



**NÁDJLA MIRANDA VILELA GOULART**

**CARACTERIZAÇÃO DO TAMARILHO  
(*Solanum betaceum* Cav.) E AGREGAÇÃO DE VALOR COM  
ELABORAÇÃO DE GELEIA**

**LAVRAS-MG  
2019**

**NÁDJLA MIRANDA VILELA GOULART**

**Caracterização do tamarilho  
(*Solanum betaceum* Cav.) e agregação de valor com elaboração de geleia**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elisângela Elena Nunes Carvalho

Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Goulart, Nádja Miranda Vilela.

Caracterização do tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) e  
agregação de valor com elaboração de geleia / Nádja Miranda  
Vilela Goulart. - 2019.

75 p. : il.

Orientador(a): Luiz Carlos de Oliveira Lima.

Coorientador(a): Elisângela Elena Nunes Carvalho, Ângelo  
Albérico Alvarenga.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Fruto do Cerrado. 2. Pós-colheita. 3. Análise sensorial. I.  
Lima, Luiz Carlos de Oliveira. II. Carvalho, Elisângela Elena  
Nunes. III. Alvarenga, Ângelo Albérico. IV. Título.

**NÁDJLA MIRANDA VILELA GOULART**

**CARACTERIZAÇÃO DO TAMARILHO  
(*Solanum betaceum* CAV.) E AGREGAÇÃO DE VALOR COM ELABORAÇÃO DE  
GELEIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de agosto de 2019.

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho    UFLA  
Dr. Ângelo Albérico Alvarenga        EPAMIG

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

*Aos meus pais e irmãos,  
por me apoiarem nesta caminhada.  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força nesta caminhada e pelas conquistas que me proporcionou.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pelo concessão da bolsa de estudos.

Ao professor e orientador, Luiz Carlos, por todo apoio, ensinamentos e paciência durante meu trabalho. Muito obrigada por tudo!

À professora Elisângela pela coorientação, constante ajuda e incentivo. Muito obrigada!

Ao Ângelo pela participação na banca e contribuição para o trabalho. Obrigada!

À Kelly pelo companheirismo nas rotinas de laboratório e por toda a ajuda com o trabalho.

Ao Fábio Oséias e Antônio Carlos pela ajuda e por fornecerem os frutos utilizados no experimento.

A todos os professores e funcionários do DCA, pelos ensinamentos, conversas e carinho.

A todos os meus professores por contribuírem com meu conhecimento e crescimento, foram seus ensinamentos que me ajudaram a chegar até aqui.

Aos meus pais, Mauro e Elizabeth, pela educação, incentivo e por não medirem esforços para que eu chegasse aqui. Aos meus irmãos Lindaura, Cassiano e Eléa, pelo carinho e companheirismo. Obrigada pela confiança depositada em mim!

Aos familiares que sempre estiveram presentes. Obrigada pelo apoio e torcida!

Às colegas da república “Camponesas”, que sempre me escutaram, apoiaram e por todos os momentos compartilhados. Obrigada por tudo meninas!

Aos colegas do DCA e do Laboratório de Pós-colheita de frutas e hortaliças, pela ajuda e pelos momentos vivenciados.

Aos amigos agradeço por compreenderem minha ausência e por estarem sempre comigo, torcendo e apoiando.

Ao IFSudeste – Campus Rio Pomba, pela minha formação técnica e profissional, que contribuiu muito para a minha entrada e desempenho na pós-graduação.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui,

Muito obrigada!

## RESUMO GERAL

Tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) pertence à família *Solanaceae* e sua cultura atraiu interesse por apresentar frutos suculentos e saborosos, de sabor ácido característico. Com a atual necessidade de redução de açúcar nos alimentos, e dada a importância econômica e nutricional dos frutos do Cerrado, objetivou-se caracterizar frutos do tamarilho amarelo em diferentes estádios de desenvolvimento, bem como produzir e caracterizar diferentes geleias elaboradas de tamarilho e adicionadas de morango e maracujá, em formulações extra e light, a fim de agregar valor e avaliar suas características físico-químicas e sensoriais. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições para a análise do tamarilho e das geleias, sendo que na análise sensorial utilizou-se um delineamento em blocos casualizados. Ao longo do amadurecimento dos frutos houve influência dos estádios de desenvolvimento ( $p < 0,05$ ), onde observou-se queda do pH e da atividade respiratória, aumento da acidez titulável e dos sólidos solúveis. Observou-se também diminuição da atividade da pectinametilesterase concomitante ao aumento da atividade da poligalacturonase, e consequente aumento ( $p < 0,05$ ) nos teores de pectina total e solúvel nos estádios mais avançados da maturação, os quais foram marcados pela progressiva perda de firmeza dos frutos. Quanto à cor, houve aumento ( $p < 0,05$ ) nos valores de  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  indicando tendência de coloração laranja avermelhada, decorrente da degradação da clorofila e da presença dos carotenoides, os quais elevaram seu conteúdo no estágio intermediário de maturação com posterior queda nos tamarilhos já maduros. De forma geral, observou-se diminuição nos compostos fenólicos e na capacidade antioxidante acompanhados pelo aumento no conteúdo de vitamina C. A composição centesimal foi marcada pelo alto teor de umidade. Os parâmetros analisados ao longo da maturação, reforçam os já encontrados em estudos com o tamarilho amarelo e com demais variedades, evidenciando o potencial tecnológico dos mesmos. Para avaliação das geleias foram realizados seis tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango). Dentre os tratamentos, observou-se que C, D, E e F apresentaram maior acidez; A, C, e E apresentaram maior teor de sólidos solúveis e menor teor de umidade. Os tratamentos A, B, E, e F apresentaram maior conteúdo de vitamina C. Quanto aos compostos fenólicos, as amostras E e F apresentaram maior conteúdo em relação à demais. A capacidade antioxidante foi igual ( $p > 0,05$ ) em todos os tratamentos. Foi constatado maior teor de carotenoides totais no tratamento D. Em relação aos compostos fenólicos, atividade antioxidante e carotenoides, foram observados teores menores na geleia em relação ao fruto *in natura* devido ao processo de cocção. Os tratamentos A, B, C, D apresentaram coloração amarelada e E e F, coloração avermelhada, sendo que de modo geral, todas as amostras apresentaram coloração intensa. Verificou-se diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos quanto ao perfil de textura, onde A, C, E apresentaram textura firme e B, D, F exprimiram uma textura mais frágil, corroborando com os resultados da textura avaliada sensorialmente. Para os testes sensoriais, foi observado que de maneira geral a frequência de aceitação sensorial situou-se entre os escores 6 (gostei ligeiramente) e 8 (gostei muito), sendo as geleias A, C e E as que apresentaram maior aceitação sensorial. Concluiu-se que a utilização do método descritivo CATA sugeriu informações complementares apresentando características positivas e também negativas que contribuíram para aceitação das geleias.

**Palavras-chaves:** Fruto do Cerrado. Pós-colheita. Qualidade. Processamento. Análise sensorial.

## GENERAL ABSTRACT

Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) belongs to the *Solanaceae* family and its culture attracted interest for presenting juicy and tasty fruits, with characteristic acid taste. With the current need to reduce sugar in foods, and given the economic and nutritional importance of fruits of the Cerrado, the objective was to characterize yellow tamarillo fruits in different stages of development, as well as to produce and characterize different elaborated tamarillo jellies and added strawberry and passion fruit, in extra and light formulations, in order to add value and evaluate their physicochemical and sensory characteristics. A completely randomized design with three replications was used for the analysis of tamarillo and jellies, and for the sensory analysis a randomized block design was used. During the fruit ripening there was influence of developmental stages ( $p < 0.05$ ), where it was found a decrease in pH and respiratory activity, increase in titratable acidity and soluble solids. Decreased pectinamethylesterase activity was also observed concomitantly with increased polygalacturonase activity, and a consequent increase ( $p < 0.05$ ) in total and soluble pectin levels in the more advanced stages of maturation, which were marked by progressive loss of firmness of the fruits. As for color, there was an increase ( $p < 0.05$ ) in the values of  $a^*$ ,  $b^*$  and  $C^*$  indicating a tendency of reddish orange coloration, due to the degradation of chlorophyll and the presence of carotenoids, which increased its content at intermediate stage maturation with subsequent fall in the already mature tamarillo. In general, there was a decrease in phenolic compounds and antioxidant capacity accompanied by an increase in vitamin C content. The proximate composition was marked by the high moisture content. The parameters analyzed during maturation reinforce those already found in studies with yellow tamarillo and other varieties, highlighting their technological potential. To evaluate the jellies, six treatments were performed: A (extra tamarillo jelly); B (light tamarillo jelly); C (extra passion fruit tamarillo jelly); D (light tamarillo jelly with passion fruit); E (extra strawberry tamarillo jelly) and F (light strawberry tamarillo jelly). Among the treatments, it was observed that C, D, E and F presented higher acidity; A, C, and E presented higher soluble solids content and lower moisture content. Treatments A, B, E, and F presented higher vitamin C content. As for phenolic compounds, samples E and F presented higher content in relation to the others. The antioxidant capacity was equal ( $p > 0.05$ ) in all treatments. A higher total carotenoid content was observed in treatment D. Regarding phenolic compounds, antioxidant activity and carotenoids, lower levels were observed in jelly than in fresh fruit due to the cooking process. Treatments A, B, C, D presented yellowish coloration and E and F, reddish coloration, in general, all samples presented intense coloration. It was found difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments regarding texture profile, where A, C, E presented firm texture and B, D, F expressed a more fragile texture, corroborating the results of the sensorially evaluated texture. For the sensory tests, it was observed that in general the frequency of sensory acceptance was between the scores 6 (slightly liked) and 8 (very liked), being the jams A, C and E the ones with the highest sensory acceptance. It was concluded that the use of the CATA descriptive method suggested complementary information presenting positive and negative characteristics that contributed to the acceptance of the jams.

**Keywords:** Fruit of the Cerrado. Post- harvest. Quality. Processing. Sensory analysis.



## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRAPARTE.....</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. TAMARILHO (<i>Solanum betaceum</i> Cav.).....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. MERCADO E IMPORTÂNCIA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. COMPOSTOS BIOATIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4. GELEIA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5. ANÁLISE SENSORIAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>19</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>
<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....</b>	<b>28</b>
<b>ARTIGO 1: Caracterização do tamarilho (<i>Solanum betaceum</i> Cav.) em cinco estádios de desenvolvimento.....</b>	<b>28</b>
<b>ARTIGO 2: Caracterização físico-química e sensorial de geleia de tamarilho.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) também conhecido pelo nome popular como tomate de árvore é uma pequena árvore nativa dos Andes e pertence à família *Solanaceae*. Esta espécie é cultivada em regiões temperadas subtropicais ou quentes e, em países como Colômbia e Nova Zelândia são uma cultura comercial para exportação internacional (NASCIMENTO et al., 2015).

Essa cultura atraiu interesse crescente nos últimos anos por sua fruta comestível, succulenta e saborosa, que possui um sabor ácido característico. A fruta é consumida fresca ou usada em várias preparações culinárias, tais como molhos, geleias, sorvetes, sucos e licores (ACOSTA-QUEZADA et al., 2015). Na Colômbia, no Equador e na Nova Zelândia, a produção e as exportações aumentaram acentuadamente nas últimas décadas (BIODIVERSITY INTERNATIONAL, 2013).

No Brasil, o potencial nutricional, as formas de aproveitamento e estudos científicos sobre as cultivares de tamarilho são escassos ou pouco difundidos (PANTOJA et al., 2009). Os consumidores querem alimentos saudáveis que forneçam fitonutrientes para promover a boa saúde e o bem-estar sem sacrificar o sabor, a textura ou a conveniência (SALANTA et al., 2015). Nesse âmbito, o interesse por esse alimento rico vem crescendo tanto na área de pesquisa quanto no mercado.

A caracterização e o estudo da tecnologia de elaboração de geleias tornam-se relevantes, como contribuição para novos produtos alimentícios derivados de diferentes espécies frutíferas visando a qualidade e diminuição dos desperdícios e perdas pós-colheita, ao agregar valor ao produto. Em vista disso, é essencial caracterizar e conhecer os efeitos sensoriais que os processos causam nos produtos, e nesse cenário a análise sensorial destaca-se com várias metodologias, e mais recentemente o uso de métodos descritivos de análise sensorial sobressai-se, pois são versáteis e flexíveis e permitem descrever melhor as características de um determinado alimento.

Diante disso, o estudo buscou realizar a caracterização físico-química de frutos de tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) por meio de parâmetros físicos, físico-químicos e químicos, bem como desenvolver e caracterizar a geleia produzida a partir desse fruto, e geleias mistas de tamarilho com marujá e com morango, agregando valor aos mesmos. Além disso, verificou-se a aceitabilidade potencial de mercado das geleias produzidas através de métodos sensoriais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1- Tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.)

Inicialmente, a planta foi chamada pela sinonímia de *Solanum betaceum* pelo botânico espanhol Cavanilles e depois transferido para *Cyphomandra betacea* por Sendtner, voltando a ser conhecida como *Solanum* por Bohs (1995), podendo ser encontrado na literatura publicações utilizando uma das duas nomenclaturas, embora o nome oficial seja *Solanum betaceum* (NASCIMENTO et al., 2015).

Devido à sua boa aceitação seu cultivo tem se expandido para outros países, entretanto, poucas são as pesquisas, mesmo as básicas, acerca dessa frutífera. Para seu cultivo satisfatório presume-se a necessidade de um conhecimento mais abrangente do seu comportamento na região em que se pretende introduzi-la. São muitas as variáveis que influenciam o crescimento e desenvolvimento da planta, dentre essas, as condições edafoclimáticas são cruciais para o crescimento e desenvolvimento da fruta (LUIZ et al., 2016).

Tamarilhos são frutos de forma oval e apontados em ambas as extremidades. Seu peso varia entre 50 e 120 g, seu comprimento entre 4 e 10 cm e seu diâmetro entre 3 e 5 cm, o aroma é delicado e característico (FEICAN; ENCALADA; LARRIVA, 1999). A fruta tem sabor doce e azedo característico. Duas zonas podem ser diferenciadas internamente: uma casca firme externa e a zona de sementes no centro da fruta, denominada placenta. Nesta zona, muitas sementes, são envolvidas por uma substância gelatinosa e contidas em uma membrana (ABAD et al., 2017). O fruto pode ser consumido *in natura*, em saladas, como sobremesa, como aperitivo, na forma de suco e ainda, em combinação com outros produtos, como sorvete, leite e iogurte. Por conter alto teor de pectina e por apresentar características desejáveis para a produção de polpa, molhos, comida de bebê e geleias, pode ser explorado comercialmente pela indústria de alimentos (PROHENS; NUEZ, 2005).

No Brasil, esse fruto é amplamente encontrado na região do Cerrado, apresentando caráter exótico, e suas características nutricionais e tecnológicas são pouco conhecidas. As dezenas de espécies frutíferas nativas do Cerrado Brasileiro ocupam posição de destaque no ecossistema, pois constituem uma fonte potencial de exploração econômica, devido à sua aceitação popular e importante valor nutricional, tendo potencial preventivo para doenças cardiovasculares, por exemplo (SCHIASSI et al., 2018).

Estudos realizados por Pantoja et al. (2009), apresentaram características físicas e físico-químicas que qualificam os frutos tanto para o consumo *in natura*, quanto para o processamento industrial. Entre tais características, destacam-se o baixo valor calórico do fruto, o bom rendimento de polpa e o elevado valor de sólidos solúveis.

## 2.2 - Mercado e importância

A espécie é cultivada em regiões subtropicais ou regiões temperadas e apresenta como centros de dispersão as encostas andinas do Peru e da Bolívia. Plantações foram estabelecidas em diversos locais como na Colômbia, Equador, Haiti e Nova Zelândia, locais cujo cultivo comercial é realizado em larga escala, e é também produzido em menor escala no México e Argentina. No Brasil a planta, ainda que bem adaptada a Amazônia, centro-oeste e às regiões sul e sudeste, com uma produção anual estimada de 20 a 30 kg/árvore, é encontrada principalmente em jardins ou em pequenos cultivos, podendo ser encontrado à venda apenas em supermercados sofisticados das regiões sul e sudeste (MORTON, 1987; BOHS, 1997; BOHS, 1995).

Amplamente encontrada no Cerrado, a planta do tamarilho apresenta baixa difusão no mercado, sendo mais comum na cultura extrativista. O Cerrado Brasileiro, que ocupa cerca de 25% do território nacional, é o segundo maior bioma em extensão, possuindo formações savânicas, campestres e florestais, sua formação vegetal ocupava grande parte do território nacional, tendo seu domínio identificado em dez estados do Brasil, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica. Sua formação vegetal constitui-se de árvores, arbustos e gramíneas, tendo como uma de suas características: apresentar plantas de pequeno porte com troncos retorcidos, com folhas e cascas grossas. Diante de suas particularidades, sua vegetação não é homogênea, exibindo subsistemas de campo, cerrado, cerradão, matas, matas ciliares ou galeria e veredas e ambientes alagadiços (BANDEIRA; CAMPOS, 2018).

O tamarilho vem sendo estudado sob diversos pontos de vista por muitos pesquisadores (ESPIN et al., 2016; GHOSAL et al., 2013; HURTADO et al., 2009; MWITHIGA et al., 2007; ORDOÑEZ et al., 2010 ; VASCO et al., 2009; VILLEGAS-RUIZ et al., 2012, 2013). É uma boa fonte de compostos antioxidantes, que são considerados potenciais redutores de riscos em problemas de saúde, como o câncer e outras doenças crônicas. O principal modo de consumo do tamarilho é como fruta fresca, mas

também é usado como ingrediente na preparação de sucos e sobremesas (ESPIN et al., 2016; GHOSAL et al., 2013).

O tamarilho é o 291º produto mais comercializado na CEAGESP, sendo que em 2017 foram comercializadas 5,06 toneladas deste fruto e o principal país que envia tamarilho para o entreposto da capital é a Colômbia (36%) (CEAGESP, 2018).

### **2.3 - Compostos Bioativos**

Os compostos bioativos têm a capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio, o que é conhecido como atividade antioxidante (GARDNER et al., 2000; SHENKIN, 2006; WILLIAMS; SPENCER; RICE-EVANS, 2004). Os compostos bioativos são basicamente os metabólitos secundários presentes nos tecidos vegetais, constituídos majoritariamente por compostos fenólicos, ligninas, flavonoides, ácido ascórbico e carotenoides (CARBONE et al., 2011; CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2006; SHINWARI; RAO, 2018). A atividade antioxidante é atribuída por alguns compostos bioativos, como ácido ascórbico, antocianinas, compostos fenólicos, carotenoides, entre outros, presentes em frutas e vegetais, que geralmente são lábeis ao calor (SHINWARI; RAO, 2018).

Frutos de tamarilho demonstraram possuir alta capacidade antioxidante *in vitro*, o que tem sido relacionado com a presença de compostos fenólicos (HURTADO et al., 2009, MERTZ et al., 2009, VASCO et al., 2008). Os compostos fenólicos são substâncias que existem principalmente nas plantas, mas que podem também ser provenientes do catabolismo dos aminoácidos. A importância dada a estes compostos deve-se ao fato de muitos possuírem propriedades benéficas para a saúde humana, podendo atuar como antioxidantes por várias vias, nomeadamente pela eliminação de radicais livres, pela absorção de radicais de oxigênio e como quelantes de íons metálicos. Estas propriedades antioxidantes têm sido relacionadas à redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer e outras patologias (HALLIWELL et al., 1995; MARQUES et al., 2014; RODRIGUEZ-MATEOS et al., 2014; SU et al., 2007).

Quimicamente, possuem um grupo fenol e um grupo hidroxila ligados a um anel aromático, provenientes basicamente de duas rotas metabólicas, a rota do ácido chiquímico e do ácido malônico (TAIZ; ZEIGER, 2013). São encontrados naturalmente em frutas, e estão relacionados ao crescimento e reprodução das plantas, defesa de radiações ultravioleta e agressões causadas por insetos e patógenos (MANACH et al., 2004). Além

disso, desempenham funções na coloração e *flavor* dos frutos, contribuindo para a adstringência, acidez e sabor amargo dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As antocianinas são os pigmentos solúveis em água presentes na maioria das frutas e vegetais. Contêm uma molécula de açúcar, que pode ser arabinose, galactose, glicose, ramnose ou xilose. Podem ser utilizadas como corantes para a indústria alimentar e possuem capacidade antioxidante, que pode proteger os componentes alimentares contra a oxidação, mantendo assim o valor nutricional, e têm sido associadas a benefícios para a saúde, nomeadamente prevenção de doenças cardiovasculares (DE PASCUAL-TERESA; MORENO; GARCIA-VIGUERA, 2010; FRANCIS, 1985).

Os carotenoides são pigmentos naturais de alto interesse comercial responsáveis pela cor (tons vermelhos, laranjas e amarelos) e propriedades bioativas de diversos alimentos, e são sintetizados por plantas, animais e microrganismos (RODRIGO-BAÑOS et al., 2015; SAINI; NILE, 2015). A cor é a primeira propriedade que o consumidor avalia durante a compra de alimentos, porque é um indicador do produto de qualidade (SHEN et al., 2014). No entanto, eles são suscetíveis a processos degradativos na presença de luz, alta temperatura e oxigênio (GARCÍA et al., 2016).

#### **2.4 - Geleia**

Os frutos, quando colhidos, possuem alto teor de umidade e maior atividade de água, o que proporciona um ambiente adequado para o crescimento de microrganismos. Além disso, os processos bioquímicos e metabólicos não cessam; embora a fruta tenha deixado sua planta progenitora. Os processos como respiração, senescência e conversão de amido, entre outros, contribuem para o processo de degradação. Portanto, a preservação dessas frutas frescas se torna a principal prioridade para os produtores, revendedores e fornecedores. Diversos métodos são seguidos em todo o mundo para preservação de diferentes tipos e formas de alimentos. A maioria dessas tecnologias visa controlar o crescimento microbiano para a segurança alimentar, alterando simultaneamente a composição, cor e sabor do produto, como a produção de doces e geleias de frutas (MOHAPATRA et al., 2013).

De acordo com a Resolução CNNPA nº 12/1978 do Ministério da Saúde pela regulamentação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), revogada pela Resolução RDC nº 272/ 2005, geleia é o produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até consistência

geleificante. Deve conservar-se bem, sem sofrer alterações microbiológicas ou sensoriais, não deve ser açucarada, pegajosa ou viscosa, devendo conservar o sabor e o aroma da fruta original, além de que, sua consistência deve ser tal que, quando extraída do seu recipiente, seja capaz de manter-se no estado semissólido, sem escorrer, sendo macia ao cortar, porém firme (ANVISA, 1978, 2005).

Quando são adicionados pedaços de frutas à geleia, este produto passa a chamar-se "gelejada". Podem ser classificadas em comum: quando preparadas numa proporção de quarenta partes de frutas frescas ou seu equivalente para sessenta partes de açúcar; extra: quando preparadas numa proporção de cinquenta partes de frutas frescas ou seu equivalente para cinquenta partes de açúcar (ANVISA, 2005; KROLOW, 2005). A geleia pode ser denominada simples, quando preparada com um único tipo de fruta ou denominada mista, quando preparada com mais de um tipo de fruta (ANVISA, 2005).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimentos *light* são aqueles que apresentam redução mínima de 25% do teor de qualquer um dos constituintes incluídos na categoria dos alimentos dietéticos, que especificamente para geleias consiste na redução do conteúdo de açúcares em 25% (BRASIL, 2003).

Quanto às características microbiológicas, de acordo com a RDC nº 12/2001, as geleias de frutas devem obedecer ao seguinte padrão: coliformes a 45°C máximo de  $10^2\text{g}^{-1}$  para amostra indicativa; *Salmonella* sp: ausência em 25g; fungos e leveduras: máximo de  $10^4\text{g}^{-1}$  (ANVISA, 2001).

Para o processamento de geleia é importante que sejam utilizadas frutas sãs, limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitas, de detritos, de animais ou vegetais e de fermentação. Poderá ser adicionado de glicose ou açúcar invertido, mas não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal. Deve ser isento de pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência do conteúdo natural desses componentes na fruta, não sendo permitido que seja colorida e aromatizada artificialmente (ANVISA, 2005).

Os fundamentos e princípios da conservação de geleias de frutas são basicamente: a elevada concentração de açúcar, baixo valor de pH e o tratamento térmico (cozimento) (FERNANDES; SOUZA, 2001). O processamento de alimentos agrega valor, aumenta o prazo de validade de produtos agrícolas perecíveis e incentiva a diversificação de culturas (SIDDIQ; GANESH, 2016). Uma maneira de aumentar a disponibilidade e agregar ainda mais valor a frutas brasileiras é criar novos produtos como geleias e doces, e

dada a grande variedade de frutas no Cerrado brasileiro, vários produtos podem ser preparados a partir de várias misturas (GONZAGA et al., 2018).

Na geleia, o açúcar presente diminui sua atividade de água conservando o produto e prolongando sua vida útil de prateleira, por criar condições desfavoráveis de crescimento e multiplicação para a maioria daqueles microrganismos citados anteriormente (VENDRUSCOLO et al., 2012).

Em um estudo anterior, Villegas-Ruiz et al. (2013) empregaram o pH baixo natural de tamarilhos, combinado com a redução da atividade de água, através da adição de sacarose, e o uso de benzoato de sódio como agente antimicrobiano. Além disso, o produto foi protegido à luz por embalagem em recipientes pretos e armazenamento a 4 °C, para obter um produto doce de tamarilho, para ser usado como um ingrediente para sobremesas, podendo ser utilizado desconsiderando a estação do ano.

Os frutos são geralmente ricos em compostos bioativos como fenólicos, flavonoides, carotenoides, vitaminas, etc., que são componentes instáveis ao calor onde a taxa de deterioração varia com as condições de processo aplicadas. A perda de compostos bioativos durante o processamento pode ser elevada ou retardada pela composição do produto (geleia), como açúcar, tipo e concentração de pectina, fruta e sua cultivar, e pH. Essas alterações podem até continuar durante o armazenamento do produto e, novamente, variar com a composição do produto, material de embalagem e tempo e temperatura de armazenamento. Frutas, especialmente aquelas com menor estabilidade de prateleira e ricas em compostos bioativos, podem ser preservadas na forma de geleia. Os compostos bioativos são sensíveis ao calor e a taxa de degradação varia com a severidade do processo (SHINWARI; RAO, 2018).

Os compostos bioativos diminuem durante o armazenamento de geleia, mas a taxa de degradação varia de acordo com as condições de armazenamento e composição do produto. A presença de alta concentração de açúcar reduz a atividade da água, dificultando as reações deletérias que ocorrem no doce, causando perda de compostos biologicamente ativos. A pectina estabiliza os compostos altamente reativos como antocianinas através de interações de hidrogênio ou ligação hidrofóbica. A magnitude dessas interações depende do tipo e concentração de pectina. A pectina com baixo grau de esterificação minimiza a perda de compostos bioativos, e a retenção é melhor em concentrações mais altas de pectina. Com a diminuição do grau de esterificação da pectina, a perda de fenóis totais é reduzida durante o processamento térmico de geleia. Da mesma forma, a estabilidade dos compostos funcionais varia com o tipo e a variedade de uma fruta, já que os frutos diferem



em sua composição (açúcar, pectina, minerais, etc.). O tempo de armazenamento também tem efeito significativo, enquanto a exposição à luz e o material de embalagem não têm efeito significativo (SHINWARI; RAO, 2018).

O desenvolvimento de novos produtos com elevadas proporções de frutas em suas formulações e com boas propriedades funcionais e nutricionais contribui para diversificar as possibilidades de mercado, principalmente se os produtos forem atrativos, práticos e com longa vida útil (MARTÍN-ESPARZA et al., 2011). Um novo mercado de alimentos composto por misturas de duas ou mais frutas vem se expandindo, visto que essas combinações podem unir os aspectos sensoriais e nutricionais no produto final (SCHIASI et al., 2018; SOBHANA et al. 2015).

Polpas de diferentes frutas podem ser utilizadas na elaboração de *blends*, os quais consistem na mistura de um ou mais tipos de polpas, conferindo novas características sensoriais e nutricionais ao produto. Os *blends* de frutas podem ser utilizados para o processamento de vários produtos com a finalidade de agradar o paladar dos consumidores, entre os quais a elaboração de geleias (LE MOS et al., 2019). As geleias mistas harmonizam consideráveis características sensoriais, que podem agradar ao consumidor. Isso acontece pela junção de um conjunto de propriedades sensoriais de duas ou mais frutas (GOMES, 2014). O processo produtivo das geleias permite ainda a possibilidade da associação de sabores para a confecção de geleias mistas a base de frutas e outras matérias-primas de características sensoriais e econômicas viáveis (AGUIAR et al., 2016).

Algumas pesquisas têm sido realizadas quanto ao desenvolvimento de geleias a partir de *blends* de frutas, as quais proporcionam o aumento ou o equilíbrio entre nutrientes presentes na matéria-prima, seja vitamina C ou os demais compostos bioativos. Já foram estudadas a produção de geleias mistas de melancia e tamarindo (FERREIRA et al., 2011); araçá e banana (VIANA et al., 2014); laranja e acerola (PELEGRINE et al., 2015); maracujá e acerola (GOMES, 2014) e abacaxi e pêssego (VIEIRA et al., 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, e essa atividade econômica tem sido um dos segmentos mais importantes do agronegócio brasileiro (SILVA et al., 2013; DUZZIONI et al., 2013).

O maracujá (*Passiflora* sp.) é cultivado em países com climas tropicais ou subtropicais, apresentando alto conteúdo em nutracêuticos, como os compostos fenólicos, carotenoides e  $\beta$ -caroteno que parecem ser o principal componente, com consequente aumento da atividade da pró-vitamina A. Esses compostos têm atividades biológicas na saúde, efeito protetor contra doenças degenerativas e crônicas e podendo atuar como

inibidores de carcinogênese (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; DO ESPÍRITO SANTO et al., 2012; GONZÁLEZ-GALLEGO et al., 2014; MORAIS et al., 2016; TANWAR; MODGIL, 2012).

O morango (*Fragaria vesca*) é uma fruta popular em todo o mundo devido às suas características físicas e ao seu sabor doce, constituindo uma fonte importante de compostos bioativos, como vitamina C e compostos fenólicos, como antocianinas, ácidos fenólicos, flavonoides e taninos para a nutrição humana (CAYO et al., 2016; KELLY et al., 2016a, 2016b; FLORES-FELIX et al., 2018). Os morangos são um dos frutos mais frequentemente descartados em toda a cadeia de abastecimento, devido à sua curta vida útil e elevada perecibilidade e devido à má gestão durante a distribuição (KELLY et al., 2018; NUNES et al., 2009; PAN et al., 2014). Ambos os frutos apresentam características sensoriais muito atrativas que podem se combinar com as características singulares do tamarilho e desse modo, diversificar as geleias mistas.

## **2.5- Análise sensorial**

A análise sensorial é uma ferramenta indispensável para a indústria de alimentos e dispõe de vários métodos distintos, (discriminativos, descritivos e afetivos), utilizados por diferentes tipos de julgadores (“experts”, julgadores treinados, equipe de julgadores não treinados e consumidores). Após a escolha do método e do tipo de provador mais adequado a cada situação pode-se, com base nos resultados, estabelecer diferenças e preferências entre produtos, descrever qualidades ou quantificar atributos dos alimentos (SCHMIDT; MIGLIORANZA, 2010).

A análise sensorial pode ser denominada como um conjunto de técnicas utilizadas para a medição precisa das respostas humanas aos alimentos e produtos não alimentares, minimizando, potencialmente, os efeitos da marca e outras influências da informação sobre a percepção do consumidor. Assim, ela tenta isolar as propriedades sensoriais dos próprios alimentos e fornecer informações importantes e úteis para os desenvolvedores de produtos, cientistas de alimentos e gerentes sobre as características sensoriais de seus produtos (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

Um dos métodos descritivos utilizados na análise sensorial é o método CATA (*Check-all-that-apply*) que consiste em uma abordagem tradicionalmente utilizada na pesquisa de marketing para determinar como é realizada a percepção dos consumidores frente aos produtos, identificando quais associações os consumidores realizam ao ver ou

consumir um determinado produto (DRIESENER; ROMANIUK, 2006). Recentemente esta técnica tem sido introduzida na avaliação sensorial de diversos produtos para avaliar a percepção dos consumidores (ADAMS et al., 2007; LANCASTER; FOLEY, 2007).

O procedimento do CATA consiste na elaboração de uma lista de atributos (palavras ou frases) que a equipe de julgadores considera apropriada para descrever os produtos em avaliação. Os produtos são apresentados monadicamente aos julgadores, os quais são solicitados a marcar os atributos que eles consideram presentes naquela amostra específica. O número de atributos selecionados é definido pelo julgador, por seu próprio critério. Na análise dos dados, é possível identificar a frequência que cada termo foi associado a um determinado produto e também confeccionar um mapa sensorial por meio da análise de correspondência (VALENTIN et al., 2012).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento do tamarilho foi marcado por modificações significativas, como aumento no teor de sólidos solúveis acidez titulável e vitamina C, diminuição da capacidade antioxidante e do teor de compostos fenólicos, diminuição da taxa respiratória, além da degradação da clorofila e aumento dos carotenoides com formação cor alaranjada na casca e na polpa, seguido do amaciamento dos frutos, podendo-se observar mudanças notáveis desde o fruto verde até o fruto maduro, sendo que na fase de amadurecimento as alterações foram mais intensas.

As geleias de tamarilho e as geleias de tamarilho com morango apresentaram maior conteúdo de vitamina C, sendo esta última marcada por maior teor de compostos fenólicos em relação à demais. A geleia light de tamarilho com maracujá expressou maior composição em carotenoides totais. De modo geral todos os tratamentos apresentaram coloração intensa, sendo as geleias de tamarilho e tamarilho com maracujá com tendência de coloração amarelada, e tendência ao avermelhado nas geleias de tamarilho com morango. As geleias extra apresentaram textura firme em relação às geleias light que exprimiram textura mais frágil. Pode-se inferir que as geleias elaboradas, particularmente aquelas do tipo extra, são viáveis do ponto de vista sensorial, sendo a geleia extra de tamarilho e a geleia extra de tamarilho com maracujá, as que apresentaram maior aceitação.

Embora as geleias produzidas tenham perdido parte dos compostos bioativos dos frutos in natura durante seu processamento, os resultados encontrados foram satisfatórios e

semelhantes aos encontrados em outros estudos e em demais frutos do Cerrado. Através da caracterização dos tamarilhos constatou-se seu valor nutricional considerável e com os testes sensoriais foi possível observar seu potencial tecnológico para fabricação de geleias, as quais apresentaram boa aceitabilidade.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, J.; VALÊNCIA-CHAMORRO, S.; CASTRO, A.; VASCO, C. Studying the effect of combining two nonconventional treatments, gamma irradiation and the application of an edible coating, on the postharvest quality of tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) fruits. **Food Control**, Volume 72, Part B, Pages 319-323, 2017.

ACOSTA-QUEZADA, P. G.; RAIGÓN, M. D.; RIOFRÍO-CUENCA, T.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M. D.; PLAZAS, M.; BURNEO, J. I. Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. **Food Chemistry**, v169, pp. 327 – 335, 2015.

ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. **Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to tradicional scaling of attributes for salty snacks**. In: 7th Pangborn Sensory Science Symposium. Minneapolis, USA, 12-16, August, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 12, de 24 de junho de 1978. Normas Técnicas Relativas à Alimentação e Bebidas. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 1978. Seção 1, p. 1-75. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_78\\_doce\\_fruta.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_doce_fruta.htm)>. Acesso em 30 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2001. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/RDC\\_12\\_2001.pdf](http://portal.anvisa.gov.br/RDC_12_2001.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2005. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/RDC\\_272\\_2005.pdf?](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/RDC_272_2005.pdf?)>. Acesso em: 30 nov. 2018.

AGUIAR, V. F.; SILVA, J. M. M.; CAVALCANTE, C. E. B.; RIBEIRO, E. T. S. **Desenvolvimento de geleia mista de maçã e mel: análise da viabilidade através da aceitação sensorial**. *Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza/CE*, v. 10, n. 3, p. 78 - 84, 2016.

BANDEIRA, M. N.; CAMPOS, F. I. **Bioma Cerrado: relevância no cenário hídrico brasileiro**. In: IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – SNCMA – III CIPEEX, Anápolis, Goiás, 1-11, 2018.

BIODIVERSITY INTERNATIONAL. **Descriptors for tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) and wild relatives**. Corporate Editors: Bioersivity International, Rome (Italy); Departamento de Ciencias Agropecuarias y de Alimentos (UTPL), Loja (Ecuador); Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Valencia (Spain). 67 pp., 2013.

BOHS, L. Transfer of *Cyphomandra* (*Solanaceae*) and its species to *Solanum*. **Taxon**, Utrecht, v.44, n.4, p. 583-587. 1995.

BOHS, L.; OLMSTEAD, R.G. Phylogenetic relationships in *Solanum* (Solanaceae) based on *ndhF* sequences. **Systematic Botany**, Kent, v. 22, p. 5-17, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC n. 359 de 23 de dezembro de 2003 - Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 dez. 2003. Seção 1, p.28.

CARBONE, K.; GIANINI, B.; PICCHI, V.; LO SACLZO, R.; CECCHINI, F. Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. **Food Chemistry**, v. 127, n. 2, p. 493–500, 2011.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. (2009). Review: chemical studies of anthocyanins. **Food Chemistry**, 113:859–871, 2009.

CAYO, Y. P.; SARGENT, S.; NUNES, C. D.; Whitaker, V. M. Composition of commercial strawberry cultivars and advanced selections as affected by season, harvest, and postharvest storage. **Hortscience**, 51 (9), pp. 1134-1143, 2016.

CEAGESP – COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Tamarillo**. São Paulo, 2017. Não publicado. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/tamarillo/>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

CROZIER, A.; CLIFFORD, M. N.; ASHIHARA, H. Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet. **Blackwell Publishing Limited**, Oxford, UK, pp. 1-24, 2006.

DE PASCUAL-TERESA, S.; MORENO, D. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: a review of current evidence. **International Journal of Molecular Sciences**, 11, pp. 1679-1703, 2010.

DO ESPÍRITO SANTO, A.P.E.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; OLIVEIRA, M.N. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. **LWT-Food Sci. Technol.**, 47, 393–399, 2012.

DRIESENER, C.; ROMANIUK, J. Comparing methods of brand image measurement. **International Journal of Market Research**, 48, 681–698, 2006.

DUZZIONI, A. G.; LENTON, V. M.; SILVA, D. I. S.; BARROZO, M.A.S. Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) residue. **Int J Food Sci Technol**, 48:1041–1047, 2013.

ESPIN, S.; GONZÁLEZ-MANZANO, S.; TACO, V.; POVEDA, C.; AYUDA-DURÁN, B.; GONZÁLEZ-PARAMAS, A. M.; SANTOS-BUELGA, C. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-reddish tomato-tree Ecuadorian cultivars (*Solanum betaceum* Cav). **Food Chemistry**, 194: 1073–1080, 2016.

FEICAN, C.; ENCALADA, C.; LARRIVA, W. (1999). **El cultivo del tomate de arbol** (1st ed.). Cuenca, Ecuador: INAP. 1999.

FERNANDES, P. H. S.; SOUZA, S. D. O. **Tecnologia de produtos de origem vegetal: processamento de frutas e hortaliças**. Uberlândia: SENAI-MG, 99 p, 2001.

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; GÓIS, V. A.; SILVA, D. K.; SOUSA, C. M. G. Qualidade sensorial de geleia mista de melancia e tamarindo. **Revista Caatinga**, v.24, n. 2, 202-206, 2011.

FLORES-FELIX, J. D.; VELAZQUEZ, E.; GARCIA-FRAILE, P.; GONZALEZ-ANDRES, F.; SILVA, L. R.; RIVAS, R. Rhizobium and phyllobacterium bacterial inoculants increase bioactive compounds and quality of strawberries cultivated in field conditions. **Food Res. Int.**, 111, 2018.

FRANCIS, F. J.; FENNEMA, O. R. Pigments and other colorants. **Food chemistry** (2nd ed.), Marcel Dekker Inc, New York, pp. 545-584, 1985.

GARCÍA, J. M.; PRIETO, L. J.; GUEVARA, A.; MALAGON, D.; OSORIO, C. Chemical studies of yellow tamarillo (*Solanum betaceum* cav.) fruit flavor by using a molecular sensory approach. **Molecule**, 21(12), 1729, 2016.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, 68, pp. 471-474, 2000.

GHOSAL, M.; CHHETRI, K. P.; GHOSH, M. K.; MANDAL, P. Changes in antioxidant activity of *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn. fruits during maturation and senescence. **Int J Food Prop.**; 16:1552–1564, 2013.

GOMES, S. L. S. **Desenvolvimento e caracterização de geleia mista de maracujá e acerola**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB. 49p., 2014.

GONZAGA, D. G.; PEREIRA, R. C.; SILVA, A. A.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S.; SOUSA, R. V.; ANGELIS-PEREIRA, M. C. In vivo effects of prebiotic sugar free Brazilian cerrado fruits jam. **Nutrition & Food Science**, Vol. 48 Issue: 1, pp.177-190, 2018.

GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; GARCÍA-MEDIAVILLA, M. V.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M.J. Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of dietary flavonoids. **Polyphen Hum Health Dis.**1:435–452, 2014.

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J.; ARUOMA, O. I. The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, V. 33, Issue 7, 601-617, 1995.

HURTADO, N. H.; MORALES, A. L.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; ESCUDERO-GILETE, M. L.; HEREDIA, F. J. Color, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutinosides isolated from tamarillo fruits (*Solanum betaceum* Cav.). **Food Chemistry**, 117, pp. 88 – 93, 2009.

KELLY, K.; NUNES, C.; WHITAKER, V. M. A comparison of physical and chemical attributes of strawberry cultivars and advanced breeding selections from the University of Florida. **Proc. Florida State Hort. Soc.**, 129, 2016a.

KELLY, K.; MADDEN, R.; EMOND, J. P.; NUNES, M. C. N. A novel approach to determine the impact level of each step along the supply chain on strawberry quality. **Postharvest Biol. Technol.**, 147, pp. 78-88, 2018.

KROLOW, A. C. R. **Preparo artesanal de geléias e geleiadas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 29 p., 2005.

LANCASTER, B.; FOLEY, M. **Determining statistical significance for choose-all that apply question responses**. In: 7th Pangborn Sensory Science Symposium. August 16th 2007, Minneapolis, MN, USA, 2007.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Data relationships and multivariate applications**. In: (Ed.). Sensory evaluation of food: Springer, p.433-449., 2010.

LEMONS, D. M.; ROCHA, TRINDADE, A. P.; GOUVEIA, J. P. G.; OLIVEIRA, E. N. A.; SOUSA, E. P.; DE, SILVA, S. F. Elaboração e caracterização de geleia prebiótica mista de jabuticaba e acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

LUIZ, P. H. D.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MAGALHÃES, D. S.; GALVÃO, E. C.; PAIXÃO, F. D. **Caracterização fenológica reprodutiva e características físicas de frutos de Tamarilho em Lavras, Minas Gerais**. In: XXIX Congresso de Iniciação Científica da UFLA, 8751-9-7848, 2016.

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

MARQUES, C.; DUTHOIT, M.; ALVARENGA, B.; ROSEIRO, L.B. **Implementação e validação do método de Folin-Ciocalteu para a determinação do teor em compostos fenólicos totais – aplicação a extratos de flor de cardo e queijo**. Tese de Licenciatura. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária de Beja, Beja, 2014.

MARTÍN-ESPARZA, M.; ESCRICHE, I.; PENAGOS, L.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Quality stability assessment of a strawberry-gel product during storage. **Journal of Food Process Engineering**, Wiley Online Library, v. 34, n. 2, p. 204–223, 2011.

MERTZ, C.; GANCEL, A.; GUNATA, Z.; ALTER, P.; DHUIQUE-MAYER, C.; VAILLANT, F. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, 22, 381–387, 2009.

MOHAPATRA, D; MISHRA, S.; GIRI, S.; KA, A. Application of hurdles for extending the shelf life of fresh fruits. **Trends in Post Harvest Technology**, Vol 1, Issue 1, Pages 37-54, 2013.

MORAIS, C. A.; ROSSO, V. V.; ESTADELLA, D.; PISANI, L. P. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. **J Nutr Biochem**, 33:1–7, 2016.

MORTON, J. F. **Tree tomato**. In: Morton JF (ed) Fruits of warm climates, Miami FL, pp 437–440, 1987.

MWITHIGA G, MUKOIWE MI, SHITANDA D, KARANJA PN. Evaluation of the effect of ripening on the sensory quality and properties of tamarillo (*Cyphomandra betaceae*) fruits. **J Food Eng.**; 79:117–123, 2007.



NASCIMENTO, G.E.; CORSO, C.R.; DE PAULA WERNER, M.F.; BAGGIO, C.H.; IACOMINIA, M.; CORDEIRO, L.M.C. Structure of an arabinogalactan from the edible tropical fruit tamarillo (*Solanum betaceum*) and its antinociceptive activity. **Carbohydrate Polymers**, 300–306, 2015.

NUNES, M.C.N.; EMOND, J.P.; RAUTH, M.; DEA, S.; CHAU, K. V. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. **Postharvest Biol. Technol.**, 51 (2), pp. 232-241, 2009.

ORDOÑEZ, R. M.; CARDOZO, L. M.; ZAMPINI, I. C.; ISLA, M. I. Evaluation of antioxidant activity and genotoxicity of alcoholic and aqueous beverages and pomace derived from ripe fruits of *Cyphomandra betacea* Sendt. **J Agric Food Chem.**, 58:331–337, 2010.

PAN, L.; ZHANG, W.; ZHU, N.; MAO, S.; TU, K. Early detection and classification of pathogenic fungal disease in post-harvest strawberry fruit by electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry. **Food Res. Int.**, 62, pp. 162-168, 2014.

PANTOJA, L. P.; DESSIMONI, N. A. V.; LOPES, C.; GANDRA, R.; SANTOS, A. S. Caracterização física e físico-química de frutos de duas variedades de tamarilho oriundas do Norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 916-919, 2009.

PELEGRINE, D. H. G.; ANDRADE, M. S.; NUNES, S. H. Elaboração de geleias a partir de misturas binárias compostas pelas polpas de laranja e acerola. **Ciência e Natura**, v.37, n.1, 124-129, 2015.

PROHENS, J.; NUEZ, F. The Tamarillo (*Cyphomandra betacea*). **Small Fruits Review**. Valencia, v.1, n. 2, p.43-68, 2005.

RODRIGO-BAÑOS, M.; GARBAYO, I.; VÍLCHEZ, C.; BONETE, M.J.; MARTÍNEZ-ESPINOSA, R.M. Carotenoids from haloarchaea and their potential in biotechnology. **Marine Drugs**, 13, pp. 5508-5532, 2015.

RODRIGUEZ-MATEOS, A.; VAUZOUR, D.; KRUEGER, C. G.; SHANMUGANAYAGAM, D.; REED, J.; CALANI, L.; MENA, P.; DEL RIO, D.; CROZIER, A. Bioavailability, bioactivity and impact on health of dietary flavonoids and related compounds: an update. **Archives of Toxicology**, 88, pp. 1803-1853, 2014.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Res. Int.**, 76, pp. 735-750, 2015.

SALANTA, L. C.; TOFANA, M.; POP, C.; SOCACI, S.; POP, A.; NAGY, M. Physicochemical properties and sensory evaluation of jelly candy made from carrots and strawberries. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca-Food science and technology**. V. 72; Ed. 1; 2015, 139-140, 2015.

SCHIASSI, M.C.E.V.; LAGO, A.M.T.; SOUZA, V.R.; MELES, J.S.; RESENDE, J.V.; QUEIROZ, F. Mixed fruit juices from Cerrado: optimization based on sensory properties, bioactive compounds and antioxidant capacity. **British Food Journal**, v. 120, n. 10, p. 2334-2348, 2018.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive

compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, 245, 305-311, 2018.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E. Análise sensorial e o café: uma revisão. **Revista Científica Inovação e Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 16-24, 2010.

SHEN, Y.; ZHANG, X.; PRINYAWIWATKUL, W.; XU, Z. Simultaneous determination of red and yellow artificial food colourants and carotenoid pigments in food products. **Food Chemistry**, 157, pp. 553-558, 2014.

SHENKIN, A. The key role of micronutrientes. **Clinical Nutrition**, 25, pp. 1-13, 2006.

SHINWARI, K. J.; RAO, P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. **Trends in Food Science & Technology**. V. 75, 181-193, 2018.

SIDDICK, S. A.; GANESH, S. Spray drying technology for producing fruit powders from tomatoes and tamarillo. **Acta Horticulturae**, 343-348, 2016.

SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. **Ind Crop Prod.**, 50:557–562, 2013.

SOBHANA, A.; MATHEW, J.; AMBILI, A.A.; MREDHULA, R.C. Blending of cashew apple juice with fruit juices and spices for improving nutritional quality and palatability. **Acta Horticulturae**, v. 1080, n. 1, p. 369-375, 2015.

SU, M-S.; CHIEN, P-J. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. **Food Chemistry**, 104, 182-187, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TANWAR, B.; MODGIL, R. Flavonoids: dietary occurrence and health benefits. **Rev Artic Spatula DD** 2:59–68, 2012.

VALENTIN, D.; CHOLLET, S.; LELIÈVRE, M.; HERVÉ, A. Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science and Technology**, 47, 1563–1578, 2012.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, 111, pp. 816-823, 2008.

VASCO, C.; ÁVILA, J.; RUALES, J; SVANBERG, U.; KAMAL-ELDIN, A. Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). **International Journal of Food Sciences and Nutricion**. v.60, p. 278-288. 2009.

VENDRUSCOLO, C.T; MOREIRA, A. da S.; SILVA, J. L. da. **Tecnologia de Frutas e Hortaliças: geleias, doces cremosos e em massa**. 2.ed. rev. Pelotas: Ed. Universitária da UFPEL, 2012.

VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; REIS, R. C.; ANDRADE, M. V. S.; SACRAMENTO, C. K. Physicochemical and sensory characterization of banana and araçá-boi jam. *Food and Nutrition Sciences*, v.5, n. 8, 733-741, 2014.

VIEIRA, E. C. S.; SILVA, E. P.; AMORIM, C. C. M.; SOUSA, G. M.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Aceitabilidade e características físico-químicas de geleia mista de casca de abacaxi e polpa de pêssego. *Científica*, v.45, n. 2, 115-122, 2017.

VILLEGAS-RUÍZ X.; HARRIS, G. K.; BÁRCENAS-POZOS, M. E.; JORDAN, C.H. Antioxidant and anti-inflammatory properties of tamarillo fruit (*Cyphomandra betacea* Sendt.) on LPS-activated RAW 264.7 macrophages. *FASEB J*, 26(823):4, 2012.

VILLEGAS-RUÍZ, X.; RODRÍGUEZ-ARMAS, D. N.; GUERREIRO-BELTRÁN, J. A.; BÁRCENAS-POZOS, M. E. Stability of a preserved tamarillo product (*Cyphomandra betacea*) by combined methods. *Sci Agropecu.* 4 (2013): 89–100, 2013.

WILLIAMS, R.J.; SPENCER, J.P.; RICE-EVANS, C. Flavonoids: Antioxidants or signalling molecules. *Free Radical Biology and Medicine*, 36, pp. 838-849, 2004.

## ARTIGO 1

Artigo redigido conforme a norma do periódico Ciência e Agrotecnologia  
“Versão Preliminar”

### CARACTERIZAÇÃO DO TAMARILHO (*Solanum betaceum* Cav.) EM CINCO ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

*Characterization of tamarilho  
(Solanum betaceum Cav.) in five development stages*

#### RESUMO

O tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) é uma pequena árvore nativa dos Andes, sendo cultivada em regiões temperadas subtropicais e tropicais. O objetivo do trabalho foi caracterizar bioquímica e físico-quimicamente os frutos de tamarilho amarelo em cinco estádios de maturação. Esta caracterização permite melhor entendimento acerca do comportamento pré-colheita deste fruto, o que pode servir como tomada de decisão do ponto ideal da colheita, no reconhecimento de técnicas adequadas de produção e conservação, e no uso desses frutos para o desenvolvimento de produtos, agregando valor e minimizando perdas. Os frutos foram obtidos no município de Bom Repouso, Minas Gerais, em cinco estádios de maturação caracterizados como sendo o estágio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; estágio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; estágio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; estágio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; estágio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura. Com o avançar do amadurecimento, os frutos apresentaram maiores valores de sólidos solúveis e acidez titulável, diminuição do pH e da taxa de respiratória. Houve alteração em relação à cor da casca, passando de verde para tom intenso laranja amarelado. Houve redução significativa da firmeza e aumento da atividade da enzima poligalacturonase. Observou-se aumento no teor de vitamina C e diminuição dos carotenoides totais a partir do estágio 3, acompanhados da diminuição do teor de clorofila, diminuição dos compostos fenólicos e atividade antioxidante ao longo do amadurecimento. No estágio 5, o tamarilho maduro apresentou alto teor de umidade e baixo teor de lipídios.

**Palavras-chave:** Fruto do Cerrado. Amadurecimento. Compostos bioativos.

## ABSTRACT

Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) is a small native tree of the Andes, being cultivated in subtropical and tropical temperate regions. The objective of this work was to characterize biochemically and physically-chemically the yellow tamarillo fruits in five ripening stages. This characterization allows a better understanding about the pre-harvest behavior of this fruit, which can serve as decision making of the ideal point of harvest, the recognition of adequate production and conservation techniques, and the use of these fruits for product development, adding value and minimizing losses. The fruits were obtained in the municipality of Bom Repouso, Minas Gerais, in five stages of ripening characterized as stage 1: immature green fruit with 1.5 cm in length and 1.0 cm in width; stage 2: immature green fruit 2.7 cm long and 1.4 cm wide; stage 3: fruit in the breaker stage with a transition from green to yellow in color and 4.3 cm long and 2.8 cm wide; stage 4: ripe orange fruit 5.9 cm long and 4.2 cm wide; stage 5: fruit in the optimal maturation stage with intense orange color and 7.4 cm long and 4.9 cm wide. With the advancing ripening, the fruits presented higher values of soluble solids and titratable acidity, decreased pH and respiration rate. There was change in the color of the peel, turning from green to intense shade yellowish orange. There was a significant reduction in firmness and increased activity of the polygalacturonase enzyme. There was an increase in vitamin C content and a decrease in total carotenoids from stage 3, accompanied by a decrease in chlorophyll content, a decrease in phenolic compounds and antioxidant activity during ripening. In stage 5, the mature tamarillo presented high moisture content and low lipid content.

**Keywords:** Fruit of the Cerrado. Ripening. Bioactive compounds.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e ocupa 24% do território nacional, sendo superado apenas pelo bioma Amazônico (RATTER et al., 2003; SCARIOT; RIBEIRO, 2015). O tamarilho é encontrado principalmente no Cerrado Brasileiro, sendo conhecido popularmente como tomate de árvore ou tomate francês, *Solanum betaceum* Cav. é uma cultura andina negligenciada, que, no entanto, é bastante popular nos mercados locais, especialmente da América do Sul, sendo consumida em sucos e como fruta fresca. Esta cultura representa uma alternativa importante para a diversificação da produção de frutas, tanto em sua região de origem como em outras áreas do mundo. Esforços importantes foram feitos para o desenvolvimento da cultura na Colômbia, Equador e Nova Zelândia, onde a produção e exportação aumentaram acentuadamente nas últimas décadas (BIODIVERSITY INTERNATIONAL, 2013).

Os frutos são ovais, cobertos por uma casca grossa, lisa e brilhante, com uma carne vermelha, laranja ou amarela, dependendo da variedade. No interior, sua textura é firme e succulenta, com um sabor ácido e doce. No centro da fruta, há uma grande quantidade de sementes planas cercadas por uma polpa lisa. Esta fruta é fonte de vitaminas A, B<sub>6</sub>, C e E, e também é rica em cálcio, ferro e fósforo. Os frutos amarelos são considerados promissores por causa do seu sabor intenso, mas alguns sabores residuais e amargos característicos são indesejáveis pelos consumidores (GARCÍA et al., 2016).

Existem descritas três variedades de tamarilho: amarela, vermelha e roxa. A variedade amarela apresenta casca amarelo-brilhante com estrias longitudinais de coloração verde-escura a marrom e polpa amarela. A variedade vermelha possui casca laranja-avermelhada com estrias longitudinais de coloração verde-escura a marrom e polpa amarela a laranja. A variedade roxa apresenta casca vermelho-escura intensa e polpa laranja-clara (BOYES & STRÜBI, 1997; PROHENS & NUEZ, 2005; ABAD et al., 2017).

A maturação é um evento no ciclo vital dos frutos responsável por transformá-los em produtos atrativos e aptos para o consumo humano. Corresponde a um processo fisiológico irreversível que estabelece o final do desenvolvimento dos frutos e o início da senescência, podendo ser definida como a sequência de mudanças na cor, sabor, aroma e textura. O estudo do desenvolvimento é importante para o estabelecimento do ponto ideal de colheita e para a aplicação de tecnologias que retardem ou reduzam as atividades fisiológicas aumentando seu período de conservação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O amadurecimento de frutos carnosos refere-se às mudanças que os tornam atraentes (para seres humanos e outros animais) e prontos para o consumo. Em geral, essas mudanças abrangem desenvolvimento da cor, amolecimento, hidrólise do amido, acumulação de açúcares, produção de compostos do aroma e desaparecimento de ácidos orgânicos e compostos fenólicos (TAIZ et al., 2017).

Considerando o exposto, o objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização bioquímica e físico-química de frutos de tamarilho amarelo em cinco estádios diferentes de maturação, bem como avaliar as características do fruto no estágio maduro, visando o potencial de processamento do mesmo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção dos frutos

Os tamarilhos utilizados no experimento foram obtidos na safra de novembro/2018 no município de Bom Repouso - Minas Gerais, localizado na região Sul do estado com clima variando de ameno e úmido no verão, a seco e frio no inverno, e temperatura média anual é de 19 °C, situando na classe climática Cwb (KÖPPEN; GEIGER, 1928; SÁ JÚNIOR, 2009). Os frutos foram transportados ao Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, localizado no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e foram mantidos a -18 °C até o momento das análises.



**Figura 1.** Estádios de maturação dos tamarilhos de acordo com a coloração da casca.  
1. Frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; 2. Fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; 3. Fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; 4. Fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm

de largura; 5. Fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

### **Delineamento experimental**

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com cinco estádios de maturação e três repetições por análise. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Após a análise de variância dos resultados obtidos, os dados foram analisados ao nível de significância do teste F. Quando significativas a 5%, as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A associação entre as médias foi avaliada por meio de correlação de Pearson.

### **Análises**

As análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, taxa respiratória, cor, firmeza foram realizadas no dia da colheita dos frutos. As determinações de pectina total e pectina solúvel, clorofila total, carotenoides totais, pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG), vitamina C, compostos fenólicos, atividade antioxidante e composição centesimal, foram realizadas em material previamente congelado e armazenado à -18 °C.

As análises de acidez titulável, pH e sólidos solúveis foram determinadas de acordo com AOAC (2016). O pH foi determinado por leitura direta em pHmetro, a acidez titulável foi obtida por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N sendo os resultados expressos em  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , o teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital e os resultados expressos em  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ .

A taxa respiratória foi avaliada em recipientes de vidro contendo aproximadamente 100 g de frutos que foram fechados por 2 horas, posteriormente, foram retiradas alíquotas da amostra interna, com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor Modelo Checkpoint. Os resultados, expressos em % de  $\text{CO}_2$ , foram convertidos em  $\text{mL}\cdot \text{CO}_2\cdot \text{kg}^{-1}\cdot \text{h}^{-1}$ , levando-se em consideração o volume de recipiente, a massa e o volume dos frutos em cada recipiente e o tempo que esse mesmo recipiente permaneceu fechado.

A coloração foi determinada em três pontos distintos dos frutos, utilizando-se o colorímetro Konica Minolta CR-400, calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Croma e hue (iluminante D65), conforme McGuire (1992).



A firmeza foi determinada com o auxílio de um texturômetro Stable Micro System modelo TATX2i, utilizando a probe cilíndrica tipo agulha P/3N (3 mm de diâmetro), com velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 5 mm/s e a uma distância de penetração de 40 mm, valores estes previamente fixados. Foi usada uma plataforma HDP/90 como base e a firmeza dos frutos foi expressa em Newton (N).

A extração das substâncias pécticas para analisar pectina total e solúvel, foi realizada segundo a técnica descrita por McCready e McColomb (1952). A determinação colorimétrica foi feita por meio da reação com carbazol, segundo a técnica de Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100g de amostra.

A determinação do teor de clorofila foi realizada em extrato com acetona após repouso no escuro, seguido de filtração e leitura da absorbância efetuada a 652 nm. Os resultados foram expressos em mg.100 g<sup>-1</sup> de amostra, sendo calculados utilizando-se a equação adotada por Engel e Poggiani (1991).

O teor de carotenoides foi quantificado utilizando método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya (2001). Para extração dos carotenoides foram utilizados como solventes acetona e éter de petróleo, após obtenção e filtração dos extratos, foram efetuadas leituras em espectrofotômetro a 444nm, 450nm e 470nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides:  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide foi calculado segundo a Fórmula 1, em que A é a absorbância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução,  $A1cm^{1\%}$  é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, neste caso o éter de petróleo, e M é a massa da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em  $\mu g, 100g^{-1}$  de amostra.

$$\mu g \cdot g^{-1} = \frac{A \times V \times 10^6}{A1cm^{1\%} \times M \times 100}$$

**Fórmula 1.** Equação para determinação do teor de carotenoides.

Para determinação da pectinametilesterase (PME), foi realizada extração enzimática segundo técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin et al. (1966) e Ratner (1969), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de

catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1  $\eta$ mol de NaOH por grama de polpa fresca por minuto (1  $\eta$ mol de NaOH. Polpa fresca<sup>-1</sup> .min.<sup>-1</sup>).

Para determinação da poligalacturonase (PG), foi efetuada extração da enzima segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996). A atividade enzimática foi expressa em  $\eta$ mol de ácido galacturônico por grama de polpa fresca por minuto ( $\eta$ mol de ácido galacturônico. g polpa fresca<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup>).

O teor de vitamina C foi quantificado por método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) de acordo com Strohecker e Henning (1967). A extração foi efetuada com ácido oxálico, sob agitação e, após filtração, foi realizado o doseamento no extrato, empregando-se o 2,4-dinitrofenilhidrazina, sendo que p ácido ascórbico foi utilizado como padrão. A determinação foi realizada a 520 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra.

Para análise de compostos fenólicos e atividade antioxidante foram utilizados extratos preparados utilizando metanol 50% e acetona 70% como solventes.

Os compostos fenólicos foram quantificados pelo método Fast Blue (MEDINA, 2011). O método utiliza o sal de diazônio Fast Blue e se baseia na reação do grupo diazônio com grupamentos hidroxilas reativas dos compostos fenólicos (-OH), formando complexos azo estáveis, que podem ser medidos em espectrofotômetro, a 420 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG).100g<sup>-1</sup> de fruto.

A atividade antioxidante foi determinada através dos métodos ABTS, complexo fosfomolibdênio e FRAP. A capacidade antioxidante pelo método ABTS seguiu a metodologia de Rufino et al. (2007), com leitura das absorbâncias em espectrofotômetro a 735 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu$ M de trolox.g<sup>-1</sup> de amostra. O método do complexo fosfomolibdênio foi efetuado de acordo com a metodologia descrita por Prieto, Pineda e Aguilar (1999), que se baseia na redução do Mo<sup>6+</sup> para Mo<sup>5+</sup>, distinto pela sua coloração verde em pH ácido, com absorção máxima em 695 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100g<sup>-1</sup> de amostra. A capacidade antioxidante pelo método FRAP foi determinada de acordo com Rufino et al. (2007). O método baseia-se no poder antioxidante de redução do ferro em meio ácido formando intensa cor azul a qual é

medida em espectrofotômetro a 595 nm, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{M}$  de sulfato ferroso/g de amostra.

A composição centesimal dos frutos no estágio maduro foi determinada de acordo com AOAC (2016). O teor de umidade e cinzas foram determinados por método gravimétrico, em estufa à 105 °C e por incineração a 550 °C em mufla, respectivamente. O teor de proteína bruta foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl em que a concentração de proteína foi estimada usando um fator de conversão de 6,25 (%Proteínas = % nitrogênio x 6,25). O extrato etéreo foi determinado por extração em aparelho Soxhlet, utilizando éter etílico como solvente. O teor de fibra bruta foi estimado por filtração a vácuo após hidrólise ácida. A fração glicídica (FG) foi calculada usando a relação:  $\text{FG} = 100 - (\text{umidade} + \text{extrato etéreo} + \text{proteína bruta} + \text{cinzas} + \text{fibra bruta})$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de pH, acidez titulável expressa em ácido cítrico, sólidos solúveis e taxa respiratória nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e taxa de respiração nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação.

	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4	Estádio 5
<b>pH</b>	5,48 <sup>a</sup>	4,93 <sup>b</sup>	3,94 <sup>d</sup>	4,25 <sup>c</sup>	4,17 <sup>c</sup>
<b>AT mg (ácido cítrico/100g)</b>	0,49 <sup>d</sup>	0,41 <sup>e</sup>	1,04 <sup>a</sup>	0,76 <sup>c</sup>	0,88 <sup>b</sup>
<b>SS (%)</b>	6,00 <sup>c</sup>	5,00 <sup>c</sup>	10,33 <sup>b</sup>	15,00 <sup>a</sup>	14,67 <sup>a</sup>
<b>Respiração (mL.CO<sub>2</sub>. kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>)</b>	29,02 <sup>a</sup>	22,20 <sup>b</sup>	5,35 <sup>c</sup>	5,18 <sup>d</sup>	4,33 <sup>e</sup>

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não possuem diferença significativa, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Estádio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; Estádio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; Estádio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; Estádio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

Em relação ao pH, acidez titulável e sólidos solúveis, observou-se uma correlação positiva ( $r=0,99$ ), onde houve queda do pH e aumento da acidez titulável, bem como aumento dos sólidos solúveis, comparando-se frutos verdes (estádios 1 e 2) com o fruto maduro (estádio 5), onde o decréscimo do pH foi relacionado ao aumento da acidez (Tabela 1). Os valores de SS obtidos seguem a tendência de aumento com o avanço da maturação, devido às diversas modificações derivadas da hidrólise de polissacarídeos de reserva (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Franco & Landgraf (2005), o pH obtido nos estádios finais de maturação está dentro da categoria de alimentos muito ácidos ( $pH < 4,0$ ), fator intrínseco favorável, por inibir o crescimento de bactérias e outros microrganismos. Os valores encontrados para acidez foram maiores que os valores encontrados por Siddick & Ganesh (2016) ao avaliar duas variedades de tamarilho.

Os sólidos solúveis (SS) aumentaram ao longo do desenvolvimento (Tabela 1), aumento este que pode ser associado a uma possível conversão de amido a açúcares, comum durante o amadurecimento de alguns frutos. Segundo Pantoja et al. (2009), o teor de SS é um fator importante na qualidade de frutos, tanto para o seu consumo *in natura*, como para o processamento industrial, implicando redução no gasto de açúcar.

No que se refere à taxa respiratória, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) onde verificou-se queda acentuada, principalmente a partir do estágio 2, com diminuição na concentração de  $CO_2$  ao longo do amadurecimento permitindo classificar o tamarilho como fruto não-climatérico conforme USDA (2016). A respiração é o principal fenômeno fisiológico que afeta a qualidade e conservação do fruto na pós-colheita, assim torna-se um indicador da vida de prateleira, sendo que quanto maior a taxa respiratória, menor é a vida útil do produto. A produção máxima de  $CO_2$  se deu nos dois primeiros estádios (1 e 2) de maturação, assim como Moura et al. (2005) observou em duas variedades diferentes de tomate que a produção máxima de  $CO_2$  da cv. Santa Clara ocorreu no estágio 1 de maturidade, seguida do seu mutante natural "Firme". O comportamento de redução da atividade respiratória, com o avanço da maturação é comumente observado em frutos, como reportado por Silva et al. (2009) em gabiobas.

A atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase, os teores de pectina total, pectina solúvel e a firmeza nos frutos de tamarilho são descritos na Tabela 2. Observou-se correlação negativa ( $r = -0,87$ ) ( $p < 0,05$ ) entre a atividade da PME e atividade da PG. Sendo que a atividade da PME diminuiu ao decorrer dos estádios de maturação, simultaneamente com um aumento na atividade da PG.

As células vegetais são delimitadas por uma parede celular que consiste em uma rede de microfibrilas de celulose incluída em uma matriz de polissacarídeos, proteínas e outros polímeros produzidos pela célula. A matriz pode também conter enzimas e outros materiais que modificam as características físicas e químicas da parede (TAIZ et al., 2017). As poligalacturonases são enzimas que catalisam a clivagem hidrolítica da pectina, mostrando-se mais ativa na degradação da pectina desmetilada do que na metilada, evidenciando outra importante hidrolase: a pectinametilesterase, responsável por catalisar a desmetilação do grupo carboxila das cadeias de ácido galacturônico. A atividade da PME ocorre ao longo do desenvolvimento e amadurecimento da fruta, e tem queda de atividade na fase madura (KNEE, 2002), o que é evidenciado nos estádios 4 e 5 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios de atividade das enzimas pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG), pectina total, pectina solúvel e firmeza nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação.

	<b>Estádio 1</b>	<b>Estádio 2</b>	<b>Estádio 3</b>	<b>Estádio 4</b>	<b>Estádio 5</b>
<b>PME</b> ( $\eta\text{mol.g}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	1221,33 <sup>a</sup>	1162,66 <sup>a</sup>	1136,00 <sup>a</sup>	680,00 <sup>b</sup>	589,33 <sup>b</sup>
<b>PG</b> ( $\eta\text{mol.g}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	4,46 <sup>d</sup>	7,36 <sup>c</sup>	7,54 <sup>c</sup>	10,70 <sup>b</sup>	12,91 <sup>a</sup>
<b>Pectina Total</b> ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	100,53 <sup>d</sup>	154,26 <sup>c</sup>	319,30 <sup>b</sup>	396,83 <sup>b</sup>	469,37 <sup>a</sup>
<b>Pectina Solúvel</b> ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	42,90 <sup>d</sup>	123,33 <sup>c</sup>	124,76 <sup>b</sup>	170,35 <sup>a</sup>	180,37 <sup>a</sup>
<b>Firmeza (N)</b>	20,15 <sup>a</sup>	17,25 <sup>a</sup>	12,87 <sup>b</sup>	4,73 <sup>c</sup>	4,15 <sup>c</sup>

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não possuem diferença significativa, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Estádio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; Estádio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; Estádio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; Estádio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

Em frutos verdes imaturos, a pectina da parede celular geralmente é altamente metilada, sendo a remoção dos grupos metílicos catalisada pela enzima PME, produzindo pectinas de menor grau de metilação que servirão de substrato para a ação da PG (VILAS

BOAS et al, 2000). A PG hidrolisa o ácido pécico ao longo da cadeia de ácido poligalacturônico, provocando uma despolimerização da parede e solubilização dos compostos pécicos, acarretando no amolecimento do fruto (BRUMMELL, 2006).

No que diz respeito à pectina total, houve aumento considerável no estágio 3, enquanto na pectina solúvel, verificou-se aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos teores dos estádios 4 e 5, obedecendo a tendência de aumento ao longo da evolução da maturação. A solubilização das pectinas no amadurecimento propicia o amaciamento dos tecidos em virtude da redução da força de coesão entre as células como a decomposição de protopectinas, celulose e hemicelulose. Este amaciamento geralmente ocorre devido à solubilização e despolimerização de substâncias pécicas presentes na parede celular decorrentes de ações de enzimas hidrolíticas como despolimerases e pectinesterase (CHYLINSKA et al., 2017; LAMIKANRA, 2002).

Em frutas a perda progressiva da firmeza ou seu amaciamento ocorre como consequência de um processo complexo que envolve mecanismos tais como: perda do turgor celular, redução do tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, ação de enzimas hidrolíticas e outros mecanismos não enzimáticos. Ocorre modificação no grau de contato entre as células devido à degradação e solubilização das pectinas e a modificações na estrutura das paredes celulares, decorrentes da ação de diversas enzimas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O fruto apresentou diminuição da firmeza (Tabela 2) ao longo do amadurecimento, até atingir valor de 4,15 N no fruto maduro (estádio 5). Essa diminuição da firmeza foi acompanhada pelo aumento nos teores de pectina total e de pectina solúvel nos dois últimos estágios, havendo uma correlação positiva ( $r=0,93$ ) entre o teor de pectina e firmeza.

O processo de solubilização das pectinas favorece o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células, além disso, devido às suas características morfológicas e fisiológicas, uma vez separado da planta mãe, o fruto perde o turgor como resultado do processo de transpiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005; JIMÉNEZ et al. 2013).

A coloração é um dos principais parâmetros que definem a qualidade direta de frutos e é determinada por quatro grupos principais de pigmentos naturais: clorofilas, carotenoides, flavonoides e betalaínas (KIDMOSE et al., 2002). Na tabela 3, são descritos os valores médios coloração nos frutos de tamarilho.

**Tabela 3.** Valores médios de claridade ( $L^*$ ), coordenada  $a^*$ , coordenada  $b^*$ , ângulo de cor ( $h^\circ$ ) e cromaticidade ( $C^*$ ) nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação.

	<b>Estádio 1</b>	<b>Estádio 2</b>	<b>Estádio 3</b>	<b>Estádio 4</b>	<b>Estádio 5</b>
<b>L*</b>	50,06 <sup>a</sup>	47,40 <sup>a</sup>	54,47 <sup>a</sup>	50,12 <sup>a</sup>	50,26 <sup>a</sup>
<b>a*</b>	- 3,48 <sup>d</sup>	- 3,43 <sup>d</sup>	1,92 <sup>c</sup>	9,85 <sup>b</sup>	16,56 <sup>a</sup>
<b>b*</b>	19,21 <sup>b</sup>	16, 59 <sup>b</sup>	28,24 <sup>a</sup>	26,03 <sup>a</sup>	28, 53 <sup>a</sup>
<b>C*</b>	19,53 <sup>b</sup>	16,94 <sup>b</sup>	28,39 <sup>a</sup>	27,86 <sup>a</sup>	33,43 <sup>a</sup>
<b>Hu</b>	100,29 <sup>a</sup>	101,71 <sup>a</sup>	86,22 <sup>b</sup>	69,08 <sup>c</sup>	58,75 <sup>d</sup>

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não possuem diferença significativa, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Estádio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; Estádio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; Estádio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; Estádio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

Em relação à claridade não foi verificada diferença ( $p>0,05$ ) entre os diferentes estádios de desenvolvimento dos tamarilhos. Os valores de  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  apresentaram aumento significativo ao longo dos estádios de maturação. Segundo Machado (2015), o valor de  $L^*$  está relacionado com a claridade do produto, indica quão clara ou escura é a amostra (varia de 0 a 100), a coordenada  $a^*$  pode assumir valores de -80 a +100 em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente, enquanto o  $b^*$  pode assumir valores de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo). Já o  $h^\circ$  no ângulo  $0^\circ$  representa o vermelho puro, no  $90^\circ$  o amarelo puro, no  $180^\circ$  o verde puro e no  $270^\circ$  o azul puro. O croma ( $C^*$ ) é a intensidade ou saturação de cor e McGuire (1992) define a vivacidade (próximo de 60) ou opacidade da cor (próximo de zero). Portanto, quanto maior o croma, mais intensa ou saturada é a cor.

Desse modo os valores de  $a^*$  aumentaram tendendo ao laranja avermelhado no estágio 5, e os valores de  $b^*$  aumentaram tendendo ao amarelo a partir do estágio 3, acompanhados pela degradação da clorofila (Tabela 4), sugerindo frutos com casca e polpa amarelados, tendendo ao laranja ao longo do amadurecimento.

Observou-se aumento significativo do croma no estágio intermediário (estádio 3) e nos estádios finais da maturação (estádios 4 e 5), indicando maior intensidade da cor. A diminuição nos valores de  $h^\circ$  indicaram tendência ao vermelho. No estágio 5, quando os frutos se encontravam na fase mais avançada de amadurecimento, foi possível observar mudança visível de coloração (Tabela 3 e Figura 1).

Os teores de vitamina C, carotenoides e clorofila encontram-se descritos na Tabela 4. Para os valores de vitamina C, foi observado aumento ( $p < 0,05$ ) acentuado em sua concentração a partir do estágio 3, com tendência à diminuição no último estágio, com  $130,92 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (Tabela 4), teor este, superior quando comparado com goiaba vermelha ( $80,6 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e laranja-pera ( $53,7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), e inferior quando comparado com a acerola ( $941,4 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (TACO, 2011). A Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos de vitamina C, que é de 45 mg (BRASIL, 2005). Dessa maneira, o consumo de uma porção de 100g de tamarilho atingiria a recomendação de vitamina C, tanto para mulheres, homens e crianças. Estudo realizado por Folchetti et al. (2014) relatou que a ingestão de vitamina C, diminuiu a concentração de marcadores inflamatórios oxLDL. Concentrações plasmáticas desta partícula são desejáveis para a prevenção de doenças cardiovasculares, como a aterosclerose.

**Tabela 4.** Valores médios do teor de vitamina C,  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno, licopeno e clorofila nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação.

	<b>Estádio 1</b>	<b>Estádio 2</b>	<b>Estádio 3</b>	<b>Estádio 4</b>	<b>Estádio 5</b>
<b>Vitamina C</b> ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	34,11 <sup>c</sup>	44,82 <sup>c</sup>	101,69 <sup>b</sup>	133,96 <sup>a</sup>	130,92 <sup>a</sup>
<b><math>\beta</math>-caroteno</b> ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	91,87 <sup>d</sup>	61,20 <sup>e</sup>	272,11 <sup>a</sup>	136,18 <sup>b</sup>	111,04 <sup>c</sup>
<b><math>\alpha</math>-caroteno</b> ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	82,55 <sup>d</sup>	55,36 <sup>e</sup>	257,49 <sup>a</sup>	131,72 <sup>b</sup>	106,87 <sup>c</sup>
<b>Licopeno</b> ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	55,36 <sup>d</sup>	31,88 <sup>e</sup>	187,34 <sup>a</sup>	94,23 <sup>b</sup>	77,00 <sup>c</sup>
<b>Clorofila</b> ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	12,10 <sup>a</sup>	3,86 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não possuem diferença significativa, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Estádio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; Estádio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; Estádio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; Estádio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.



No que se refere ao teor de carotenoides,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno, observou-se uma correlação positiva ( $r=0,99$ ), onde houve uma queda no estágio 2, seguido de acentuado aumento no estágio 3 e uma diminuição nos últimos estádios. Os maiores valores dos carotenoides analisados, de modo geral, foram encontrados no estágio 3, sendo que no fruto maduro, o  $\beta$ -caroteno e o  $\alpha$ -caroteno, representaram a maior parte dentre os carotenoides analisados (Tabela 4). O  $\beta$ -caroteno é uma pró-vitamina A, ou seja, um precursor da vitamina A. No organismo humano, atua em diversos processos fisiológicos, como na formação de pigmentos visuais, no crescimento celular normal, no desenvolvimento e na manutenção da estrutura epitelial e das mucosas que revestem intestinos, vias respiratórias e no desenvolvimento dos dentes e ossos (SILVA et al., 2011).

Para os valores de clorofila foi observado um decréscimo acentuado do estágio 1 para o estágio 2, e a partir deste último, não detectou-se a presença deste pigmento, acompanhando assim os valores detectados pela análise de cor (Tabela 3), corroborando com os valores positivos de  $a^*$  e consequente perda total da coloração esverdeada. Os maiores teores de clorofila dos frutos nos estádios 1 e 2 concordaram com os valores negativos de  $a^*$  e maiores valores de  $h^\circ$  observados no início do seu desenvolvimento. A mudança de coloração durante o amadurecimento pode ser atribuída à transição de cloroplastos em cromoplastos (BARSAN et al., 2010). Durante esta transição, há a degradação de clorofilas e a síntese de carotenoides, os quais são acumulados nos cromoplastos que são responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de muitos frutos (EGEA et al., 2010).

Os compostos fenólicos analisados pelo método do Fast-Blue e a atividade antioxidante analisada pelos métodos do ABTS, FRAP e complexo fosfomolibdênio, verificados nos tamarilhos ao longo do desenvolvimento são descritos na Tabela 5.

Houve uma diminuição significativa dos compostos fenólicos totais a partir do estágio 1, marcado por pequeno aumento no estágio 4, com posterior queda no estágio 5 do fruto maduro. Durante seu desenvolvimento, o fruto atingiu teor máximo de fenólicos totais no estágio 1 (Tabela 5), porém, neste grau de desenvolvimento, o fruto ainda não está apto para consumo. Os teores de fenólicos verificados são próximos, porém inferiores, aos encontrados por Cunha (2016) no murici  $325,99 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ , e são superiores aos encontrados em outros frutos do cerrado brasileiro como jambolão ( $185,00 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ), uvaia ( $127,00 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ), mangaba ( $98,80 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ), tamarindo ( $83,80 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ), jenipapo ( $47,94 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ) e umbu ( $44,60 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ ) (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012). Espin et al. (2016),

obtiveram valores entre 60,25 e 110,23 mg EAG.100g<sup>-1</sup> em polpa desidratada para a variedade amarela do tamarilho e valores entre 132,57 e 421,55 mg EAG.100g<sup>-1</sup> em polpa desidratada para variedade roxa.

**Tabela 5.** Valores médios do teor fenólicos totais e atividade antioxidante nos frutos de tamarilho, em cinco estádios de maturação.

	<b>Estádio 1</b>	<b>Estádio 2</b>	<b>Estádio 3</b>	<b>Estádio 4</b>	<b>Estádio 5</b>
<b>Fast-Blue</b> (mg.de EAG.100g <sup>-1</sup> )	1183,72 <sup>a</sup>	296,87 <sup>b</sup>	207,19 <sup>d</sup>	223,95 <sup>c</sup>	189,21 <sup>d</sup>
<b>ABTS</b> (µM de trolox/g de amostra)	224,97 <sup>a</sup>	148,57 <sup>b</sup>	88,29 <sup>c</sup>	43,84 <sup>d</sup>	34,05 <sup>d</sup>
<b>FRAP</b> (µM de sulfato ferroso/g de amostra)	279,16 <sup>a</sup>	119,23 <sup>b</sup>	97,15 <sup>c</sup>	52,44 <sup>d</sup>	44,28 <sup>d</sup>
<b>Fosfomolibdênio</b> (mg de ácido ascórbico.100g <sup>-1</sup> )	9170,00 <sup>a</sup>	8524,12 <sup>b</sup>	8110,07 <sup>c</sup>	7773,00 <sup>d</sup>	7991,00 <sup>c</sup>

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não possuem diferença significativa, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Estádio 1: frutinho verde imaturo com 1,5 cm de comprimento e 1,0 cm de largura; Estádio 2: fruto verde imaturo com 2,7 cm de comprimento e 1,4 cm de largura; Estádio 3: fruto no estágio *breaker* com transição da coloração verde para amarelada e com 4,3 cm de comprimento e 2,8 cm de largura; Estádio 4: fruto maduro com coloração alaranjada e com 5,9 cm de comprimento e 4,2 cm de largura; Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

Constatou-se diminuição da atividade antioxidante geral dos tamarilhos ao longo do amadurecimento, com queda considerável no estágio 5 (Tabela 5). Bravo, Alzate e Osorio (2016), que estudaram a capacidade antioxidante pelo método ABTS do tamarilho liofilizado de duas variedades distintas, constataram os valores de 204,4 µM de trolox.g<sup>-1</sup> e 385,8 µM de trolox.g<sup>-1</sup> para os tamarillos nas variedades amarela e vermelha, respectivamente. Também foram relatados os valores de 22,0-45,0 µM de trolox.g<sup>-1</sup> para variedade amarela e 70,0-89,0 µM de trolox.g<sup>-1</sup> para variedade roxa, de acordo com estudos de Espin et al. (2016).

Os valores de capacidade antioxidante dos extratos analisado pelo método FRAP foram superiores aos encontrados por Kadir et al. (2014), que avaliaram a capacidade antioxidante de extratos aquosos do tamarilho com valores de  $3,72 \mu\text{M}$  de sulfato ferroso.g<sup>-1</sup>.<sup>1</sup> A avaliação da capacidade antioxidante pelo método FRAP pode ser influenciada por diferentes fatores, como Othman et al. (2007) que reportaram sobre o solvente extrator que pode ter influenciado nos resultados observados nos ensaios, ao observarem que o solvente extrator afetou significativamente a capacidade antioxidante.

O aumento na capacidade antioxidante pelo método do complexo fosfomolibdênio pode estar correlacionado ao aumento no teor de vitamina C ao longo do amadurecimento, que atua como antioxidante a fim de manter a integridade do fruto (GOMEZ; LAJOLO, 2008).

Observa-se que além do solvente extrator utilizado, a variedade do fruto é um fator determinante na capacidade antioxidante. Os referidos autores também relataram a ausência de antocianinas em frutos da variedade amarela e atribuíram a capacidade antioxidante aos constituintes fenólicos ali presentes (SILVA, 2017). Além disso, conforme Acosta-Quezada et al. (2015), os frutos de tamarilho também são ricos em outros antioxidantes, como a vitamina C e os carotenoides, o que deve contribuir para sua capacidade antioxidante.

A composição centesimal dos frutos no estágio maduro (estádio 5) encontra-se na Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores médios de composição centesimal do tamarilho no estágio 5 de maturação.

<b>Constituintes</b>	
<b>Umidade (%)</b>	86,57 ±0,03
<b>Extrato etéreo (%)</b>	1,17 ±0,01
<b>Proteína (%)</b>	1,70 ±0,01
<b>Cinzas (%)</b>	0,14 ±0,01
<b>Fibra (%)</b>	0,92 ± 0,01
<b>Fração glicídica (%)</b>	9,50 ±0,03

Valores correspondentes às médias ±desvio padrão.

Estádio 5: fruto no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa e com 7,4 cm de comprimento e 4,9 cm de largura.

A composição centesimal assemelha-se aos resultados encontrados por Silva (2017), que avaliou frutos de tamarilho de quatro safras diferentes encontrando valores de

umidade entre 86,70 a 88,66%, lipídios entre 0,96 a 1,03 %, proteína variando de 1,56 a 2,20%, cinzas entre 0,62 e 0,92%, e fração glicídica variando de 8,17 a 11,61%. Pantoja et al. (2009) também encontraram valores similares ao referido autor e aos teores encontrados no presente estudo, como os teores de fibra de 0,91 e 0,87% nas variedades amarela e vermelha, respectivamente. Em relação ao teor lipídico, os frutos apresentaram baixo conteúdo, como já reportado por Bramont et al. (2018) que os lipídios compreendem menos de 1% da maioria dos frutos e hortaliças. Os teores de cinzas, carboidrato, proteína e fibra total foram encontrados em quantidades moderadas em tamarilho (MUTALIB et al., 2017).

Ao analisar tamarilhos das variedades laranja, vermelho e roxo, Acosta-Quezada et al. (2015) encontrou os respectivos valores de umidade: 86,46, 86,96 e 87,34% os quais encontraram semelhança com o tamarilho amarelo em questão (Tabela 6). Conforme Siqueira et al. (2017), o alto conteúdo de água nos frutos é uma vantagem sensorial, já que frutas suculentas, em geral, possuem boa aceitação, além do bom rendimento no processamento.

#### **4. CONCLUSÃO**

O desenvolvimento do tamarilho foi marcado por modificações significativas, como aumento no teor de sólidos solúveis acidez titulável e vitamina C, diminuição da capacidade antioxidante e do teor de compostos fenólicos, diminuição da taxa respiratória, além da degradação da clorofila e aumento dos carotenoides com formação cor alaranjada na casca e na polpa, seguido do amaciamento dos frutos, podendo-se observar mudanças notáveis desde o fruto verde até o fruto maduro, sendo que na fase de amadurecimento as alterações foram mais intensas.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, J.; VALÊNCIA-CHAMORRO, S.; CASTRO, A.; VASCO, C. Studying the effect of combining two nonconventional treatments, gamma irradiation and the application of an edible coating, on the postharvest quality of tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) fruits. **Food Control**, v. 72, Part B, p. 319-323, 2017.

ACOSTA-QUEZADA, P. G.; RAIGÓN, M. D.; RIOFRÍO-CUENCA, T.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M. D.; PLAZAS, M.; BURNEO, J. I. Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. **Food Chemistry**, v. 169, p. 327-335, 2015.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p., 2016.

BARSAN, C.; SANCHEZ-BEL, P.; ROMBALDI, C.; EGEEA, I.; ROSSIGNOL, M.; KUNTZ, M.; ZOUINE, M.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Characteristics of the tomato chromoplast revealed by proteomic analysis. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, p. 2413-2431, Mar. 2010.

BIODIVERSITY INTERNATIONAL. **Descriptors for tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) and wild relatives**. Corporate Editors: Bioversity International, Rome (Italy); Departamento de Ciencias Agropecuarias y de Alimentos (UTPL), Loja (Ecuador); Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Valencia (Spain). v. 67, 2013.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, n. 4, p. 330-334, 1962.

BOYES, S.; STRUBI, P. Organic acid and sugar composition of three New Zealand grown tamarillo varieties (*Solanum betaceum* (Cav.)) **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 25, n. 3, p. 79-83, 1997.

BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; UMSZA-GUEZ, M. A.; GUEDES, A. S.; ALVES, S. C. O.; REIS, J. H. O.; BARBOSA, J. D. V.; MACHADO, B. A. S. Comparação da Composição Centesimal, Mineral e Fitoquímica de Polpas e Cascas de Dez Diferentes Frutas. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, p. 811-823, 2018.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprovar o “REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE A INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR) DE PROTEÍNA, VITAMINAS E MINERAIS”. **Diário Oficial da União** de 23 de setembro de 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2005.

BRAVO, K.; ALZATE, F.; OSORIO, E. Fruits of selected wild and cultivated Andean plants as sources of potential compounds with antioxidant and anti-aging activity. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 341-352, 2016.

BRUMMELL, D. A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 33, n. 2, p. 103-119, 2006.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, 1978.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG. Editora: UFLA. 2º Ed. 2005.

CHYLINSKA, M.; SZYMANSKA-CHARGOT, M.; DERYLO, K.; TCHORZEWSKA, D.; ZDUNEK, A. Changing of biochemical parameters and cell wall polysaccharides distribution during physiological development of tomato fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 119, p. 328-337, 2017.

CUNHA, M. C. da. **Impacto do processamento, da embalagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Minas Gerais, 2016.

EGEA, I.; BARSAN, C.; BIAN, W.; PURGATTO, E.; LATCHÉ, A.; CHERVIN, C.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Chromoplast differentiation: current status and perspectives. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 51, n. 10, p. 1601-1611, Oct. 2010.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ESPIN, S.; GONZÁLEZ-MANZANO, S.; TACO, V.; POVEDA, C.; AYUDA-DURÁN, B.; GONZÁLEZ-PARAMAS, A. M.; SANTOS-BUELGA, C. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-reddish tomato-tree Ecuadorian cultivars (*Solanum betaceum* Cav). **Food Chemistry**, v. 194, p. 1073–1080, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FOLCHETTI, L.; MONFORT-PIRES, M.; BARROS C. R. de; MARTINI, L.; FERREIRA, S. R. “Association of fruits and vegetables consumption and related-vitamins with inflammatory and oxidative stress markers in prediabetic individuals,” **Diabetology & Metabolic Syndrome**, vol. 6, n. 1, p. 22, 2014.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 182p, 2005.

GARCÍA, J. M.; PRIETO, L. J.; GUEVARA, A.; MALAGON, D.; OSORIO, C. Chemical studies of yellow tamarillo (*Solanum betaceum* cav.) fruit flavor by using a molecular sensory approach. **Molecule**, v. 21, n. 12, p. 1729, 2016.

GOMEZ, M. L. P. A. ; LAJOLO, F. M. Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, p. 756-762, 2008.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, 1966.

JIMÉNEZ, L. J.; LÓPEZ, E. J.; HUEZ, L. M. A.; GARCÍA, L. A. M.; SOTO, O. R.; ESCOBOZA, G. L. F. Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions. **IDESIA**, v. 31, n. 4, p. 35-41, 2013.

KADIR, N. A. A. A.; RAHMAT, A.; MAISARAH, A. M. Comparison of antioxidant properties of tamarillo (*Cyphomandra betacea*), cherry tomato (*Solanumly copersicum* var. *cerasiform*) and tomato (*Lyopersicon esulentum*). **International Food Research Journal**, v. 21, n. 6, p. 2355-2362, 2014.

KIDMOSE, U.; EDELENBOS, M.; NØRBÆK, R.; CHRISTENSEN, L. P. Colour stability in vegetables. In: MACDOUGALL, D. B. **Colour in Food: Improving quality**. 1st ed. England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, cap. 8, p. 179-232, 2002.

KNEE, M. **Fruit quality and biological basis**. Sheffield Academic Press, USA, 2002.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LAMIKANRA, O. Enzymatic Effects on Flavor and Texture of Fresh-cut Fruits and Vegetables. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. USA: CRC Press LLC, cap. 6. 2002.

MACHADO, P. S. **Caracterização do Uxi (*Endopleura uchi*) em três estádios de desenvolvimento**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

MCCREADY, P.M.; MCCOLOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, New York, v. 24, n. 12, p. 1586, 1952.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEDINA, M.B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 79-87, 2011.

MOURA, M.L.; FINGER, F.L.; MIZOBUTSI, G.P.; GALVÃO, H.L. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate “Santa Clara” e do mutante “Firme”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 81-85, 2005.

MUTALIB, M. A.; RAHMAT, A.; ALI, F.; OTHMAN, F.; RAMASAMY, R. Nutritional Compositions and Antiproliferative Activities of Different Solvent Fractions from Ethanol Extract of *Cyphomandra betacea* (Tamarillo) Fruit. **Malays Journal of Medical Sciences**, v. 24, n. 5, p. 19-32, 2017.

OTHMAN, A.; ISMAIL, A.; GHANI, N. A.; ADENAN, I. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. **Journal of Food Chemistry**, v. 100, p. 1523-1530, 2007.

PANTOJA, L. P.; DESSIMONI, N. A. V.; LOPES, C.; GANDRA, R.; SANTOS, A. S. Caracterização física e físico-química de frutos de duas variedades de tamarillo oriundas do Norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 916-919, 2009.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Analytical Biochemistry**, v. 269, p. 337-341, 1999.

PROHENS, J.; NUEZ, F. The Tamarillo (*Cyphomandra betacea*). **Small Fruits Review**. Valencia, v.1, n. 2, p.43-68, 2005.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

RATTER, J.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Análise da composição florística da vegetação do Cerrado brasileiro: III. comparação da vegetação lenhosa de 376 áreas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 1, 57-109, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: Internacional Life Sciences Institute Press, 64 p., 2001.

RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., JIMENEZ, J. P., CALIXTO, F. D. S. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS e FRAP**. Comunicado Técnico Online Embrapa, 127. Fortaleza, CE, 2007.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 101p, 2009.

SCARIOT, A.; RIBEIRO, J. F. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Cagaita**. Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 1, 9 p., 2015.

SIDDICK, S. A.; GANESH, S. Spray drying technology for producing fruit powders from tomatoes and tamarillo. **ISHS Acta Horticulturae 1120: XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscape**, 343-348, 2016.

SILVA, E.C.; MACIEL, G.M.; ALVARENGA, P.P.M. de; PAULA, A.C.C.F.F. de. Tenors of  $\beta$ -carotene and lycopene in function of phosphorus and potassium rates in fruits of the different genotypes of industrial tomatoes. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 247-252, 2011.

SILVA, E. P. DA.; VILAS BOAS, E. V. DE B.; RODRIGUES, L. J.; SIQUEIRA, H. H. Caracterização física, química e fisiológica de gabirola (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. **Food Science and Technology**, v.29, n. 4, 803-809, 2009.

SILVA, I. P. **Frutos de tamarilleiro (*Solanum betaceum* Cav.) caracterização química e potencial antioxidante**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, Bahia, 2017.



SIQUEIRA, A.P.S.; OLIVEIRA, J. de O.; JUNIOR, D.R.M; LOURENÇO, M.F de C. Chemical characterization and antioxidant capacity of Guapeva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p.1-4, 2017.

SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. **Madrid: Paz Montalvo**, 428 p, 1967.

**Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO)**. NEPA – UNICAMP. 4<sup>a</sup> ed. revisada e ampliada, Campinas: NEPA- UNICAMP, 161 p, 2011. Disponível em: <[http://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](http://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em 18 jul. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed., Porto Alegre: Artmed, 888p, 2017.

USDA- (U.S. Department of Agriculture). **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist Nursery**. Agriculture Handbook Number 66, 792p, Washington, 2016.

VILAS BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana “Prata”  $\gamma$ - Irradiada. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, set. 1996.

VILAS BOAS, E.V. de B.; CHITARRA, A. B.; MALUF, W. R.; CHITARRA, M. I. F. Modificações texturais de tomates heterozigotos no loco alcobaça. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasilia. v.35, n.7, p.1447-1453, 2000.

## ARTIGO 2

Artigo redigido conforme a norma do periódico Food Chemistry

“Versão Preliminar”

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE GELEIA DE TAMARILHO

*Physical-chemical and sensory characterization of tamarillo jelly*

#### RESUMO

Os frutos do Cerrado são conhecidos por seu alto valor nutricional, destacando-se pelo elevado conteúdo de compostos bioativos e por características sensoriais singulares. Essas culturas, como o tamarilho, ainda estão restritas apenas aos mercados locais e regionais, ou são exploradas de forma extrativista. Dada a importância econômica destes frutos para os produtores do Cerrado, juntamente com a busca de produtos saudáveis e naturais, o objetivo do trabalho foi elaborar e caracterizar geleias extra e light de tamarilho e geleias mistas extra e light com morango e maracujá, bem como caracterizá-las sensorialmente. Foram realizados seis tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango). Dentre os seis tratamentos analisados, observou-se que C, D, E e F apresentaram maior acidez; A, C, e E apresentaram maior teor de sólidos solúveis e consequentemente, menor teor de umidade. Os tratamentos A, B, E, e F apresentaram maior conteúdo de vitamina C. Quanto aos compostos fenólicos, as amostras E e F apresentaram maior conteúdo em relação à demais. A capacidade antioxidante foi igual ( $p > 0,05$ ) em todos os tratamentos. Foi constatado maior teor de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno no tratamento D, o qual expressou maior composição em carotenoides totais. Em relação aos compostos fenólicos, atividade antioxidante e carotenoides, foram observados teores menores na geleia em relação ao fruto in natura devido ao processo de cocção. Para os parâmetros de cor, constatou-se tendência de coloração amarelada para A, B, C, D e tendência ao avermelhado em E e F, de modo geral, todas as amostras apresentaram coloração intensa. Com relação ao perfil de textura, verificou-se diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, onde A, C, E apresentaram textura firme e B, D, F exprimiram uma textura mais frágil, corroborando com os resultados da textura avaliada sensorialmente. Para os testes sensoriais, foi observado que de maneira geral a frequência de aceitação situou-se entre os escores 6 (gostei ligeiramente) e 8 (gostei muito), sendo as geleias A, C e E as que apresentaram maior aceitação sensorial. Concluiu-se que a utilização do método descritivo CATA sugeriu informações complementares apresentando características positivas e também negativas que contribuíram para aceitação das geleias.

**Palavras-chave:** Fruto do Cerrado. Processamento. Aceitação sensorial.

## ABSTRACT

Cerrado fruits are known for their high nutritional value, standing out for their high content of bioactive compounds and for their unique sensory characteristics. These crops, such as tamarillo, are still restricted to local and regional markets only, or are exploited in an extractive manner. Given the economic importance of these fruits for the Cerrado producers, together with the search for healthy and natural products, the objective of this work was to elaborate and characterize extra and light tamarillo jellies and extra and light mixed jellies with strawberry and passion fruit, as well as to characterize them sensorially. Six treatments were performed: A (extra tamarillo jelly); B (light tamarillo jelly); C (extra passion fruit tamarillo jelly); D (light tamarillo jelly with passion fruit); E (extra strawberry tamarillo jelly) and F (light strawberry tamarillo jelly). Among the six treatments analyzed, it was observed that C, D, E and F presented higher acidity; A, C, and E presented higher soluble solids and, consequently, lower moisture content. Treatments A, B, E, and F presented higher vitamin C content. As for phenolic compounds, samples E and F presented higher content in relation to the others. The antioxidant capacity was equal ( $p > 0.05$ ) in all treatments. Higher  $\alpha$  and  $\beta$ -carotene content was observed in treatment D, which expressed higher composition in total carotenoids. Regarding phenolic compounds, antioxidant activity and carotenoids, lower levels were observed in jelly than in fresh fruit due to the cooking process. For the color parameters, there was a tendency of yellowish coloration for A, B, C, D and reddish tendency in E and F, in general, all samples showed intense coloration. Regarding the texture profile, there was a difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments, where A, C, E presented firm texture and B, D, F expressed a more fragile texture, corroborating the results of the evaluated texture sensorially. For the sensory tests, it was observed that in general the acceptance frequency was between the scores 6 (slightly liked) and 8 (very liked), being the jams A, C and E those with the highest sensory acceptance. It was concluded that the use of the CATA descriptive method suggested complementary information presenting positive and negative characteristics that contributed to the acceptance of the jams.

**Keywords:** Fruit of the Cerrado. Processing. Sensory acceptance.

## 1. INTRODUÇÃO

Muitas espécies nativas do Cerrado fornecem frutos com características sensoriais únicas e altas concentrações de nutrientes. Esses frutos desempenham papéis importantes, tanto econômicos, via comercialização de seus produtos, quanto nutricional, pelo seu consumo (CARDOSO et al., 2011). Os frutos encontrados no Cerrado brasileiro apresentam características peculiares, como formas variadas, cores atraentes e sabores sui generis. Além das características sensoriais que tornam seu consumo atraente, os frutos são notáveis por serem fontes potenciais de carotenoides e outras vitaminas, contribuindo para a saúde humana. A vitamina C é um dos antioxidantes mais importantes encontrados em frutas, ajudando a prevenir doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes e doenças cardiometabólicas. O consumo destes frutos e de suas polpas tem sido recomendado devido às suas características sensoriais únicas (PAULA et al., 2012; PEARSON et al., 2017; SCHIASSI et al., 2018).

Dentre os diversos frutos do Cerrado, temos o *Solanum betaceum* Cav. pertencente à família *Solanaceae*, conhecido como tamarilho ou tomate de árvore. Estes frutos têm sido usados para tratar problemas respiratórios e reduzir os níveis de colesterol no sangue (CARRILLO-PERDOMO et al., 2015). Os frutos do tomateiro possuem propriedades anticancerígenas. A atividade citotóxica sugere que os extratos etanólicos de tomate de árvore têm um efeito preventivo sobre as células de câncer de mama e fígado (MUTALIB et al., 2017).

As frutas são fonte rica de compostos bioativos (vitaminas, fenólicos, carotenoides e flavonoides), atribuindo ao potencial antioxidante. Para tornar essas frutas disponíveis para consumo durante o período de entressafra, as frutas são processadas em produtos estáveis, como doces e geleias. No entanto, os compostos bioativos diminuem principalmente durante o processamento e armazenamento desses produtos. A perda pode variar com a severidade do processo (temperatura e tempo de processamento) e a composição do produto (SHINWARI; RAO, 2018).

Recentemente, o governo juntamente com o Ministério da Saúde, assinou um acordo para redução do teor de açúcar em alimentos, assim o Brasil será um dos primeiros países do mundo a buscar a redução de açúcar, visto que já vem reduzindo o teor de sódio nos alimentos. Seguindo recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), as metas do acordo envolvem cinco categorias de alimentos com previsão de redução até

2022, e caso todos os produtos cumpram as metas, a quantidade de açúcar a ser reduzida até 2022 será de 144 mil toneladas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

Seguindo essa tendência de reduzir o açúcar nos alimentos industrializados e a constante busca por promover a alimentação saudável e natural, a elaboração de geleias e demais produtos bem como a divulgação de suas características nutricionais pode aumentar o valor comercial dessas frutas, tradicionalmente desvalorizadas.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi elaborar e caracterizar geleias extra e light de tamarilho e geleias mistas extra e light com morango e maracujá a fim de harmonizar as características sensoriais atrativas destes frutos com o tamarilho, caracterizando-as sensorialmente, com o intuito de agregar valor ao fruto, diversificar as geleias mistas, tornando-se uma alternativa aos produtores dessa cultura, contribuindo para sua expansão no mercado.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Obtenção da matéria-prima**

Os tamarilhos utilizados na elaboração das geleias foram colhidos no estágio ótimo de maturação com coloração alaranjada intensa de acordo com Goulart (2019), e foram obtidos no município de Bom Repouso - Minas Gerais, localizado na região Sul do estado com clima situando na classe climática Cwb (KÖPPEN; GEIGER, 1928; SÁ JÚNIOR, 2009). Os morangos e maracujás foram obtidos no mercado local do município de Lavras – Minas Gerais, no estágio ótimo de maturação adequado para a realização do experimento. Todos os frutos foram transportados ao Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, localizado no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os frutos foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L<sup>-1</sup> por 20 minutos, e foram mantidos a -18 °C até o momento do processamento e realização das análises. Foram realizados seis tratamentos:

- A: geleia extra de tamarilho;
- B: geleia light de tamarilho;
- C: geleia extra de tamarilho com maracujá;
- D: geleia light de tamarilho com maracujá;
- E: geleia extra de tamarilho com morango;
- F: geleia light de tamarilho com morango.

## **Delineamento experimental**

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e três repetições. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* R (R Core Team, 2015). Após a análise de variância dos resultados obtidos, os dados foram analisados ao nível de significância de 5% do teste F. Quando significativas a 5%, as médias foram submetidas ao teste de Tukey para averiguar as diferenças. Para análise dos dados sensoriais do teste de aceitação utilizou-se um delineamento em blocos casualizados (DBC) em que, cada avaliador, representou um bloco. Os dados foram testados pela análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando um nível de significância de 5%. Cada atributo também foi analisado individualmente, utilizando o Mapa de Preferência Interno (MPI), e os atributos de aparência, sabor e textura foram analisados simultaneamente pelo Mapa de Preferência Interno *three-way* (MPI tri-plot), também conhecido como *Parallel Factor Analysis* (PARAFAC). Para identificar a relação entre os termos do CATA (*Check-all-that-apply*) selecionados para cada amostra, foi gerado o Mapa de Preferência Externo (MPE), correlacionando com os valores hedônicos que os avaliadores infringiram para o atributo da impressão global para as amostras (NUNES et al., 2012). Os gráficos MPI, MPE e TDS foram gerados no software *SensoMaker*® (UFLA; Lavras, MG, Brazil).

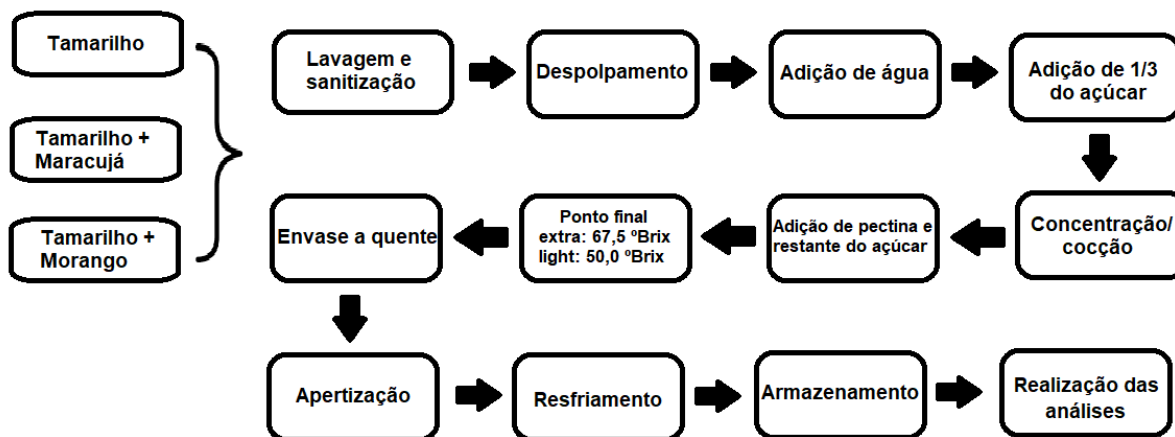
## **Elaboração das geleias**

Para o processamento das geleias (Tabela 1), foram utilizados como ingredientes as frutas (tamarilho, maracujá e morango), açúcar, pectina cítrica e água. Foram utilizadas: a polpa de tamarilho, polpa de tamarilho (30%) com polpa de maracujá (20%), polpa de tamarilho (25%) com polpa de morango (25%), adicionadas de água e parte açúcar, mantendo-se a mistura sob agitação constante até a fervura (aproximadamente 100 °C), em seguida foi acrescentada a pectina (no caso das formulações light) com o restante do açúcar, mantendo-se sob fervura até atingir a concentração de 67,5% de sólidos solúveis nas geleias extra e concentração de 50% de sólidos solúveis nas geleias light. A cocção foi realizada em recipiente de aço inoxidável com agitação manual, em fogão semi-industrial. Devido à acidez natural da polpa, não foi necessário adicionar ácido cítrico e, devido à alta concentração de açúcar na formulação, não se fez necessária a adição de conservantes. Ao final do processamento, a geleia foi envasada a quente e distribuída igualmente, em

embalagens de vidros transparentes, previamente esterilizadas a 100°C/15 minutos. Posteriormente, os frascos foram fechados com tampas de metal, providas de anéis vedantes e internamente envernizadas; em seguida realizou-se a inversão das embalagens durante 5 minutos, de forma a permitir o fechamento hermético. Com a finalidade de garantir a segurança das geleias, efetuou-se o tratamento térmico de apertização, que consistiu em imergir as embalagens em água a 100 °C/10 minutos e por fim, foram resfriadas lentamente. As geleias foram elaboradas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1.

**Tabela 1.** Formulação das geleias extra e light de tamarilho e geleias mistas extra e light com morango e maracujá.

<b>Tratamento</b>	<b>Geleia</b>	<b>Polpa do fruto (g)</b>	<b>Açúcar (g)</b>	<b>Pectina cítrica (%)</b>	<b>Volume de água (mL)</b>
<b>A</b>	Tamarilho extra	400	400	0,0	100
<b>B</b>	Tamarilho light	400	266	1,0	100
<b>C</b>	Tamarilho (30%) + maracujá (20%) extra	400	400	0,0	100
<b>D</b>	Tamarilho (30%) + maracujá (20%) light	400	266	1,0	100
<b>E</b>	Tamarilho (25%) + morango (25%) extra	400	400	0,0	100
<b>F</b>	Tamarilho (25%) + morango (25%) light	400	266	1,0	100



**Figura 1.** Fluxograma de elaboração das geleias.

### **Análises de caracterização das geleias**

As análises de acidez titulável, pH e sólidos solúveis foram determinadas de acordo com AOAC (2016). O pH foi determinado por leitura direta em pHmetro, a acidez titulável foi obtida por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N sendo os resultados expressos em  $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , o teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital e os resultados expressos em  $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ .

A coloração foi determinada em cinco pontos distintos da placa contendo as geleias, utilizando-se o colorímetro Konica Minolta CR-400, calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Croma e hue (iluminante D65) (MCGUIRE, 1992).

A análise do perfil de textura (TPA) foi conduzida em um texturômetro TA.XT2i (Stable Micro System Inc/Reino Unido), utilizando a probe cilíndrica P6 (6 mm de diâmetro), com velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 5 mm/s, 2 mm/s e 5 mm/s, respectivamente, e a uma distância de penetração de 10 mm com intervalo de tempo de 5s. Os parâmetros analisados foram: firmeza (N), adesividade ( $\text{N} \times \text{mm}$ ), viscosidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade ( $\text{N} \times \text{mm}$ ) e elasticidade (mm).

O teor de carotenoides foi quantificado utilizando método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya (2001). Para extração dos carotenoides foram utilizados como solventes acetona e éter de petróleo, após obtenção e filtração dos extratos, foram efetuadas leituras em espectrofotômetro a 444nm, 450nm, 456nm, 462nm e 470nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides:  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\delta$ - caroteno,  $\gamma$ - caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide



foi calculado segundo a Fórmula 1, em que A é a absorvância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução,  $A1\text{cm}^{1\%}$  é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, neste caso o éter de petróleo, e M é a massa da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}, 100\text{g}^{-1}$  de amostra.

$$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} = \frac{A \times V \times 10^6}{A1\text{cm}^{1\%} \times M \times 100}$$

**Fórmula 1.** Equação para determinação do teor de carotenoides.

O teor de vitamina C foi quantificado por método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) de acordo com Strohecker e Henning (1967). A extração foi efetuada com ácido oxálico, sob agitação e, após filtração, foi realizado o doseamento no extrato, empregando-se o 2,4-dinitrofenilhidrazina, sendo que p ácido ascórbico foi utilizado como padrão. A determinação foi realizada a 520 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra.

Para análise de compostos fenólicos e atividade antioxidante foram utilizados extratos preparados utilizando metanol 50% e acetona 70% como solventes.

Os compostos fenólicos foram quantificados pelo método Fast Blue, o qual utiliza o sal de diazônio Fast Blue e se baseia na reação do grupo diazônio com grupamentos hidroxilas reativas dos compostos fenólicos (-OH), formando complexos azo estáveis, que podem ser medidos em espectrofotômetro, a 420 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG). $100\text{g}^{-1}$  de fruto (MEDINA, 2011).

A atividade antioxidante foi determinada através dos métodos ABTS, complexo fosfomolibdênio e FRAP. A capacidade antioxidante pelo método ABTS seguiu a metodologia de Rufino et al. (2007), com leitura das absorvâncias em espectrofotômetro a 735 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  de trolox. $\text{g}^{-1}$  de amostra. O método do complexo fosfomolibdênio foi efetuado de acordo com a metodologia descrita por Prieto, Pineda e Aguilar (1999), que se baseia na redução do  $\text{Mo}^{6+}$  para  $\text{Mo}^{5+}$ , distinto pela sua coloração verde em pH ácido, com absorção máxima em 695 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra. A capacidade antioxidante pelo método FRAP foi determinada de acordo com Rufino et al. (2007). O método baseia-se no poder antioxidante de redução do ferro em meio ácido formando intensa cor azul a qual é

medida em espectrofotômetro a 595 nm, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{M}$  de sulfato ferroso/g de amostra.

A composição centesimal foi determinada de acordo com AOAC (2016). O teor de umidade e cinzas foram determinados por método gravimétrico, em estufa à 105 °C e por incineração a 550 °C em mufla, respectivamente. O teor de proteína bruta foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl em que a concentração de proteína foi estimada usando um fator de conversão de 6,25 (%Proteínas = % nitrogênio x 6,25). O extrato etéreo foi determinado por extração em aparelho Soxhlet, utilizando éter etílico como solvente. O teor de fibra bruta foi estimado por filtração a vácuo após hidrólise ácida. A fração glicídica (FG) foi calculada usando a relação:  $FG = 100 - (\text{umidade} + \text{extrato etéreo} + \text{proteína bruta} + \text{cinzas} + \text{fibra bruta})$ .

### **Análise Sensorial**

A análise sensorial conduzida nos tratamentos das geleias foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Lavras (CAAE: 07309218.1.0000.5148) e foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do DCA/UFLA, conduzida em cabines individuais, com luz branca.

Oitenta avaliadores não treinados sendo alunos da graduação, pós-graduação, técnicos e servidores, foram recrutados para avaliar as geleias quanto à aceitação, intenção de compra e descrição das características.

Os testes sensoriais foram conduzidos em cabines individuais, sendo que cada avaliador recebeu as amostras de geleia servidas em ordem balanceada e de forma monádica em torradas (industrializadas obtidas comercialmente as quais foram utilizadas como veículo, codificadas em três dígitos de números aleatórios).

Para o teste afetivo de aceitação, os avaliadores receberam uma ficha de avaliação com a escala hedônica não estruturada, que varia gradativamente entre os atributos de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente), para os atributos de aparência, aroma, sabor, textura, e impressão global. Também foi avaliada a intenção de compra, utilizando uma escala estruturada de cinco pontos, variando entre 5 (certamente compraria o produto) e 1 (certamente não compraria o produto). Foi fornecida água para limpeza do palato entre as avaliações dos ensaios.

As perguntas do CATA (*Check-all-that-apply*) foram previamente estabelecidas, utilizando-se método proposto por Ares et al. (2010), onde dez participantes não treinados,

compostos por estudantes de graduação e pós-graduação, com idades variando entre 20 e 40 anos, foram recrutados aleatoriamente na UFLA, declarados provadores frequentes de geleias. Na primeira fase do teste, foram identificados 22 termos sensoriais levantados pelos participantes, sendo 7 relacionados para a aparência, 5 para aroma, 6 para sabor e 3 para a textura. Estes termos foram apresentados juntamente com o teste de aceitação e intenção de compra no momento da análise sensorial (Tabela 2).

**Tabela 2.** Termos levantados para cada atributo sensorial durante a primeira fase do teste *Check-all-that-apply* (CATA).

<b>Aparência</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
Homogênea	Doce	Gosto doce	Gelatinosa
Heterogênea	Morango	Gosto amargo	Mole
Brilhante	Suave	Morango	Firme
Translúcida	Característico	Suave	
Característica de geleia	de maracujá	Cítrico	
Cor amarelada	Cítrico	Adstringente	
Cor avermelhada		Característico de maracujá	

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação físico-química das geleias elaboradas estão descritos na Tabela 3. Foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) de todos os parâmetros entre os tratamentos, sendo que a diminuição do pH e aumento da acidez nos tratamentos C, D, E e F deve-se ao fato de que estes representam as geleias mistas adicionadas de maracujá (C e D) e morango (E e F), que também são frutos de acidez considerável, contribuindo então para a acidez dos produtos. A diferença observada no teor de sólidos solúveis entre as amostras A, C e E em relação às demais, é explicada pela diferença de formulações, sendo estas geleias extra que contêm maior teor de açúcar e conseqüentemente, maior conteúdo de sólidos solúveis em relação as demais geleias light elaboradas. Ao analisar geleias de pimenta Páprica, Cheiro do Norte e Biquinho, Alves et al. (2019) encontraram pH entre 3,48 e 3,78, valores semelhantes aos encontrados nas geleias de tamarilho. Em relação à acidez, geleias de pimenta Habanero, Malagueta, Pimenta caiena, Dedo de moça, Cheiro do Norte e Páprica apresentaram valores semelhantes aos da geleia de tamarilho, com teores entre 0,68 a 0,74%.

**Tabela 3.** Valores médios da caracterização de pH, acidez titulável e sólidos solúveis nas geleias.

Análises		pH	Acidez titulável (% ácido cítrico)	Sólidos solúveis (%)
<b>Tratamentos</b>	<b>A</b>	3,72 <sup>a</sup>	0,64 <sup>e</sup>	67,5 <sup>a</sup>
	<b>B</b>	3,72 <sup>a</sup>	0,65 <sup>d</sup>	50,0 <sup>b</sup>
	<b>C</b>	3,32 <sup>d</sup>	0,79 <sup>a</sup>	67,5 <sup>a</sup>
	<b>D</b>	3,31 <sup>d</sup>	0,79 <sup>a</sup>	50,0 <sup>b</sup>
	<b>E</b>	3,48 <sup>b</sup>	0,76 <sup>b</sup>	67,3 <sup>a</sup>
	<b>F</b>	3,45 <sup>c</sup>	0,75 <sup>c</sup>	50,0 <sup>b</sup>

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Os dados relativos aos teores de compostos fenólicos, vitamina C e açúcares totais são apresentados na Tabela 4. Foi constatado maior teor de compostos fenólicos nas amostras E e F, que se deve à mistura do tamarilho com morango na elaboração da geleia, fruto esse reconhecido pelo teor significativo destes compostos bioativos. Os teores de compostos fenólicos foram inferiores aos estudados por Preciado-Iñiga et al. (2018) ao avaliar um produto doce de tamarilho encontrando valores entre 321,45 e 418,18 mg.de EAG.100g<sup>-1</sup>. Os tratamentos A, B, C, E e F apresentaram maior conteúdo de vitamina C. Geleias mistas elaboradas com umbu e mangaba (SOUZA et al., 2018) e cagaita e mangaba (SILVA, 2017) apresentaram teor de vitamina C entre 1,70 e 1,90 mg.100g<sup>-1</sup>, e 60,89 mg.100g<sup>-1</sup> respectivamente, demonstrando que as geleias de tamarilho apresentaram de forma geral teor substancialmente elevado, podendo ser um fator fundamental na agregação de valor ao produto.

A capacidade antioxidante foi igual para todas as geleias, indicando que a formulação e mistura com morango e maracujá não afetaram a atividade antioxidante dos tratamentos. A atividade antioxidante das geleias foi superior ao conteúdo encontrado em geleia de buriti por Garcia et al. (2017), porém foi menor que o conteúdo encontrado por Cunha (2016) em geleia de murici (362,5 µM de trolox/g de amostra).

**Tabela 4.** Valores médios de fenólicos totais, vitamina C e capacidade antioxidante nas diferentes formulações de geleias.

	<b>Fast-Blue (mg.de EAG.100g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Vitamina C (mg.100g<sup>-1</sup>)</b>	<b>ABTS (µM de trolox/g de amostra)*</b>	<b>FRAP (µM de sulfato ferroso/g de amostra)*</b>	<b>Fosfomolibdênio (mg de ácido ascorbico/100g)*</b>
<b>A</b>	101,17 <sup>d</sup>	119,30 <sup>ab</sup>	22,26	15,36	3485,01
<b>B</b>	100,89 <sup>d</sup>	125,00 <sup>ab</sup>	22,27	15,70	3654,03
<b>C</b>	105,04 <sup>c</sup>	157,20 <sup>a</sup>	22,45	15,70	4107,06
<b>D</b>	105,49 <sup>c</sup>	81,89 <sup>b</sup>	20,88	15,81	4118,22
<b>E</b>	115,23 <sup>b</sup>	103,50 <sup>ab</sup>	22,93	15,44	4364,01
<b>F</b>	116,92 <sup>a</sup>	113,38 <sup>ab</sup>	21,95	15,66	4222,20

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

\*Não houve diferença significativa entre as médias.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Os tratamentos B e C acompanhados por E e F, apresentaram entre si teores iguais para todos os carotenoides avaliados (Tabela 5). O tratamento D apresentou os maiores teores de carotenoides (14, 574 µg.100g<sup>-1</sup>) em relação aos demais. Em geleias de *Physalis* (RUTZ et al., 2012), geleia de cagaita (SANTOS et al., 2012) foram encontrados teores de carotenoides superiores aos da geleia de tamarilho, com valores entre 394 µg.100g<sup>-1</sup> e 540 µg.100g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em relação aos frutos do tamarilho in natura analisados por Goulart (2019), os compostos bioativos das geleias apresentaram menor conteúdo, o que pode ser decorrente do calor utilizado no processamento das mesmas, culminando na perda de parte desses compostos. De acordo com Shinwari & Rao (2018), mudanças nos compostos bioativos podem continuar durante o armazenamento, dependendo das condições de armazenamento, onde a temperatura e a duração da armazenagem têm um efeito significativo. Diminuir a temperatura de armazenamento, melhor é a retenção de compostos biologicamente ativos em geléia. O encapsulamento e o uso de processamento não térmico podem ser explorados para preservar os compostos bioativos em produtos alimentícios contra várias condições adversas.

**Tabela 5.** Valores médios de carotenoides totais nas diferentes formulações de geleias.

	$\alpha$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	$\delta$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	$\gamma$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Licopeno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Carotenoides totais ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )
<b>A</b>	1,73 <sup>b</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,22 <sup>b</sup>	1,23 <sup>b</sup>	1,17 <sup>b</sup>	7,13 <sup>b</sup>
<b>B</b>	1,59 <sup>c</sup>	1,67 <sup>c</sup>	1,18 <sup>c</sup>	1,18 <sup>c</sup>	1,12 <sup>c</sup>	6,74 <sup>c</sup>
<b>C</b>	1,59 <sup>c</sup>	1,68 <sup>c</sup>	1,19 <sup>c</sup>	1,18 <sup>c</sup>	1,11 <sup>c</sup>	6,74 <sup>c</sup>
<b>D</b>	2,95 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	14,57 <sup>a</sup>
<b>E</b>	0,85 <sup>d</sup>	0,90 <sup>d</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,60 <sup>d</sup>	0,58 <sup>d</sup>	3,53 <sup>d</sup>
<b>F</b>	0,85 <sup>d</sup>	0,90 <sup>d</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,60 <sup>d</sup>	0,55 <sup>d</sup>	3,53 <sup>d</sup>

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Para fim de comparação das geleias em questão de cor (Tabela 6), constatou-se diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), sendo que os tratamentos A e B apresentaram maior valor de  $L^*$ , seguidos do C e D e por fim, E e F com menor valor, mais próximos do zero indicando amostras mais escuras, ou seja, de menor claridade.

Em relação à coordenada  $a^*$ , as amostras E e F apresentaram maior valor em relação às demais, tendendo para o vermelho sendo explicado pelo fato de estes tratamentos incluírem morango em sua formulação, o qual é apresenta coloração avermelhada devido à presença de antocianinas. Quanto aos valores de  $b^*$ , os tratamentos C e D apresentaram maior valor tendendo ao amarelo, assim como A e B, justificados pela presença do tamarilho e do maracujá nestas formulações, cujos frutos são marcados por coloração amarelada dada principalmente pela presença de carotenoides. Em relação ao Cromo, os tratamentos C e D, seguidos por A e B apresentaram maior valor, indicando maior intensidade e vivacidade de cor em relação aos demais. Quanto ao ângulo hue, as amostras A, B, C e D apresentaram valores mais próximos de  $90^\circ$ , tendendo para o amarelo, e as amostras E e F apresentaram tendência ao vermelho.

**Tabela 6.** Valores médios de claridade (L\*), coordenada a\*, coordenada b\*, ângulo de cor (h°) e cromaticidade (C) nas geleias de tamarilho.

Tratamentos	L*	a*	b*	C*	°h
A	36,25 <sup>a</sup>	17,78 <sup>c</sup>	39,92 <sup>b</sup>	44,01 <sup>b</sup>	61,27 <sup>b</sup>
B	35,50 <sup>a</sup>	18,00 <sup>c</sup>	39,84 <sup>bc</sup>	44,61 <sup>b</sup>	61,43 <sup>b</sup>
C	33,83 <sup>b</sup>	18,14 <sup>b</sup>	40,13 <sup>a</sup>	46,04 <sup>a</sup>	62,39 <sup>a</sup>
D	33,76 <sup>b</sup>	18,17 <sup>b</sup>	40,19 <sup>a</sup>	46,07 <sup>a</sup>	62,35 <sup>a</sup>
E	24,58 <sup>c</sup>	25,74 <sup>a</sup>	31,96 <sup>c</sup>	38,73 <sup>c</sup>	50,01 <sup>c</sup>
F	24,32 <sup>c</sup>	25,91 <sup>a</sup>	31,81 <sup>c</sup>	38,62 <sup>c</sup>	50,08 <sup>c</sup>

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Com relação ao conteúdo de extrato etéreo e fibra, as amostras apresentaram valores iguais ( $p > 0,05$ ) em todos os tratamentos (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios de composição centesimal das geleias de tamarilho.

	Umidade	Extrato etéreo	Proteína	Cinzas	Fibra	Fração glicídica
A	31,10 <sup>d</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,95 <sup>c</sup>	0,16 <sup>c</sup>	0,40 <sup>a</sup>	65,87 <sup>a</sup>
B	34,67 <sup>b</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,95 <sup>bc</sup>	0,16 <sup>c</sup>	0,40 <sup>a</sup>	63,76 <sup>b</sup>
C	31,11 <sup>d</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	65,86 <sup>a</sup>
D	34,20 <sup>c</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,97 <sup>ab</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,42 <sup>a</sup>	63,66 <sup>b</sup>
E	31,06 <sup>d</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	65,97 <sup>a</sup>
F	34,86 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,96 <sup>abc</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,42 <sup>a</sup>	63,13 <sup>c</sup>

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

As amostras A, C e E apresentaram menor umidade e maior fração glicídica, sendo explicada pelo maior teor de açúcar, isto é, maior teor de sólidos solúveis (Tabela 3) presentes no meio para interagir com a água presente, diminuindo assim a atividade de água. Zambiasi; Chim; Bruscatto (2006), encontraram resultados semelhantes ao analisar geleias de morango, tradicional (30,0 a 33,8%) e light (47,2 a 52,2%), constatando maior

teor de umidade nas geleias light. Complementando, Garcia et al. (2017) encontrou valores próximos de umidade (35,31%) e fração glicídica (63,12%) ao analisar geleias de buriti. A composição em proteína e cinzas apresentou diferenças entre os tratamentos, com maior teor para as formulações que continham mistura com maracujá e morango que podem contribuir para esses constituintes.

Para obter o perfil de textura, analisou-se as seguintes variáveis: firmeza, adesividade, viscosidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, elasticidade, sendo que todas foram diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, indicando diferentes texturas para as geleias. Os resultados estão descritos na Tabela 8.

**Tabela 8.** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de perfil de textura (TPA) das geleias de tamarilho.

	Tratamentos					
	A	B	C	D	E	F
<b>Firmeza (N)</b>	65,86 <sup>a</sup>	8,35 <sup>c</sup>	34,58 <sup>b</sup>	8,85 <sup>c</sup>	31,61 <sup>b</sup>	12,18 <sup>c</sup>
<b>Adesividade (N x mm)</b>	-128,54 <sup>c</sup>	-23,58 <sup>a</sup>	-128,88 <sup>c</sup>	-19,79 <sup>a</sup>	-75,90 <sup>b</sup>	-45,42 <sup>a</sup>
<b>Viscosidade</b>	0,97 <sup>a</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>
<b>Coesividade</b>	0,49 <sup>c</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,66 <sup>ab</sup>	0,53 <sup>bc</sup>	0,77 <sup>a</sup>
<b>Gomosidade</b>	31,35 <sup>a</sup>	6,00 <sup>d</sup>	24,97 <sup>b</sup>	5,87 <sup>d</sup>	16,67 <sup>c</sup>	9,32 <sup>d</sup>
<b>Mastigabilidade (N x mm)</b>	30,31 <sup>a</sup>	4,76 <sup>c</sup>	24,65 <sup>a</sup>	4,50 <sup>c</sup>	16,23 <sup>b</sup>	8,83 <sup>c</sup>
<b>Elasticidade (mm)</b>	0,021 <sup>a</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0,015 <sup>ab</sup>	0,001 <sup>b</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,001 <sup>b</sup>

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na horizontal pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Com relação à firmeza, a amostra A apresentou maior valor seguida pela C e E, as demais apresentaram baixa firmeza e não diferiram significativamente entre si. Ao analisar geleias de manga Basu et al (2011) observaram o mesmo comportamento, quanto maior o teor de sólidos solúveis maior foi a dureza das amostras. Para a adesividade, os tratamentos B, D e F apresentaram os maiores valores. Os tratamentos A, C, E e F



apresentaram maiores valores de viscosidade. Os tratamentos B, C, D, F apresentaram maior coesividade, comportamento este semelhante ao observado em geleias de pimenta (0,42 a 0,76) por Alves et al. (2019). A gomosidade equivale à energia necessária para desintegrar o alimento a um estado pronto para engolir, sendo assim a amostra A apresentou maior gomosidade, e B, D, e F por apresentarem menor firmeza e menor mastigabilidade, conseqüentemente apresentaram menor gomosidade. Ou seja, gasta menos energia para deformar e desintegrar o alimento ao ser colocado na boca. Os tratamentos A, C, e E apresentaram maior elasticidade em relação aos demais.

De modo geral a maior diferença entre as formulações extra e light, foi quanto à textura que apresentou menores valores nas geleias light as quais apresentaram textura mais frágil. Pereira et al. (2014) destaca que o açúcar auxilia na formação do gel, conferindo textura característica de geleia. Todavia, do ponto de vista nutricional, são indicadas geleias que contenham maior percentual de fruta, com menores quantidades de açúcar, voltadas para um padrão dietético mais equilibrado.

Dentre os participantes dos testes sensoriais, houve predominância do sexo feminino representando 63,75%, e o sexo masculino representando 36,25% da parcela de avaliadores. No que concerne à faixa etária, 53,75% dos avaliadores tinham entre 18 a 24 anos, 41,25% entre 25 a 34 anos, 2,5% entre 35 a 49 anos, e 2,5% entre 50 a 64 anos.

No teste de aceitação foram avaliados os atributos aparência, sabor, aroma, textura e impressão global das geleias a fim de verificar possíveis diferenças na aceitação destes produtos pelos consumidores em relação aos diferentes tratamentos realizados. Sendo assim, na Tabela 9, são descritos os resultados do teste de aceitação sensorial das geleias.

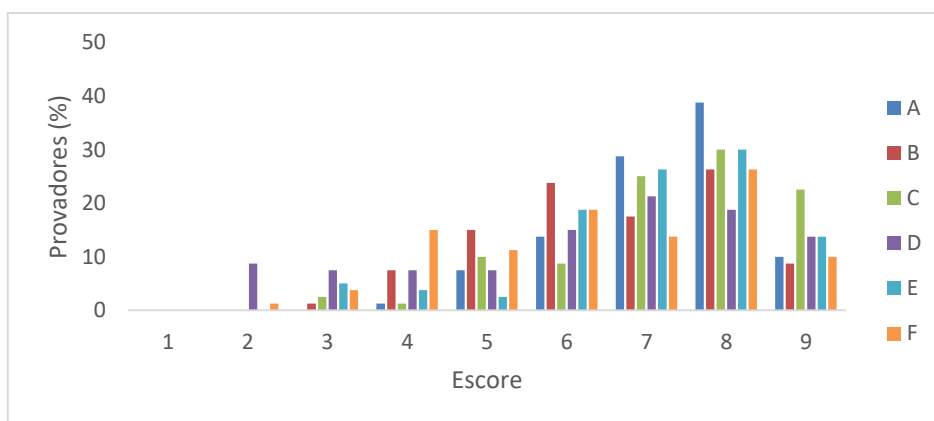
**Tabela 9.** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos atributos de aceitação dos tratamentos.

	<b>Aparência</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Impressão Global</b>
<b>A</b>	7,31 $\pm$ 1,20 <sup>ab</sup>	7,22 $\pm$ 1,20 <sup>ab</sup>	7,46 $\pm$ 1,07 <sup>a</sup>	7,26 $\pm$ 1,13 <sup>a</sup>	7,43 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>
<b>B</b>	6,75 $\pm$ 1,53 <sup>bc</sup>	6,65 $\pm$ 1,35 <sup>c</sup>	6,50 $\pm$ 1,74 <sup>c</sup>	6,63 $\pm$ 1,49 <sup>bc</sup>	6,59 $\pm$ 1,40 <sup>bc</sup>
<b>C</b>	7,43 $\pm$ 1,44 <sup>a</sup>	7,40 $\pm$ 1,43 <sup>a</sup>	7,60 $\pm$ 1,47 <sup>a</sup>	7,33 $\pm$ 1,46 <sup>a</sup>	7,48 $\pm$ 1,33 <sup>a</sup>
<b>D</b>	6,45 $\pm$ 1,99 <sup>c</sup>	6,84 $\pm$ 1,47 <sup>bc</sup>	6,64 $\pm$ 1,76 <sup>bc</sup>	6,20 $\pm$ 2,16 <sup>c</sup>	6,41 $\pm$ 1,76 <sup>c</sup>
<b>E</b>	6,85 $\pm$ 1,42 <sup>abc</sup>	6,90 $\pm$ 1,45 <sup>bc</sup>	7,19 $\pm$ 1,42 <sup>ab</sup>	7,03 $\pm$ 1,52 <sup>ab</sup>	7,06 $\pm$ 1,42 <sup>ab</sup>
<b>F</b>	6,40 $\pm$ 1,85 <sup>c</sup>	6,53 $\pm$ 1,49 <sup>c</sup>	6,49 $\pm$ 1,89 <sup>c</sup>	6,39 $\pm$ 1,80 <sup>c</sup>	6,41 $\pm$ 1,70 <sup>c</sup>
<b>Média</b>	6,87	6,92	6,98	6,81	6,90

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

De acordo com o histograma abaixo (Figura 3), verificou-se que para o parâmetro impressão global, os tratamentos A e E tiveram boa aceitação geral concentrada nos escores 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito), o tratamento C também foi bem aceito com maiores frequências entre os escores 7 (gostei moderadamente) e 9 (gostei extremamente). Os tratamentos light B e F tiveram maiores frequências no escore 8 (gostei muito), indicando boa aceitação. De modo geral, pode-se inferir que as geleias extra (A, C e E) apresentaram maior aceitação quanto à impressão global sendo classificadas como gostei moderadamente (nota 7) e gostei muito (nota 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Guilherme et al. (2012) ao avaliar três formulações diferentes de geleias de tamarilho, as duas geleias com maior teor de açúcar, apresentaram maiores notas de aceitação e intenção de compra, com escores hedônicos situados entre 6 (gostei ligeiramente) e 8 (gostei muito) com intenção de compra igual à verificada (Tabela 10), enquadrando-se no escore 4 (talvez compraria/ talvez não compraria).



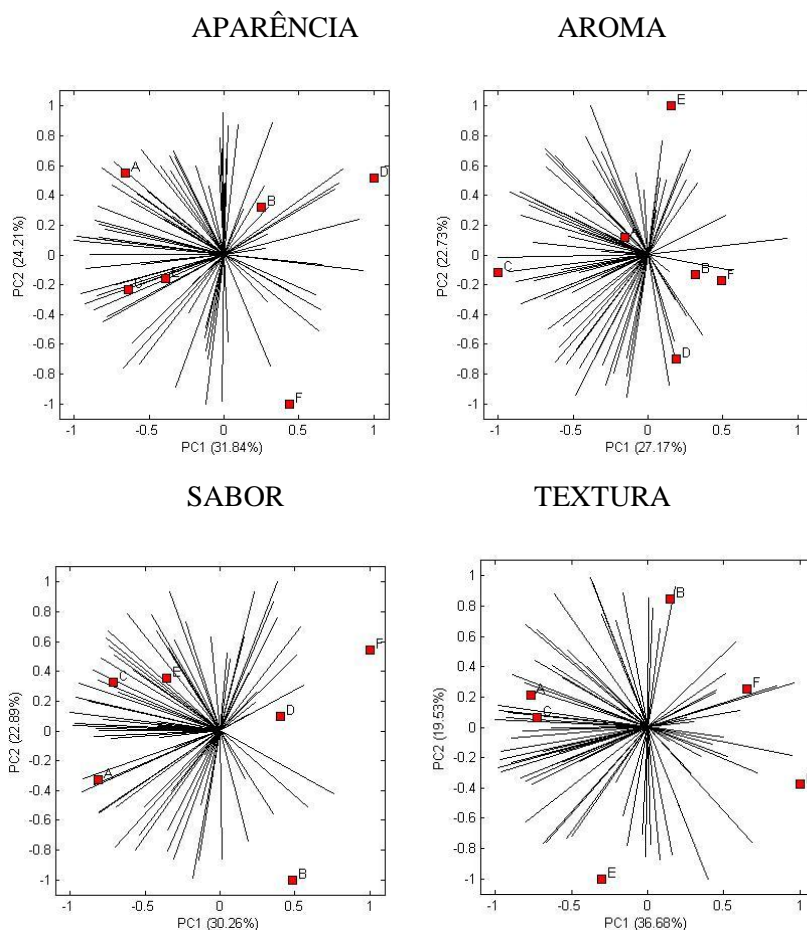
**Figura 3.** Histograma de frequência das notas atribuídas ao atributo impressão global das formulações avaliadas.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

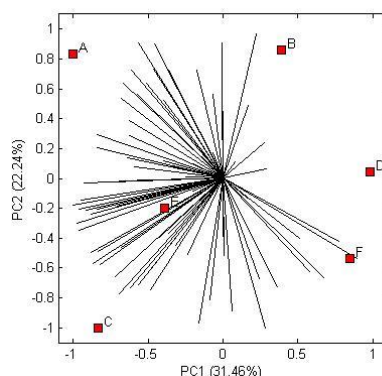
Os dados do teste de aceitação foram usados para gerar um mapa de preferência interno (MPI) e PARAFAC das amostras em todos os atributos analisados (Figura 4). Os mapas de preferência referentes aos atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, estão representados a seguir. Neste tipo de representação gráfica, os tratamentos são representados por pontos, seguidos de seu código e os provadores estão representados

por vetores. O mapa de preferência permite identificar, com base apenas em dados de aceitação, quanto um produto é preferido em função das suas características de qualidade.

Através da análise de variância, foi verificada diferença significativa entre as geleias obtidas para todos os parâmetros sensoriais avaliados ( $p < 0,05$ ). A Figura 4 mostra o mapa de preferências internas de três vias que representa a distribuição de consumidores, amostras e atributos sensoriais do consumidor.



## IMPRESSÃO GLOBAL



**Figura 4.** Mapas de preferência interno (MPI) das notas de aceitação dos atributos sensoriais das amostras de geleias de tamarilho e geleias mistas elaboradas com diferentes formulações. Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

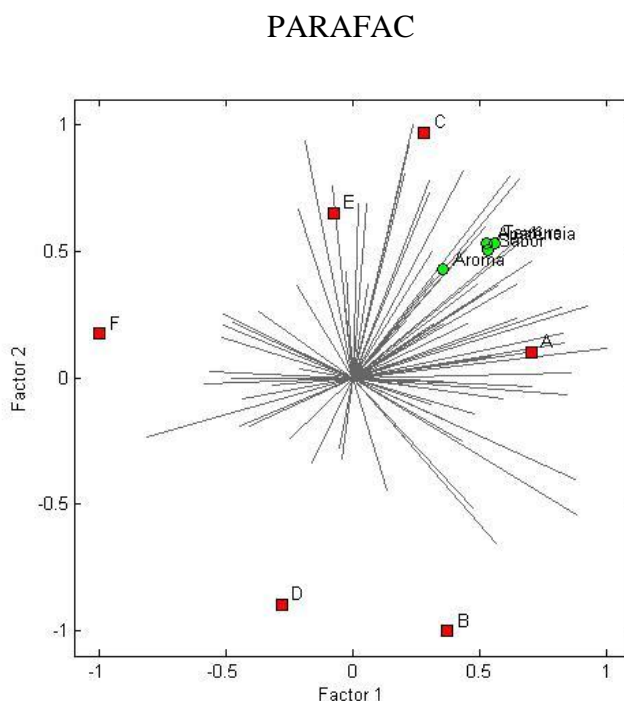
Observa-se na Figura 4 em relação ao atributo aparência, que o componente principal 1 (PC1) explicou 31,84% da variabilidade das amostras, enquanto o segundo (PC2) explicou 24,21%. Os dois explicaram 56,05% dos dados de aceitação. Quanto aos mapas de preferência para os atributos aroma, sabor e textura, os dois componentes principais explicaram respectivamente 49,85%, 53,15% e 56,21% da variabilidade das respostas. Apesar dos componentes principais explicarem pouco, nota-se que as amostras A (geleia extra de tamarilho), C (geleia extra de tamarilho adicionada de maracujá) e E (geleia extra de tamarilho adicionada de morango) situam-se mais próximas nos quadrantes, indicando que foram as mais preferidas. Em contrapartida, claramente as amostras de menor aceitação (B, D e F) situam-se mais distantes nos quadrantes.

A dispersão das seis amostras na representação gráfica dos MPI da aparência e sabor indicou maior concentração de vetores nas geleias A, C e E. Já no MPI da textura observou-se maior dispersão de vetores na direção das amostras A e C. Para o atributo impressão global, a representação gráfica mostrou maior proporção de vetores na direção das geleias A, C e E, e em menor concentração, mas considerável, na direção da amostra F. De modo geral, verificou-se que as amostras de maior aceitação foram as do tipo extra (A, C, E) sendo que os três diferentes sabores (tamarilho, tamarilho com maracujá, e tamarilho com morango) apresentaram boa aceitação.

O modelo de PARAFAC (*Parallel Factor Analysis*) apresentado na Figura 5 explicou 34,30% da variância, e o *Core Consistency Diagnostic* (CORCONDIA) do

modelo, explicou 69,55% da correlação entre os dois fatores, indicando que o modelo foi adequado. De acordo com o PARAFAC e a tabela de valores médios (Tabela 9), as geleias do tipo extra elaboradas com tamarilho (A), tamarilho e maracujá (C), tamarilho e morango (E) foram as amostras mais aceitas para todos os atributos sensoriais avaliados. As geleias elaboradas com os mesmos sabores, porém do tipo light, foram as menos aceitas, com ênfase para geleias light de tamarilho (B) e tamarilho com maracujá (D), com as menores pontuações para todos os atributos sensoriais.

Acredita-se que as características que influenciam a aceitabilidade das geleias estejam relacionadas à sua composição e coloração, as quais refletem no seu sabor e aparência geral. Em vista disso, o teste CATA (*Check-all-that-apply*) foi utilizado para auxiliar no entendimento das diferenças de aceitação sensorial das amostras. Conforme Dooley; Lee; Meullenet (2010), a principal vantagem do CATA é que este permite selecionar múltiplas opções, em vez de limitar os consumidores a selecionar apenas uma resposta ou concentrar sua atenção e avaliar atributos específicos.

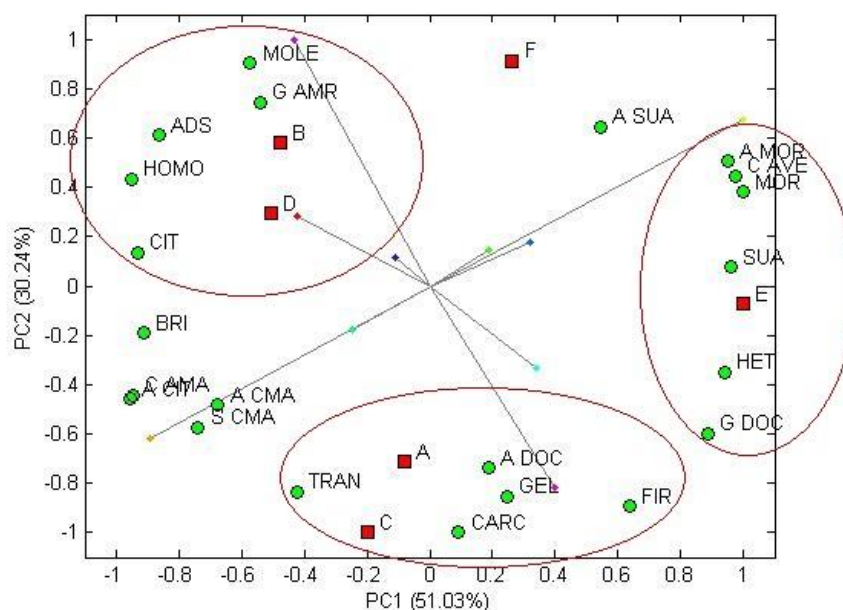


**Figura 5.** PARAFAC das notas de aceitação dos atributos sensoriais das amostras de geleias de tamarilho e geleias mistas elaboradas com diferentes formulações.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Para avaliar os resultados do teste CATA, foi gerado um mapa de preferência externo (MPE) (Figura 6) tendo como base frequência das contagens do número de vezes em que os avaliadores associaram cada termo descritivo às respectivas amostras, juntamente com as médias das notas da impressão global obtidas no teste de aceitação. A frequência de respostas para cada termo descritivo foi analisada através da análise de componentes principais (PCA).

Neste MPE foram utilizados o modelo vetorial, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,9520. Os tratamentos situaram-se próximos das características que mais foram citadas pelos avaliadores na análise sensorial. O primeiro componente principal explicou 51,03% das variações da aceitação entre as formulações, enquanto o segundo explicou 30,24%. Os dois componentes principais explicaram 81,27% dos dados de aceitação, sendo considerados suficientes para discriminar as amostras quanto à aceitação.



**Figura 6.** Mapa de preferência externo (MPE) obtido a partir dos termos sensoriais descritivos do *Check-all-that-apply* (CATA) na matriz de correlação com impressão geral do consumidor para as amostras de geleias de tamarilho e geleias mistas elaboradas com diferentes formulações.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

Termos descritivos: HOMO (homogênea), HET (heterogênea), BRI (brilhante), TRAN (translúcida), CARC (característica de geleia), C AMA (cor amarelada), C AVE (cor avermelhada), A DOC (aroma doce), A MOR (aroma morango), A SUA (aroma suave), A CMA (aroma característico de maracujá), A CIT (aroma cítrico), G DOC (gosto doce), G AMR (gosto amargo), MOR (sabor morango), SUA (sabor suave), CIT (sabor cítrico), ADS (sabor

adstringente), S CMA (sabor característico de maracujá), GEL (textura gelatinosa), MOLE (textura mole), FIR (textura firme).

A dispersão das seis amostras na representação gráfica indica a formação de três grupos distintos. Dois grupos formados pelas formulações elaboradas com maior teor de açúcar (geleias extra: A, C, E) e outro grupo formado pelas amostras com menor teor de açúcar (geleias light: B, D). De acordo com o PCA obtido a partir da frequência de respostas para cada formulação, pode-se verificar que as geleias com maior aceitação sensorial (A, C, E) foram caracterizadas por (A, C): translúcida, aparência característica de geleia, aroma doce, firme, gelatinosa; (E): heterogênea, cor avermelhada, sabor suave, sabor morango, gosto doce, aroma de morango. Essas características observadas nas geleias que obtiveram maior aceitabilidade, que levam ao gosto pela geleia, logo, o consumidor espera que a geleia de tamarilho e a sua geleia mista com morango e/ou maracujá tenha aroma doce e/ou de morango, aspecto translúcido, sabor suave e/ou de morango, sabor doce, cor avermelhada, e textura firme e gelatinosa. As geleias do terceiro grupo (B, D) que apresentaram menor aceitabilidade, foram caracterizadas por: homogênea, gosto amargo, adstringente, sabor cítrico, mole. Estas características podem refletir nos atributos e assim contribuir negativamente para a aceitação destas geleias light: B, D. A geleia do tratamento F não se agrupou às demais, sendo caracterizada apenas pelo termo descritivo aroma suave.

**Tabela 10.** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) da intenção de compra das geleias.

<b>Intenção de Compra</b>	
<b>A</b>	3,86 $\pm$ 0,79 a
<b>B</b>	3,36 $\pm$ 0,10 b
<b>C</b>	3,98 $\pm$ 0,99 a
<b>D</b>	3,19 $\pm$ 1,11 b
<b>E</b>	3,62 $\pm$ 1,07 ab
<b>F</b>	3,24 $\pm$ 1,13 b

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si na vertical pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos: A (geleia extra de tamarilho); B (geleia light de tamarilho); C (geleia extra de tamarilho com maracujá); D (geleia light de tamarilho com maracujá); E (geleia extra de tamarilho com morango) e F (geleia light de tamarilho com morango).

De acordo com a Tabela 10, foi observada diferença ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos A, C e E (geleias extra) para B, D e F (geleias light), sendo que estas últimas apresentaram menores médias nos escores. Os tratamentos A e C apresentaram as maiores médias, equivalendo ao escore 4 correspondente ao termo “certamente compraria”. Os demais

tratamentos obtiveram escores equivalentes ao termo “talvez compraria/ talvez não compraria”.

#### **4. CONCLUSÃO**

As geleias de tamarilho e as geleias de tamarilho com morango apresentaram maior conteúdo de vitamina C, sendo esta última marcada por maior teor de compostos fenólicos em relação à demais. A geleia light de tamarilho com maracujá expressou maior composição em carotenoides totais. De modo geral todos os tratamentos apresentaram coloração intensa, sendo as geleias de tamarilho e tamarilho com maracujá com tendência de coloração amarelada, e tendência ao avermelhado nas geleias de tamarilho com morango. As geleias extra apresentaram textura firme em relação às geleias light que exprimiram textura mais frágil. Pode-se inferir que as geleias elaboradas, particularmente aquelas do tipo extra, são viáveis do ponto de vista sensorial, sendo a geleia extra de tamarilho e a geleia extra de tamarilho com maracujá, as que apresentaram maior aceitação. Embora as geleias produzidas tenham perdido parte dos compostos bioativos dos frutos in natura durante seu processamento, os resultados encontrados foram satisfatórios e semelhantes aos encontrados em outros estudos e em demais frutos do Cerrado.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

#### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, J. A.; CURI, P. N.; PIO, R.; PENONI, E. S.; PASQUAL, M.; SOUZA, V. R. Characterization, processing potential and drivers for preference of pepper cultivars in the production of sweet or spicy jellies. **Journal Food Science Technology**, v. 56, n. 2, p. 624-633, 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, 3000p., 2016.



ARES, G.; GIMÉNEZ, A.; BARREIRO, C.; GÁMBARO, A. Use of an open-ended question to identify drivers of liking of milk desserts. Comparison with preference mapping techniques. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 3, p. 286-294, 2010.

BASU, S.; SHIVHARE, U.S.; SINGH, T.V.; BENIWAL, V.S. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. **Journal of Food Engineering**, v. 105, p. 503-512, 2011.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; SANT'ANA, H. M. P. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2151-2154, 2011.

CARRILLO-PERDOMO, E.; ALLER, A.; CRUZ-QUINTANA, S.M.; GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M. Andean berries from Ecuador: a review on botany, agronomy, chemistry and health potential. **Journal of Berry Research**, v. 5, n. 2, p. 49-69, 2015.

CUNHA, M. C. da. **Impacto do processamento, da embalagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Minas Gerais, 126p., 2016.

DOOLEY, L.; LEE, Y.-S.; MEULLENET, J.-F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 4, p. 394-401, 2010.

GARCIA, L. G. C.; GUIMARÃES, W. F.; RODOVALHO, E. C.; PERES, N. R. A. A.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016043, 2017.

GOULART, N. M. V. Caracterização do tamarilho (*Solanum betaceum* Cav.) em cinco estádios de desenvolvimento. 2019. (*Artigo 01*).

GUILHERME, P. R.; PESSATTO, C. C.; ZAIKA, W. R.; QUAST, E.; QUAST, L. B.; ORMENESE, R. C. S. C.; RAUPP, D. S. Desenvolvimento de geleia de tamarillo contendo polpa integral. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 141-149, 2012.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MCGUIRE, R. G. **Reporting of objective color measurements**. HortScience, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEDINA, M.B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 79-87, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Ministério da Saúde assina primeiro acordo para redução de açúcar em alimentos. Novembro, 2018. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/44769-ministerio-da-saude-assina-primeiro-acordo-para-reducao-de-acucar-em-alimentos>>. Acesso em 22 de março de 2019.

MUTALIB, A. M.; RAHMAT, A.; ALI, F.; OTHMAN, F.; RAMASAMY, R. Nutritional Compositions and Antiproliferative Activities of Different Solvent Fractions from Ethanol Extract of *Cyphomandra betacea* (Tamarillo) Fruit. **Malayos Journal Medical Sciences**, v. 24, n. 5, p. 19-32, 2017.

NUNES, C. A.; BASTOS, S. C.; PINHEIRO, A. C. M.; PIMENTA, C. J.; PIMENTA, M. E. S. G. Relating consumer acceptance to descriptive attributes by three-way external preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal of Sensory Studies**, v. 27, n. 4, p. 209-216, 2011.

PAULA, B.; CARVALHO, C. D. FO.; MATTA, V. M.; MENEZES, J. S.; LIMA, P. C.; PINTO, C. O.; CONCEIÇÃO, L. E. M. G. Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1688-1693, 2012.

PEARSON, J. F.; PULLAR, J. M.; WILSON, R.; SPITTLEHOUSE, J. K.; VISSERS, M.; SKIDMORE, P. M.; WILLIS, J.; CAMERON, V. A.; CARR, A. C. Vitamin C status correlates with markers of metabolic and cognitive health in 50-year-olds: findings of the CHALICE cohort study. **Nutrients**, v. 9, n. 8, p. 831, 2017.

PEREIRA, H. L.; SILVA, S. P.; SANTOS, T. A.; OLIVEIRA, L. F.; OLIVEIRA, I.P. Produção de geleia mista "geleado". **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 7, p.130-153, 2014.

PRECIADO-IÑIGA, G. E.; AMADOR-ESPEJO, G. G.; BÁRCENAS, M. E. Blanching and antimicrobial mixture (potassium sorbate–sodium benzoate) impact on the stability of a tamarillo (*Cyphomandra betacea*) sweet product preserved by hurdle technology. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 740-748, 2018.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum. complex: specific application to the determination of vitamin E. **Analytical Biochemistry**, v. 269, p. 337-341, 1999.

R Core Team (2015). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: **Internacional Life Sciences Institute Press**, 64 p. 2001.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., JIMENEZ, J. P., CALIXTO, F. D. S. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS e FRAP**. Comunicado Técnico Online Embrapa 127. Fortaleza, CE. 2007.

RUTZ, J. K.; VOSS, G. B.; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B. BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Caracterização de geleia de *Physalis peruviana* L. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 369-375, 2012.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 101p., 2009.

SANTOS, P. R. G.; CARDOSO, L. M.; BEDETTI, S. F.; HAMACECK, F. R.; MOREIRA A. V. B.; MARTINO, H. S. D.; SAN'ANA, H. M. P. Geleia de cagaita (*Eugenia*

*dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Rev Inst AdolfoLutz**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 281-90, 2012.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305-311, 2018.

SHINWARI, K. J.; RAO, P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, p. 181-193, 2018.

SILVA, F. S. **Elaboração de geleia com mix de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) e mangaba (*Hancornia speciosa*) e avaliação dos parâmetros de qualidade**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Tocantins- UFTO, Palmas, Tocantins, 74p., 2017.

SOUZA, H. R. S.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; SILVA, A. M. O.; NUNES, T. P.; CARVALHO, M. G. Elaboração e avaliação da qualidade de geleia de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. C.) e mangaba (*HancorniaSpeciosa* G.) com alegação funcional. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 25, n.3, 104-113, 2018.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. **Madrid: Paz Montalvo**, v. 428 p, 1967.

ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F.; BRUSCATTO, M. Avaliação das características e estabilidade de geléias light de morango. **Alimentos Nutrição**, Araraquara v. 17, n. 2, p. 165-170, 2006.