

**Efeito do tempo e da temperatura nas características físicas de doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado**

**Effect of time and temperature on the physical characteristics of dietetic functional mixed cerrado fruit preserves**

**Efecto del tiempo y la temperatura sobre las características físicas de dulces mixtos dietéticos y funcionales de frutas del cerrado**

Recebido: 14/10/2020 | Revisado: 21/10/2020 | Aceito: 22/10/2020 | Publicado: 24/10/2020

**Telma Melo Brandão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0296-4191>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Brasil

E-mail: [telmamelobrand@gmail.com](mailto:telmamelobrand@gmail.com)

**Mariele Antunes Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7021-1354>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [marieleengalimentos@gmail.com](mailto:marieleengalimentos@gmail.com)

**Heloisa Helena de Siqueira Elias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9264-1168>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [heloisa.elias@yahoo.com.br](mailto:heloisa.elias@yahoo.com.br)

**Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8704-5815>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [vasconcelosmariaufila@gmail.com](mailto:vasconcelosmariaufila@gmail.com)

**Hellen Vidal Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1367-9345>

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

E-mail: [hellen.santos@aluno.ufop.edu.br](mailto:hellen.santos@aluno.ufop.edu.br)

**Patrícia Aparecida Pimenta Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6774-7884>

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

E-mail: [patricia.pereira@ufop.edu.br](mailto:patricia.pereira@ufop.edu.br)

**Elisângela Elena Nunes Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-8066>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [elisangelacarvalho@ufla.br](mailto:elisangelacarvalho@ufla.br)

**Fabiana Queiroz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3708-2161>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [fqueiroz@ufla.br](mailto:fqueiroz@ufla.br)

**Soraia Vilela Borges**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1612-1363>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: [sborges@ufla.br](mailto:sborges@ufla.br)

**Resumo**

Existem inúmeros frutos do cerrado com potencial econômico para elaboração de produtos que atendam a demanda do consumidor, como doces dietéticos e funcionais. entretanto, são escassos estudos a respeito das características destes produtos e estabilidade durante armazenamento. dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo e da temperatura nas características físicas de doces mistos dietéticos e funcionais utilizando frutos do cerrado. para isso, foram elaborados doces mistos utilizando marolo, maracujá-doce e graviola e frutooligossacarídeo sem adição de açúcar. os doces foram armazenados em 2 temperaturas (25 °c e 35 °c) durante 180 dias. foram realizadas análises de atividade de água, cor e perfil de textura e os resultados obtidos foram avaliados por meio de análise de regressão. os doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado sofreram influência tanto do tempo como da temperatura de armazenamento, sendo que a temperatura de 35 °c foi a variável que mais afetou as características físicas. diante disso, no armazenamento a temperatura de 25 °c, as propriedades físicas dos doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado foram mais estáveis.

**Palavras-chave:** Atividade de água; Cor; Perfil de textura; Processamento.

**Abstract**

There are countless fruits of the cerrado with economic potential for the development of products that meet consumer demand, such as dietary and functional preserves. However, studies on the characteristics of these products and stability during storage are scarce. Thus, the objective of this

study was to evaluate the effect of time and temperature on the physical characteristics of dietetic functional mixed cerrado fruit preserves. For this, mixed preserves were made using marolo, passion fruit and soursop and fructooligosaccharide without added sugar. The preserves were stored at 2 temperatures (25 °c and 35 °c) for 180 days. Analysis of water activity, color and texture profile were performed and the results obtained were evaluated by means of regression analysis. The dietetic functional mixed cerrado fruit preserves were influenced by both time and storage temperature, and the temperature of 35 °c was the variable that most affected physical characteristics. Therefore, in storage at 25 °c, the physical properties of dietetic functional mixed cerrado fruit preserves were more stable.

**Keywords:** Water activity; Color; Texture profile; Processing.

### **Resumen**

Son innumerables las frutas del cerrado con potencial económico para el desarrollo de productos que satisfagan la demanda de los consumidores, como dulces dietéticos y funcionales. sin embargo, los estudios sobre las características de estos productos y la estabilidad durante el almacenamiento son escasos. así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tiempo y la temperatura sobre las características físicas de dulces mixtos dietéticos y funcionales a partir de frutos del cerrado. para ello se elaboraron dulces mixtos a base de marolo, maracuyá y guanábana y fructooligosacárido sin azúcares añadidos. los dulces se almacenaron a 2 temperaturas (25 °c y 35 °c) durante 180 días. se realizaron análisis de actividad del agua, color y perfil de textura y los resultados obtenidos se evaluaron mediante análisis de regresión. los dulces de frutas mixtos dietéticos y funcionales del cerrado fueron influenciados tanto por el tiempo como por la temperatura de almacenamiento, y la temperatura de 35 °c fue la variable que más afectó las características físicas. por lo tanto, almacenadas a 25 °c, las propiedades físicas de los dulces mixtos dietéticos y funcionales de frutas del cerrado fueron más estables.

**Palabras clave:** Actividad del agua; Color; Perfil de textura; Procesando.

### **1. Introdução**

O Cerrado brasileiro abrange os estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Maranhão, Goiás, Distrito Federal e Pará e compreende mais de 204 milhões de hectares, representando a savana tropical mais rica do mundo em relação à biodiversidade (Ribeiro Neto et al., 2020). O clima característico é seco,

com incêndios periódicos e o solo é pobre em nutrientes (Oliveira et al., 2019). Essas características são responsáveis pela presença de espécies resistentes ao estresse oxidativo neste ambiente, sendo que as plantas que sobrevivem às condições adversas do clima do Cerrado podem desenvolver mecanismos moleculares capazes de agir contra radicais livres durante o seu processo de evolução (Bailão et al., 2015; Siqueira et al., 2013). Plantas do Cerrado estão sendo cada vez mais estudadas devido à grande quantidade de compostos bioativos presentes, principalmente compostos fenólicos, tais como taninos e terpenos, que estão relacionados com a prevenção de diversas doenças, como o câncer, doenças cardiovasculares, inflamação, aterosclerose, dentre outras (Brandão et al., 2018; Schiassi et al., 2018).

*Annona crassiflora* Mart., também conhecida como marolo ou araticum, é uma fruta nativa do Cerrado brasileiro, que apresenta alto valor nutricional e potencial tecnológico, sendo que sua polpa apresenta coloração amarela, sabor doce e aroma exótico (Souza et al., 2012a; Souza et al., 2012b). Apresenta boa aceitação sensorial e está entre as 20 espécies mais utilizadas na alimentação regional *in natura* ou em forma de produtos, tais como doces, sorvetes e sucos (Bailão et al., 2015; Barros et al., 2018). Possui uma ampla gama de compostos bioativos, tais como compostos fenólicos, carotenoides, alcaloides, fibra alimentar, vitaminas, minerais e óleos essenciais. Seus efeitos biológicos conhecidos incluem hepatoprotetor, anti-inflamatório, antioxidante, analgésico, antimicrobiano, cicatrizante, dentre outros (Souza et al., 2012a; Arruda & Pastore, 2019). Dessa forma, essa planta pode ser utilizada como alimento funcional ou como forma de extração de compostos bioativos para aplicação alimentícia, farmacêutica ou cosmética (Cardoso et al., 2013; Arruda & Pastore, 2019).

Já o maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryand) é uma planta herbácea semiperene, muito encontrada no Cerrado brasileiro (Silva et al., 2020). Esta espécie possui grande potencial para utilização como alimento funcional, devido à presença de diversos compostos bioativos, tais como carotenoides, alcaloides, flavonoides, vitaminas e minerais (Santiago-Silva et al., 2011; Souza et al., 2012a). Dentre as diversas propriedades biológicas relacionadas ao maracujá-doce, as que já foram descritas em estudos científicos são: antioxidante, ansiolítico, antidiabético, anti-inflamatório, cardioprotetor, hepatoprotetor, antimicrobiano (Amaral et al., 2019).

A graviola (*Annona muricata*, L.) também é uma fruta do Cerrado, tem formato irregular, é polposa mas mole quando muito madura e tem uma sensação agradável na boca quando consumido como fruta (Akonor, 2020). É uma fruta climatérica, que possui um

elevado nível de deterioração devido à sua alta taxa de respiração e produção de etileno (Jiménez-Zurita et al., 2017; Berumen-Varela et al., 2019). Por isso, é muito utilizada na elaboração de sucos, doces e geleias (Souza et al., 2012b; Berumen-Varela et al., 2020).

Dessa forma, a utilização dos frutos do Cerrado na indústria alimentícia contribui para a conservação da biodiversidade e representa uma alternativa para melhorar a dieta da população (Bailão et al., 2015; Schiassi et al., 2018).

No entanto, para a elaboração de produtos com baixo valor calórico é necessária a redução e/ou substituição de diversos componentes, que influencia as características do produto (Pereira et al., 2019). Além disso, o tempo e a temperatura de armazenamento são fatores que influenciam nas características do produto, pois podem ocorrer diversas alterações, como na cor, textura e no teor de compostos bioativos, comprometendo as suas propriedades funcionais (Nachtigall et al., 2004; Miguel et al., 2009; Santos et al., 2020).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo e da temperatura nas características físicas de doces mistos dietéticos e funcionais utilizando frutos do Cerrado.

## **2. Metodologia**

Para a realização deste trabalho foi utilizada uma metodologia de natureza quantitativa.

### **2.1 Materiais**

Foram utilizados frutos maduros de marolo (*Annona crassiflora* Mart) e maracujá-doce (*Passifloram alata*, Dryand), sendo adquiridos no CEASA de Contagem MG. A polpa de graviola (*Annona muricata*, Linneaus) congelada foi adquirida na empresa comercial da cidade de Ubá-MG. Também foram utilizados frutoligossacarídeo (P95 - Oarfit<sup>®</sup>), polidextrose (grau comercial Nutramax<sup>®</sup>), ácido cítrico (grau comercial Nuclear<sup>®</sup>), sorbato de potássio (grau comercial VETEC<sup>®</sup>), pectina de baixo teor de metoxilação- BTM (grau comercial Danisco<sup>®</sup>), goma locusta- LBG (grau comercial Danisco<sup>®</sup>), goma carragena (grau comercial Danisco<sup>®</sup>), acessulfame-k (grau comercial Nutramax<sup>®</sup>) e sucralose (grau comercial Nutramax<sup>®</sup>).

### **2.2 Processamento do doce misto de frutas do cerrado**

O marolo e o maracujá-doce foram lavados em água corrente imersos em solução de hipoclorito de sódio 150 mgL<sup>-1</sup> por 15 minutos. Após a sanificação, os frutos foram

processados na Planta Piloto do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A polpa do marolo foi extraída manualmente com o auxílio de uma faca para retirar a polpa da semente, a casca e as sementes foram separadas e descartadas. A polpa do maracujá-doce foi despulpada manualmente separando as sementes da polpa com o auxílio de uma colher. Posteriormente, as polpas (marolo e maracujá-doce) foram então pulsadas e homogeneizadas em liquidificador. Em seguida as polpas foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em freezer a -18°C para serem utilizadas na elaboração do doce misto e para análises futuras.

A elaboração do doce misto dietético e funcional de frutas do cerrado seguiu a metodologia descrita Souza et al. (2013). O processamento do doce misto foi realizado na Planta Piloto de Produtos Vegetais – ITAL, Campinas – SP, feito em triplicatas em um tacho com jaqueta de pressão a vácuo (Modelo Maincal, Rosário, Argentina) onde foram adicionados 60% das mistura das polpas de frutas (20% de cada polpa: marolo, maracujá-doce e graviola) e 40% dos demais ingredientes como: edulcorantes, agente de corpo, agentes conservantes e gelificantes descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Formulação utilizada na produção do doce misto dietético e funcional de frutas do cerrado.

<b>Ingredientes</b>	<b>Concentração (%)</b>
Mistura das Polpas	60,00
Frutoligossacarídeo (FOS)	13,18
Polidextrose	23,16
Ácido Cítrico	0,20
Sorbato de potássio	0,20
Pectina de baixo teor de metoxilação- BTM	2,00
Goma Locusta- LBG	0,61
Goma carragena	0,61
Acessulfame-k	0,01
Sucralose	0,03
Total	100

Fonte: Autores.

Para processar o doce misto uma mistura das polpas de frutas foi feita [marolo/maracujá-doce/graviola (1:1:1)] e a povidona foi adicionada. Quando os sólidos solúveis atingiram 20 °Brix, a pectina de baixo teor de metoxilação (BTM) e as gomas (locusta e carragena) previamente dissolvidas em água a 80 °C sob agitação foram adicionadas aos primeiros ingredientes. Para cada 4 g de pectina foram utilizados 50 mL de água quente. Quando os sólidos solúveis atingiram 25 °Brix os frutooligossacarídeos dissolvidos em água foram adicionados (proporção de 1:1). O processo de cocção foi interrompido quando o doce atingiu 45 °Brix sendo adicionados o ácido cítrico, sorbato de potássio e os edulcorantes (acesulfame-K e sucralose).

Após o processamento o doce foi envasado em potes de polipropileno previamente esterilizado. O enchimento foi realizado a quente (em torno de 70 - 75°C), em seguida foram fechados, vertidos, resfriados em condições ambientais e em seguida as amostras foram armazenadas nas duas temperaturas em estudo (25 °C e 35 °C) em câmaras de controle de temperatura.

### ***2.3 Avaliações físicas dos doces mistos dietético e funcional de frutas do cerrado***

A atividade da água foi determinada utilizando aqualab (Modelo 3te, Decagon Devices, São José dos Campos, SP, Brasil), em que aproximadamente 5 g das amostras foram colocadas em recipientes de plástico e as leituras foram realizadas em temperatura controlada de  $25,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$  de acordo com metodologia proposta por Assis et al. (2007).

A cor instrumental foi determinada utilizando-se o colorímetro (Modelo CR- 400, Minolta Corporation, Osaka, Japão) trabalhando com  $D_{65}$  (luz do dia) e usando-se os padrões com a determinação no modo CIELab segundo Lau et al. (2000). Os valores de  $L^*$  (clareza/luminosidade),  $a^*$  (que varia do vermelho ao verde) e  $b^*$  (que varia do amarelo ao azul) foram obtidos diretamente do colorímetro e utilizados para cálculo da tonalidade cromática ( $h^* = \arctan b^*/a^*$ ) e chroma  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ .

A análise do perfil de textura (TPA) dos doces mistos foram realizadas, em triplicata, no modo de penetração com sonda de alumínio de fundo chato ( $\varnothing = 6 \text{ mm}$ ) e o tempo, distância de compressão, velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 5 s, 20 mm, 4 mm/s, 2 mm/s e 2 mm/s, respectivamente utilizando um texturômetro (TA-XT2i model; Stable Micro Systems, Goldaming, England) (Pereira et al., 2019). Os parâmetros analisados foram dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade.

## **2.4 Planejamento experimental para avaliação dos resultados**

Para avaliar o efeito do tempo nas propriedades físicas do doce misto armazenado nas temperaturas 25 °C e 35 °C foi realizado um experimento em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas temperaturas de armazenamento e 5 tempos de avaliação (0, 70, 105, 140 e 180 dias) em triplicata.

A avaliação dos resultados seguiram o modelo conforme equação 1 (R CORE TEAM, 2014).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \beta_j^2 + \alpha\beta_{(ij)} + \alpha\beta_{(ij)}^2 + \epsilon_{ij} \quad \text{Equação 1}$$

em que:

$\mu$  = constante associada a todos os tratamentos;

$\alpha$  = efeito do  $i$ -ésimo tempo de armazenamento,

$i$  = 25°C e 35°C, sendo considerado fixo;

$\beta$  = efeito do  $j$ -ésimo tempo de armazenamento,  $j = 0, \dots, 180$ ;

$\beta^2$  = efeito quadrático do  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$\epsilon$  = resíduo associado às observações, sendo considerado com  $\sim N(0, \sigma^2)$  e demais interações.

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1 Atividade de água e cor**

Na Tabela 2 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas da atividade de água ( $a_w$ ) e dos parâmetros de cor dos doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado ao longo do tempo de armazenamento. A adequabilidade dos modelos completos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que explicam entre 69% e 91% da variância total das respostas.



**Tabela 2.** Equações de regressão ajustadas da  $a_w$  e dos parâmetros de cor dos doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado ao longo do tempo de armazenamento.

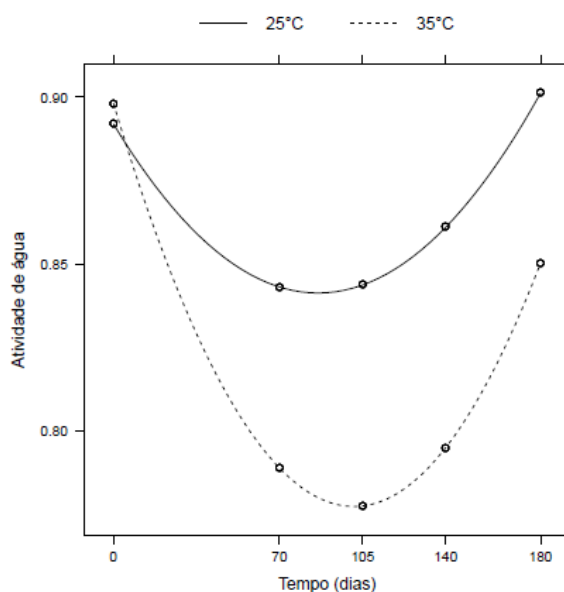
Parâmetro	Temperatura	Modelo estimador	R <sup>2</sup>
$a_w$	25 °C	$Y = 0,87 - 0,001x + 6,80.10^{-2}x^2$	0,84
	35 °C	$Y = 0,90 - 0,002x + 1,20.10^{-5}x^2$	0,86
L*	25 °C	$Y = 39,73 - 0,12x + 2,06.10^{-4}x^2$	0,91
	35 °C	$Y = 39,69 - 0,19x + 4,16.10^{-4}x^2$	0,91
C*	25 °C	$Y = 17,51 - 0,21x + 1,10.10^{-3}x^2$	0,69
	35 °C	$Y = 16,90 - 0,18x + 1,00.10^{-3}x^2$	0,73
°h	25 °C	$Y = 70,94 - 0,19x + 5,60.10^{-4}x^2$	0,81
	35 °C	$Y = 61,10 - 0,23x + 6,80.10^{-4}x^2$	0,81

Fonte: Autores.

Observa-se (Tabela 2) que somente para a  $a_w$  não se ajustou um modelo matemático, pois os coeficientes de determinação foram menores que 70%, significando que o modelo ajustado não se adequou aos dados experimentais (Dias et al., 2011).

Na Figura 1 está apresentada a análise de regressão da  $a_w$  do doce misto dietético funcional de frutas do cerrado em função do tempo de armazenamento e das temperaturas.

**Figura 1.** Análise de regressão da  $a_w$  do doce misto dietético e funcional de frutas do cerrado em função do tempo de armazenamento e das temperaturas.



Fonte: Autores.

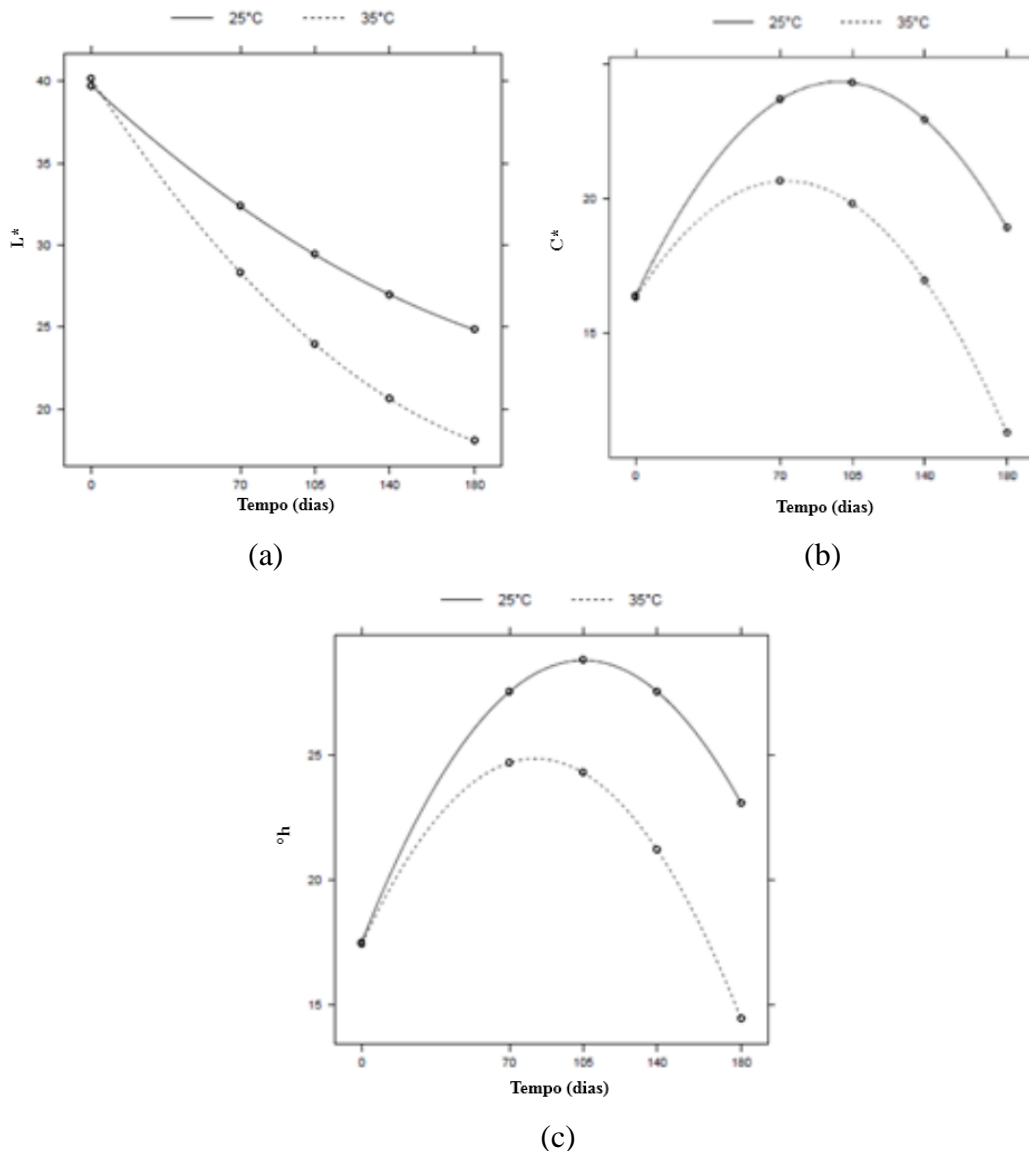
A atividade de água do doce diminuiu em relação ao tempo de armazenamento até os 105 dias de armazenamento e, a partir desse período, houve aumento nas duas temperaturas de estudo (Figura 1). Dias et al. (2011) avaliou a influência da temperatura sobre as alterações físicas de geleia da casca de banana durante o armazenamento e observou que a atividade de água das geleias reduziu ao longo do armazenamento até 120 dias e a partir desse período, houve um pequeno aumento, tendência semelhante ao presente estudo. Estes autores relatam que isto pode ter acontecido devido a hidrólise da sacarose devido ao aumento da acidez, fazendo com que se eleve o teor de açúcares redutores. Chagas et al. (2009), ao avaliarem doce de goiaba observaram que a  $a_w$  é influenciada pela relação entre polpa/açúcar que é adicionada à formulação, atribuindo esse fato a capacidade higroscópica do açúcar uma vez que pode permitir a redução do teor de água livre no alimento. Menezes et al. (2009) encontraram valores de atividade de água entre 0,68 e 0,76 para diferentes formulações de doce de goiaba convencionais. No presente estudo, os valores deste parâmetro foram bem acima devido à não adição de sacarose na elaboração dos doces mistos.

Quando observado em relação à temperatura, houve maior redução da atividade de água na temperatura de 35 °C. Segundo García-Martínez et al. (2002), quanto menor a atividade de água nos produtos alimentícios, maior sua estabilidade. Esse resultado não era esperado. Segundo Kamiloglu et al. (2015), quanto maior a temperatura de armazenamento, menor a estabilidade do produto, como observado neste estudo onde o doce armazenado a temperatura de 35 °C teve uma maior oscilação da  $a_w$ , em relação ao armazenado a 25 °C. Como os doces foram embalados em potes de polipropileno, estes podem ter influenciado nos resultados do presente estudo, visto que essas embalagens não são completamente impermeáveis ao vapor de água (Jorge, 2013). Dessa forma, a maior temperatura de armazenamento promoveu maior liberação de vapor de água do alimento para o ambiente, diminuindo, assim, a  $a_w$ .

Na Figura 2 estão apresentadas a análise de regressão dos parâmetros de cor dos doces mistos dietéticos funcionais de frutas do cerrado em função do tempo de armazenamento e das temperaturas.

De acordo com a Figura 2 é possível observar que todas as coordenadas avaliadas ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $^{\circ}h$ ) foram influenciados pelo tempo e temperatura de armazenamento, ocorrendo, em geral, uma queda dos valores após 70 dias de armazenamento. O consumidor ao adquirir um produto, o primeiro atributo que avalia é a sua cor, assim, este atributo exerce uma grande influência na sua escolha (Monteiro & Pires, 2016).

**Figura 2.** Análise de regressão de  $L^*$  (a),  $C^*$  (b) e  $^{\circ}h$  (c) dos doces mistos dietéticos funcionais de frutas do cerrado em função do tempo de armazenamento e das temperaturas.



Fonte: Autores.

Neste estudo foi observado que os doces mistos escureceram ao longo do tempo de armazenamento sendo que aquele armazenado à temperatura de 35 °C sofreu maior escurecimento (Figura 2a). Monteiro & Pires (2016), ao avaliarem geleia de murici armazenada em diferentes condições ambientais também observaram que os valores da coordenada  $L^*$  apresentou tendência linear decrescente, indicando que as geleias sofreram um escurecimento com o decorrer dos dias de armazenamento, corroborando com os dados encontrados neste estudo. Oliveira et al. (2014) também observaram decréscimo nos valores das coordenadas  $C^*$  e  $^{\circ}h$  ao final do tempo de armazenamento. Miguel et al. (2009)

analisaram a cinética de degradação de geleia de morango e relatam em seu estudo que independente da temperatura de armazenamento, ocorrem alterações nos parâmetros de cor ao longo do tempo de armazenamento, o que os torna mais escuros.

Também foi observado neste estudo que o doce misto armazenado à 25 °C apresentou cor mais intensa (C\*), maior luminosidade (L\*) e tonalidade mais amarelo (°h) do que aquele armazenado à 35 °C (Figura 2b). Cores puras possuem alta saturação e neutras baixa saturação, assim, doces armazenados a 25 °C que apresentaram maiores valores de C\*, possuem cores mais vivas na percepção humana (Ferreira & Spricigo, 2017). Durante o armazenamento os compostos de cor, tais como os carotenoides e compostos fenólicos, são degradados, tornando o produto mais escuro (Martinsen et al., 2020), sendo que essa degradação ocorre de maneira mais acentuada em temperaturas de armazenamento maiores (Dutta et al., 2020; Soto et al., 2020).

### ***3.2 Parâmetros de textura***

Na Tabela 3 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para os parâmetros de textura dos doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado ao longo do tempo de armazenamento. A adequabilidade dos modelos completos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que explicam entre 83% e 94% da variância total das respostas.

**Tabela 3.** Equações de regressão ajustadas para os parâmetros de perfil de textura (TPA) dos doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado ao longo do tempo de armazenamento

Parâmetro	Temperatura	Modelo estimador	R <sup>2</sup>
Dureza (g)	25°C	$Y = 463,07 + 0,97x$	0.93
	35°C	$Y = 241,36 + 4,40x$	0.94
Adesividade (g.s)	25°C	$Y = -43,57 - 1,45x + 0,004x^2$	0.83
	35°C	$Y = 40,76 - 0,73x - 0,002x^2$	0.89
Gomosidade (g)	25°C	$Y = 218,60 + 0,63x + 6,45 \cdot 10^{-5}x^2$	0.86
	35°C	$Y = 205,04 - 4,52x + 4,64 \cdot 10^{-2}x^2$	0.84
Mastigabilidade (g)	25°C	$Y = 173,12 + 0,21x + 6,00 \cdot 10^{-4}x^2$	0.85
	35°C	$Y = 167,00 - 3,29x + 0,032x^2$	0.85

Fonte: Autores.

A textura é um importante atributo na percepção e na aceitabilidade da qualidade de um produto, sendo um reflexo da composição química do alimento e da sua estrutura (Dias et al., 2011). De acordo com Huang et al. (2007), a análise do perfil de textura (TPA) é um método objetivo que visa avaliar as propriedades sensoriais pois simula a mastigação, exigindo assim, médias deformações (de 20% a 50%).

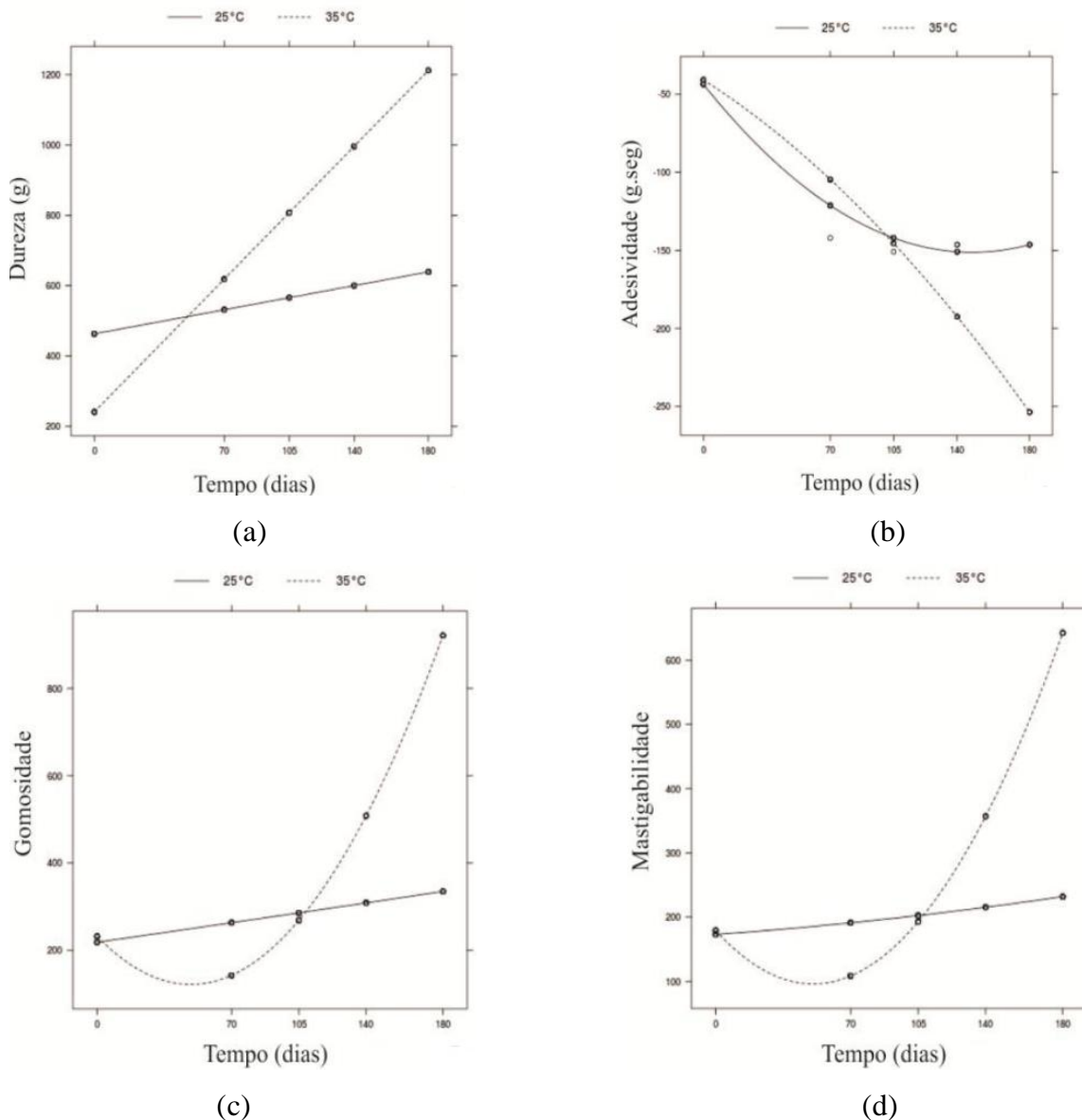
Para a variável de perfil de textura (TPA) os parâmetros analisados de dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade, ajustaram-se ao modelo matemático, apresentando seus coeficientes de determinação entre 83 e 94% (Tabela 3).

Observou-se que ao longo do tempo de armazenamento a dureza dos doces aumentou em ambas temperaturas, sendo que a 35 °C este aumento foi maior (Tabela 3 e Figura 3a). Hurler et al. (2012) também observaram o aumento da dureza em maiores temperaturas de armazenamento em alguns hidrogéis estudados. O resultado obtido pode ser devido à maior perda de água do doce na temperatura de 35°C o qual fez com que sua estrutura ficasse mais rígida (Martins et al., 2011).

Segundo Mutlu et al. (2018), adesividade é a aderência entre o produto e uma superfície e está relacionada a estrutura molecular do produto. Observou-se diminuição dos valores durante o armazenamento em ambas temperaturas, sendo que à 35 °C a diminuição foi mais enérgica (Figura 3b). Martins et al. (2011) avaliaram a estabilidade de doces em massa de banana prata e também observaram redução da adesividade ao longo do período do

armazenamento. Segundo Hauly et al. (2005), a diminuição deste parâmetro está relacionado a menor viscosidade do gel.

**Figura 3.** (a, b, c e d) apresenta os valores médios do parâmetro de TPA: dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade do doce misto dietético e funcional de frutas do cerrado ao longo do tempo de armazenamento e temperaturas.



Fonte: Autores.

A gomosidade (Figura 3c), que é a força necessária para mastigar um alimento semissólido (Oliveira et al., 2009), e a mastigabilidade (Figura 3d), que é a energia requerida para mastigar um alimento sólido até o ponto de ser engolido (Van Vliet, 1991), aumentaram

significativamente no doce armazenado à 35 °C. Pereira et al. (2019) verificaram em seus estudos com doce de goiaba sem adição de açúcar que maiores valores de gomosidade diminui a aceitabilidade pois de acordo com Costell et al. (2000), Rogers et al. (2009) e Thrimawithana et al. (2010) os maiores valores de gomosidade e mastigabilidade significa que o produto é mais difícil de se dissolver na boca.

Existem limitações das análises devido ao comportamento viscoelástico do doce.

#### **4. Considerações Finais**

Os doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado sofreram influência tanto do tempo como da temperatura de armazenamento, sendo que a temperatura de 35 °C foi a variável que mais afetou as características físicas.

Após 105 dias de armazenamento a atividade de água teve tendência a aumentar, sendo que à 35 °C a atividade de água foi menor.

Em relação à cor, os doces armazenados à 25 °C tiveram maior preservação da cor, apresentando cores mais vívidas, claras e amarelas.

Os parâmetros de textura sofreram maiores influencias na temperatura de 35 °C, sendo que nesta temperatura os doces apresentaram mais duros, conseqüentemente, menos viscosos e mais difícil de engolir.

Diante disso, no armazenamento a temperatura de 25 °C mantém mais estáveis as propriedades físicas de doces mistos dietéticos e funcionais de frutas do cerrado.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar testes em baixas e altas compressões, uma vez que, doces de frutas apresentam comportamento viscoelástico.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à FAPEMIG e CNPq pelo suporte financeiro.

#### **Referências**

Akonor, P. T. (2020). Optimization of a fruit juice cocktail containing soursop, pineapple, orange and mango using mixture design. *Scientific African*, 8, e00368.

Amaral, R. G., Andrade, L. N., Santos, S. A., Menezes, D. B., Andrade, L. R. M., Santos, R. S., Santos, E. W. P., Severino, P., & Carvalho, A. A. (2019). Efeitos biológicos de extratos da *Passiflora alata*: uma revisão da literatura. *Ciências Biológicas e da Saúde Unit*, 5(2), 33-66.

Arruda, H. S., & Pastore, G. M. (2019). Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) as a source of nutrients and bioactive compounds for food and non-food purposes: a comprehensive review. *Food Research International*, 123, 450-480.

Assis, M. M. M., Maia, G. A., Figueiredo, E. A. T., Figueiredo, R. W., & Monteiro, J. C. S. (2007). Processamento e estabilidade de geléia de caju. *Revista Ciência Agronômica*, 38(1), 46-51

Bailão, E. F. L. C., Devilla, I. A., Conceição, E. C., & Borges, L. L. (2015). Bioactive compounds found in Brazilian cerrado fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 23760-23783.

Brandão, T. M., Carmo, E. L., Elias, H. E. S., Carvalho, E. E. N., Borges, S. V., & Martins, G. A. S. (2018). Physicochemical and microbiological quality of dietetic functional mixed cerrado fruit jam during storage. *The Scientific World Journal*, 2018, Article ID 2878215.

Barros, A. P. G., Santos, L. A., Santos, A. K. C. F., Silva, P. S. R., Araújo, C., & Pimenta, A. C. (2018). Caracterização de frutos e sementes de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) nativos do cerrado Matogrossense. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 14(4), 280-286.

Berumen-Varela, G., Hernández-Oñate, M.-A., & Tiznado-Hernández, M.-E. (2019). Utilization of biotechnological tools in soursop (*Annona muricata* L.). *Scientia Horticulturae*, 245, 269–273.

Berumen-Varela, G., Palomino-Hermosillo, Y. A., Bautista-Rosales, P. U., Peña-Sandoval, G. R., López-Gúzman, G. G., & Balois-Morales, R. (2020). Identification of reference genes for quantitative real-time PCR in different developmental stages and under refrigeration conditions in soursop fruits (*Annona muricata* L.). *Scientia Horticulturae*, 260, 108893.



Cardoso, L. M., Oliveira, D. S., Bedetti, S. F., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant'ana, H. M. (2013). Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) from the Brazilian cerrado: chemical composition and bioactive compounds. *Fruits*, 68(2), 121-134.

Chagas, E. N., Menezes, C. C., Cirillo, M. A., & Borges, S. V. (2009). Método “Ridge” em modelo de superfície de resposta: otimização de condições experimentais na elaboração de doce de goiaba. *Revista Brasileira de Biometria*, 26(4),71-81.

Costell, E., Peyrolón, M., & Durán, L. (2000). Influence of texture and type of hydrocolloid on perception of basic tastes in carrageenan and gellan gels. *Food Science and Technology International*, 6, 495-499.

Dias, C. S., Borges, S. V., Queiroz, F., & Pereira, P. A. P. (2011). Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa* spp.) Cv. Prata durante o armazenamento. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 70(1), 28-34.

Dutta, S., Muthusamy, V., Hossain, F., Baveja, A., Chhabra, R., Jha, S. K., Yadava, D. K., & Zunjare, R. U. (2020). Analysis of genetic variability for retention of kernel carotenoids in sub-tropically adapted biofortified maize under different storage conditions. *Journal of Cereal Science*, 93, 102987.

Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In Ferreira, M. D. (Org.), *Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças* (pp. 209-220). São Carlos: Embrapa Instrumentação.

García-Martínez, E., Ruiz-Díaz, G., Martínez-Monzó, J., Camacho, M. M., Martínez-Navarrete, N., & Chiralt, A. (2002). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International*, 35, 301–306.

Haully, M. C. O., Fuchs, R. H. B., & Prudencio-Ferreira, S. H. (2005). Suplementação de iogurte de soja com frutooligossacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. *Revista de Nutrição*, 18(5), 613-622.

Huang, Y., Cavinato, A. G., Tang, J., Swanson, B. G., Lin, M., & Rasco, B. A. (2007). Characterization of sol-gel transitions of food hydrocolloids with near infra-red spectroscopy. *Food Science and Technology*, 40, 1018-1026.

Hurler, J., Engesland, A., Kermany, B. P., & Škalko-Basnet, N. (2012). Improved Texture Analysis for Hydrogel Characterization: Gel Cohesiveness, Adhesiveness, and Hardness. *Journal of Applied Polymer Science*, 125, 180–188.

Jiménez-Zurita, J. O., Balois-Morales, R., Alia-Tejagal, I., Juárez-López, P., Jiménez Ruíz, E. I., Sumaya-Martínez, M. T., & Bello-Lara, J. E. (2017). Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Mexicana de Ciências Agrícolas*, 8, 1155-1167.

Jorge, N. (2013). *Embalagem para alimentos*. Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação – São Paulo: Cultura Acadêmica.

Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Camp, J. V., & Capanoglu, E. (2015). Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry*, 186, 74-82.

Lau, M. H., Tang, J., & Swanson, B. G. (2000). Kinetics of textural and colour changes in green asparagus during thermal treatments. *Journal of Food Engineering*, 45(4), 231-236.

Martins, G. A. S., Ferrua, F. Q., Mesquita, K. S., Borges, S. V., & Carneiro, J. D. S. (2011). Estabilidade de doces em massa de banana prata. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 70(3), 332-340.

Martinsen, B. K., Aaby, K., & Skrede, G. (2020). Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams, *Food Chemistry*, 316, 126297.

Menezes, C. C., Borges, S. V., Cirillo, M. Â., Ferrua, F. Q., Oliveira, L. F., & Mesquita, K. S. (2009). Physical and physicochemical characterisation of different formulations of guava

preserve (*Psidium guajava*, L.) from Pedro Sato cultivar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(3), 618-625.

Miguel, A. C. A., Albertini, S., & Spoto, M. H. F. (2009). Cinética da degradação de geleia de morango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 142-147.

Monteiro, D. C. B., & Pires, C. R. F. (2016). Avaliação da estabilidade físico-química de geleias de murici armazenadas sob diferentes condições de temperatura e luminosidade. *Desafios*, 3, 87-98.

Mutlu, C., Tontul, S. A., & Erbaş, M. (2018). Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *LWT - Food Science and Technology*, 93, 499-505.

Nachtigall, A. M., Souza, E. L., Malgarim, M. B., & Zambiasi, R. C. (2004). Geleias light de amora-preta. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 2, 337-354.

Oliveira, L. F., Borges, S. V., Nascimento, J., Cunha, A. C., Jesus, T. B., Pereira, P. A. P., Pereira, A. G. T., Figueiredo, L. P., & Valente, W. A. (2009). Use of banana peel in the manufacture of banana preserve quality assessment. *Food and Nutrition*, 20, 581-589

Oliveira, E. N. A., Santos, D. C., Rocha, A. P. T., Gomes, J. P., & Silva, W. P. (2014). Estabilidade de geleias convencionais de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(3), 329-337.

Oliveira, V. A., Mello, C. R., Beskow, S., Viola, M. R., & Srinivasan, R. (2019). Modeling the effects of climate change on hydrology and sediment load in a headwater basin in the Brazilian Cerrado biome. *Ecological Engineering*, 133, 20-31.

Pereira, P. A. P., Souza, V. R., Silva, A. A., Queiros, F., Borges, S. V., Pinheiro, A. C. M., & Carneiro, J. D. S. (2019). Influence of gelling agent concentration on the characteristics of functional sugar-free guava preserves. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(7), 501-510.

R Core Team. (2014). *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna.

Ribeiro Neto, J. A., Tarôco, B. R. P., Santos, H. B., Thomé, R. G., Wolfram, E., & Ribeiro, R. I. M. A. (2020). Using the plants of Brazilian Cerrado for wound healing: From traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 260, 112547.

Rogers, N. R., Drake, M. A., Daubert, C. R., McMahon, D. J., Bletsch T. K., & Foegeding, E. A. (2009). The effect of aging on low-fat, reduced-fat, and full-fat cheddar cheese texture. *Journal of Dairy Science*, 92, 4756-4772.

Santiago-Silva, P., Labanca, R. A., & Gloria, M. B. A. (2011). Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. *Food Research International*, 44, 1264–1268.

Santos, H. V., Maia, C. J. S., Lima, E. J. F., Dias, A. C. C., Monteiro, R. S., Gandra, K. M. B., Cunha, L. R., & Pereira, P. A. P. (2020). Physical, physicochemical, microbiological, and bioactive compounds stability of low-calorie orange jellies during storage: packaging effect. *Research, Society and Development*, 9(9), e759997900.

Schiassi, M. C. E. V., Souza, V. R., Lago, A. M. T., Campos, L. G., & Queiroz, F. (2018). Fruits from the Brazilian cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 245, 305-311.

Silva, G. S., Borges, G. S. C., Castro, C. D. P. C., Aidar, S. T., Marques, A., T. B., Freitas, S. T., Rybka, A. C. P., & Cardarelli, H. R. (2020). Physicochemical quality, bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian Semiarid region. *Scientia Horticulturae*, 272, 109595.

Siqueira, E. M. A., Rosa, F. R., Fustinoni, A. M., Sant'ana, L. P., & Arruda, S. F. (2013). Brazilian savanna fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious apple. *PLoS One*, 8(8), e72826.

Soto, M., Dhuique-Mayer, C., Servent, A., Jiménez, N., Vaillant, F., & Achir, N. (2020). A kinetic study of carotenoid degradation during storage of papaya chips obtained by vacuum frying with saturated and unsaturated oils. *Food Research International*, 128, 108737.

Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Queiroz, F., Borges, S. V., & Carneiro, J. D. S. (2012a). Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, 134(1), 381-386.

Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., Silva, T. L. T., Borges, S. V., & Queiroz, F. (2012b). Multivariate approaches for optimization of the acceptance: optimization of a Brazilian Cerrado fruit jam using mixture design and parallel factor analysis. *Journal of Sensory Studies*, 27, 417-424.

Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Pinheiro, A. C. M., Bolini, H. M. A., Borges, S. V., & Queiroz, F. (2013). Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1541–1548.

Thrimawithana, T. R., Young, S., Dunstan D. E., & Alany, R. G. (2010). Texture and rheological characterization of kappa and iota carrageenan in the presence of counter ions. *Carbohydrate Polymer*, 82, 69-77.

Van Vliet, T. (1991). Terminology to be used in cheese rheology. *International Dairy Federation Bulletin*, 268, 5-15.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Telma Melo Brandão – 20%

Mariele Antunes Vieira – 10%

Heloisa Helena de Siqueira Elias - 10%

Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi – 10%

Hellen Vidal Santos – 10%

Patrícia Aparecida Pimenta Pereira – 10%

Elisângela Elena Nunes Carvalho – 10%

Fabiana Queiroz – 10%

Soraia Vilela Borges – 10%