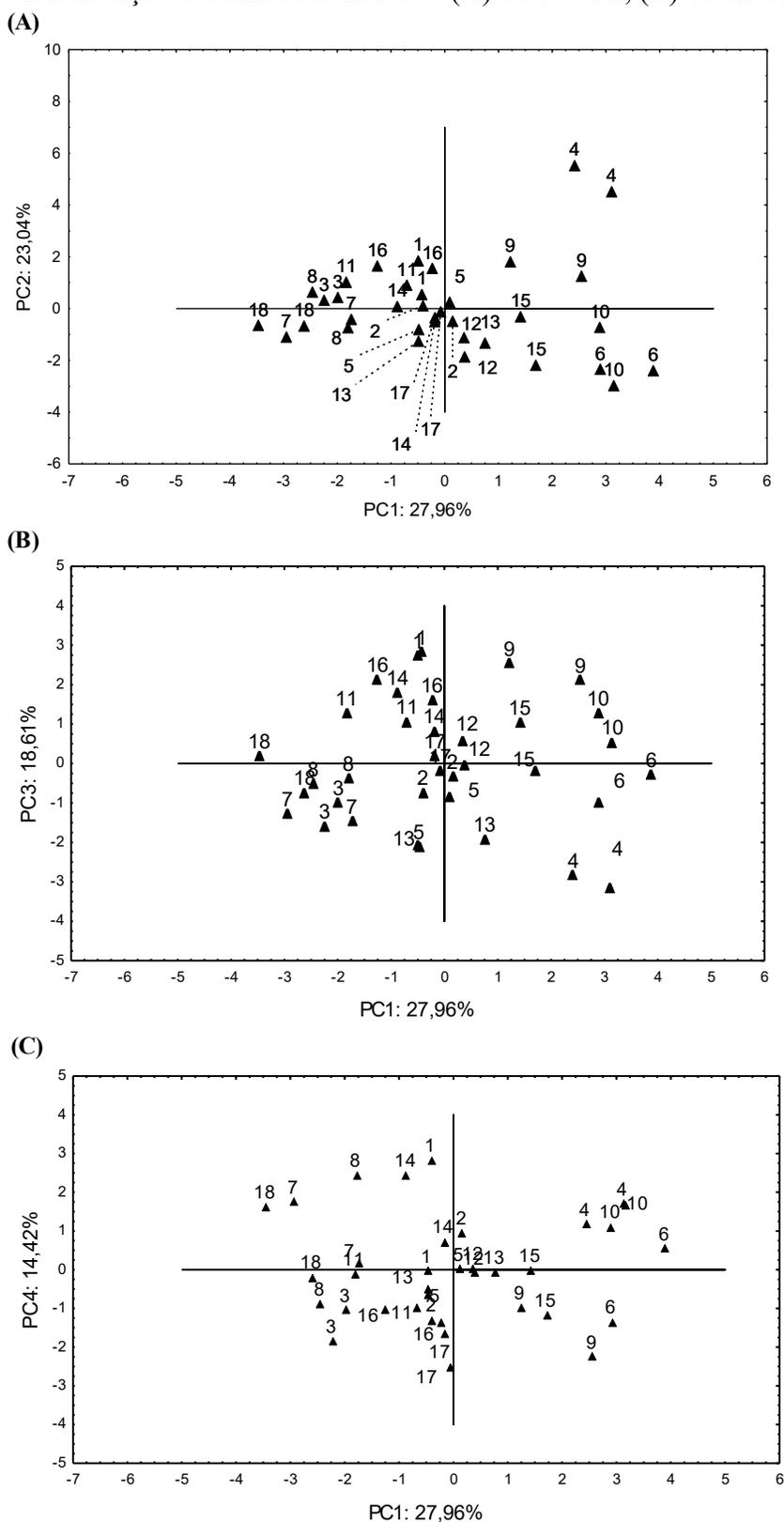
A Figura 3 (B) é composta por CP 1 e CP 3 (46,57% da variabilidade explicativa). No quadrante superior direito com pontuações positivas para ambos os componentes principais (TS 12) estão 17025-13 e 17007-15. No quadrante superior esquerdo, uma pontuação positiva para CP 3 e negativa para CP 1 fica SCS367 Favorita, 17117, 17105-20, 17052. No quadrante inferior direito estão SCS372 Marina e SCS370 Luiza. No quadrante inferior esquerdo estão SCS368 Ituporanga, Leandro, SCS369 Águas Negras e Darci. As amostras que se enquadram em mais de um quadrante são SCS371 Katiy, 17082-8, 17092-9, 17107-18, 17125-10 e 17162.

A Figura 3 (C) mostra o CP 1 e o CP 4 (42,38% da variabilidade explicativa). Este gráfico de dispersão PCA é crítico porque apresenta as dimensões que agregam o índice de qualidade nutricional (CP 1) e qualidade morfológica (CP 4) das amostras. A Figura 3 (C), mostra 17025-13 e SCS370 Luiza no quadrante superior direito. No quadrante superior esquerdo estão Darci e 17105-20. No quadrante inferior direito estão 17007-15, 17107-18. Assim, no quadrante inferior esquerdo estão as amostras 17125-10, 17117, SCS369 Águas Negras e 17052. Neste gráfico dimensional, as amostras distribuídas em mais de um quadrante são SCS367 Favorita, SCS368 Ituporanga, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Leandro, 17082 - 8, 17092-9 e 17162.

**Figura 2** - Distribuição das variáveis independentes na PCA: (A) CP1xCP2, (B) CP1xCP3, (C) CP1xCP4



**Figura 3** - Distribuição das amostras na PCA: (A) CP1x CP2, (B) CP1x CP3, (C) CP1x CP4



**Nota:** Os números estão relacionados com as amostras correspondentes mencionadas na Tabela 1.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE AMOSTRAS DE BATATA-DOCE

As características morfológicas das raízes tuberosas variaram dentro das amostras e entre as novas variedades. No entanto, os resultados médios apresentados na Tabela 2 seguem o padrão morfológico observado na cultura amostral. A variabilidade da morfologia da batata-doce pode estar ligada a fatores como sazonalidade, manejo da lavoura, condições climáticas e características naturais da planta (KARURI et al., 2010; ABDISSA, DECHASSA, ALEMAYEHU, 2012).

A variável independente peso é um atributo principal para a decisão do produtor rural de cultivar variedades específicas de batata-doce, pois está diretamente relacionada à produtividade da cultura. Srinivas e Nedunchezhiyan (2020), citaram variáveis que influenciaram os produtores rurais indianos na adoção de tecnologias capazes de beneficiar a produção de batata-doce. Os autores elencaram em seu trabalho diversas variáveis de tecnologia de produção que foram associadas a uma oportunidade para um possível aumento da produtividade agrícola da batata-doce em diferentes regiões da Índia. Uma pesquisa de opinião revelou que as variedades de batata-doce de alto rendimento têm um papel significativo no aumento da produtividade. Os autores, então, desenvolveram um modelo matemático para descrever as principais variáveis que estão relacionadas com o aumento da adoção da tecnologia e o aumento do quociente de aceitação da variedade de plantas.

Mugumaarhahama et al. (2021), indicaram que o incentivo ao uso de variedades de batata-doce oriundas de plantas melhoradas é uma alternativa para aumentar a produtividade agrícola. O trabalho identificou variáveis relacionadas à decisão de uso de culturas melhoradas por produtores rurais da República Democrática do Congo. Certos fatores como escolaridade, renda, área disponível para cultivo e mão de obra podem contribuir para o aumento da adoção de cultivares melhoradas de batata-doce. Os autores concluem que há urgência em estimular maior produção de batata-doce nas regiões avaliadas, e que a adoção de melhores práticas de cultivo em conjunto com cultivares de batata-doce melhoradas pode contribuir para esse desafio. Vale ressaltar que o trabalho está alinhado com a Agenda 2063 da União Africana em termos de aumento de produtividade, sustentabilidade e segurança alimentar, o que destaca a importância da pesquisa sobre o tema.

Entre as amostras de batata-doce avaliadas no estudo, as cultivares SCS372 Marina e 17117 apresentaram o maior peso em relação às demais raízes. As amostras 17025-13, 17052, 17092-9, 17105-20, 17107-18, 17125-10 e 17162 mostraram resultados estatisticamente semelhantes (Tabela 2). No entanto, a cultivar SCS367 Favorita apresentou o menor peso, e suas raízes são naturalmente pequenas. Esses dados indicam que as raízes tuberosas da nova variedade de plantas de batata-doce apresentaram peso satisfatório em relação às cultivares registradas.

Os resultados de comprimento revelaram que Darci e 17117 tiveram as raízes mais longas, e seus valores foram semelhantes a SCS369 Águas Negras, SCS371 Katiy, SCS372 Marina, Leandro, 17007-15, 17052, 17082-8, 17092-9, 17105-20, 17107-18, 17125-10 e 17162. As cultivares SCS367 Favorita, SCS368 Ituporanga e SC370 Luiza apresentaram as raízes mais curtas.

Em largura, SCS372 Marina e 17025-13 tiveram as raízes mais largas, embora tenham sido significativamente semelhantes ( $p < 0,05$ ) a SCS368 Ituporanga, SCS369 Águas Negras, SCS370 Luiza e as novas variedades Darci, 17007-15, 17052, 17082-8, 17092-9, 17105-20, 17107-18, 17117, 17125-10 e 17162. Além disso, o SCS367 Favorita apresentou as raízes mais estreitas, e seu resultado foi estatisticamente semelhante ( $p < 0,05$ ) ao de Leandro.

A maioria das raízes tuberosas avaliadas foram avaliadas como grandes, com formas arredondadas, elípticas-oblongas a elípticas e relativamente espessas. Além disso, a maioria das amostras apresentou pele superficial marrom clara e coloração creme para a pele secundária. As superfícies da maioria das raízes tuberosas foram consideradas irregulares, variando de lisas a amostras com constrictões e nervuras salientes em sua superfície. Portanto, aspectos morfológicos da batata-doce devem ser considerados para triagem das novas variedades, pois as raízes que não apresentam atributos desejáveis podem ser rejeitadas pelos consumidores durante sua comercialização. Isso pode levar ao descarte do produto e, conseqüentemente, à diminuição da lucratividade do agricultor. As informações individuais sobre cada amostra podem ser observadas na Tabela 2 e SF 1.

Em estudos semelhantes, Veasey et al. (2007), avaliaram a diversidade fenotípica e morfológica de 74 cultivares de batata-doce coletadas em 30 lavouras nos municípios paulistas de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia, juntamente com quatro cultivares comerciais. Os autores confirmaram que os agricultores dos municípios avaliados produziam batata-doce com grande variação morfológica. Portanto, foi recomendado que os agricultores usem plantas de batata-doce saudáveis que possam ser obtidas de fornecedores especializados de sementes.

Moulin et al. (2012), utilizaram descritores fenotípicos para caracterizar a morfologia de raízes e folhas tuberosas de 46 genótipos de batata-doce produzidos no Rio de Janeiro. Os autores relataram que o dendrograma de similaridade genética foi capaz de organizar os genótipos em 5 grupos distintos com base em suas características morfológicas. O trabalho destacou que os produtores rurais do Rio de Janeiro produziam batata-doce com ampla diversidade genética.

A qualidade morfológica, o manejo agrícola e a produtividade das novas plantas de batata-doce foram fatores essenciais diretamente relacionados ao aumento do potencial de oferta da cultura (NEIVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015). Assim, o uso de plantas selecionadas de alta qualidade e boas práticas agrícolas podem melhorar as características físicas e morfológicas das plantas de batata-doce (JÚNIOR et al., 2009; RÓS, NARITA, HIRATA, 2014).

#### 4.2 PERFIL DE COR DA POLPA DE BATATA DOCE

A cor dos alimentos é um atributo sensorial significativo relacionado às características intrínsecas de qualidade e aquisição do produto. A sua avaliação está também associada aos hábitos de consumo em torno do consumo e seleção de diferentes culturas alimentares (STICH, 2016). A Tabela 3 mostra os resultados obtidos a partir da cor instrumental da fração de polpa das amostras.

Com base no parâmetro L\* (luminosidade), o 17092-9 apresentou o maior valor, significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) do SC370 Luiza e do 17007-15. No entanto, SC370 Luiza e 17007-15 que apresentaram os menores valores foram significativamente semelhantes. Vale ressaltar que a cultivar SCS370 Luiza apresentou polpa roxa escura, característica que está diretamente relacionada ao baixo valor registrado para luminosidade. Assim, de acordo com o parâmetro de cor a\* as amostras 17007-15 e SCS370 Luiza tiveram os maiores valores, pois o menor foi registrado para 17162. O 17007-15 apresentou o maior resultado para o parâmetro b\* e foi estatisticamente semelhante apenas ao SCS367 Favorita que por sua vez foi estatisticamente semelhante a Darci. De fato, os resultados do parâmetro b\* de Darci e SCS370 Luiza foram significativamente semelhantes ( $p < 0,05$ ).

O maior resultado para C\* foi registrado para 17005-15 que foi estatisticamente semelhante ao SCS367 Favorita que por sua vez foi semelhante ao SCS371 Katiy, 17092-9, SCS369 Águas Negras e Darci. A avaliação de h° revelou que o SCS370 Luiza de polpa roxa teve o maior resultado estatisticamente semelhante ( $p < 0,05$ ) apenas ao 17092-9 que por sua vez foi semelhante

ao 17117. O menor resultado observado para  $h^\circ$  foi para 17007-15 que é semelhante a 17117. A cor da polpa de cada amostra de batata-doce pode ser acessada em FS 1.

Tang, Cai e Xu (2015), analisaram os compostos bioativos, a atividade antioxidante e a cor instrumental de cinco variedades de batata-doce com polpa colorida (branca, amarela, laranja, roxa clara e roxa escura). As raízes foram submetidas a diferentes métodos de cozimento, mas uma de cada foi mantida crua. Todas as amostras foram liofilizadas antes dos testes analíticos. Entre os resultados de cores relatados, as amostras de roxo claro e roxo escuro apresentaram grande variação. Os valores de  $L^*$  não mostraram grande diferença entre as amostras branca, amarela e laranja, com pequenas diferenças entre os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ . Em comparação, entre as 18 amostras analisadas, é possível subdividir em grupos de cor branca (SCS369 Águas Negras, SCS371 Katiy, Leandro, 17092-9), creme (Darci, 17082-8, 17125-10, 17162), amarelo (SCS368 Ituporanga, 17052), laranja (SCS367 Favorita, SCS372 Marina, 17007-15, 17025-13, 17105-20, 17107-18, 17117) e polpa roxa (SCS370 Luiza). Assim, o grupo de polpa branca foi semelhante para  $L^*$  próximo ao valor 80,  $a^*$  apresentou valores negativos e  $b^*$  apresentou similaridade próxima ao valor 20. O grupo creme e amarelo foram semelhantes a  $L^*$ , mas com  $a^*$  negativo e valores mais altos de  $b^*$ . O grupo de polpa de laranja foi ligeiramente menor em  $L^*$  (resultados entre 57,37 a 79,14), mas a maioria foi maior em  $a^*$  e  $b^*$ .

Pilon et al. (2021), avaliaram os compostos bioativos, características físicas e composição físico-química de oito genótipos de batata-doce da Embrapa-Hortaliças (Brasil). Quanto à cor, as amostras foram agrupadas em laranja, creme e batata-doce de polpa amarela, juntamente com duas amostras controle. As amostras de polpa de laranja apresentaram resultados para o parâmetro  $L^*$  com valores entre 71,71 - 76,08, e o grupo creme e amarelo resultou em  $L^*$  acima de 80. As amostras de polpa de laranja também apresentaram valores de  $C^*$  entre 48,58-51,47, que foi superior ao outras amostras. Os resultados para  $h^\circ$  apresentaram diferenças significativas entre as amostras do mesmo grupo de cor, sendo que as amostras creme apresentaram resultados superiores às demais ( $h^\circ$  95,03-103,22). Esses dados relatados pelos autores estão de acordo com os valores observados para os grupos com coloração pulpar semelhante (Tabela 3). Por outro lado, o resultado de  $h^\circ$  é menor que o valor observado para a amostra de polpa roxa SCS370 Luiza. Além disso, os autores comunicaram que os maiores níveis de carotenóides totais e compostos fenólicos totais foram avaliados para o grupo de batata-doce de polpa alaranjada.

A ocorrência de cores diferentes na polpa de batata-doce está ligada à presença de diversos compostos bioativos que atuam como pigmentos, como antocianidinas (vermelho/roxo),  $\beta$ -caroteno (laranja) e flavonóides (amarelo/laranja). Além de dar cor ao alimento, os compostos bioativos são capazes de contribuir beneficentemente para o metabolismo do consumidor (MOHANRAJ, 2018; ALBUQUERQUE, SAMPAIO, SOUZA, 2019; AMOANIMAA-DEDE et al., 2020; ALAM, 2021).

Notadamente, a cor é um atributo de grande importância para produtos alimentícios em geral. A preferência pelo consumo está relacionada aos aspectos sensoriais, e a cor desempenha um papel vital no apelo visual do alimento. A cor da batata-doce pode ser correlacionada com suas propriedades físico-químicas, qualidade microbiológica e condições de maturação. Assim, as condições de manejo podem afetar diretamente o aspecto da cor nas etapas de pós-colheita e armazenamento. Além disso, o impacto da cor pode ser observado nas circunstâncias econômicas que envolvem a comercialização da cultura, pois as batatas-doces que não apresentam as cores de qualidade esperadas tendem a ser rejeitadas (PATHARE, OPARA, AL-SAID, 2013; PRATO, NASCIMENTO, 2019; AMOANIMAA-DEDE et al., 2020).

#### 4.3 COMPOSIÇÃO PROXIMAL E FIBRA ALIMENTAR TOTAL

A caracterização da composição centesimal dos alimentos é fundamental para a qualidade do produto. Essas características afetam o consumo, o comércio e a industrialização de alimentos, os projetos de pesquisa, o desenvolvimento de produtos e a tomada de decisões relacionadas às ações de saúde coletiva (EGAN et al., 2007). As informações sobre a composição dos alimentos estão diretamente envolvidas na garantia da qualidade e segurança. Portanto, a caracterização centesimal pode beneficiar os consumidores quanto às opções de ingestão de alimentos e auxiliar no desenvolvimento de novos produtos (ROE et al., 2018; MU, SINGH, 2019).

A atividade de água das amostras foram todas próximas do valor máximo de 1,00, o que está em conformidade com a natureza desse tipo de alimento (WOJSLAW, 2012; MU et al., 2019). As cultivares registradas SCS370 Luiza, SCS368 Ituporanga, SCS371 Katiy, SCS372 Marina e as novas variedades 17007-15, 17052, 17092-9, 17117 e 17125-10 apresentaram os maiores valores estatisticamente semelhantes a SCS367 Favorita, SCS369 Águas Negras, Leandro, 17025-13 e 17082-8. A amostra 17162 apresentou o menor valor para atividade de água.

Em relação à umidade, 17162 apresentou o maior teor estatisticamente semelhante às cultivares SCS367 Favorita, SCS368 Ituporanga, SCS369 Águas Negras e SCS371 Katiy, e para as novas variedades Darci, Leandro, 17052, 17105-20, 17117 e 17125-10. Os menores percentuais de umidade foram observados para as amostras SCS370 Luiza, SCS372 Marina, 17007-15, 17025-13, 17082-8, 17092-9 e 17107-18. A umidade é um parâmetro crítico para a composição centesimal das amostras e está diretamente correlacionada com o teor de matéria seca da cultura e sua vida útil (DAMODARAN, PARKIN, 2017).

Os dados de composição proximal das cultivares de batata-doce e novas variedades permitiram estimar o valor energético total em quilocalorias (Kcal), de acordo com os valores de conversão de Atwater (WELSH, 1994; NICHOLS, 1994). A amostra 17025-13 apresentou o maior resultado de energia variável que foi estatisticamente semelhante ( $p < 0,05$ ) às cultivares SCS368 Ituporanga, SCS370 Luiza, SCS371 Katiy e SCS372 Marina, e 17007-15, 17082-8, 17092-9, 17107-18 e 17125-10. Mas o menor resultado energético foi registrado para as amostras SCS368 Favorita, SCS369 Águas Negras, SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, Darci, Leandro, 17052, 17082-8, 17105-20, 17117, 17125-10 e 17162.

A batata-doce naturalmente possui baixo teor de proteínas e lipídios totais em sua polpa (MU, SINGH, 2019; HABTEMARIAM, 2019). Entre as amostras analisadas, 17.007-15 apresentou o maior teor de proteína, seguido por 17.052, que foi estatisticamente semelhante. O menor teor de proteína foi registrado para a cultivar SCS372 Marina. Os resultados para lipídios totais revelaram que SCS368 Ituporanga apresentou o maior teor, que foi significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) em relação às novas variedades 17162 e 17107-18. A amostra 17007-15 possui o maior teor de cinzas cujo resultado foi estatisticamente semelhante ao 17105-20. No entanto, as cultivares SCS371 Katiy, SCS369 Águas Negras e as novas variedades Leandro e 17125-10 apresentam o menor resultado para este parâmetro.

SCS372 Marina apresentou o maior teor de carboidratos totais seguido por 17025-13 e 17107-18. No entanto, as amostras SCS369 Águas Negras, Darci, Leandro, 17052, 17007-15, 17117 e 17162 apresentaram o menor teor em que seus resultados foram estatisticamente semelhantes. Para fibra alimentar total, os resultados mostraram que a cultivar registrada SCS372 Marina foi seguida pela SCS369 Ituporanga, SCS370 Luiza e SCS371 Katiy, e as novas variedades 17007-15, 17025-13, 17092-9, 17082-8, 17105-20, 17107-18, 17117 e 17125-10 que eram

estatisticamente semelhantes. Os menores resultados foram registrados para SCS368 Favorita, SCS369 Águas Negras, Leandro, Darci, 17052 e 17162.

A fibra alimentar desempenha um papel importante na composição nutricional da batata-doce. Dentre suas definições, a fibra alimentar pode ser entendida como um polissacarídeo estrutural produzido pelas plantas que, quando consumidos, podem resistir às enzimas endógenas presentes na digestão, o que tem efeitos benéficos para a saúde humana (JHA, SINGH, PRAKASH, 2017; TIWARI, CUMMINS, 2021). Pode ser subdividida em fibra alimentar solúvel e insolúvel por meio de sua solubilidade. A fibra dietética solúvel inclui alguns carboidratos, como pectina, gomas de plantas e glucomanano. O grupo de fibras alimentares insolúveis inclui celulose, hemicelulose, lignina e quitina (MU, SINGH, 2019).

Rose e Vasanthakaalam (2011), compararam a composição centesimal de quatro cultivares de batata-doce em Ruanda, sendo duas cultivares de polpa amarela e as outras duas de polpa branca. Entre todos os resultados, o teor de umidade variou de 62,58% a 64,34%, e os valores de proteínas totais e açúcares redutores totais foram maiores para as variedades de polpa amarela (os maiores valores foram 0,91 e 2,50, respectivamente). Além disso, os resultados de fibra bruta e teor de cinzas também foram superiores nas amostras de polpa amarela. Os autores informaram que o cultivo de batata-doce de polpa amarela (especialmente Kwizekumwe) tornou-se interessante, pois essas cultivares foram nutricionalmente superiores às demais avaliadas. Entre as amostras registradas de batata-doce avaliadas no estudo, SCS370 Luiza e SCS372 Marina apresentam polpa colorida, roxo escuro e amarelado/laranja, respectivamente.

Alam, Rana e Islam (2016) estimaram a composição proximal, carotenóides totais e polifenóis totais em nove cultivares de batata-doce de polpa alaranjada do *Tuber Crops Research Center* em Bangladesh. Entre os resultados relatados, a umidade variou entre 70,95%-72,96%, proteína total 1,91%-5,83%, lipídio total 0,17%-0,63%, fibra bruta 0,30%-0,53%, cinzas 1,17%-1,29% e carboidratos totais 21,10% -24,50%. Os autores indicaram que as cultivares de batata-doce analisadas apresentaram teor satisfatório para proteínas e carboidratos, mas baixo para lipídios totais. A conclusão sugere que o consumo de batata-doce de polpa alaranjada deve ser incentivado em Bangladesh como forma de mitigar os problemas de desnutrição.

Santos et al. (2019), avaliaram a composição centesimal e mineral de 48 amostras de batata-doce de polpa branca, divididas entre amostras de cultivo convencional e orgânico. A qualidade dos resultados analíticos foi corroborada por testes estatísticos incluindo análise de

componentes principais e análise de agrupamento hierárquico. Em relação à composição centesimal, os resultados para as amostras de cultivo convencional e orgânico foram para umidade 72%-72%, cinzas 0,87%-0,90%, proteínas totais 1,5%-1,4%, lipídios totais 0,63%-0,54% e carboidratos totais 24,8 %-23,9%. Os autores ressaltam que os resultados observados com os testes de análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico não apresentaram diferença estatística significativa, sendo adequados para classificar as amostras em dois grupos distintos de acordo com o método de cultivo aplicado para a produção das raízes tuberosas.

Nesse contexto, Arshad et al. (2021), desenvolveram um estudo comparativo entre batata-doce de polpa branca paquistanesa e cultivares de batata quanto à composição centesimal, conteúdo mineral, cor da polpa, compostos bioativos, bem como atividade antioxidante. As amostras foram liofilizadas antes da caracterização analítica. Entre os resultados publicados no estudo, a amostra de batata-doce de polpa branca apresentou teores máximos de umidade de 5,57%, cinzas 1,79%, lipídios totais 0,86%, proteínas totais 5,56%, fibra bruta 2,06% e extrato livre de nitrogênio (carboidratos totais) de 83,17%. Os autores concluem em seu trabalho que a batata-doce de polpa branca apresentou maior composição centesimal, atividade mineral e antioxidante quando comparada à batata de polpa branca.

Em seu trabalho de revisão, Amagloh et al. (2021), destaca que o aumento do consumo de alimentos contendo fibra alimentar está relacionado à diminuição da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis por estimular efeitos benéficos à saúde do consumidor. Os autores relatam que a batata-doce é um alimento rico em fibras em que o teor desse nutriente pode chegar a 3 g em 100 g de peso fresco. Independentemente da variedade, a batata-doce é relatada como benéfica para pacientes com diabetes mellitus tipo 2 devido ao seu teor de fibra alimentar e índice glicêmico moderado. Essa informação corrobora os resultados da análise de fibra alimentar total obtida no estudo. Com base na cultivar SCS372 Marina, o teor de fibra total em base seca foi de 12,60 g  $\pm$  1,26, que em base fresca está em torno de 2,90 g em 100 g de polpa.

Esses dados estão de acordo com os resultados encontrados no presente estudo. Ressalta-se que as análises de atividade de água e umidade foram realizadas na porção fresca das 18 amostras de batata-doce, e esses valores variaram de 0,97-0,99 e 76,28%-83,32%, respectivamente. As análises de proteínas totais, lipídios totais, cinzas, fibras alimentares totais e lipídios totais foram realizadas com a polpa liofilizada. Em geral, os valores observados para a composição proximal das cultivares de batata-doce e novas variedades utilizadas neste estudo foram semelhantes ou até

superiores a outros resultados relatados na literatura (JÚNIOR et al., 2005; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008; UNICAMP, 2011; JÚNIOR et al., 2012; MELO et al., 2014; USP, 2020).

#### 4.4 TRIAGEM DE CULTIVARES E NOVAS VARIEDADES DE BATATA-DOCE

A realização da primeira AF foi necessária para verificar quais variáveis independentes de entrada não detinham um valor de comunalidade adequado, para que pudessem ser retiradas dos dados de entrada. Por esse motivo, foi necessário realizar uma segunda AF para corroborar as variáveis independentes com maior comunalidade. Como resultado, a segunda AF exploratória conseguiu computar 92,08% da variabilidade explicativa dos dados de entrada, o que corrobora a análise de melhor ajuste. Assim, o Fator 1 explica 27,96% da variabilidade dos dados, enquanto o Fator 2 explica 23,04%, o Fator 3 18,61%, o Fator 4 14,42% e o Fator 5 8,06%. O ST 7 mostra a relação entre as variáveis e os fatores obtidos na segunda AF exploratória, e a FS 3 ilustra os autovalores das variáveis utilizadas na segunda AF.

De acordo com ST 7, a segunda AF exploratória revela que M, Ev, Carb e Tdf estão relacionados ao Fator 1 e correlacionados entre si. Os parâmetros L\* e a\* estão relacionados ao Fator 2. As variáveis b\*, C\* e h° estão relacionadas ao Fator 3, e Wa e Ash estão correlacionadas ao Fator 4. Finalmente, as variáveis de morfologia We e Le têm uma alta relação com Fator 5.

O Fator 1 possui o maior índice explicativo da AF secundária, que é descrito como um índice relacionado à qualidade nutricional de cultivares de batata-doce e novas variedades. As variáveis independentes agregadas ao Fator 1 têm grande importância para os consumidores que desejam alimentos nutritivos. Os fatores 2, 3 e 4 podem ser interpretados como um índice de comparação entre os parâmetros instrumentais de cor e os atributos de composição proximal. No entanto, o Fator 5 tem grande relevância para o estudo, que agrega as variáveis de morfologia We e Le. Essas variáveis são essenciais para os produtores agrícolas que pretendem cultivar batata-doce com objetivos econômicos. O valor financeiro da cultura da batata-doce é baseado no peso total em toneladas de sua produção. O gráfico de agrupamento de coeficientes para as 13 variáveis da segunda AF exploratória em função dos Fatores 1x2x5 é apresentado na Figura 1.

A FS 2 confirma que os cinco Fatores gerados na segunda AF exploratória possuem autovalor acima de 1 (KAISER, 1958). Além disso, de acordo com o Critério do Diagrama de Autovalores *Scree-plot* (CASTELL, 1966; WOODS, EDWARDS, 2011), o número de fatores a serem

mantidos na análise fatorial deve situar-se antes do ponto de inflexão da curva fatorial, o que está de acordo com a FS 3. O cotovelo é observado após o Fator 5, o que corrobora a concordância da análise.

A TS 8 ilustra os valores de comunalidade dos 5 Fatores gerados na segunda AF com as 13 variáveis de entrada previamente estabelecidas. A TS 8 também confirma a adequação da AF exploratória de acordo com as variáveis independentes de comunalidade mais significativa juntamente com os fatores calculados. A comunalidade das 13 variáveis independentes utilizadas na segunda AF tem valores  $>0,7$  na coluna do quinto fator.

Pode-se observar que We, Le, Wa, M, Ev, Carb, Tdf, Ash, L\*, a\*, b\*, C\* e h° estão associados à variância explicada total relativa à variável dependente das amostras. São precisamente estas 13 variáveis que foram submetidas como dados de entrada para o PCA. Assim, a segunda AF exploratória explicou 92,08% da variabilidade embutida nos dados de entrada. O percentual não explicativo do modelo é de 7,92%, que está relacionado à variância específica dos dados de entrada incorporados no erro aleatório do modelo.

Em relação aos resultados do teste PCA, é possível notar que as variáveis We e Le possuem um escore de comunalidade aproximado de 0,7 ( $0,66 \approx 0,70$ ) na coluna do PC 4 (ST 13). Ressalta-se que essas duas variáveis independentes relacionadas à morfologia das amostras derivam de uma demanda direta dos produtores rurais que plantam e vendem batata-doce. As características agrônomicas são alguns elementos que influenciam a decisão do agricultor na escolha das variedades de batata-doce a serem plantadas (KASSALI, 2011; PRAKASH et al., 2018). A qualidade morfológica da batata-doce também está relacionada à aceitação do produto pelos consumidores. Portanto, essas variáveis independentes estão relacionadas ao valor econômico da cultura. Essa circunstância corrobora a presença das variáveis independentes We e Le nesta etapa da análise estatística exploratória. A Figura 2 ilustra a dispersão das variáveis independentes em função dos componentes principais calculados pela PCA.

Vale ressaltar que na Figura 3, o gráfico (A) apresenta 72,22% das amostras totalmente imersas em algum quadrante. O gráfico (B) tem 66,66% das amostras dentro de algum quadrante, enquanto o gráfico (C) tem 55,55%. Entre as informações que derivam da Figura 2 e da Figura 3, é fundamental rastrear as posições das variáveis independentes de maior interesse e fazer o cruzamento com a distribuição amostral.

As variáveis independentes com maior significância são agrupadas por Carb, Tdf e Ev como índice de qualidade nutricional e We e Le como índice de morfologia. Uma avaliação criteriosa revela que as amostras SCS372 Marina e 17025-13 possuem uma relação de dispersão com as variáveis relacionadas à qualidade nutricional. As amostras SCS370 Luiza, SCS372 Marina, 17125-10 e 17117 apresentam, em algum ponto de sua dispersão, uma relação com as variáveis independentes que compõem os atributos morfológicos das amostras.

## **5 CONCLUSÃO**

As 18 amostras de batata-doce foram analisadas quanto à morfologia, cor da polpa, composição proximal e teor total de fibra alimentar. Das 16 variáveis independentes, a Análise Fatorial exploratória identificou com 92,08% de assertividade as 13 variáveis independentes com comunalidade  $>0,7$ . A Análise de Componentes Principais gerou 4 componentes principais para esclarecer 84,01% da variância explicativa dos dados. Entre as 6 cultivares registradas, a SCS372 Marina e a SCS370 Luiza têm aptidão para serem recomendadas aos agricultores para a produção agrícola. Das 12 novas variedades de batata-doce, 17025-13, 17125-10 e 17117 apresentaram alto potencial de patente e registro, para futuramente estarem disponíveis aos agricultores. Além disso, os resultados analíticos corroboram a qualidade nutricional das cultivares de batata-doce e novas variedades aplicadas no estudo.

## **DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Os conjuntos de dados apresentados neste estudo podem ser encontrados em repositórios online. Os nomes dos repositórios e o(s) número(s) de acesso podem ser encontrados na seção online de Material Suplementar.

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Cartabiano: coleta de amostras, procedimentos analíticos, análise estatística e redação, revisão e publicação do artigo. Souza: procedimentos analíticos. de Francisco: Redação e revisão do artigo. Manfio, Wamser e Alves: Melhoramento de amostras, ensaios de campo, plantio e colheita. Todos os autores listados fizeram uma contribuição substancial, direta e intelectual para o trabalho e o aprovaram para publicação.

## **FINANCIAMENTO**

Este estudo foi financiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Processo 141974/2019-2.

## **AGRADECIMENTOS**

Cartabiano agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado, e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga (EPAGRI-EEItu), Santa Catarina, Brasil, pela parceria para este trabalho.

## **MATERIAL SUPLEMENTAR**

O Material Complementar deste estudo pode ser obtido online no endereço: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.852709/full#supplementary-material>

## REFERÊNCIAS

AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS.: **International, "Approved Methods of Analysis," 11th Edition.** AACC International, St. Paul, 2010.

ABDISSA, T.; DECHASSA, N.; ALEMAYEHU, Y.: Sweet potato growth parameters as affected by farmyard manure and phosphorous application at Adami Tulu, Central Rift Valley of Ethiopia. **Agricultural Science Research Journal**, n. 2, v. 1, p. 1-12., 2012.

ALAM, M. K.: A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, n. 115, 2021.

ALAM, M. K.; RANA, Z. H.; ISLAM, S. N.: Comparison of the proximate composition, total carotenoids and total polyphenol content of nine orange-fleshed sweet potato varieties grown in Bangladesh. **Foods**, v. 5(3), p. 64, 2016.

ALBUQUERQUE, T. M. R.; SAMPAIO, K. B.; SOUZA, E. L.: Sweet potato roots: Unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds—A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 277-286, 2019.

ALKARKHI, A. F. M.; ALQARAGHULI, W. A. A.: **Chapter 9: Factor Analysis.** In: Easy Statistics for Food Science with R. Academic Press, p. 143-159, 2019.

AMAGLOH, F. C.; YADA, B.; TUMUHIMBISE, G. A.; AMAGLOH, F. K.; KAAYA, A. N.: The Potential of Sweetpotato as a Functional Food in Sub-Saharan Africa and Its Implications for Health: A Review. **Molecules**, v. 26(10), p. 2971, 2021.

AMOANIMAA-DEDE, H.; SU, C.; AKWASI, Y.; CHEN, C.; YANG, S.; ZHU, H.; CHEN, M.: Flesh color diversity of sweet potato: an overview of the composition, functions, biosynthesis, and gene regulation of the major pigments. **Phyton**, Buenos Aires, v. 89(4), p. 805-833, 2020.

AOAC – ASSOCIATION OF AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists:** 18th Edition, AOAC, Washington DC, 2020.

ARMANINO, C., FORINA, M.; GARDINER, P. H. E.; HEUVEL, E. J.; KATEMAN, G.; LANTERI, S.; SMIT, H. C.; VANDEGINSTE, B. G. M.: **Chemometrics and Species Identification.** Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin, 181 p., 1987.

ARSHAD, A.; IQBAL, H.; SIDDIQA, A.; ZULFIQAR, T.; TAREEN, M. B.; AMNA, D.; SHAKI, M.; HAZAFA, A.; NAEEM, M.; LORENZO, J. M.; DOMÍNGUEZ, R.: Comparative Study of Potato (*Solanum tuberosum* L.) and Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.): Evaluation of Proximate Composition, Polyphenol Content, Mineral and Antioxidant Activities. **Applied Sciences**, v. 11(24), p. 11844, 2021.

CAIVANO, J. L.; BUEIRA, M. P.: **Color in food technological and psychophysical aspects.** United States of America: CRC Press, 478 p, 2016.

CARTABIANO, C. E. L., PORCU, O. M., DE CASAS, A. F.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. **International Journal of Engineering Research and Applications**, v. 10, Issue 6, p. 23-40, 2020.

CATTELL, R.B.: The scree-test for the number of factors. **Multivariate Behavioral Research** 1, p. 245–276, 1966.

CHEN, H.; SUN, J.; LIU, J.; GOU, Y.; ZHANG, X.; WU, X.; SUN, R.; TANG, S.; KAN, J.; QIAN, C.; ZHANG, N.; JIN, C.: Structural characterization and anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from purple sweet potato. **International Journal of Biological Macromolecules**, n. 131, p. 484-494, 2019.

CODEAGRO - COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO DOS AGRONEGÓCIOS: Batata-doce: Normas de classificação. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura**, v. 12, n. 14, 2014.

CRUZ, I. C.; TOPA, M. A.: **Multivariate analysis as a supplier management tool aiming at a relationship with competitive advantage**. Monograph (Bachelor of Statistics). Federal University of Paraná, Curitiba, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.: **Química de alimentos de Fennema - 5ed**. Artmed Editora, 1120p, 2017.

DE JONGE, B.; SALAZAR, R.; VISSER, B.: How regulatory issues surrounding new breeding technologies Can Impact Smallholder Farmer Breeding: A Case Study From The Philippines. **Plants, People, Planet**, v. 4, 2021.

DUTTA, S. Sweet potatoes for diabetes mellitus: a systematic review. **Pharmacophore**, v. 6(1), p. 60-72, 2015.

EGAN, M. B.; FRAGODT, A.; RAATS, M. M.; HODGKINS, C.; LUMBERS, M.: The importance of harmonizing food composition data across Europe. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, v. 7, p. 813-821, 2007.

FEDERIZZI, L. C.; CARBONELL, S. A. M.; PACHECO, M. T.; NAVA, I. C.: Breeders' work after cultivar development: the stage of recommendation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 12(SPE), p. 67-74, 2012.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat Statistical Database**. <https://www.fao.org/faostat/en/>, 2021.

FORINA, M.; LEARDI, R.; ARMANINO, C.; LANTERI, S.: **PARVUS - An Extendible Package for Data Exploration, Classification and Correlation**. Institute of Pharmaceutical and Food Analysis and Technologies, Italy, 2014.

GASURA, E.; MATSAURE, F.; SETIMELA, P. S.; RUGARE, J. T.; NYAKURWA, C. S.; ANDRADE, M.: Performance, variance components, and acceptability of pro-vitamin A-biofortified sweetpotato in Southern Africa and implications in future breeding. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.

GRUNEBERG, W.J.; MA, D.; MWANGA, R.O.M.; CAREY, E.E.; HUAMANI, K.; DIAZ, F.; EYZAGUIRRE, R.; GUAF, E.; JUSUF, M.; KARUNIAWAN, A.; TJINTOKOHADI, K.; SONG, Y.S.; ANIL, S.R.; HOSSAIN, M.; RAHAMAN, E.; ATTALURI, S.I.; SOME, K.; AFUAPE, S.O.; ADOFO, K.; LUKONGE, E.; KARANJA, L.; NDIRIGWE, J.; SSEMAKULA, G.; AGILI, S.; RANDRIANAIVOARINOVY, J.M.; CHIONA, M.; CHIPUNGU, F.; LAURIE, S.M.; RICARDO, J.; ANDRADE, M.; RAUSCH FERNANDES, F.; MELLO, A.S.; KHAN, M.A.; LABONTE, D.R.; YENCHO, G.C. **Advances in sweetpotato breeding from 1992 to 2012**. In: Potato and sweetpotato in Africa. Transforming the value chains for food and nutrition security. Oxfordshire, p. 3-68, 2015.

HABTEMARIAM, S.: **Other common and exotic foods with growing importance as antidiabetic agents**. In: Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases: The Chemical and Pharmacological Basis of their Action. Academic Press, p. 985-1047, 2019.

HEO, S.; CHOI, J. Y.; KIM, J.; MOON, K. D.: Prediction of moisture content in steamed and dried purple sweet potato using hyperspectral imaging analysis. **Food Science and Biotechnology**, p. 1-9, 2021.

HUAMAN, Z.: **Descriptors for sweet potato**. International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR, Centro Internacional de la Papa-CIP, Asian Vegetable Research and Development Center-AVRDC, 134 p, 1991.

JHA, S. K.; SINGH, H. R.; PRAKASH, P.: **Dietary Fiber and Human Health: An Introduction**. In: Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease Fiber's Interaction Between Gut Microflora, Sugar Metabolism, Weight Control and Cardiovascular Health. Academic Press, p. 1-22, 2017.

JU, J. H.; YOON, H. S.; PARK, H. J.; KIM, M. Y.; SHIN, H. K.; PARK, K. Y.; YANG, J. O. SOHN; M. S. DO; M. S.: Anti-obesity and antioxidative effects of purple sweet potato extract in 3T3-L1 adipocytes in vitro. **Journal of Medicinal Food**, v. 14(10), p. 1097-1106, 2011.

JÚNIOR, A. J. L. S.; PRAÇA, E. F.; GRANGEIRO, L. C.; BRAGA, A. P.; MENEZES, M. A.; SILVA, A. R.; SANTOS, M. A.: **Composição centesimal de cultivares de batata-doce colhidas aos quatro meses**. Anais do 45<sup>a</sup> Congresso Brasileiro de Oleicultura – CBO, 2005.

JÚNIOR, V. C. A.; VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, R. C.; NEIVA, I. P.; AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, P. C. D.: Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, n. 30, p. 584-589, 2012.

JÚNIOR, V. C. A.; VIANA, D., J. S.; FERNANDES, J. S. C.; FIGUEIREDO, J. A.; NUNES, U. R.; NEIVA, I. P.: Selection of sweet potato clones for the region of Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, 2009.

KAISER, H. F.: The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23(3), p. 187-200, 1958.

KAISER, H. F.: A second generation little jiffy. **Psychometrika**, v. 35(4), p. 401-415, 1970.

KARURI, H. W.; ATEKA, E. M.; AMATA, R.; NYENDE, A. B.; MUIGAI, A. W. T.; MWASAME, E.; GICHUKI, S. T.: Evaluating diversity among Kenyan sweet potato genotypes using morphological and SSR markers. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 12, n. 1, p. 33-38, 2010.

KASSALI, R.: Economics of sweet potato production. **International Journal of Vegetable Science**, v. 17(4), p. 313-321, 2011.

KATAYAMA, K.; KOBAYASHI, A.; SAKAI, T.; KURANOUCI, T.; KAI, Y.: Recent progress in sweetpotato breeding and cultivars for diverse applications in Japan. **Breeding Science**, v. 97(1), p. 3-14, 2017.

KIM, H. J.; KOO, K. A.; PARK, W. S.; KANG, D. M.; KIM, H. S.; LEE, B. Y.; GOO, Y. M.; KIM, J. H.; LEE, M. K.; WOO, D. K.; KWAK S. S.; AHN, M. J.: Anti-obesity activity of anthocyanin and carotenoid extracts from color-fleshed sweet potatoes. **Journal of Food Biochemistry**, v. 44(10), e13438, 2020.

KONICA MINOLTA CORPORATION: **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. 62 p. Konica Minolta Sensing Americas, Inc, 1994. Disponível em: [https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color\\_communication.pdf](https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf)

KONICA MINOLTA CORPORATION: Understanding the CIE L\*C\*h Color Space. Konica Minolta Sensing Americas, Inc., 2017. Disponível em: <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/understanding-the-cie-lch-color-space/>

LABRADA, H. R.: Participatory seed diffusion: experiences from the field. In: Plant breeding and farmer participation. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, Italy, p. 589-612, 2009.

LI, P. G.; MU, T. H.; DENG, L.: Anticancer effects of sweet potato protein on human colorectal cancer cells. **World Journal of Gastroenterology: WJG**, v. 19(21), p. 3300-3308, 2013.

LOW, J. W.; ARIMOND, M.; OSMAN, N.; CUNGUARA, B.; ZANO, F.; TSCHIRLEY, D.: A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. **The Journal of Nutrition**, v. 137(5), p. 1320-1327, 2007.

- LOW, J. W.; ORTIZ, R.; VANDAMME, E.; ANDRADE, M.; BIAZIN, B.; GRÜNEBERG, W. J.: Nutrient-dense orange-fleshed sweetpotato: advances in drought-tolerance breeding and understanding of management practices for sustainable next-generation cropping systems in sub-Saharan Africa. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 50, 2020.
- MEIRA, M., SILVA, E. P. D., DAVID, J. M., DAVID, J. P.: Review of the genus *Ipomoea*: traditional uses, chemistry, and biological activities. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22(3), p. 682-713, 2012.
- MELO, W. F.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; BESSA, F. P.; DUSI, A. N.: **Biofortificação no Brasil (BioFort): Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno**. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, p. 2675-2680, 2011.
- MOHANRAJ, R.: SWEET POTATO: BIOACTIVE COMPOUNDS AND HEALTH BENEFITS. In: *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*, Springer, p. 1-16, 2018.
- MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S.: Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam)-A valuable medicinal food: A review. **Journal of Medicinal Food**, vol. 17(7), p. 733-741, 2014.
- Moulin, M. M.; Rodrigues, R.; Gonçalves, L. S. A.; Sudré, C. P.; Santos, M. H.; Silva, J. R. P.: Collection and morphological characterization of sweet potato landraces in north of Rio de Janeiro state. **Horticultura Brasileira**, n. 30, p. 286-292, 2012.
- MU, T., SINGH, J.: **Sweet Potato: Chemistry, Processing, and Nutrition**. Academic Press. 400 p., 2019.
- MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; WANG, C.: **Sweet potato processing technology**. Academic Press. 429 p., 2017.
- MUGUMAARHAHAMA, Y.; MONDO, J. M.; COKOLA, M. C.; NDJADI, S. S.; MUTWEDU, V. B.; KAZAMWALI, L. M.; CIREZI, N. C.; CHUMA, G. B.; NDEKO, A. B.; AYAGIRWE, R. B. B.; CIVAVA, R.; KARUME, K.; MUSHAGALUSA, G. N.: Socio-economic drivers of improved sweet potato varieties adoption among smallholder farmers in South-Kivu Province, DR Congo. **Scientific African**, n.12, e00818, 2021.
- MWANGA, R. O. M.; SWANCKAERT, J.; PEREIRA, G. S.; ANDRADE, M. I.; MAKUNDE, G.; GRÜNEBERG, W. J.; KREUZE, J.; DAVID, M.; DE BOECK, B.; CAREY, E.; SSALI, R. T.; UTOBLO, O.; GEMENET, D.; ANYANGA, M. O.; YADA, B.; CHELANGAT, D. M.; OLOKA, B.; MTUNDA, K.; CHIONA, M.; KOUSSAO, S.; LAURIE, S.; CAMPOS, H.; YENCHO, C.; LOW, J. W.: Breeding Progress for Vitamin A, Iron and Zinc Biofortification, Drought Tolerance, and Sweetpotato Virus Disease Resistance in Sweetpotato. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 15, 2021.
- NEIVA, I. P.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; PARRELLA, R. A.; SANTOS, J. B.: Caracterização morfológica de

acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM, Diamantina. **Horticultura Brasileira**, v. 29(4), p. 537-541, 2011.

NICHOLS, B. L.: Atwater and USDA nutrition research and service: a prologue of the past century. **The Journal of Nutrition**, n. 124, v. 9, p., 1994.

OLIVEIRA, C. D.; SOUZA, A. F.; DUDA, P. R. O.; SOUZA, A. A. D. F.: Produtividade de cultivares de batata-doce, plantadas com ramas de safra anterior, conservadas durante o inverno em diferentes ambientes. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 5, 2015.

PATHARE P. B., OPARA, U. L., AL-SAID F. A.: Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

PILON, L.; GUEDES, J. S.; BITENCOURT, B. S.; MELO, R. A. D. C.; VENDRAME, L. P.; AMARO, G. B.: Quality characterization, phenolic and carotenoid content of new orange, cream and yellow-fleshed sweetpotato genotypes. **Horticultura Brasileira**, n. 39, p. 299-304, 2021.

PRAKASH, K. P.; JAGANATHAN, D.; IMMANUAL, S.; SIVAKUMAR, P.S.: **The Status, Performance and Impact of sweet potato cultivation on farming communities of Odisha, India**. 2018 Conference, July 28-August 2, 2018, Vancouver, British Columbia 277216, International Association of Agricultural Economists, 2018.

PRATO, T. S.; NASCIMENTO, M. G.: Influência da cor e do odor na discriminação do sabor de um produto. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 179-176, 2019.

Qaim, M.: Role of new plant breeding technologies for food security and sustainable agricultural development. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 42(2), p. 129-150, 2020.

RICACHENEVSKY, F. K.; VASCONCELOS, M. W.; SHOU, H.; JOHNSON, A. A. T.; SPEROTTO, R. A.: Improving the nutritional content and quality of crops: promises, achievements, and future challenges. *Frontiers in Plant Science*, 10, p. 738, 2019.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HORATA, A. C. S.: Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014.

ROSE, I. M.; VASANTHAKAALAM, H.: Comparison of the nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. **American journal of Food and Nutrition**, v. 1(1), p. 34-38, 2011.

RSTUDIO TEAM: **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA, 2019. <https://www.rstudio.com/>

RUTTARATTANAMONGKOL, K.; CHITTRAKORN, S.; WEERAWATANAKORN, M.; DANGPIUM, N.: Effect of drying conditions on properties, pigments and antioxidant activity retentions of pretreated orange and purple-fleshed sweet potato flours. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53(4), p. 1811-1822, 2016.

- SANTOS, A. M. D.; LIMA, J. S.; DOS SANTOS, I. F.; SILVA, E. F.; SANTANA, F. A.; ARAUJO, D. G.; DOS SANTOS, L. O.: Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. **Food Chemistry**, v. 273, p. 166-171, 2019.
- SILVA, J. B. C.; LOPES C. A.; MAGALHÃES, J. S.: **Batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, nº 6 (versão eletrônica), 2008.
- SINGH, D. P., SINGH, A. K., SINGH, A.: **Participatory plant breeding**. In: Plant Breeding and Cultivar Development. Academic Press, p. 483-495, 2021.
- SINGH, G.: **Plant systematics: an integrated approach**. Editora CRC Press, 568 p., 2019.
- SRINIVAS, T.; NEDUNCHEZHIAN, M.: The nexus between adoption and diffusion of production technologies with yield: Evidence from sweet potato farmers in India. *Technology in Society*, Elsevier, vol. 60(C), 2020.
- STATSOFT, INC.: **TIBCO Statistica® Ultimate Academic**. Version 14.0.0, 2021.
- STICH, E.: **Food Color and Coloring Food: Quality, Differentiation and Regulatory Requirements in the European Union and the United States**. Em: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages Industrial Applications for Improving Food Color. Woodhead Publishing, p. 3-27, 2016.
- SUGATA, M.; LIN, C. Y.; SHIH, Y. C.: Anti-inflammatory and anticancer activities of Taiwanese purple-fleshed sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L. Lam) extracts. **BioMed Research International**, v. 2015, Article ID 768093, 10 p., 2015.
- SUN, Y.; LIU, Y.; YU, H.; XIE, A.; LI, X.; YIN, Y.; DUAN, X.: Non-destructive prediction of moisture content and freezable water content of purple-fleshed sweet potato slices during drying process using hyperspectral imaging technique. **Food Analytical Methods**, v. 10(5), p. 1535-1546, 2017.
- TANAKA, M.; ISHIGURO, K.; OKI, T.; OKUNO, S.: Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. **Breeding Science**, v. 61(1), p. 52-61, 2017.
- TANG, Y.; CAI, W.; XU, B.: Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, v. 4(3), p. 123-132, 2015.
- TIWARI, U.; CUMMINS, E.: **Legume fiber characterization, functionality, and process effects**. Em: Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. Editora Academic Press, p. 147-175, 2021.

TRUONG, V. D.; AVULA, R. Y.; PECOTA, K. V.; YENCHO, G. C.: **Sweetpotato production, processing, and nutritional quality**. Handbook of vegetables and vegetable processing. John Wiley & Sons Ltd, p. 811-838, 2018.

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS: **Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO**. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação–NEPA, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 4º ed., 161p., 2011.

USP - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO: **Tabela de composição Química dos Alimentos (TABNUT)**. Escola Paulista de Medicina. Departamento de Informática em Saúde, 2020.

VAN JAARVELD, P. J.; FABER, M.; TANUMIHARDJO, S. A.; NESTEL, P.; LOMBARD, C. J.; BENADÉ, A. J. S.:  $\beta$ -Carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. **The American journal of Clinical Nutrition**, v. 81(5), p. 1080-1087, 2005.

VEASEY, E. A.; SILVA, J. R. Q.; ROSA, M. S.; BORGES, A.; BRESSAN, E. A.; PERONI, N.: Phenology and Morphological diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* landraces of the Vale do Ribeira. **Scientia Agricola**, v. 64, n.4, p. 416-427, 2007.

WADL, P. A.; OLUKOLU, B. A.; BRANHAM, S. E.; JARRET, R. L.; YENCHO, G. C.; JACKSON, D. M.: Genetic diversity and population structure of the USDA sweetpotato (*Ipomoea batatas*) germplasm collections using GBSpoly. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1166., 2018.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F.: Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v. 89, p. 90-116, 2016.

WELSH, S.: Atwater to the present: evolution of nutrition education. **The Journal of Nutrition**, n. 124, v. 9, p. 1799S-1807S, 1994.

WELTZIEN, E.; RATTUNDE, F.; CHRISTINCK, A.; ISAACS, K.; ASHBY, J.: Gender and farmer preferences for varietal traits: evidence and issues for crop improvement. **Plant Breeding Reviews**, v. 43, p. 243-278, 2019.

WOODS, C. M.; EDWARDS, M. C.: **Factor Analysis and Related Methods**. Em: Essential Statistical Methods for Medical Statistics. Elsevier, Burlington, MA, USA, p. 174-201, 2011.

YUAN, B.; YANG, X. Q.; KOU, M.; LU, C. Y.; WANG, Y. Y.; PENG, J.; CHEN, P.; JIANG, J. H.: Selenylation of polysaccharide from the sweet potato and evaluation of antioxidant, anti-tumor, and antidiabetic activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65(3), p. 605-617, 2017.

## TRIAGEM DE SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE DE POLPA ROXA

Cláudio Eduardo Cartabiano Leite<sup>1\*</sup>, Bruno L. Ferreira<sup>1</sup>, Laercio G. Maciel<sup>1</sup>, Gerson L. Teixeira<sup>1</sup>, Candida E. Manfio<sup>2</sup>, Gerson H. Wamser<sup>2</sup>, Daniel P. Alves<sup>2</sup>, Alicia de Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos (PPGCAL), Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

<sup>2</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Estação Experimental de Ituporanga (EELtu), Ituporanga, Santa Catarina, Brasil.

\*E-mail do autor: cartabiano@gmail.com

### RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma raiz tuberosa amplamente consumida, rica em minerais e vitaminas, e fonte de fibra alimentar. A polpa da batata-doce possui compostos bioativos que contribuem positivamente para a saúde do consumidor. De acordo com o Registro Nacional de Cultivares, existem 32 cultivares de batata-doce registradas. O estado de Santa Catarina possui seis cultivares de batata-doce patenteadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). A cultivar de batata-doce SCS370 Luiza é a única de polpa roxa do estado de Santa Catarina. Para este estudo, foram utilizados diferentes solventes para a extração de compostos bioativos da batata-doce de polpa roxa SCS370 Luiza. A amostra (1:10 m/v) foi submetida a uma extração assistida por ultrassom (15 min, 30°C) usando quatro solventes (água, etanol, etanol a 50% ou metanol). O conteúdo fenólico total (CFT) foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu ( $\lambda_{\max} = 725$  nm), e os flavonóis totais (FT) foram avaliados pelo produto da complexação de cloreto de alumínio hexahidratado e acetato de sódio ( $\lambda_{\max} = 440$  nm). O ensaio de vanilina quantificou o teor de taninos condensados (TC) ( $\lambda_{\max} = 500$  nm). A atividade antioxidante foi determinada pelo sequestro de radicais de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) ( $\lambda_{\max} = 517$  nm), poder antioxidante redutor de ferro do plasma (FRAP) ( $\lambda_{\max} = 593$  nm), e potencial redutor de compostos fenólicos hidrofílicos (PRCFH) ( $\lambda_{\max} = 725$  nm). Os solventes utilizados influenciaram significativamente o teor de fenólicos, flavonóis e taninos. O CFT variou de 118,25 a 710,96 mg 100 g<sup>-1</sup> em equivalente de ácido gálico (EAG), enquanto o FT variou de 35,76 a 339,47 mg 100 g<sup>-1</sup> (expresso em equivalente de quercetina) e TC de 210,05 a 318,29 mg 100 g<sup>-1</sup> (expresso em equivalente de catequina). A capacidade antioxidante do extrato foi demonstrada por sua capacidade de reduzir compostos fenólicos hidrofílicos (112,89 - 282,62 mg 100g<sup>-1</sup> EAG) e transferir

átomos de hidrogênio (13,35 - 65,97% de atividade sequestrante), bem como pela capacidade de redução de ferro (64,52 - 219,26mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) usando os métodos RPHPC, DPPH e FRAP, respectivamente. A solução de etanol 50% mostrou-se mais eficaz na extração dos compostos bioativos. O extrato obtido quando utilizado 50% de etanol apresentou 34% mais TC, 71% mais atividade antioxidante pelo FRAP e 80% mais capacidade de sequestrar o radical DPPH em relação ao etanol puro. A batata-doce de polpa roxa SCS370 Luiza possui alta quantidade de compostos bioativos, o que a torna interessante como parte de uma alimentação saudável.

**Palavras-chave:** raiz tuberosa, polifenóis, atividade antioxidante, SCS370 Luiza.

**Agradecimentos:** O autor agradece ao Laboratório de Óleos e Gorduras da UFSC, Laboratório de Compostos Bioativos e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado.

**VII - CAPITULO 5**

**DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE UMA FORMULAÇÃO DE  
BEBIDA FUNCIONAL A BASE DE BATATA-DOCE**

## 1 INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados com o desenvolvimento e a inovação de produtos alimentícios contribuem para esclarecer as preferências e tendências de consumo da sociedade, e visam estimular a demanda por novos alimentos nutritivos. Com o passar dos anos, os hábitos de consumo por alimentos e produtos com reconhecida qualidade nutricional apresentam consistente aumento de demanda (KLOPČIČ, SLOKAN, ERJAVEC, 2020).

As preferências individuais na escolha por uma classe específica de produtos apresentam relação com variáveis pessoais de ordem intrínseca (por exemplo crenças, religiosidade, cultura, segurança e qualidade) e extrínseca (região geográfica e condição econômica). Os aspectos sensoriais também são decisivos para a escolha de consumo. Neste sentido, a indústria de alimentos busca ativamente inovar em diferentes processos, com objetivo de desenvolver produtos que sejam nutritivos, atraentes, convenientes e acessíveis (WANG et al., 2019; NGUGI, O'SULLIVAN, OSMAN, 2020).

O termo smoothie pode ser compreendido como uma bebida funcional, nutritiva, não alcoólica, capaz de ser elaborada a partir do uso de frutas e vegetais (ou ainda a combinação de ambos), em base aquosa ou láctea. Os smoothies podem apresentar em seu conteúdo diversos nutrientes (minerais, vitaminas, carboidratos, proteínas, aminoácidos, fibras dietéticas), além de compostos bioativos (polifenóis, antocianinas e carotenoides), e também e probióticos (GRANATO et al., 2010; RAMAN, AMBALAM, DOBLE, 2019).

Nos últimos anos, a demanda de consumo por bebidas funcionais do tipo smoothie cresceu de modo excepcional. Este aumento tende a crescer, por conta da formação de uma base de consumidores com alta aderência ao produto. A segmentação das vendas de alimentos e bebidas funcionais que ocorreram no mundo no ano de 2020, atingiram a marca de US\$ 259 bilhões na categoria 'naturalmente saudável', US\$ 267 bilhões para 'fortificados e funcionais', e US\$ 105 bilhões para 'orgânicos' (STATISTA, 2022a). Já as vendas do segmento de 'Outros Sucos, Misturas de Sucos e Smoothies' superou US\$ 41 milhões em 2021. Para o intervalo entre 2022 a 2026, as projeções apontam para um crescimento de cerca de 5,6% (STATISTA, 2022b).

As bebidas funcionais compõem um dos setores que mais cresce dentro da indústria de alimentos. O aumento da demanda de consumo das bebidas funcionais é uma consequência dos esforços de trabalho para promover hábitos de alimentação saudável. As novas bebidas que

apresentam conteúdo nutritivo de interesse, de tamanho, formato e consumo conveniente, estimulam este fenômeno (BAKER et al., 2020, CRAIG, FRESÁN, 2021).

Diferentes tipos de alimentos de origem vegetal podem ser aproveitados no desenvolvimento de novos produtos (TIWARI, 2018). A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) é a única planta de seu gênero capaz de produzir raízes tuberosas, amplamente utilizadas como alimento em todo mundo. As raízes tuberosas de batata-doce também são aproveitadas como matéria-prima em diversos processos industriais (MU et al., 2017).

A batata-doce possui uma excelente qualidade nutricional, corroborada por inúmeros trabalhos científicos. Sua composição físico-química apresenta vitaminas e minerais, com destaque para o teor de vitamina C e potássio, além de proteínas, carboidratos e fibras (solúveis e insolúveis), porém seu conteúdo lipídico é baixo. Além dos nutrientes, as raízes tuberosas de polpa colorida possuem diversos compostos bioativos como polifenóis, antocianinas e carotenoides (CARTABIANO, PORCU, DE CASAS, 2020; ALAM, 2021). Com relação à fração de sólidos totais, a batata-doce se destaca pelo conteúdo de carboidratos presente nas raízes. O amido de batata-doce é o principal constituinte do grupo dos carboidratos, e amplamente empregado no desenvolvimento de produtos à base deste alimento (MU, SINGH, 2019).

Durante as etapas de formulação de uma nova bebida funcional, são necessários estudos que busquem aplicar conceitos de quimiometria para estimar de modo preciso, os níveis de aplicabilidade para cada ingrediente. As etapas de produção também devem ser quantificadas de modo a determinar as melhores condições de processamento (ANDRE, SOUKOULIS, 2020).

Uma vez obtido o produto final, este deve ser submetido a procedimentos de qualidade para a inativação microbiológica a fim de garantir sua segurança alimentar. Processamentos térmicos são amplamente utilizados (PETRUZZI et al., 2017), assim como novas pesquisas apontam para tratamentos inovadores (ROWAN, 2019; PODOLAK, WHITMAN, BLACK, 2020; ERKMEN, 2022).

A escolha do tipo de tecnologia também deve levar em consideração a qualidade nutricional da bebida. Neste sentido, estudos de vida de prateleira das bebidas funcionais também vem ao encontro desta questão. Grande parte das bebidas funcionais disponíveis no comércio varejista de alimentos são ofertados em geladeiras ou gôndolas resfriadas que contribuem para o aumento do *shelf-life* (RAJAURIA, TIWARI, 2017; TIWARI, 2018).

É importante também avaliar os aspectos relacionados à qualidade sensorial. Os resultados das análises sensoriais e de textura do produto são fatores de grande influência na escolha dos níveis de concentração de cada matéria prima utilizada no desenvolvimento da formulação, bem como para a aceitação do público-alvo consumidor (RAJAURIA, TIWARI, 2017).

Vale destacar que os projetos para pesquisa, desenvolvimento e inovação de produtos alimentícios devem ser elaborados com propósito de solucionar os desafios do porvir, os quais devem estar debruçados sobre o futuro da promoção para uma alimentação mais saudável. Esses aspectos são capazes de conferir efeitos benéficos e duradouros para sociedade, de modo a contribuir para a melhoria da saúde pública.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo é apresentar os procedimentos que foram adotados na busca por desenvolver de modo preliminar uma nova formulação de bebida funcional com características de smoothie, a base de batata-doce. Este tipo de produto é novo no Brasil e, considerando o caso do beneficiamento de batata-doce com intuito na produção de bebidas funcionais do tipo smoothie, vale destacar que não há, até o presente momento, artigos científicos ou capítulos de livros publicados nas bases de dados brasileiras com este tema.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 OBTENÇÃO DOS MATERIAIS**

O smoothie de batata-doce foi inicialmente elaborado a partir do uso de raízes tuberosas disponíveis comercialmente, os quais foram adquiridos na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Cabe ressaltar que as amostras de genótipos experimentais e cultivares brasileiros de batatas-doce obtidas junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Ituporanga (EPAGRI-EEItu) foram, exclusivamente, submetidas às etapas analíticas da presente tese. Desse modo, a utilização destas amostras específicas para a elaboração inicial da bebida funcional se tonou inviável, uma vez que não há formulações prévias que indiquem o melhor modo de produção do produto, o que implica na necessidade de se utilizar um volume de raízes tuberosas maior do que o volume que havia disponível para as análises físico-químicas.

As raízes tuberosas adquiridas no comércio foram limpas e sanitizadas em água corrente e solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) antes do emprego na formulação do produto. Após a limpeza, as raízes foram secas com papel toalha e reservadas.

O mel utilizado na elaboração foi adquirido na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, sendo que todos os materiais utilizados foram padronizados na condição de mel de florada silvestre, comercializados pela empresa Pró-Apis Indústria e Comercio de Materiais Apícolas Ltda. A banana utilizada do tipo caturra foi adquirida no comércio local. A aveia em flocos finos foi adquirida da marca Quaker. A água utilizada é disponibilizada pela Usina de Alimentos (CCA/UFSC), coletada em filtro com carvão ativado para eliminação de impurezas. A Tabela 1 ilustra o peso total de cada matéria-prima utilizada na etapa de elaboração inicial do smoothie.

**Tabela 1** - Proporção de matéria prima utilizada na elaboração inicial do smoothie de batata-doce

<b>Matéria-prima</b>	<b>Quantidade utilizada (Kg)</b>
Batata-doce	20,79
Água	23,00
Banana	3,50
Mel	3,00
Aveia em flocos finos	1,80

## 2.2 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUIMIOMETRIA NA TRIAGEM DE FORMULAÇÕES

Inicialmente, os trabalhos se concentraram na elaboração da formulação, a partir do uso de ferramentas quimiométricas voltadas para este escopo. Foram testadas diferentes formulações e concentrações a partir do emprego das matérias-primas básicas: batata-doce, água, banana, mel e aveia em flocos finos. Os experimentos relacionados com as etapas de elaboração da formulação preliminar e consequente produção dos smoothies, foram realizadas na unidade de pesquisa denominada Usina de Alimentos, localizada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (CCA/UFSC).

As formulações foram desenvolvidas a partir da construção de um domínio fatorial preliminar amplo, capaz de avaliar em diferentes níveis cada um dos ingredientes apresentados na Tabela 1. O domínio fatorial inicial, empregado na elaboração dos smoothies, é apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Domínio fatorial para elaboração inicial do smoothie de batata-doce

Variáveis Independentes	Variáveis Independentes			
	Níveis do planejamento			
	Codificadas	(-1)	(0)	(+1)
Batata-doce (g)	X1	10	255	500
Água (mL)	X2	50	350	650
Banana (g)	X3	0,01	5,05	10
Mel (g)	X4	0,01	5,05	10
Aveia em flocos finos (g)	X5	0,01	5,05	10

A partir do domínio fatorial apresentado na Tabela 2, foi elaborado um planejamento fatorial fracionado  $2^{5-2}_{III}$  para a triagem de diversas formulações. O planejamento fatorial fracionado  $2^{5-2}_{III}$  é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** - Design experimental codificado do planejamento fatorial  $2^{5-2}_{III}$  para triagem de variáveis relacionadas a elaboração inicial da bebida funcional de batata-doce

Experimentos	Variáveis independentes				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	-	-	-	+	+
2	+	-	-	-	-
3	-	+	-	-	+
4	+	+	-	+	-
5	-	-	+	+	-
6	+	-	+	-	+
7	-	+	+	-	-
8	+	+	+	+	+
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

No planejamento apresentado da Tabela 3, as relações de definição são:  $I=X1X2X4$ ,  $I=X1X3X5$ , e  $I=X2X3X4X5$ , com nível de resolução III. Vale dizer que este planejamento fatorial fracionário  $2^{5-2}_{III}$  foi selecionado com base nos critérios de otimalidade e determinante máximo.

O critério de otimalidade indica que o planejamento de experimentos escolhido deve assegurar que os resultados observados para os efeitos sejam os mais precisos possíveis, ou seja, que o valor calculado dos efeitos a partir dos fatores apresente qualidade matemática (SILVEIRA, 2003; RODRIGUES, IEMMA, 2014).

Essa precisão matemática está intimamente relacionada (dentre outras) com possibilidade de multiplicação da matriz original ( $X$ ) por sua matriz transposta ( $X^t$ ) (SERINOLI, 2009). Assim, a matriz fatorial deve respeitar a equação 1:

$$X^t \cdot X = n^I \tag{1}$$

Onde:

$X^t$ = matriz transposta;

$X$ =matriz fatorial;

$n$ =número de experimentos;

$I$ =valor ortogonal.

A matriz que atende ao critério de ortogonalidade é denominada Matriz de Hadamard, sendo este um dos melhores critérios de escolha de uma matriz para o planejamento fatorial (MOHAN, 2006).

Já o critério de determinante máximo está relacionado ao valor de resultado do determinante  $n^I$ . O valor determinante apresenta-se como um arranjo matricial, resultado da multiplicação da matriz fatorial por sua matriz transversa, porém, pode ser considerado como medida a partir de seu valor ortogonal (SERINOLI, 2009). Neste caso, a matriz  $2^{5-2}_{III}$  gera valor de determinante máximo igual a  $8^8$ .

### 2.3 COCÇÃO DAS RAÍZES E PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

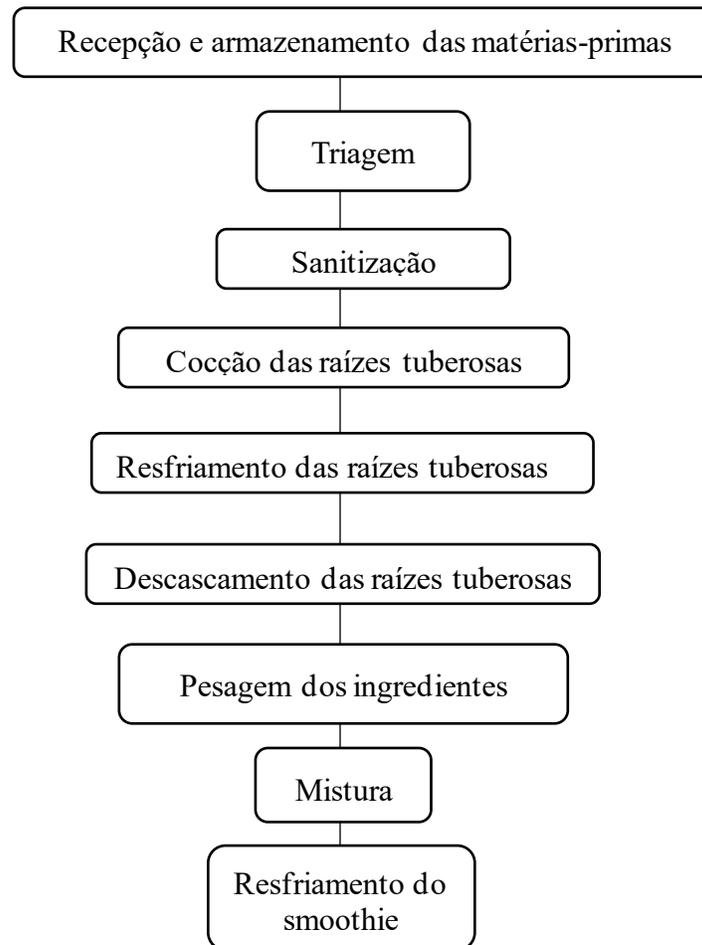
Inicialmente, as raízes tuberosas sanitizadas foram submetidas ao processo de cocção. A cocção foi realizada em fogão industrial, com uso de panelão de alumínio com tampa. Diferentes esquemas de cocção foram utilizados, como por exemplo: raízes cortadas na transversal e raízes sem corte; cocção à vapor e cocção imersa em água. Os testes revelaram que a melhor condição da matéria prima foi obtida com as raízes inteiras (sem corte ou descascamento), imersas em água fervente, por 40 minutos com a tampa fechada.

Após a cocção, as raízes tuberosas foram resfriadas em geladeira por cerca de 15 minutos. As amostras frias seguiram para o descascamento, corte na transversal, e foram reservadas enquanto matéria-prima.

## 2.4 PROCEDIMENTO DE PREPARO DA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SMOOTHIE

A Figura 1 ilustra o fluxograma do processo de desenvolvimento para a concepção da bebida funcional tipo smoothie de batata-doce.

**Figura 1** - Fluxograma das etapas adotadas para a produção de bebida funcional do tipo smoothie a base de batata-doce



O processo de produção do smoothie foi realizado a partir das etapas: obtenção das matérias-primas (batata-doce, água, banana, mel e aveia em flocos finos), armazenamento das matérias-primas, triagem das raízes, sanitização das raízes, cocção, resfriamento, descascamento, mistura dos ingredientes, e resfriamento da bebida.

Cada uma das etapas críticas da produção se desdobrou em fases específicas do processo. A primeira fase se concentrou no processo de cocção da batata-doce, a qual foi realizada com variações na condição da matéria-prima (descrita no item 2.3). Após cozidas e resfriadas, as raízes tuberosas foram manualmente descascadas com o auxílio de facas, e os ingredientes foram misturados em um multiprocessador disponível na Usina de Alimentos. O copo de liquidificador foi alocado em cima de uma balança semi-analítica (10000g), e os ingredientes foram adicionados respeitando a proporção em peso (g) de cada ingrediente em função do planejamento fatorial.

Em seguida, os ingredientes foram submetidos a mistura por cerca de 10 a 20 min, para o preparo da bebida. Após pronto, o smoothie de batata-doce foi alocado em garrafas plásticas previamente sanitizadas, as quais foram devidamente tampadas, seguindo para o resfriamento em geladeira.

## 2.5 ANÁLISE REOLÓGICA

Após a obtenção de uma formulação estável, uma amostra do protótipo do novo produto foi submetida a análise de reologia para avaliar as características de textura e escoamento da bebida, de acordo com Sun-Waterhouse et al., (2014), com modificações. A análise foi conduzida em estado estacionário, com uso de reômetro rotacional Haake MARS II, disponível no Laboratório de Controle e Processo de Polimerização (LCP/EQA/UFSC), utilizando sensor de placas paralelas de aço de 35 milímetros de diâmetro e rotor PP60. O espaçamento de fenda foi de 0,15 mm. A determinação da faixa de viscoelasticidade linear foi avaliada com parâmetro de varredura inicial de 0,1 Pa e final de 30 Pa, e frequência de 1,000 Hz, em passo 20. O comportamento de fluxo foi analisado com varredura entre  $0,1000 \text{ s}^{-1}$  e  $30,0000 \text{ s}^{-1}$ , com frequência de 1,000 Hz, em passo 20. Os resultados experimentais da curva de fluxo foram modelados de acordo com a Lei de Potência de Ostwald-de Waele, descrita na equação 2 (TONELI et al., 2005).

$$\tau = K \cdot \gamma^n$$

(2)

Sendo:

$\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa);

$\gamma$  = taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO PRELIMINAR DE BEBIDA FUNCIONAL DO TIPO SMOOTHIE A BASE DE BATATA-DOCE

Todo os processos de produção realizados no preparo das bebidas funcionais tipo smoothie de batata-doce seguiram as etapas descritas anteriormente no item 2.4. Passados cerca de oito meses de estudo técnico envolvendo a construção do modelo quimiométrico, definição das diversas formulações e o desenvolvimento de diferentes produtos, foi possível estabelecer uma formulação estável, a qual foi considerada qualificada para ser utilizada como ponto de partida na produção dos smoothies de batata-doce.

As Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8 exemplificam os ambientes utilizados e os procedimentos adotados durante a execução das etapas do fluxograma de produção da bebida funcional.

**Figura 2** - Baia número 1 da Usina de Alimentos (CCA/UFSC) utilizada para as etapas de produção de uma bebida funcional tipo smoothie a base de batata-doce



Fonte: O autor.

**Figura 3** - Fogão industrial e panelão de alumínio com tampa para cocção das amostras de batata-doce utilizadas como matéria-prima



Fonte: O autor.

**Figura 4** - Cocção à vapor das batatas-doces cortadas na transversal



Fonte: O autor.

**Figura 5** - Avaliação da qualidade de cocção de batata-doce cortada na transversal



Fonte: O autor.

**Figura 6** - Avaliação da qualidade de cocção de batata-doce inteira



Fonte: O autor.

**Figura 7** - Cocção padronizada das amostras de batata-doce e desprendimento da derme e epiderme das raízes tuberosas



Fonte: O autor.

**Figura 8** - Preparo do smoothie a base de batata-doce



Fonte: O autor.

Durante o processo preliminar de desenvolvimento do produto, entre o preparo de uma formulação e outra, foi respeitado todos os experimentos estipulados no planejamento fatorial fracionado  $2^{5-2}_{III}$ , descrito no item 2.2. As respostas obtidas para cada experimento foram realizadas de modo qualitativo, no intuito de se avaliar a qualidade final dos produtos.

Os detalhes intrínsecos de cada etapa de elaboração e processamento foram ajustados de modo individual, com intuito de identificar quais seriam os pontos críticos do processo. Estes procedimentos foram muito importantes para se obter informações relevantes, as quais foram triadas no reprocessamento de cada formulação.

Vale destacar que, após a obtenção da formulação estável, foi considerada uma tentativa de produção utilizando uma amostra específica de batata-doce, obtida junto à Epagri-EEItu, com objetivo de avaliar um produto diferenciado. As imagens 9 e 10 ilustram a amostra 17025-13 e o smoothie produzido a partir dela.

**Figura 9** - Amostra de nova variedade de batata-doce 17025-13



Fonte: O autor.

**Figura 10** - Figura superior e lateral do smoothie de batata-doce aplicando na formulação a amostra 17025-13



Fonte: O autor.

A cada etapa de preparo realizada, todas as nuances do fluxograma foram remodeladas na busca por uma formulação melhorada para o novo produto. A formulação ideal foi considerada adequada a partir da premissa de se obter um produto minimamente estável em condição estrutural, o qual também pudesse ser aprovado em testes qualitativos de degustação. Desse modo, foi necessária a construção um novo planejamento fatorial para a continuação das atividades de desenvolvimento do novo produto.

### 3.2 DOMÍNIO FATORIAL COESO DA FORMULAÇÃO

Com a realização completa dos trabalhos que foram realizados a partir da aplicação do planejamento fatorial fracionado  $2^{5-2}_{III}$  para a triagem de formulações básicas, foi desenvolvido um novo domínio fatorial com os níveis ajustados. Os testes de níveis de utilização de cada ingrediente na fase preliminar geraram respostas fundamentais para adequação do novo domínio fatorial.

O amplo intervalo avaliado para as variáveis independentes (ingredientes) na Tabela 2, apresentaram condições de interesse que foram aplicadas como média dos níveis subsequentes. O novo domínio fatorial resultante foi construído a partir dos testes qualitativos envolvendo a primeira triagem. O domínio fatorial resultante é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4 - Domínio fatorial ajustado para formulação do smoothie de batata-doce**

Variáveis Independentes	Variáveis independentes codificadas	Níveis do planejamento		
		(-1)	(0)	(+1)
Batata-doce (g)	X1	180	240	300
Água (mL)	X2	240	300	360
Mel (g)	X3	0,012	0,024	0,036
Banana (g)	X4	0,012	0,024	0,036
Aveia em flocos finos (g)	X5	0,006	0,012	0,024

Com a obtenção de um domínio fatorial ajustado, o qual é apresentado na Tabela 4, foi necessário realizar a construção de um novo planejamento fatorial. O novo planejamento fatorial completo  $2^5$  teve como objetivo avaliar não apenas a influência de cada variável independente sobre as respostas dos experimentos, mas contribuir para esclarecer os resultados dos efeitos de interação de uma variável sobre a outra.

De modo mais compreensível, faz-se necessário avaliar quais serão os efeitos que as sobreposições de diferentes níveis quantitativos de cada ingrediente afetam a qualidade global do produto final. Assim, o planejamento fatorial completo  $2^5$  é apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5** - Design experimental codificado do planejamento fatorial  $2^5$  para desenvolvimento do smoothie de batata-doce

Experimentos	Variáveis independentes				
	X1	X2	X3	X4	X5
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	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0

Considerando a Tabela 5, espera-se que as novas formulações que apresentem maior qualidade tecnológica, nutricional e sensorial. O produto final deverá ainda ser otimizado a partir da utilização de um planejamento de Mistura Simplex-Centroide (ARTEAGA et al., 1994; SAHIN, DEMIRTAS, BURNAK, 2015; TEIXEIRA et al., 2019).

A Tabela 6 ilustra o planejamento de mistura Simplex-Centroide com pontos axiais internos, que foi proposto para a otimização dos ingredientes presentes em cada smoothie, de acordo com a utilização das cultivares de batata-doce patenteadas pela EPAGRI. O planejamento de mistura Simplex-Centroide construído conta ainda com a realização de uma formulação em duplicata no ponto central.

**Tabela 6** - Planejamento de mistura Simplex-Centroide com pontos axiais para otimização de um novo produto tipo smoothie a base de batata-doce

Ensaio	Variáveis de composição do produto		
	X1 (%)	X2 (%)	X3 (%)
P1	100	0	0
P2	0	100	0
P3	0	0	100
P4	50	50	0
P5	0	50	50
P6	50	0	50
P7	67	16,50	16,50
P8	16,50	67	16,50
P9	15,60	16,50	67
P10	33,33	33,33	33,34
P11	33,33	33,33	33,34

Os produtos a serem desenvolvidos na etapa de otimização necessitam ser caracterizados de acordo com análises físico-químicas e instrumentais relacionadas à microscopia, reologia e textura do produto, bem como a aplicação de análises sensoriais pertinentes. Os produtos otimizados devem ser submetidos à testes afetivos de Aceitação, Intenção de Compra e Ordenação-Preferência, com utilização de escala hedônica. Vale dizer que cada descritor-resposta poderá gerar uma superfície de contorno indicando a melhor proporção dos ingredientes no produto em função da resposta sensorial.

Nesta etapa, a resolução do planejamento da Tabela 6 deve conter uma Função de Desajustabilidade com objetivo de estimar a melhor composição do produto que satisfaça a resposta sensorial global. A otimização dos smoothies poderá contar com novos delineamentos de mistura, no intuito de propor a melhor combinação proporcional dos componentes, buscando assim aperfeiçoar a qualidade do produto final.

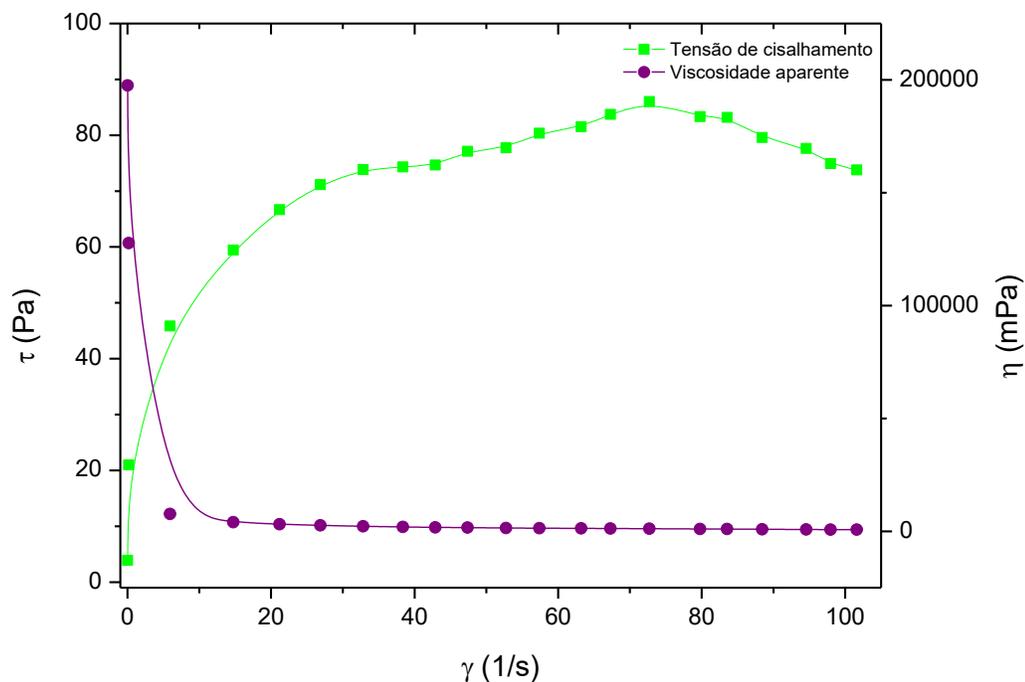
### 3.3 REOLOGIA DA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SMOOTHIE DE BATATA-DOCE

Com o desenvolvimento de uma formulação estável de bebida funcional tipo smoothie a base de batata-doce, o protótipo foi submetido a uma avaliação reológica com intuito de avaliar a textura e o escoamento do produto quando este for consumido.

Uma vez que o consumidor esteja a beber smoothie, o produto deve apresentar uma condição de maciez na boca, com uma força de resistência característica deste tipo de produto. Durante a ingestão, a bebida será submetida a um gradiente de deformação, o qual se relaciona com a característica de viscosidade. Essa propriedade necessita ser avaliada por meio da tensão de cisalhamento, a qual possui relação com o escoamento durante o ato de beber, bem como com as camadas que formam a estrutura da bebida (GUAZI, 2016; MAIA et al., 2019).

O sentimento de maciez do produto deve ser aparente ao ponto de que, quando consumida, a bebida tenha uma textura que possa agradar o consumidor durante as etapas de degustação. As Figuras 11 e 12 apresentam os resultados da tensão de cisalhamento e a viscosidade aparente do smoothie de batata-doce.

**Figura 11** - Tensão de cisalhamento e viscosidade aparente do smoothie de batata-doce



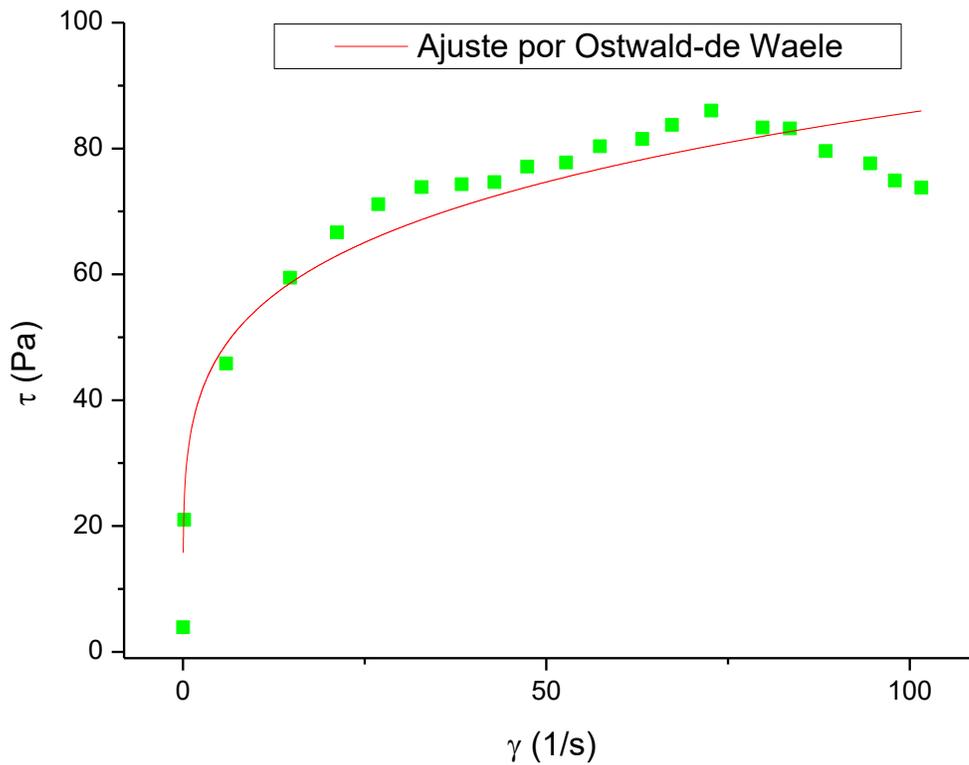
No estudo da reologia, os fluidos considerados reais são classificados, basicamente como fluidos newtonianos e fluidos não-newtonianos (GALINDO, 2013; MODOLO, 2017). A Figura 11 ilustra a correlação entre a tensão de cisalhamento e a viscosidade aparente, as quais não apresentam linearidade, demonstrando instabilidade ao longo da deformação. Essa inconstância durante a deformação do produto indica que o fluido representado pelo smoothie de batata-doce pode ser considerado como um fluido não-newtoniano (MOURA et al., 2017).

Os fluidos ditos não-newtonianos podem ser subdivididos em fluidos não-newtonianos que são independentes do tempo, fluidos não-newtonianos dependentes do tempo, e os fluidos não-newtonianos viscoelásticos (GALINDO, 2013; KESSLER, 2017). A característica observada na análise reológica do smoothie de batata-doce revela que este produto possui aspecto de um fluido pseudoplástico (MOURA et al., 2017; MAIA et al., 2019).

Um fluido denominado pseudoplástico possui como característica principal apresentar uma curva de viscosidade aparente que diminui ao longo do tempo em que o material amostral é submetido a uma força tensionante, levando à sua deformação (GALINDO, 2013). O smoothie de batata-doce apresentou uma pequena e leve tensão inicial, porém com o aumento da força de deformação, a sua viscosidade aparente sofre uma queda brusca (Figura 11).

A formulação preliminar da bebida funcional avaliada conta com batata-doce, aveia em flocos finos, mel e banana, além de água. Neste caso, a tensão inicial pode ser relacionada às cadeias longas de amilose e amilopectina presentes no amido da batata-doce. Com o aumento da taxa de cisalhamento, as cadeias de amilose e amilopectina sofrem a ação da tensão, e sua deformação gera um alinhamento que, com o tempo, afina o corpo da bebida e mitiga sua tensão durante a compressão gerada pelo ato de ingestão. A partir dos resultados da análise reológica do smoothie a base de batata-doce, um modelo matemático foi empregado para avaliar a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento. Assim, o ajuste da modelagem foi realizado com base na curva de fluxo. Denomina-se como curva de fluxo a tensão de cisalhamento versus taxa de cisalhamento.

Dentre as equações que descrevem o comportamento de fluidos não-newtonianos que são independentes do tempo, a Lei de Potência proposta por Ostwald-de Waele foi utilizada com o propósito de caracterizar a condição reológica da bebida funcional. A Figura 12 ilustra a modelagem reológica.

**Figura 12** - Curva de fluxo ajustada pela Lei de Potência de Ostwald-de Waele

A modelagem utilizando a Lei de Potência de Ostwald-De Waele gerou parâmetros estatísticos ajustados para o estudo. A Tabela 7 ilustra os resultados da estatística descritiva, já Tabela 8 apresenta os valores para os parâmetros da equação, e a Tabela 9 ilustra a análise de variância aplicada aos pontos analíticos.

**Tabela 7** - Estatística descritiva da modelagem reológica por Ostwald-De Waele

Estatística descritiva	Tensão de cisalhamento
Número de pontos avaliados	21
Graus de liberdade	19
Qui-Quadrado ( $\chi^2$ )	34,76
Soma dos quadrados do resíduo	660,52
Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )	0,925
$R^2$ Ajustado	0,921

**Tabela 8 - Parâmetros do modelo**

	<i>a</i>		<i>b</i>	
	Valor	Erro padrão	Valor	Erro padrão
<b>Tensão de cisalhamento</b>	34,32	3,04	0,20	0,02

**Tabela 9 - Análise de variância do modelo**

		Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	Valor-F
<b>Tensão de Cisalhamento</b>	<b>Regressão</b>	2	108284,23	54142,11	1557,41
	<b>Resíduo</b>	19	660,52	34,76	
	<b>Total não-corrigido</b>	21	108944,75		
	<b>Total corrigido</b>	20	8850,51		

De acordo com os resultados da Tabela 8, o parâmetro *a* é interpretado como o índice de consistência, o qual é relacionado com o termo *K* da Lei de Potência de Ostwald-De Waele. Para o smoothie de batata-doce, o índice de consistência foi  $34,32 \pm 3,04$  Pa.s<sup>n</sup>. O índice de consistência é um resultado que possui relação com a resistência do produto em função de seu escoamento. Quando mais elevado foi o resultado do fluido para o índice de consistência, maior é a viscosidade, e conseqüentemente maior é a resistência. No caso do smoothie de batata-doce (fluido), seu resultado é baixo, o que indica que há uma baixa resistência ao escoamento, o qual ocorrerá no momento de sua ingestão (SOUZA, LUPORINI, RIGOLI, 2017).

Já o parâmetro *b* representa o índice de comportamento de fluxo, com valor de  $0,20 \pm 0,02$ . O índice de comportamento de fluxo está relacionado com a magnitude do afastamento em relação às características ideais de escoamento encontradas em um fluido newtoniano (SOUZA, LUPORINI, RIGOLI, 2017). O resultado observado para este parâmetro corrobora a percepção que o smoothie de batata-doce se trata de um fluido pseudoplástico.

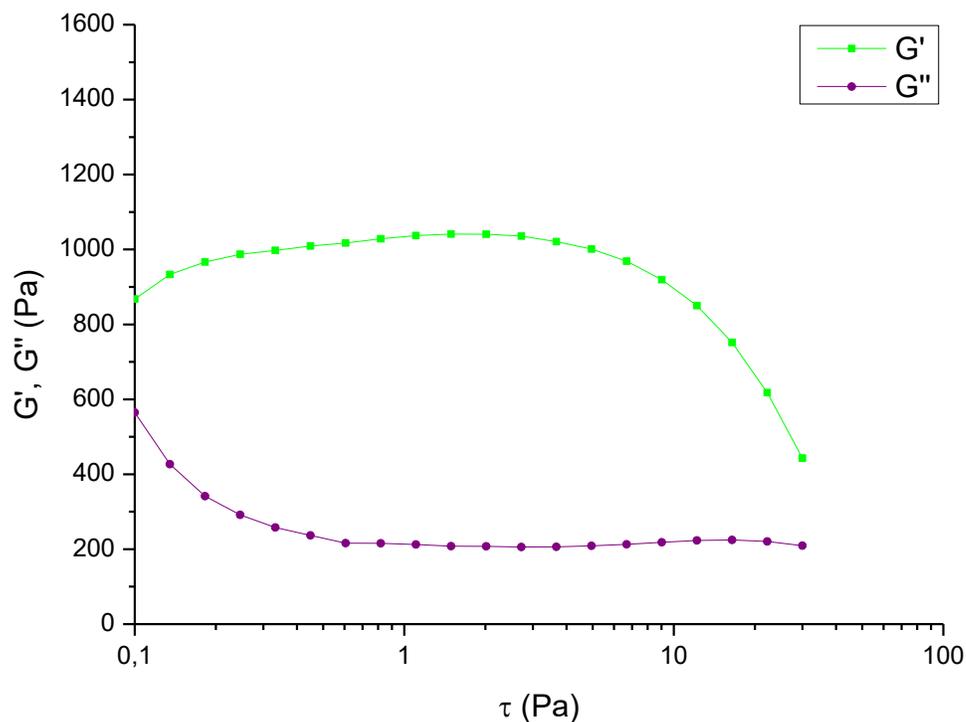
Esta condição é explícita na Figura 11, onde é possível observar a ocorrência de uma queda brusca na curva de viscosidade aparente em consequência da amplificação da taxa de cisalhamento. O índice de comportamento resultante está associado com o nível de pseudoplasticidade que o produto possui. Neste caso, o efeito do incremento na taxa de cisalhamento incorre no alinhamento das cadeias (principalmente de carboidratos) presentes na estrutura da bebida, a qual se reorganiza de modo a alongar e, conseqüentemente, a afinar (SOUZA, LUPORINI, RIGOLI, 2017). O como o resultado observado para *b* é baixo, isto dá um indicativo que, possivelmente, o

smoothie de batata-doce possa ser caracterizado como uma bebida de fácil escoamento, não apresentando alta resistência durante a ingestão.

O ajuste do modelo foi avaliado de acordo com o coeficiente de determinação  $R^2$  com resultado de 0,925, o resultado de  $R^2$  ajustado com valor de 0,921, e  $\chi^2$  com valor de 34,76. Vale destacar que o resultado de  $R^2$  ajustado é alto e se aproxima do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sendo possível interpretar que os resultados obtidos com a aplicação da equação de regressão possuem bom ajuste para os dados analíticos de entrada.

A avaliação das propriedades viscoelásticas do smoothie de batata-doce também foi realizada de acordo as análises de módulo de armazenamento ( $G'$ ), e módulo de perda ( $G''$ ), apresentado na Figura 13. O termo  $G'$  representa o módulo de armazenamento ou módulo elástico, sendo que  $G''$  representa o módulo de perda, ou ainda módulo viscoso, em função da tensão aplicada sobre o produto.

**Figura 13** - Propriedades viscoelásticas do smoothie de batata doce: módulo elástico ( $G'$ ) e módulo viscoso ( $G''$ )



Para avaliar as propriedades estruturais da bebida funcional tipo smoothie de batata-doce no espectro mecânico, é necessário que se analise o produto em uma determinada tensão dentro da região viscoelástica linear, variando a frequência de cisalhamento. A região viscoelástica linear é observada como a área onde não ocorre aumento ou decaimento dos módulos  $G'$  e  $G''$ , onde ambas as linhas correm de forma paralela no plano horizontal (BARBI et al., 2018).

A linha observada na análise de  $G'$  representa o módulo elástico, ou seja, conforme vai aumentando a frequência de cisalhamento, a amostra tende a perder sua estrutura original, o que acarreta o decaimento da elasticidade. Já  $G''$  raramente apresenta uma mudança profunda ao longo da frequência. Quando há uma estrutura de gel, existe a possibilidade no decorrer da análise de as linhas de  $G'$  e  $G''$  se cruzarem. Neste caso, é provável que se a aplicação de tensão continuasse para o produto, haveria um ponto de convergência entre as duas linhas, mais pela ocorrência de perda de propriedade elástica (avaliada por  $G'$ ), do que pelo incremento da propriedade viscosa (estimado por em  $G''$ ) (BOEHM et al., 2019).

Vale destacar que esta é uma suposição, a partir dos dados de análise realizados nesta etapa do desenvolvimento preliminar da bebida funcional do tipo smoothie de batata-doce. É necessário novas análises com mais amostras, produzidas em diferentes concentrações de matérias-primas, bem como com o aumento contínuo da frequência de cisalhamento.

De acordo com a Figura 13, a região viscoelástica linear do produto está dentro da faixa de 1 e 5 Pa. Com o objetivo de avaliar a textura da bebida do ponto de vista da força de sua estrutura, novas análises reológicas devem ser conduzidas dentro da região previamente observada de viscoelasticidade linear, ou seja, dentro da faixa de cisalhamento de 1 a 5 Pa. Estas análises poderão avaliar o impacto da frequência sob o espectro mecânico estrutural da bebida, e revelar se o produto final apresenta estrutura de gel forte ou fraca (BARBI et al., 2018).

Mathias e colaboradores (2013), analisaram e compararam a consistência e a viscosidade de bebidas comerciais do tipo iogurte, sendo que nas formulações dos produtos constam a presença de diferentes classes de espessantes (como por exemplo goma guar, goma xantana, goma carragena, goma alfarroba e carboximetilcelulose). As análises de curva de fluxo e viscosidade aparente foram realizadas com uso de reômetro rotacional (Thermo Haake Mars). O ajuste da curva de fluxo foi modelado de acordo com a equação de Herschel-Bulkley, onde os índices de consistência variaram de 0,28 Pa.s<sup>n</sup> até 19,58 Pa.s<sup>n</sup>. Os autores comentam, que os iogurtes demonstraram comportamento não-newtoniano, sendo considerado como fluido tipo pseudoplástico tixotrópico, e indicam em sua

conclusão que os diferentes espessantes utilizados na formulação resultaram em diferentes níveis consistência de textura. Vale destacar que, no estudo dos iogurtes, o modelo de Herschel-Bulkle, demonstrou melhor ajuste para as curvas de fluxo e viscosidade.

Nesta perspectiva, o comportamento de fluido não-newtoniano pseudoplástico do iogurte é aproximado ao que foi observado para o smoothie de batata-doce, onde os gráficos de curva de fluxo e viscosidade aparente apresentam comportamento semelhante. Por outro lado, o índice de consistência do smoothie foi maior do que o reportado para os diferentes iogurtes comerciais. Ademais, o modelo de Ostwald-De Waele utilizado para modelar a reologia no smoothie apresentou ajuste satisfatório.

Em sua dissertação de mestrado, Karnopp (2016) aplicou técnicas quimiométricas no desenvolvimento de uma formulação de iogurte orgânico a partir da utilização de casca de uva, oligofrutose e suco de uva, incluindo outras matérias-primas necessárias para a produção do produto. Dentre as diversas análises, a autora realizou testes para caracterização da textura e reologia de seu produto. O equipamento utilizado foi um Viscosímetro de Brookfield (LDVII+PRO), obtendo os resultados para atributos de firmeza ( $16,46 \pm 0,33$ - $22,04 \pm 0,76$  g), consistência ( $376,22 \pm 9,50$ - $512,21 \pm 14,91$  g/s), coesividade ( $-15,66 \pm 0,71$ - $-11,09 \pm 0,71$  g) e viscosidade ( $-17,77 \pm 0,91$ - $2,65 \pm 0,39$  g/s). Ademais, o aumento da concentração na formulação das matérias-primas casca de uva e a oligofrutose resultaram em aumento da firmeza e consistência, mas o aumento de suco de uva gerou queda na viscosidade.

Moura et al. (2017), avaliaram as características físico-químicas e estruturais de três amostras comerciais de smoothies de frutas e vegetais. As análises de reologia para avaliação da viscosidade aparente foram realizadas em três temperaturas diferentes, a saber 25, 50 e 90 °C. Os três produtos apresentaram queda na curva de viscosidade aparente, sob comportamento de fluido não-newtoniano pseudoplástico. De modo geral, o índice de consistência variou de 7.611-8.198 Pa.s<sup>n</sup> sob 25 °C, 3.734-4.775 Pa.s<sup>n</sup> em 50 °C, e 1.048-1.665 Pa.s<sup>n</sup> sob 90 °C. Já o índice de comportamento de fluxo apresentou resultados abaixo de 1 para todos os produtos, variando entre 0.5836-0.6076 para 25 °C, 0.7771-0,7932 em 50 °C, e 0.9045-0.9496 a 90 °C. Ocorreu a queda na resistência de viscosidade do smoothie em função do aumento da temperatura, porém a desorganização estrutural aumentou, evidenciado no aumento do valor do índice de comportamento de fluxo. Os autores concluem que os modelos de Ostwald-De Waele e Arrhenius foram adequados para a modelagem dos dados de reologia.

De modo geral, a análise da reologia do smoothie de batata-doce apresentou um resultado satisfatório para este tipo de produto. Quando comparado com o iogurte, é provável que a bebida funcional a base batata-doce exiba maior consistência, porém um comportamento de fluxo facilitado por conta da presença de cadeias de amido, as quais quando submetidas ao aumento da força de deformação (ato de beber), reorganize suas cadeias glicosídicas de modo a afinar, resultando em um escoamento facilitado. Finalmente, vale destacar que, para as bebidas do tipo smoothie, a textura e a viscosidade são atributos de suma importância, pois sua caracterização está intimamente relacionada com as condições de escoamento do produto durante seu consumo.

#### 4 CONCLUSÃO

É crescente a demanda comercial por bebidas funcionais. Uma nova bebida do tipo smoothie a base de batata-doce tem potencial de se tornar um novo produto nas gôndolas do comércio varejista de alimentos no Brasil. Para tanto, é de suma importância a utilização de ferramentas quimiométricas no processo de elaboração e produção do produto. Passado cerca de 8 meses de trabalho intenso para elaboração preliminar, uma formulação básica estável foi desenvolvida. O produto resultante foi analisado do ponto de vista da reologia, revelando que este se trata de um fluido não-newtoniano pseudoplástico. Os dados foram modelados de acordo com a Lei de Potência de Ostwad-De Waele, resultando em índice de consistência de  $34,32 \pm 3,04 \text{ Pa.s}^n$ , e um índice de comportamento de fluxo de  $0,20 \pm 0,02$ . Vale destacar que na base de dados do Instituto Nacional de Proteção Intelectual (INPI), não há até o presente momento referências de pedidos/registros de patentes de produto alimentícios tipo bebida funcional do tipo smoothie base de batata-doce, nem desenho industrial que aborde seu processo de produção. Uma vez que a formulação, em conjunto com o processo de produção forem otimizados em função das cultivares brasileiras de batata-doce fornecidas pela Epagri-EEITU, e o novo produto obtido for plenamente caracterizado, as informações acumuladas serão, provavelmente, capazes de delimitar novas aplicações de batata-doce na formulação de outros produtos alimentícios. Desse modo, o projeto de tese busca agregar valor a um alimento-chave da agricultura nacional, estimular o aumento da demanda de consumo, e promover o fortalecimento econômico da cadeia de produção e beneficiamento da batata-doce.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa (Código de Processo 141974/2019-2), e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-Estação Experimental Ituporanga pelo apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALAM, M. K.: A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 512-529, 2021.

ANDRE, C. M., SOUKOULIS, C.: Food quality assessed by chemometrics. *Foods*, n. 9(7), p. 897, 2020.

BAKER, P., MACHADO, P., SANTOS, T., SIEVERT, K., BACKHOLER, K., HADJIKAKOU, M., RUSSELL, C., HUSE, O., BELL, C., SCRINIS, G., WORSLEY, A., FRIEL, S., LAWRENCE, M.: Ultra-processed foods and the nutrition transition: Global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. *Obesity Reviews*, n. 21(12), e13126, 2020.

BARBI, R. C. T., TEIXEIRA, G. L., HORNUNG, P. S., ÁVILA, S., & HOFFMANN-RIBANI, R.: Eriobotrya japonica seed as a new source of starch: Assessment of phenolic compounds, antioxidant activity, thermal, rheological and morphological properties. *Food Hydrocolloids*, n. 77, p. 646-658, 2018.

BOEHM, M. W., WARREN, F. J., BAIER, S. K., GIDLEY, M. J., STOKES, J. R.: A method for developing structure-rheology relationships in comminuted plant-based food and non-ideal soft particle suspensions. *Food Hydrocolloids*, n. 96, p. 475-480, 2019.

CARTABIANO, C. E. L., PORCU, O. M., DE CASAS, A. F.: Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v. 10 (6), p. 23-40, 2020.

CRAIG, W. J., & FRESÁN, U.: International analysis of the nutritional content and a review of health benefits of non-dairy plant-based beverages. *Nutrients*, n. 13(3), p. 842, 2021.

ERKMEN, O: Bacterial inactivation mechanism of SC-CD and TEO combinations in watermelon and melon juices. *Food Science and Technology*, v 42, e62520, 2022.

GALINDO, M.S.V.: **Desenvolvimento de uma Metodologia para Determinação da Viscosidade de Solos**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Dissertação. 122f. Departamento de Engenharia Civil-PUC-RIO, 2013.

GRANATO, D., BRANCO, G. F., CRUZ, A. G., FARIA, J. D. A. F., SHAH, N. P.: Probiotic dairy products as functional foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, n. 9(5), p. 455-470, 2010.

GUAZI, J. S.: **Produção de smoothie com polpas de morango e banana desidratadas em leite de espuma**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista — Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. 101f. 2016.

KESSLER, J.C.: **Comportamento Reológico de uma Suspensão Aquosa de Nanoprata sob Alto Cisalhamento**. Universidade Federal De Santa Catarina. Dissertação. 118f. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química, 2017.

KLOPČIČ, M., SLOKAN, P., & ERJAVEC, K.: Consumer preference for nutrition and health claims: A multi-methodological approach. **Food Quality and Preference**, v. 82, 103863, 2020.

MAIA, G. A., DA SILVA, L. M. R., DO PRADO, G. M., FONSECA, A. V. V., DE SOUSA, P. H. M., & DE FIGUEIREDO, R. W.: **Development of Mixed Beverages Based on Tropical Fruits**. Em: Non-alcoholic Beverages, Woodhead Publishing, p. 129-162. 2019.

MATHIAS, T. R. D. S., ANDRADE, K. C. S., ROSA, C. L. D. S., & SILVA, B. A. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, n.16(1), p. 12-20., 2013.

MODOLO, A.V.C.: **Escoamento de Materiais Viscoplasticos: Dam Break Flow**. Universidade Federal do Espírito Santo. Dissertação. 85f. Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, 2017.

MOHAN, R. N.: **On Orthogonalities in Matrices**. Center for Combinatorics, Nankai University, China, 2006.

MOURA, S.C.S.R.D., VISSOTTO, F.Z., BERBARI, S.A.G., SOUZA, E.D.C.G., TOTI, F.G.P., ALVES, P.: Characterization and evaluation of stability of bioactive compounds in fruit smoothies. **Food Science and Technology**, n. 37, p. 216-223, 2017.

MU, T., SINGH, J.: **Sweet Potato: Chemistry, Processing, and Nutrition**. Editora: Academic Press. 400 p., 2019.

MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; WANG, C.: **Sweet potato processing technology**. Academic Press, 446p., 2017.

NGUGI, I. K., O'SULLIVAN, H., OSMAN, H.: **Consumer Behaviour in Food and Healthy Lifestyles: A Global Perspective**. IFIS Food and Health Information, CABI, 215 p., 2020.

PETRUZZI, L., CAMPANIELLO, D., SPERANZA, B., CORBO, M. R., SINIGAGLIA, M., BEVILACQUA, A. Thermal treatments for fruit and vegetable juices and beverages: A literature overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16(4), 668-691, 2017.

PODOLAK, R., WHITMAN, D., BLACK, D. G.: Factors affecting microbial inactivation during high pressure processing in juices and beverages: A review. **Journal of Food Protection**, n. 83(9), p. 1561-1575, 2020.

RAJAURIA, G., & TIWARI, B. K.: **Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis**. Editora: Academic Press, 910 p., 2017.

RAMAN, M., AMBALAM, P., DOBLE, M.: **Probiotics, prebiotics, and fibers in nutritive and functional beverages**. Em: Nutrients in beverages. Editora Academic Press, p. 315-367, 2019.

RAMAN, M., AMBALAM, P., MUKESH, D.: **Probiotics, Prebiotics, and Fibers in Nutritive and Functional Beverage**. Em: Nutrients in Beverages Volume 12: The Science of Beverages, Academic Press, p. 315-367, 2019.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F.: **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos – 3ªEd**. Cárita Editora, Campinas-SP, 2014.

ROWAN, N. J.: Pulsed light as an emerging technology to cause disruption for food and adjacent industries—Quo vadis?. **Trends In Food Science & Technology**, n. 88, p. 316-332, 2019.

SERINOLI, C.: **Planejamento experimentais em modelos de regressão linear**. Dissertação. Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática e Estatística, 95f., 2009.

SILVEIRA, Z. C.: **Análise estatística e otimização de parâmetros de projeto em componentes de sistemas mecânicos**. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico. 185f. 2003.

SOUZA, G.S., LUPORINI, S., RIGOLI, I.C.: Caracterização reológica de suspensões argilosas salinas com goma xantana para fluidos de perfuração de poços de petróleo. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, 22p., 2017. Doi: 10.1590/S1517-707620170001.0128.

STATISTA: **Global health food and beverage sales as of 2020, by product category (in billion U.S. dollars)**. 2022a. Acesso 19/02/2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/253257/global-health-und-wellness-food-and-beverage-sales-by-product-category/>  
STATISTA: **Other Juice, Juice Mixtures & Smoothies (worldwide)**. 2022. Acesso em: 23/02/2022.; Disponível em: <https://www.statista.com/outlook/cmo/non-alcoholic-drinks/juices/other-juice-juice-mixtures-smoothies/worldwide>

SUN-WATERHOUSE, D., BEKKOUR, K., WADHWA, S. S., & WATERHOUSE, G. I.: Rheological and chemical characterization of smoothie beverages containing high concentrations of fibre and polyphenols from apple. **Food and Bioprocess Technology**, n. 7(2), p. 409-423, 2014.

TEIXEIRA, N.S., TORREZAN, R., FREITAS-SÁ, D.D.G.C., PONTES, S.M., RIBEIRO, L.D.O., CABRAL, L.M.C., MATTA, V. M. D. Development of a fruit smoothie with solid albumen of green coconut. **Ciência Rural**, n. 49, 2019.

TIWARI, U., CUMMINS, E.: **Legume fiber characterization, functionality, and process effects**. In: Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. Academic Press, p. 147-175, 2021.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J.: Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

WANG, Q. J., MIELBY, L. A., JUNGE, J. Y., BERTELSEN, A. S., KIDMOSE, U., SPENCE, C., BYRNE, D. V.: The role of intrinsic and extrinsic sensory factors in sweetness perception of food and beverages: A review. **Foods**, v. 8(6), p. 211, 2019.

## VIII - TRABALHOS FUTUROS

A batata-doce é uma planta versátil, e suas raízes tuberosas são consideradas um alimento de base para muitas pessoas. De tempos em tempos, novas cultivares com características distintas são desenvolvidas e fornecidas para plantio. Os projetos científicos que dispõem da batata-doce como um objeto de pesquisa devem ser reconhecidos pelos pares como trabalho contínuo.

Nesta peça foram avaliados 18 cultivares de batatas-doces proveniente do Banco de Germoplasma de Batata-doce da EPAGRI-EEITU. Os trabalhos futuros com estas amostras devem focar na análise para extração e quantificação de compostos bioativos, especialmente polifenóis (flavonoides e não flavonoides) e carotenoides. Atenção maior deve ser dada para as antocianinas e carotenoides. As raízes tuberosas também carecem de novos trabalhos de pesquisa baseados em técnicas de pós-colheita para melhoria de suas condições físico-químicas e aumento da vida útil de prateleira do alimento.

Do ponto de vista do novo produto, os recursos materiais e financeiros que serão necessários para continuidade da execução de todas as etapas do desenvolvimento da bebida funcional tipo smoothie a base de batata que aqui foi estabelecida, devem ser garantidos por meio de parcerias técnico-científicas entre diferentes atores, especialmente universidades, centros de pesquisa agropecuária e indústrias de alimentos.

A efetiva cooperação técnica com Epagri-EEITU, em conjunto com produtores rurais, poderá garantir o fornecimento de amostras de batatas-doce registradas, certificadas, e em volume suficiente para amplo desenvolvimento e otimização das diferentes bebidas funcionais, que por ventura possam vir a ser elaboradas. É importante destacar que os detalhes intrínsecos de cada etapa de elaboração e processamento devem ser avaliados de modo unitário, com intuito de identificar pontos críticos do processo, o que permitirá obter informações relevantes, as quais devem ser utilizadas no reprocessamento e otimização global do processo.

Uma vez que o produto esteja plenamente desenvolvido, análises que tratem do tempo de prateleira, bem como análises microbiológicas para segurança alimentar, são extremamente necessárias. Por fim, análises sensoriais podem auxiliar na alocação do novo produto no mercado varejista, o qual deve contar com métodos de marketing com propósito de impulsionar a demanda consumidora da bebida funcional tipo smoothie de batata-doce!

## IX – CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

A legítima tese de doutorado é uma peça de pesquisa acadêmica que se manifesta de modo original, sendo única em sua concepção. O propósito de tal trabalho é examinar minuciosamente uma problemática real, factual, fixa em tempo presente. A justificativa se dá naturalmente, pela necessidade de um meio para resolução. Mas a hipótese elementar, documentada, firma-se em tempo futuro. Por isso se deve encarar a tese como uma peça atemporal, capaz de permitir ao doutorando o vislumbrar do porvir.

Esta tese é o resultado de um fluxo de trabalho que tem na batata-doce seu objeto de pesquisa. As plantas foram obtidas por meio de um programa de melhoramento genético da cultivar, empenhado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPA-GRI). As cultivares são legitimamente brasileiras, registradas, adaptadas para plantio e produção em solo nacional.

Trata-se de uma pesquisa científica que se propôs a desenvolver de uma nova bebida funcional, do tipo smoothie, a base de batata-doce. Mais do que produzir um novo produto alimentício, a hipótese é fundamenta na oportunidade de aproveitamento da batata-doce brasileira como uma matéria-prima valorosa para a indústria, nos seus mais diversos processos e setores produtivos.

É de fundamental importância a promoção do consumo e do processamento industrial de novos cultivares nacionais, de modo a valorizar o esforço de pesquisas agrárias que tencionam o melhoramento genético vegetal. O estudo analítico de processos tecnológicos com o uso de novos cultivares de batatas-doces vai ao encontro desta necessidade, contribuindo com a possibilidade de aumento de consumo de um alimento nutritivo, e incentivando a demandas por seu beneficiamento.

Após 4 anos de estudos e pesquisas acerca da produção, consumo e processamento da batata-doce, as considerações finais sobre o trabalho são: (i) do ponto de vista Existencial: foram avaliadas 142 raízes tuberosas, advindas de 6 amostras registradas e 12 genótipos experimentais de batata-doce, onde os objetivos foram alcançados, e a hipótese foi corroborada; (ii) do ponto de vista Institucional: esta foi a primeira tese sobre batata-doce do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, e conta com a publicação de 2 artigos científicos de alto impacto, 1 capítulo de livro, o desenvolvimento de uma formulação preliminar de um novo produto alimentício, além de trabalhos apresentados em eventos científicos e dados para futuras publicações; (iii) do ponto de vista Substancial: a cooperação técnico-científica entre

o doutor autor do trabalho e a EPAGRI foi fundamental para o êxito do desenvolvimento dos trabalhos, sendo essa parceria uma demanda governamental.

Por fim, conclui-se que a tese foi defendida de modo adequado, e que o trabalho fornece uma visão distinta para o beneficiamento da batata-doce. Os resultados obtidos são originais, contribuem com a sociedade, e podem fortalecer a cadeia produtiva da batata-doce.

## X - APÊNDICE A

Figura Suplementar 1 - Amostras de cultivares registradas e novas variedades de batata-doce





**Tabela Suplementar 1 - Primeira Análise Fatorial Exploratória: Correlações amostrais entre as 16 variáveis independentes de entrada**

	<b>Peso</b>	<b>Comp</b>	<b>Larg</b>	<b>Wa</b>	<b>U</b>	<b>E</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>Carb</b>	<b>F</b>	<b>Cz</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C</b>
Comp	0,66														
Larg	0,56	0,18													
Wa	0,14	-0,07	0,45												
U	-0,01	0,08	0,16	0,01											
E	0,09	-0,07	-0,05	0,12	-0,94										
P	0,02	0,09	0,02	0,07	0,34	-0,29									
L	-0,07	-0,16	0,15	0,30	0,16	0,07	0,22								
Carb	0,06	-0,05	-0,09	-0,04	-0,83	0,78	-0,77	-0,33							
F	0,16	-0,05	0,05	0,18	-0,70	0,66	-0,37	-0,35	0,71						
Cz	0,14	-0,07	0,45	1,00	0,01	0,12	0,07	0,30	-0,04	0,18					
L*	0,19	0,32	0,01	-0,38	0,13	-0,03	-0,06	-0,11	0,04	-0,10	-0,38				
a*	-0,17	-0,36	-0,06	0,25	-0,19	0,05	0,00	0,02	0,03	0,23	0,25	-0,84			
b*	0,02	-0,10	0,10	-0,08	-0,06	0,02	0,02	-0,05	0,01	0,18	-0,08	0,41	0,05		
C	-0,12	-0,36	0,10	0,20	-0,18	0,06	0,06	0,01	0,01	0,29	0,20	-0,33	0,67	0,71	
°h	-0,12	-0,10	-0,02	0,27	-0,05	0,05	0,00	0,06	0,02	-0,05	0,27	-0,67	0,19	-0,87	-0,34

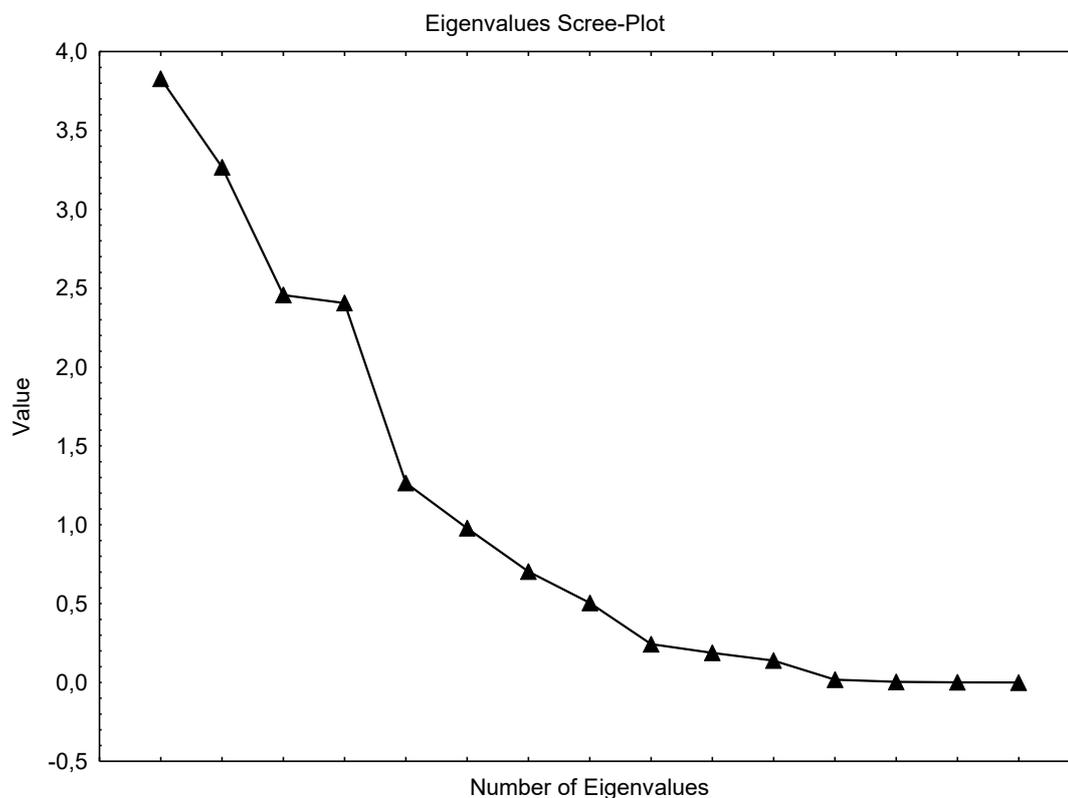
**Tabela Suplementar 2 - Primeira Análise Fatorial exploratória: Autovalores dos 5 fatores**

<b>Autovalores</b>				
<b>Extração: Principais componentes</b>				
<b>Fator</b>	<b>Autovalor</b>	<b>(%) Total Variância</b>	<b>Cumulativo Autovalor</b>	<b>Cumulativo (%)</b>
1	3,83	23,93	3,83	23,93
2	3,27	20,42	7,10	44,35
3	2,46	15,35	9,55	59,70
4	2,41	15,04	11,96	74,74
5	1,27	7,91	13,22	82,64

**Tabela Suplementar 3 - Primeira Análise Fatorial exploratória: Relação entre variáveis de resposta e fatores**

<b>Cargas do Fator (Varimax raw)</b>					
<b>Extração: Principais componentes</b>					
<b>Variáveis</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>	<b>Fator 4</b>	<b>Fator 5</b>
Peso	0,06	0,15	0,05	0,20	0,87
Comp	-0,08	0,32	-0,10	-0,09	0,77
Larg	-0,08	0,02	0,14	0,58	0,54
Wa	0,05	-0,24	-0,09	0,90	0,10
U	-0,91	0,11	-0,02	0,02	0,07
E	0,89	0,09	0,00	0,19	-0,11
P	-0,62	-0,06	0,06	0,15	-0,01
L	-0,23	0,24	-0,01	0,63	-0,42
Carb	0,97	0,02	-0,03	-0,12	0,05
F	0,80	-0,27	0,16	0,05	0,20
Cz	0,05	-0,24	-0,09	0,90	0,10
L*	-0,01	0,83	0,44	-0,23	0,15
a*	0,07	-0,93	0,04	0,10	-0,14
b*	0,04	-0,03	0,99	-0,02	-0,02
C*	0,07	-0,67	0,68	0,16	-0,12
°h	0,02	-0,28	-0,90	0,17	-0,07
Expl. Var	3,68	2,48	2,53	2,58	1,96
Prp. Totl	0,23	0,15	0,16	0,16	0,12

**Figura Suplementar 2 - Autovalores das 16 variáveis independentes de entrada na primeira Análise Fatorial exploratória**



**Tabela Suplementar 4 - Primeira Análise Fatorial exploratória: Comunalidade entre variáveis e fatores**

Comunalidade						
Extração: Principais componentes						
Rotação: Varimax raw						
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	R <sup>2</sup> múltiplo
Peso	0,01	0,03	0,03	0,07	0,82	0,76
Comp	0,01	0,11	0,12	0,13	0,73	0,66
Larg	0,01	0,01	0,03	0,37	0,65	0,64
Wa	0,01	0,06	0,07	0,87	0,88	1,00
U	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85	0,91
E	0,80	0,81	0,81	0,84	0,86	1,00
P	0,39	0,39	0,40	0,42	0,42	1,00
L	0,05	0,11	0,11	0,50	0,68	1,00
Carb	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	1,00
F	0,64	0,72	0,74	0,74	0,79	0,65
Cz	0,01	0,06	0,07	0,87	0,88	1,00
L*	0,01	0,69	0,89	0,94	0,96	0,99
a*	0,01	0,87	0,87	0,88	0,90	0,99
b*	0,01	0,01	0,99	0,99	0,99	1,00
C	0,01	0,45	0,91	0,93	0,95	1,00
°h	0,01	0,08	0,89	0,92	0,92	0,99

**Tabela Suplementar 5** - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Correlação entre as 13 variáveis independentes de entrada

	Peso	Larg	Wa	U	E	Carb	F	Cz	L*	a*	b*	C
Comp	0,66											
Wa	0,14	-0,07										
U	-0,01	0,08	0,01									
E	0,09	-0,07	0,12	-0,94								
Carb	0,06	-0,05	-0,04	-0,83	0,78							
F	0,16	-0,05	0,18	-0,70	0,66	0,71						
Cz	0,14	-0,07	1,00	0,01	0,12	-0,04	0,18					
L*	0,19	0,32	-0,38	0,13	-0,03	0,04	-0,10	-0,38				
a*	-0,17	-0,36	0,25	-0,19	0,05	0,03	0,23	0,25	-0,84			
b*	0,02	-0,10	-0,08	-0,06	0,02	0,01	0,18	-0,08	0,41	0,05		
C	-0,12	-0,36	0,20	-0,18	0,06	0,01	0,29	0,20	-0,33	0,67	0,71	
°h	-0,12	-0,10	0,27	-0,05	0,05	0,02	-0,05	0,27	-0,67	0,19	-0,87	-0,34

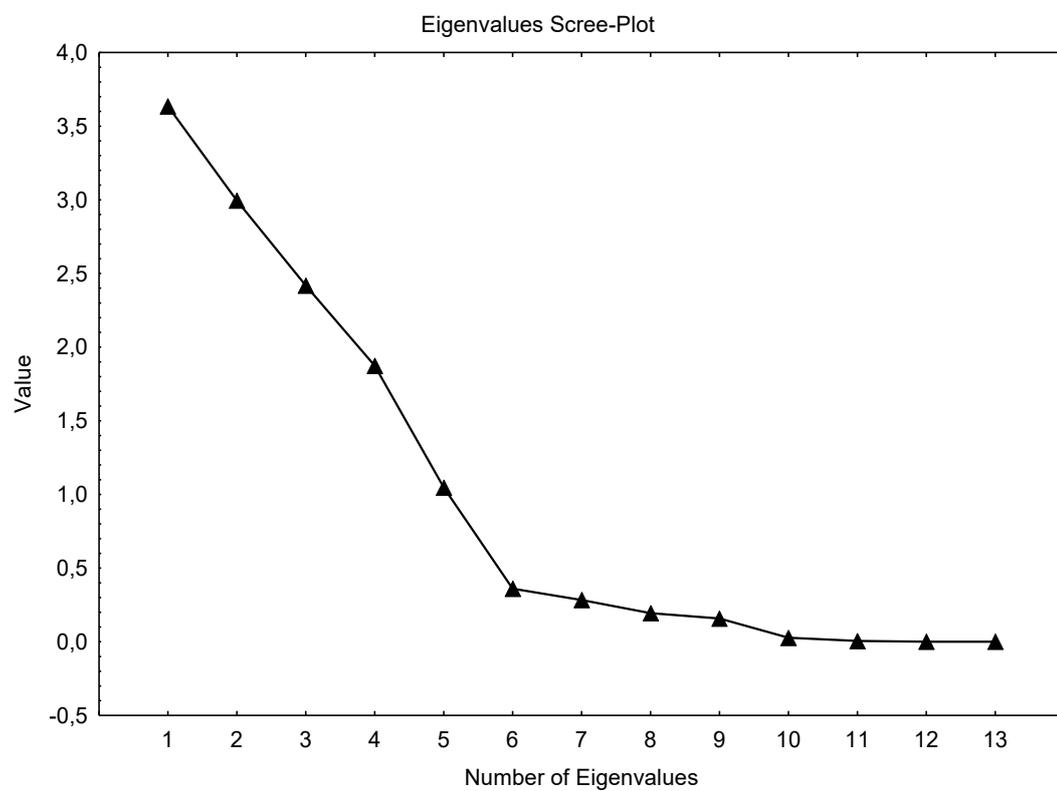
**Tabela Suplementar 6 - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Autovalores**

<b>Autovalores</b>				
<b>Extração: Principais componentes</b>				
<b>Fator</b>	<b>Autovalor</b>	<b>(%) Total Variância</b>	<b>Cumulativo Autovalor</b>	<b>Cumulativo (%)</b>
1	3,64	27,96	3,64	27,96
2	2,99	23,04	6,63	51,00
3	2,42	18,61	9,05	69,61
4	1,87	14,42	10,92	84,02
5	1,05	8,06	11,97	92,08

**Tabela Suplementar 7 - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Relação entre variáveis e fatores calculados**

<b>Cargas do Fator (Varimax raw) Extração: Principais componentes</b>					
<b>Variáveis</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>	<b>Fator 4</b>	<b>Fator 5</b>
Peso	0,07	0,07	-0,06	0,14	0,91
Comp	-0,07	0,25	0,08	-0,08	0,88
Wa	0,02	-0,14	0,06	0,99	0,03
U	-0,95	0,13	0,01	0,05	0,03
E	0,94	0,04	0,03	0,10	-0,02
Carb	0,92	0,06	0,03	-0,06	0,00
F	0,81	-0,18	-0,18	0,15	0,11
Cz	0,02	-0,14	0,06	0,99	0,03
L*	-0,02	0,86	-0,43	-0,23	0,15
a*	0,07	-0,96	-0,06	0,11	-0,12
b*	0,04	-0,01	-0,99	-0,03	-0,04
C	0,08	-0,65	-0,68	0,16	-0,16
°h	0,03	-0,27	0,90	0,19	-0,10
Expl. Var	3,32	2,32	2,50	2,14	1,69
Prp. Totl	0,26	0,18	0,19	0,16	0,13

**Figura Suplementar 3** - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Autovalores das 13 variáveis independentes de entrada



**Tabela Suplementar 8 - Segunda Análise Fatorial Exploratória: Comunalidade de fatores**

<b>Comunalidade</b>						
<b>Extração: Principais componentes</b>						
<b>Rotação: Varimax raw</b>						
<b>Variáveis</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>	<b>Fator 4</b>	<b>Fator 5</b>	<b>R<sup>2</sup> múltiplo</b>
Peso	0,01	0,01	0,01	0,03	0,87	0,57
Comp	0,00	0,07	0,07	0,08	0,85	0,63
Larg	0,00	0,02	0,02	1,00	1,00	1,00
Wa	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93	0,95
U	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,94
E	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,80
P	0,66	0,69	0,72	0,75	0,76	0,65
L	0,00	0,02	0,02	1,00	1,00	1,00
Carb	0,00	0,74	0,92	0,97	0,99	0,99
F	0,01	0,92	0,93	0,94	0,95	0,98
Cz	0,00	0,00	0,98	0,99	0,99	0,94
L*	0,01	0,43	0,90	0,93	0,95	0,94
a*	0,00	0,07	0,88	0,92	0,93	0,96

**Tabela Suplementar 9 - Análise de Componentes Principais: Média e desvio padrão de variáveis padronizadas**

<b>Estatística descritiva</b>		
<b>Variáveis</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Peso	0,13	0,79
Comp	0,07	0,90
Wa	-0,02	1,09
U	0,03	0,93
E	0,02	0,92
Carb	-0,03	0,98
F	-0,01	1,00
Cz	-0,02	1,09
L*	-0,01	1,00
a*	0,01	1,01
b*	0,01	1,02
C	0,01	1,01
°h	-0,01	1,00

**Tabela Suplementar 10 - Análise de Componentes Principais: Autovalores dos componentes principais**

<b>Autovalor da matriz de correlação e estatística descritiva</b>				
<b>Apenas variáveis ativas</b>				
<b>Principais Componentes</b>	<b>Autovalor</b>	<b>(%) Total Variância</b>	<b>Autovalor Cumulativo</b>	<b>Cumulativo (%)</b>
1	3,64	27,96	3,64	27,96
2	2,99	23,04	6,63	51,00
3	2,42	18,61	9,05	69,61
4	1,87	14,42	10,92	84,02
5	1,05	8,06	11,97	92,08
6	0,36	2,77	12,33	94,85
7	0,28	2,18	12,61	97,03
8	0,19	1,50	12,81	98,53
9	0,16	1,21	12,97	99,74
10	0,03	0,21	12,99	99,95
11	0,01	0,04	13,00	100,00
12	0,00	0,00	13,00	100,00

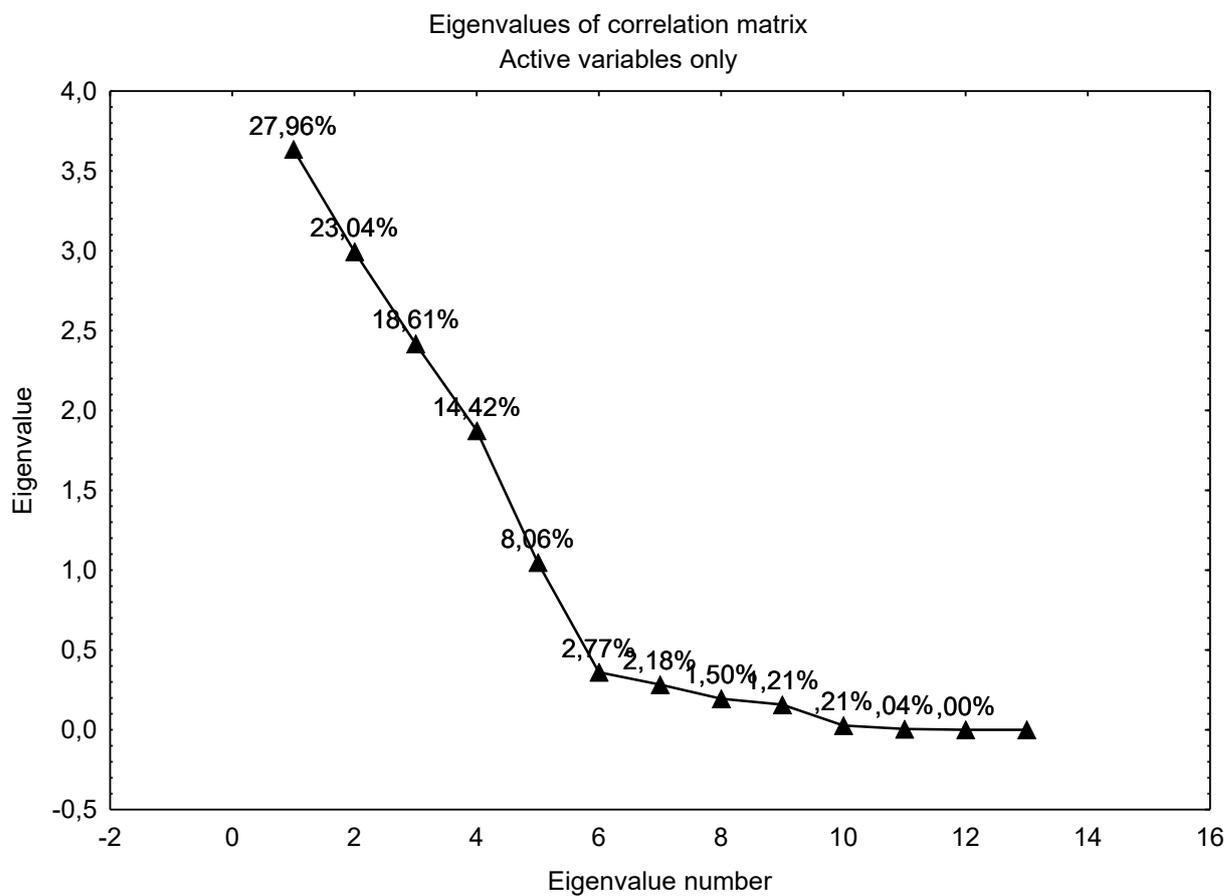
**Tabela Suplementar 11 - Análise de Componentes Principais: Coordenadas de cada fator em função das variáveis**

<b>Coordenadas fatoriais das variáveis com base em correlações</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>	<b>CP 4</b>
Peso	-0,05	-0,25	-0,30	-0,71
Comp	-0,33	-0,29	-0,42	-0,53
Wa	0,43	0,51	-0,04	-0,65
U	-0,80	0,47	0,21	-0,18
E	0,75	-0,46	-0,30	0,04
Carb	0,67	-0,54	-0,30	0,15
F	0,77	-0,39	-0,06	-0,11
Cz	0,43	0,51	-0,04	-0,65
L*	-0,53	-0,75	0,01	-0,19
a*	0,59	0,48	0,40	0,13
b*	0,05	-0,49	0,83	-0,25
C	0,48	0,06	0,82	-0,11
°h	0,22	0,65	-0,63	0,24

**Tabela Suplementar 12 - Análise de Componentes Principais: Pontuações da amostra**  
**Coordenadas fatoriais de casos com base em correlações**  
**Variável dependente: AMOSTRAS**

Numero	Amostras	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
1	SCS367 Favorita	-0,50	1,84	2,72	-0,01
1	SCS367 Favorita	-0,43	0,55	2,81	2,86
2	SCS368 Ituporanga	0,15	-0,48	-0,32	0,98
2	SCS368 Ituporanga	-0,40	0,10	-0,74	-1,28
3	SCS369 Águas Negras	-1,99	0,43	-0,99	-1,02
3	SCS369 Águas Negras	-2,25	0,32	-1,59	-1,82
4	SCS370 Luiza	3,11	4,51	-3,14	1,72
4	SCS370 Luiza	2,42	5,52	-2,85	1,19
5	SCS371 Katiy	0,09	0,24	-0,85	0,04
5	SCS371 Katiy	-0,48	-0,81	-2,12	-0,64
6	SCS372 Marina	3,88	-2,40	-0,28	0,57
6	SCS372 Marina	2,90	-2,34	-1,00	-1,33
7	Darci	-1,74	-0,41	-1,47	0,19
7	Darci	-2,95	-1,10	-1,27	1,77
8	Leandro	-2,46	0,64	-0,52	-0,86
8	Leandro	-1,80	-0,75	-0,38	2,48
9	17007-15	2,55	1,25	2,12	-2,23
9	17007-15	1,22	1,81	2,53	-0,94
10	17025-13	3,15	-2,98	0,53	1,68
10	17025-13	2,88	-0,73	1,28	1,13
11	17052	-0,71	0,90	1,06	-0,97
11	17052	-1,84	1,01	1,27	-0,10
12	17082-8	0,36	-1,12	0,54	0,06
12	17082-8	0,37	-1,86	-0,06	-0,07
13	17092-9	0,75	-1,34	-1,92	-0,03
13	17092-9	-0,49	-1,26	-2,07	-0,49
14	17105-20	-0,19	-0,52	0,83	0,75
14	17105-20	-0,88	0,08	1,81	2,48
15	17107-18	1,70	-2,19	-0,17	-1,14
15	17107-18	1,41	-0,31	1,04	0,01
16	17117	-1,26	1,64	2,14	-1,01
16	17117	-0,23	1,54	1,61	-1,34
17	17125-10	-0,18	-0,35	0,19	-1,62
17	17125-10	-0,08	-0,13	-0,18	-2,50
18	17162	-3,47	-0,65	0,20	1,64
18	17162	-2,62	-0,67	-0,75	-0,17

**Figura Complementar 4** - Análise de Componentes Principais: Percentual cumulativo de autovalores em relação às 13 variáveis independentes de entrada



**Tabela Complementar 13 - Análise de Componentes Principais: Correlações de comunalidade entre variáveis e fatores**

Variáveis	Comunalidades baseada em correlações			
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Peso	0,00	0,06	0,15	0,66
Comp	0,11	0,19	0,37	0,66
Wa	0,19	0,45	0,45	0,87
U	0,63	0,85	0,90	0,93
E	0,57	0,78	0,87	0,87
Carb	0,45	0,74	0,84	0,86
F	0,59	0,74	0,74	0,76
Cz	0,19	0,45	0,45	0,87
L*	0,29	0,84	0,84	0,88
a*	0,35	0,58	0,74	0,75
b*	0,00	0,24	0,92	0,98
C	0,23	0,23	0,91	0,92