

CAMILLA SENA DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DA MANGA 'UBÁ' (*Mangifera indica*
L. var. Ubá) PELA ANÁLISE DE SUAS PROPRIEDADES
FÍSICO-QUÍMICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Paulo Cesar Corrêa

Coorientadora: Renata Cássia Campos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586d
2021
Silva, Camilla Sena da, 1990-
Determinação do ponto de colheita da manga 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) pela análise de suas propriedades físico-químicas / Camilla Sena da Silva. – Viçosa, MG, 2021.

63 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cesar Corrêa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 54-61.

1. Manga - Maturação. 2. Reologia. 3. Cor dos alimentos.
4. Textura dos alimentos. 5. Sólidos . I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 634.44

CAMILLA SENA DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DA MANGA 'UBÁ' (*Mangifera indica*
L. var. Ubá) PELA ANÁLISE DE SUAS PROPRIEDADES
FÍSICO-QUÍMICAS**

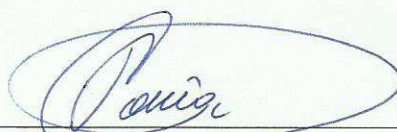
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 06 de maio de 2021.

Assentimento:



Camilla Sena da Silva
Autora



Paulo Cesar Corrêa
Orientador

Aos meus pais, Maria Eterna e Carlos Roberto, pelo apoio e incentivo. Ao meu irmão Carlos Eduardo, pela atenção, cumplicidade e paciência. Aos meus amigos que de alguma forma sempre estiveram presentes durante esse período.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para concluir mais essa etapa da minha vida.

Aos meus pais, sempre dispostos a me ouvir e dar conforto em todos os momentos, além de não medirem esforços para que esse dia se tornasse possível.

Ao meu irmão Carlos Eduardo, pelo companheirismo desde os primeiros dias da minha vida.

À minha saudosa avó materna, Neci Ramos de Sena (*in memoriam*), por todo amor e atenção concedidos, e por se fazer presente em todos os momentos da minha vida.

Ao professor Paulo Cesar, pela oportunidade, apoio, orientação e confiança.

Aos professores Paulo Roberto Cecon, Regina Célia Santos Mendonça, Fernanda Machado Baptestini, Renata Cássia Campos e Cristiane Fernandes Lisboa, pelos conselhos e dicas que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

A Luciana, técnica de laboratório do Departamento de Química - UFV, pela paciência, disponibilidade e auxílio com as análises.

À toda família de Freitas Coelho, pela doação das mangas 'Ubá', fundamentais para execução deste trabalho.

À Ana Paula, pelo apoio desde os tempos de graduação e incentivo para ingressar no mestrado.

A todos do Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas (Juliana, Diana e Marcos) pelos momentos de ajuda e aprendizado.

As amigas Bruna e Caroline pela amizade sincera, ajuda e apoio incondicional.

À amiga Ianka pelos momentos de descontração.

Aos professores e funcionários do DEA pela amizade e pelos ensinamentos ao longo desta caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa, pela infraestrutura concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

CAMILLA SENA DA SILVA, filha de Carlos Roberto Cândido da Silva e Maria Eterna Sena da Silva, nasceu no dia 14 de maio de 1990 em Ponte Nova, Minas Gerais.

Em março de 2009 ingressou no curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em agosto de 2014. No ano de 2015 atuou como monitora agrícola na Fazenda São Francisco, Riachão das Neves-BA, onde trabalhou com a cultura do algodão. Posteriormente, em 2017, iniciou trabalhos de pesquisa na EPAMIG-Sudeste, Viçosa-MG, como bolsista de Capacitação Tecnológica, exercendo atividades com experimentos de café orgânico e convencional.

Em março de 2019 ingressou como estudante de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na UFV, na área de pós colheita e armazenamento de produtos agrícolas, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de *Magister Scientiae*, em maio de 2021.

RESUMO

SILVA, Camilla Sena da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2021. **Determinação do ponto de colheita da manga 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) pela análise de suas propriedades físico-químicas.** Orientador: Paulo Cesar Corrêa. Coorientadora: Renata Cássia Campos.

A manga 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) é de grande importância para os produtores da Zona da Mata de Minas Gerais, que através da comercialização de seus frutos e produtos processados complementam sua renda. A maior parte da produção é vendida para as indústrias de sucos e polpa que se encontram na região, que adquirem os frutos devido às suas ótimas características como rendimento, cor da polpa e teor de sólidos solúveis. Por ser um fruto climatérico, durante seu processo de maturação a manga sofre alterações fisiológicas em sua composição e aparência física. Para atender aos critérios de qualidade da indústria e dos consumidores é necessário que os frutos se encontrem sadios e livres de injúrias. A colheita antecipada e os danos mecânicos que ocorrem durante a colheita e pós-colheita são os principais fatores que comprometem a qualidade e a vida de prateleira dos frutos. O entendimento dos processos físico-químicos que ocorrem durante as diferentes fases de amadurecimento da manga através de testes de compressão, penetração e análises químicas pode ajudar na escolha do ponto ideal de colheita e da influência exercida por danos mecânicos na qualidade do produto. Com estas considerações, este trabalho objetivou avaliar as propriedades físico-químicas da manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram adquiridos de um sítio, situado no município de Guidoal-MG. Foram selecionados e classificados em quatro estádios de maturação: verde, verdoengo, semi-maduro e maduro. O fruto inteiro foi submetido aos testes de compressão, penetração e análise de cor. Para a polpa foram avaliados o teor de sólidos solúveis, pH e cor. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com nove repetições para as análises químicas e dez para as de textura. Observou-se que o avanço da maturação resultou na diminuição da força máxima de penetração, que passou de 57,37, 30,89 e 27,48 N para 11,79, 1,61 e 4,81 N, para o fruto inteiro com casca, polpa e casca, nesta ordem, ocorrendo o mesmo para a força de compressão que decresceu de 277,27 para 32,51 N, do estágio 1 para o 4. A maturação da manga 'Ubá' pode ser analisada através da cor da casca e da polpa por

meio do sistema CIE, que utiliza as coordenadas L^* , a^* e b^* , devido a constatação da relação da evolução dos seus valores com o processo de amadurecimento dos frutos. Quanto ao teor de sólidos solúveis, pH e ratio, ocorreu aumento com a maturação, passando de 8,57, 3,64 e 37,55 no estágio verde para 21,63, 4,58 e 307,62 no estágio maduro, respectivamente, enquanto a acidez total titulável diminuiu, alcançando o valor de 0,07 em porcentagem de ácido cítrico no estágio maduro. Com base nos resultados da pesquisa, a colheita da manga 'Ubá' pode ser realizada no estágio verdeoengo, pois apresenta valores de sólidos solúveis totais de 12,05, pH de 3,89 e ratio de 89,63, se enquadrando nas normas presentes na legislação vigente, associado a coloração amarelada da polpa, definida pelo aumento da coordenada a^* de 4,12 para 23,78, e da coordenada b^* , de 60,43 para 81,71, importante parâmetro para a comercialização dos frutos, além de ter sido constatado através dos testes de penetração e compressão a firmeza maior que os estádios semi-maduro e maduro, mas não tão elevada quanto o estágio verde, características relevantes para o manuseio nas etapas e operações de pós-colheita do produto.

Palavras-chave: Maturação. Cor. Reologia. Sólidos solúveis totais. Textura.

ABSTRACT

SILVA, Camilla Sena da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2021. **Determination of the harvest point of the mango 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) by analyzing its physicochemical properties.** Adviser: Paulo Cesar Corrêa. Co-adviser: Renata Cássia Campos.

The mango 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) is of great importance for producers in the Zona da Mata of Minas Gerais, supplementing their income through the commercialization of its fruits and processed products. The majority of the Ubá crop is sold to the juice and pulp industries located in the region, which select the fruits due to their excellent characteristics including yield, color of the pulp and content of soluble solids. As a climacteric fruit, during its maturation process the mango undergoes physiological changes in its composition and physical appearance. To meet industry quality criteria and satisfy consumers, it is necessary that the fruits be healthy and free from injuries. Premature harvest and mechanical damage that can occur during harvest and post-harvest are the primary factors that may compromise the quality and shelf life of the fruits. Understanding the physical-chemical processes that occur during the different stages of mango ripening through compression tests, penetration and chemical analysis can aid in choosing the ideal harvest point and determining the influence of mechanical damage on the quality of the product. With these considerations, this work aims to evaluate the physicochemical properties of mango 'Ubá' at different ripening stages. The fruits, which were purchased from a farm located in the municipality of Guidoal-MG. Were selected and classified in four ripening stages: green, greenish, semi-mature and mature. The whole fruit was subjected to compression tests, penetration and color analysis. For the pulp, the content of soluble solids, pH and color were evaluated. The experiment was conducted in a randomized design, with nine repetitions for chemical analysis and ten for texture analysis. It was observed that the advance of maturation resulted in a decrease in the maximum penetration force, which went from 57,37, 30,89 and 27,48 N to 11,79, 1,61 and 4,81 N, for the whole fruit with peel, pulp and peel, in this order, the same occurred for the compression force, which decreased from 277,27 to 32,51 N, from stage 1 to 4. The maturation of 'Ubá' mango can be analyzed through color of the skin and pulp through the CIE system, which uses the coordinates L*, a* and b*, due to the observation of the

relationship of the evolution of their values with the ripening process of the fruits. As for the soluble solids content, pH and ratio, there was an increase with maturation, going from 8,57, 3,64 and 37,55 in the green stage to 21,63, 4,58 and 307,62 in the mature stage, respectively, while the total titratable acidity decreased, reaching the value of 0,07 in percentage of citric acid in the mature stage. Based on the research results, the harvest of mango 'Ubá' can be carried out in the greenish stage, as it presents total soluble solids values of 12,05, pH of 3,89 and ratio of 89,63, meeting current standards in the current legislation, associated with the yellowish color of the pulp, defined by the increase of coordinate a* from 4,12 to 23,78, and coordinate b*, from 60,43 to 81,71, an important parameter for the commercialization of fruits, besides having been verified through the penetration and compression tests the firmness greater than the semi-ripe and mature stages, but not as high as the green stage, relevant characteristics for the handling in the stages and post-harvest operations of the product.

Keywords: Maturation. Color. Total soluble solids. Rheology. Texture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área estimada plantada com manga nos anos de 2017 e 2018, nas regiões mais produtoras.....	20
Figura 2. Principais causas de perdas na cadeia produtiva e comercialização de manga.....	21
Figura 3. Danos superficiais em manga cv Tommy Atkins decorrente de compressão (1) e abrasão (2) resultante do contato com partes rígidas da linha de processamento.....	23
Figura 4. Fluxograma com resumo da metodologia aplicada.....	30
Figura 5. Frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação. A: Verde; B: Verdoengo; C: Semi-maduro; D: Maduro.....	31
Figura 6. A: Sistema de cor CIEL*a*b*; B: Espaço de cor CIELab bidimensional a*b*, onde o plano C representa o índice de saturação croma e H o ângulo Hue.....	32
Figura 7. Máquina Universal de testes modelo TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems.....	34
Figura 8. Ilustração do teste de penetração do fruto inteiro, da casca (A), e da polpa (B).....	35
Figura 9. Ilustração do teste de compressão.....	36
Figura 10. Ilustração da coloração da casca e da polpa de frutos de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação: verde (1), verdoengo (2), semi-maduro (3) e maduro (4).....	40
Figura 11. Comportamento das coordenadas 'a*', 'b*' e 'L*' da casca e polpa dos frutos de manga 'Ubá', em quatro estádios de maturação: (1) Verde; (2) Verdoengo; (3) Semi-maduro; (4) Maduro.....	41
Figura 12. Croma (C), ângulo Hue (°hue) e diferença total de cor (ΔE), para casca e polpa de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação: (1) Verde; (2) Verdoengo; (3) Semi-maduro; (4) Maduro.....	44
Figura 13. Comportamento colorimétrico no espaço de cor CIELab dos quatro estádios de maturação da manga 'Ubá'	46
Figura 14. Força máxima de penetração do fruto inteiro (PIC), da polpa (PP) e da casca (PC) para frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação: Verde (1), Verdoengo (2); Semi-maduro (3) e Maduro (4).....	51
Figura 15. Força máxima de compressão para frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação: Verde (1), Verdoengo (2); Semi-maduro (3) e Maduro (4).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valor nutricional da manga para cada 100 gramas de polpa.....	18
Tabela 2. Equações utilizadas em colorimetria na área agrícola.....	27
Tabela 3. Valores médios das coordenadas a^* , b^* L^* e dos índices colorimétricos croma (Cr), ângulo hue e diferença total de cor (ΔE), para manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.....	39
Tabela 4. Valores médios dos índices colorimétricos croma (C), ângulo hue e diferença total de cor (ΔE), para manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.....	42
Tabela 5. Valores médios para sólidos solúveis (SST), pH, acidez titulável (ATT) e Ratio de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.....	47
Tabela 6. Valores médios de penetração do fruto inteiro com a casca (PIC), penetração da polpa (PP), penetração da casca (PC) e compressão do fruto (CP), para manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.....	50
Tabela S1. Resumo da Análise de variância da análise de cor da casca e da polpa das coordenadas a^* , b^* L^* e dos índices colorimétricos croma (C), ângulo hue e diferença total de cor (ΔE), para os respectivos tratamentos (TR).....	63
Tabela S2. Resumo da Análise de variância das análises de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (ATT) e Ratio, para os respectivos tratamentos (TR).....	63
Tabela S3. Resumo da Análise de variância das análises de penetração do fruto inteiro com a casca (PIC), penetração da polpa (PP), penetração da casca (PC) e compressão do fruto (CP) para os respectivos tratamentos (TR).....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. A manga Ubá.....	17
2.2. Importância econômica da mangueira.....	19
2.3. Perdas durante a pós-colheita.....	20
2.4. Danos mecânicos.....	23
2.5. Propriedades físico-químicas.....	24
2.5.1. Textura.....	24
2.5.2. Cor.....	26
2.5.3. Teor de sólidos solúveis totais (SS).....	28
2.5.4. Acidez e pH.....	29
2.5.5. Relação Sólidos solúveis/acidez titulável (RATIO).....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1. Matéria-prima.....	31
3.2. Avaliação da cor da casca e da polpa.....	32
3.3. Avaliação da textura.....	33
3.3.1. Avaliação da textura através do teste de penetração.....	34
3.3.2. Avaliação da compressão do fruto inteiro com casca.....	35
3.4. Teor de sólidos solúveis.....	36
3.5. pH.....	36
3.6. Acidez titulável.....	37
3.7. Relação sólidos solúveis/acidez titulável (RATIO).....	38
3.8. Análises estatísticas.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Diferenças na cor da casca e da polpa nos quatro estádios de maturação.....	38

4.1.1. Evolução das coordenadas 'a', 'b' e 'L'.....	38
4.1.2. Diferença total de cor e evolução dos índices cromáticos hue e croma..	42
4.2. Avaliação das propriedades químicas.....	47
4.3. Avaliação das mudanças texturais.....	50
5. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE.....	62

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira tem posição privilegiada na produção mundial, ocupando a terceira posição, ficando atrás apenas da China e da Índia. A produção anual de frutas gira em torno de 40 milhões de toneladas, ocupando área superior a 2 milhões de hectares (FAO, 2017; ANDRADE, 2020). No cenário das exportações, a manga é a fruta mais exportada pelo Brasil, tendo um aumento de 30% no ano de 2019 em comparação ao ano anterior, sendo exportadas cerca de 221,913 mil toneladas da fruta (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2019).

A comercialização da manga para o mercado externo e interno é feita tanto na forma de frutos in natura como processados, podendo ser esses provenientes do cultivo orgânico e/ou convencional (PINTO; PINHEIRO; GUIMARÃES, 2011). Para o sucesso da produção e comercialização além de seguir as normas de padronização dos mercados nacional e internacional é necessário que o produtor/exportador fique atento a qualidade do produto ofertado, principalmente quanto a sua aparência e sabor (LIMA; MIRANDA, 2000).

A mangueira 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) é a principal variedade cultivada pelos produtores da região da Zona da Mata de Minas Gerais, sendo fonte de renda para muitas famílias locais, que vendem os frutos para o consumo in natura, na forma de doces (mangada), geleias e polpas. Nas indústrias locais produtoras de suco, a manga 'Ubá' é a principal cultivar utilizada devido a coloração amarelo alaranjada da sua polpa e sabor extremamente agradável, agradando os consumidores (SILVA et al., 2012).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores e pelas indústrias é a identificação do ponto ideal de colheita, garantindo as melhores qualidades físicas, químicas e nutricionais dos frutos. Além disso, a colheita sem padronização, utilizando o método de derrubar todos os frutos da planta de uma só vez, causa danos mecânicos nos frutos, comprometendo a qualidade necessária para a obtenção de polpas com a qualidade exigida pela indústria (BENEVIDES et al., 2008). Aliado a esses fatores, as condições de transporte, armazenamento e manuseio do produto durante toda a cadeia produtiva geram grandes perdas em quantidade e qualidade.

As transformações físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas continuam a ocorrer após a colheita da manga, por essa ser um fruto climatérico. Essas alterações aceleram seu amadurecimento diminuindo a vida de prateleira e seu preço

de mercado já que os consumidores preferem frutos com determinado padrão de coloração e livre de sinais de doenças.

Alternativas para a diminuição de perdas dos frutos, tanto em quantidade quanto em qualidade podem estar relacionadas a colheita no estágio correto de maturação dos frutos, na diminuição dos danos mecânicos que podem ocorrer durante a colheita e pós-colheita e no entendimento das propriedades físico-químicas nos diferentes estádios de maturação.

A relação da textura dos frutos com o estágio de maturação pode ser obtida por meio de testes físicos e imitativos, que envolvem a ruptura do produto analisado (VOISEY, 1971). Entretanto, estes têm o inconveniente de serem destrutivos, impossibilitando a análise da textura do mesmo produto ao longo do tempo. Penetração e cisalhamento são os principais testes destrutivos para a avaliação da textura em alimentos (ABBOTT, 1999; BOURNE, 2002). Por outro lado, desenvolveram-se testes alternativos não-destrutivos, em que pequenas deformações (menor que 10% do tamanho da amostra) são empregadas para a análise da textura de produtos. A compressão e a relaxação são os principais testes não-destrutivos. Ambas as análises, destrutivas e não-destrutivas, possibilitam a aquisição de dados relativos à consistência e resistência dos tecidos vegetais mediante a aplicação de uma força qualquer, relacionando-a com uma deformação específica ou com o tempo total de teste (OLIVEIRA, 2010; REIS, 2013).

A cor é normalmente utilizada como indicador da vida de prateleira dos frutos. O estágio de maturação dos frutos pode ser correlacionado com a cor, analisada objetivamente por diferentes sistemas, sendo que o sistema CIE 1976, que utiliza as coordenadas L^* , a^* e b^* , é o mais difundido no meio científico. Uma das vantagens da colorimetria é que trata-se de uma análise não destrutiva, que no caso da avaliação de estádios de maturação de frutas permite determinar características sem remoções de amostras ou uso de materiais (MOTTA et al., 2015).

As características químicas, como a medida do pH determina a atividade enzimática, o grau de deterioração do alimento, a variação de textura, o grau de maturação de frutas e hortaliças e a escolha de embalagens e meio de conservação adequados (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Ademais, o teor dos sólidos solúveis é outra característica que influencia a qualidade de alimentos, pois quanto maior a quantidade destes sólidos, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada aos frutos, quando processados pela indústria, diminuindo o custo de produção e

aumentando a qualidade do produto (ARAÚJO, 2001), além de influenciar a palatabilidade do fruto in natura.

No sentido de trazer uma contribuição a um melhor entendimento dos processos de maturação e senescência pós-colheita da manga 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá), o presente trabalho teve como objetivo geral identificar o ponto ideal da colheita da manga 'Ubá', por meio das avaliações das propriedades físico-químicas em diferentes estádios de maturação.

Os objetivos específicos foram:

- Verificar as propriedades texturais da casca e da polpa dos frutos de manga 'Ubá' por meio da análise do esforço de compressão e penetração;
- Relacionar os índices colorimétricos da casca e da polpa dos frutos de manga 'Ubá' com o estágio de maturação dos frutos;
- Avaliar a influência do estágio de maturação das mangas 'Ubá' nas propriedades físico-químicas dos frutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A manga ‘Ubá’

A mangueira *Mangifera indica* L. var. ‘Ubá’ é da classe Dicotiledônea, pertencente à família Anarcadiaceae e gênero *Mangifera*, o qual possui muitas outras espécies de frutos comestíveis, mas somente a *Mangifera indica* L. é cultivada para fins comerciais (EMBRAPA, 2000).

A manga é uma fruta tropical, com origem no sul da Ásia, mais precisamente na Índia, e introduzida no Brasil no século XVI, onde deu origem a diversas variedades (MEDEIROS et al., 2011). Devido à suas boas características organolépticas, a fruta é consumida mundialmente, de diversas formas, seja in natura ou de forma industrializada, através de sucos, sorvetes, polpas ou néctares (SOUZA et al., 2016).

Para a escolha de qual variedade plantar, são levadas em consideração características como quantidade de fibras, teor de sólidos solúveis totais, cor do fruto, resistência à danos mecânicos e a doenças, elevada produtividade e baixa incidência de colapso interno da polpa (MOUCO, 2010).

Segundo Benevides et al. (2008), grande parte das variedades presentes no Brasil são provenientes de seleção e melhoramento genético, objetivando diminuir a quantidade de fibras presentes na polpa e frutos de coloração vermelha e rosada, mais procurados para exportação. Por outro lado, para as indústrias de processamento de frutas, o principal atributo avaliado é a porcentagem de polpa e seu alto teor de sólidos solúveis, além de ausência ou baixa quantidade de fibras (GONÇALVES et al., 1998).

Além da importância econômica da manga, tanto para exportação quanto para as indústrias locais, essa possui alto valor nutricional, sendo fonte de antioxidantes e com altos níveis de vitamina A e C (Tabela 1). Também é fonte de fibras e sais minerais, componentes essenciais na composição do sangue, hormônios, músculos e enzimas (ROIZEN & PUMA, 2001).

Tabela 1. Valor nutricional médio da manga para cada 100 gramas de polpa.

Composição	Valor em 100 g
Água	82,6 g
Calorias	62 Kcal
Proteínas	0,6 g
Gordura	0,3 g
Carboidratos	15,9 g
Fibras	0,8 g
Cálcio	21 mg
Fósforo	17 mg
Ferro	0,78 mg
Sódio	3 mg
Potássio	214mg
Magnésio	18 mg
Betacaroteno	1,9 mg
Tiamina	0,06 mg
Riboflavina	0,6 mg
Vitamina A	630 mg
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,06 mg
Vitamina B5	0,4 mg
Vitamina C	53 mg

Fonte: United States Department of Agriculture – USDA (2020)

A mangueira *Mangifera indica* L. var. Ubá é muito cultivada na região da Zona da Mata de Minas Gerais, sendo o seu cultivo realizado tanto para fins domésticos quanto comerciais, com produção destinada às agroindústrias locais de sucos e néctares (RAMOS et al., 2005). Seu fruto é pequeno, com peso entre 85 a 171 g, de forma oblonga-oval, com casca amarelada e fina e de polpa firme, saborosa, suculenta e com poucas fibras (MANICA et al., 2001). Ao ser processado, os frutos de manga ‘Ubá’ mantêm suas características de cor e aroma, mantendo também valores nutricionais como teores de vitamina A e C e potássio (BENEVIDES et al., 2007).

Com todas essas características, o suco do fruto de manga ‘Ubá’ tem sido amplamente usado na indústria de sucos e néctares para ser misturado com o suco de outros cultivares, para acentuar a cor e o sabor (STRUIVING, 2015). Devido ao aumento do consumo de sucos de frutas industrializadas nos últimos tempos (LINHARES & DO CARMO, 2018), o setor da indústria de sucos no Brasil está em franca expansão, aumentando à procura por matérias-primas de melhor qualidade. Para atender a essa demanda, faz-se necessário melhorar a qualidade das frutas, desde o plantio até a pós-colheita.

A manga 'Ubá' produzida na região da Zona da Mata de Minas Gerais, por ter a maior parte da sua produção advinda de pequenos produtores, tem pouco destaque no comércio internacional de frutas frescas e processadas. Isso ocorre devido à falta de padronização das frutas quanto à uniformidade, sabor, coloração e grau de maturação, fatores imprescindíveis para aceitação no mercado estrangeiro (RAMOS et al., 2010).

2.2. Importância econômica da mangueira

No mercado brasileiro, a manga é um dos principais produtos comercializados, tendo grande importância no mercado interno e externo. Em 2017 foram produzidas no Brasil por volta de 1,1 milhão de toneladas de manga, com produtividade média de 17 toneladas por hectare (IBGE, 2018). Nesse mesmo ano, em Minas Gerais, a produção chegou a 68,8 mil toneladas, representando 6,3% do total nacional (IBGE, 2018). Dentre as cinco regiões brasileiras, o Nordeste se destaca no cultivo da manga, sendo responsável por 76,3% da produção do país, seguida pelo Sudeste com 22,9%, Sul com 0,5%, Centro-Oeste com 0,2% e Norte com 0,1% (IBGE, 2018).

No Brasil, o total de área colhida com manga passa dos 65 mil hectares. Os estados da Bahia e Pernambuco são os que possuem maior área colhida e maior rendimento da produção (IBGE, 2018). Com o aumento da área cultivada com manga e o uso de novas técnicas e variedades no plantio, o Brasil hoje ocupa a sétima posição em exportação de mangas no mundo, sendo o vale do São Francisco responsável por 85% das exportações realizadas da fruta in natura (FAO, 2017; VALEXPOR, 2016). Na Figura 1, é possível observar o aumento da área plantada entre os anos de 2017 e 2018 nas maiores regiões produtoras de manga (HORTIFRUTI BRASIL, 2019).

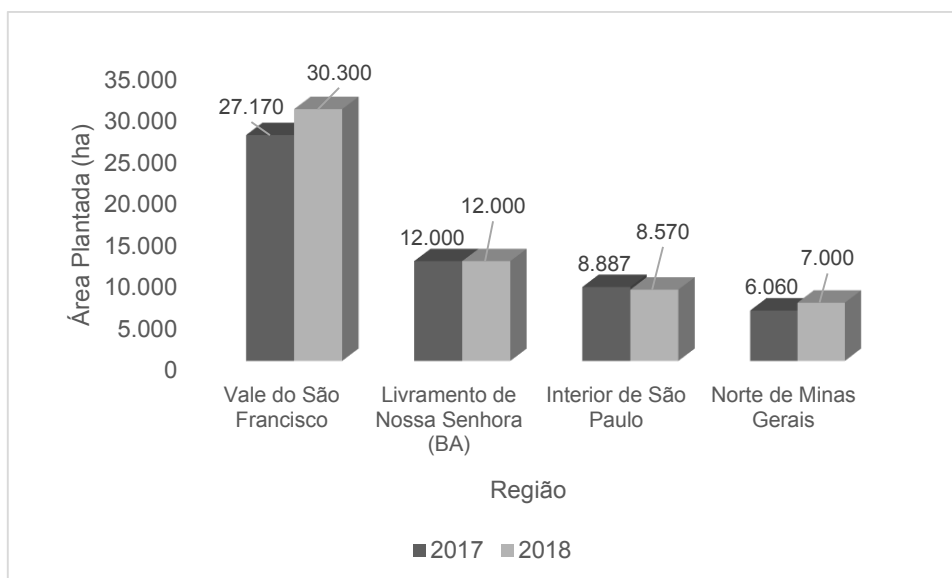


Figura 1. Área estimada plantada com manga nos anos de 2017 e 2018, nas regiões mais produtoras. Fonte: Hortifruti Brasil (2019).

Em 2018, as frutas nacionais mais exportadas em volume e em valor pelo Brasil foram a manga e o melão. As vendas foram de US\$ 177,31 milhões em mangas e de US\$ 136,05 milhões em melões. Uma das explicações para esse aumento, é a produção de manga durante o ano todo, atendendo a demanda da União Europeia e dos Estados Unidos, principais importadores (KIST, 2019).

2.3. Perdas durante a pós-colheita

O conhecimento de boas práticas agrícolas durante as fases de colheita, armazenamento, conservação e consumo de frutas e hortaliças permite que o tempo de conservação desses alimentos aumente e as perdas pós-colheita possam ser reduzidas (RINALDI, 2011). A manga por ser um fruto climatérico e ter elevada deterioração fisiológica causada pelo excessivo amadurecimento da fruta e pelo desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões, é altamente perecível, tendo vida pós-colheita limitada e conseqüentemente curto tempo de prateleira (COELHO et al., 2019). Além disso, a perda de água pelos frutos pode atingir níveis que causam enrugamento e murchamento, comprometendo o aspecto visual e reduzindo seu valor comercial. Devido a esses fatores as características físico-químicas e sensoriais são comprometidas, principalmente quando os frutos são armazenados por longos períodos em temperatura ambiente, sem nenhum método de conservação (MOREIRA et al., 2017).

As perdas pós-colheita podem ser mensuradas em termos quantitativos, qualitativos e nutricionais. As perdas geradas por manuseio inadequado, perdas acidentais e que gerem redução da massa do alimento por diminuição da matéria seca ou água são consideradas quantitativas. Já as perdas por deterioração, contaminação e mudanças na composição nutricional, que geram perda de sabor, aroma, mudanças na textura e aparência, afetando os padrões de qualidade do produto, são consideradas perdas qualitativas. Por fim, a perda nutricional é aquela que afeta a composição química do produto, diminuindo seu valor nutritivo (BEZERRA, 2003).

Essas perdas podem ocorrer em qualquer fase da cadeia produtiva e de comercialização da manga (Figura 2), podendo ser causadas por fatores primários (fisiológicas, entomológicas, patológicas e físicas) ou secundários (manuseio incorreto, falta de infraestrutura, uso de técnicas inadequadas e má condição de comercialização do produto) (CHOUDHURY & COSTA, 2004).

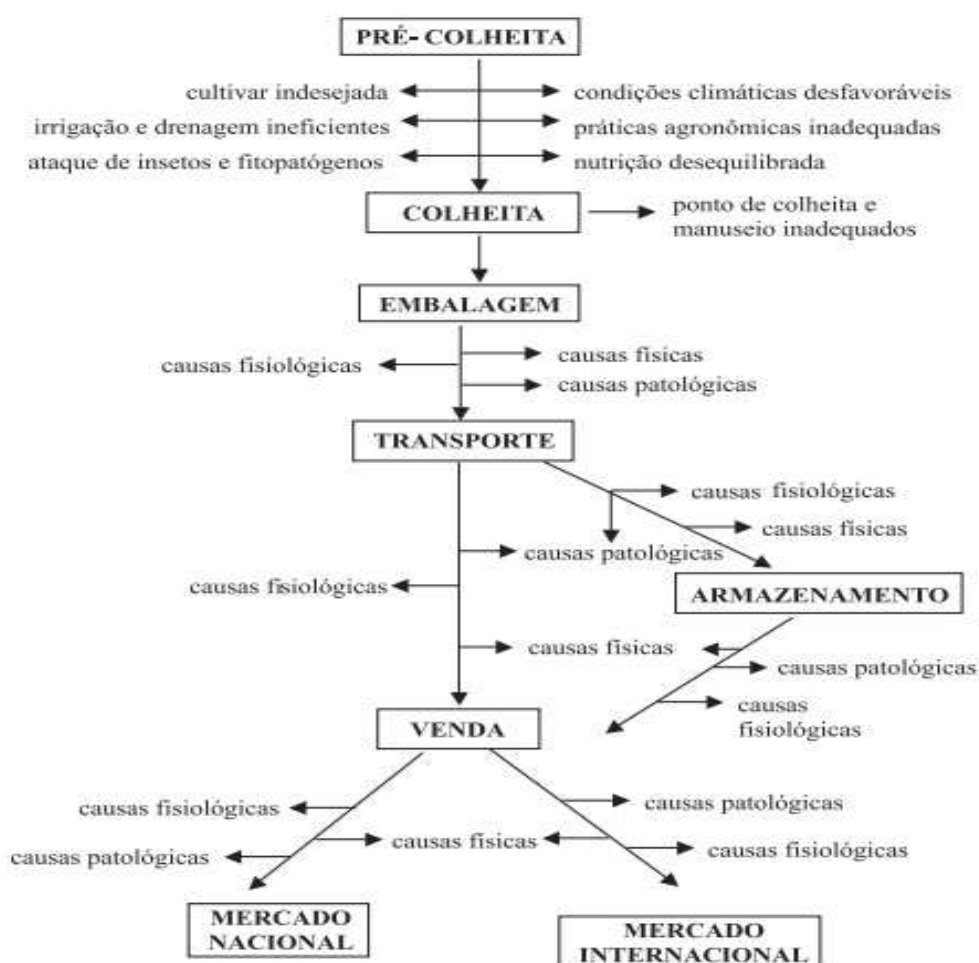


Figura 2. Principais causas de perdas na cadeia produtiva e comercialização de manga. Fonte: Choudhury & Costa, 2004.

Os danos físicos acontecem durante o manuseio do produto e aparecem, principalmente, sob a forma de abrasões, cortes, rupturas, amassamentos ou ferimentos, podendo atingir o fruto superficial ou profundamente (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Já os danos patológicos são causados pelo ataque da manga por micro-organismos fitopatogênicos tais como fungos, bactérias e vírus. Esse ataque pode acontecer nas fases de pré e pós-colheita dos frutos e resultar no desenvolvimento de podridões (CHITARRA & CHITARRA, 1990). As perdas de ordem fisiológica são alterações nos tecidos dos frutos que não são causadas por injúrias mecânicas, fitopatógenos ou insetos. Essas alterações acontecem, geralmente, nas fases de colheita e pós-colheita do fruto em resposta ao desequilíbrio nutricional, colheita em estágio inadequado, condição adversa do ambiente e ausência de pré resfriamento do produto (Honório & Moretti, 2002). Entre esses problemas, encontram-se a depressão da polpa, escaldadura do fruto, irritação de lenticelas e colapso interno (CHOUDHURY & COSTA, 2004). Por fim, as causas entomológicas são geradas pelos insetos-pragas como moscas-das-frutas, tripes e cochonilhas, que dificultam ou impedem que os frutos infestados por eles sejam comercializado, causando assim, perdas qualitativas e econômicas (CHOUDHURY & COSTA, 2004).

Calcula-se que as perdas de frutas por reações de escurecimento enzimático chegam a 50% da produção. Enzimas do grupo das polifenoloxidasas, que são responsáveis por catalisar as reações de escurecimento enzimático, são totalmente susceptíveis a deterioração quando sofrem danos, cortes e até pelo próprio manuseio do alimento (CLERICI et al., 2014). Com isso, frutas e hortaliças que possuem essas enzimas ao sofrerem danos mecânicos estão sujeitas a tais reações de escurecimento. Estas reações provocam mudanças na cor, textura e sabor das frutas, hortaliças e outros (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010). Segundo Tomás-Barberán & Espin (2001), as duas principais enzimas responsáveis pela degradação oxidativa dos compostos fenólicos, por promoverem a produção de polímeros de coloração marrom (melaninas) são: a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD). A enzima polifenoloxidase (PPO), é considerada a principal enzima associada com a deterioração dos tecidos vegetais, já que com o rompimento destes por danos mecânicos, ela atua oxidativamente sobre o substrato disponível, acelerando o escurecimento e, conseqüentemente, a alteração e perda de qualidade do alimento (FENNEMA, 1976).

2.4. Danos mecânicos

Considerando os problemas na colheita e pós-colheita de frutas e hortaliças, os maiores causadores de perda estão relacionados a fatores como injúrias mecânicas causadas por colheita incorreta, manuseio inadequado na própria propriedade, danos mecânicos causados durante a classificação e seleção, além do uso inadequado de embalagens (GUERRA et al., 2017).

As perdas qualitativas geradas por danos mecânicos nos frutos são consideráveis, já que esses causam a deterioração da polpa, que adquire aspecto corticoso e tonalidades escurecidas decorrente da atividade de enzimas oxidativas. Segundo Antonioli (2012), a perda de qualidade em cultivares de maçãs mais sensíveis, caracterizada pelo enquadramento em categorias inferiores, pode representar mais de 50% da produção, o que aumenta a rejeição pelos consumidores e conseqüentemente o aumento de desperdício de alimentos, além de gerar menor renda para os produtores.

No caso da manga, durante seu processamento, na linha de produção, o contato direto com partes metálicas e arestas, além da altura e velocidade de queda que os frutos podem ser submetidos refletem o grau do dano gerado, podendo ser arranhões, golpes (compressões), perfurações e cortes (SANTOS et al., 2014). (Figura 3).

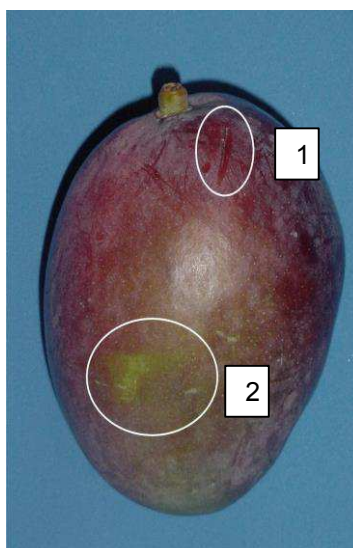


Figura 3. Danos superficiais em manga cv Tommy Atkins decorrente de compressão (1) e abrasão (2) resultante do contato com partes rígidas da linha de processamento. Foto: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_3_24112005115220.html.

Deste modo, a compreensão das respostas dos tecidos celulares dos frutos e como reagem ao estresse por compressão e penetração é fundamental para que se possa entender qual o melhor momento para a colheita dos mesmos e desenvolver métodos de simulação e de avaliação da incidência de danos físicos.

2.5. Propriedades físico-químicas

As mudanças físicas e químicas que ocorrem nos frutos durante o amadurecimento podem afetar sua qualidade e conservação. No entanto, um único padrão de amadurecimento não pode ser aplicado a todas as espécies, devido ao envolvimento de diferentes rotas na produção de pigmentos, componentes de sabor e aroma e à variação de mecanismos de acúmulo e metabolismo no processo de amolecimento (ABELES et al., 1997).

Durante o processo de amadurecimento da manga, pode-se verificar várias alterações, como na firmeza da polpa, nos teores de açúcares, na coloração da casca e da polpa, na composição e teor de ácidos orgânicos e na perda de massa (FUCHS et al., 1975). É importante o conhecimento dessas alterações para produtos específicos, visando o estabelecimento de tecnologias adequadas de manuseio e tratamentos pós-colheita.

2.5.1. Textura

A textura dos frutos é tipicamente avaliada utilizando a penetração e a compressão. O teste de penetração é, provavelmente, o método mais utilizado para avaliação da textura, onde o fruto é penetrado por um probe em uma determinada região. Na compressão o material não é penetrado, pois a área de probe de compressão é superior à área da amostra. A firmeza do fruto é calculada pela força em (N) X deslocamento em (mm) (PONJIČAN et al., 2012).

Segundo Chauvin (2007) e Camara (2017) existem 14 métodos para determinação da textura:

- a) Teste de penetração: uma sonda cilíndrica com uma ponta convexa penetra a fruta;
- b) Deformação de fruto inteiro: os frutos são comprimidos por duas placas planas paralelas. Se baseia em deformar o fruto a uma distância estipulada para obter a deformação através da força necessária para gerar o dano;

- c) Avaliação tátil: A sensibilidade do tato humano é importante na avaliação da textura, já que o ato de espremer frutas manualmente pode indicar seu grau de maciez. No entanto, esse método é limitado a frutas relativamente mais macias, já que com o aumento da dureza a discriminação se torna difícil;
- d) Cisalhamento e extrusão: é feito através de duas placas rígidas que aplicam forças paralelas em sentidos opostos;
- e) Teste de compressão: a curva resultante da força-distância é utilizada para diferenciar atributos como dureza, coesão, elasticidade, mastigação e viscosidade;
- f) Teste de viga: usado em um tecido cilíndrico ou retangular, e determina a força de ruptura, cisalhamento e módulo de elasticidade dos alimentos;
- g) Teste de cunha: determinado a partir das curvas força-distância;
- h) Teste de tração: permite examinar superfícies através de microscópios eletrônicos de varredura. As extremidades do alimento são fixadas através de grampos e o aparelho permite que a superfície danificada seja analisada;
- i) Teste dinâmico: consiste em deformar o tecido aplicando um estresse através do uso de onda sinusoidal, de frequência entre 0,1 e 500 Hz;
- j) Teste de torção: o teste é feito pela torção manual ou automatizada. Esse teste determina a força dos tecidos em diferentes zonas sem alterar o comprimento do eixo;
- k) Suculência do tecido: caracterizada pela porcentagem de suco liberado quando a fruta é submetida a um peso fixo;
- l) Sons de mastigação: sons gravados durante a mastigação podem ser analisados e através dos dados obtidos são gerados gráficos de amplitude-tempo;
- m) Avaliações sensoriais: através de pessoas treinadas para avaliar aroma, sabor e textura dos alimentos ou por equipes de consumo indicando preferências e aceitabilidade;
- n) Impedância elétrica: usada para analisar a resistência dos compartimentos intra e extracelular nos tecidos das plantas. O enfraquecimento da parede celular está ligado as alterações na textura, sendo, portanto, importante para determinação da mesma.

De acordo com SCHOUTEN et al. (2007), o comportamento da firmeza com o tempo é de natureza bioquímica (processos relativos à decomposição da parede celular) e de natureza física (perda de turgescência dependente da temperatura). A firmeza da manga decresce conforme ela vai amadurecendo na planta e continua decrescendo durante a pós-colheita. Isso ocorre devido a transformação da pectina insolúvel (protopectina) em pectina solúvel no decorrer do amadurecimento

(CHEFTEL e CHEFTEL. 1976; BRAVERMAN, 1980; REIS, 2013). Essa perda de firmeza ocorre devido à diminuição das forças coesivas que mantêm as células unidas, decorrente da decomposição da protopectina através de atividade enzimática (OLIVEIRA, 2010). Desse modo, o estudo do comportamento da textura ao longo do tempo pode fornecer informações que servirão de parâmetro de escolha do cultivar e época de plantio, além de indicar o tempo de vida pós-colheita dos frutos.

2.5.2. Cor

A cor é fundamental para, sugerir na maioria das vezes, principalmente no caso de frutas, seu estágio de maturação, além de influenciar diretamente a preferência do consumidor.

A colorimetria é uma técnica utilizada com frequência para avaliação de produtos agrícolas devido a coloração ser um importante atributo de qualidade. Sua ampla utilização é justificada por se tratar de uma análise não destrutiva, que permite determinar características sem danificar a amostra e sem uso de outros materiais. No caso de avaliações de diferentes estágios de maturação de frutas, manter o fruto analisado intacto é de suma importância para análises futuras relatando as mudanças ocorridas no decorrer do amadurecimento, já que a maioria dos frutos sofrem mudanças na cor, principalmente na casca durante esse processo, sendo a mesma, portanto, um atributo importante para a determinação do estágio de maturação (MOTTA et al., 2015).

A verificação da qualidade dos produtos utilizando a colorimetria é usual em estudos de pós-colheita. Vale et al. (2006), analisaram as alterações físico-químicas em tangerinas 'ponkan' submetidas ao armazenamento refrigerado constatando diminuição da coloração amarela dos frutos que foram submetidos ao armazenamento refrigerado. Godoy et al. (2010), ao identificarem injúrias mecânicas em mamões Golden, observaram que as regiões danificadas pela abrasão não desenvolveram a cor amarelo-alaranjada, além de ocorrer o escurecimento da casca, características essas que diminuem a qualidade e o valor do produto.

Ferreira & Spricigo (2017) relataram a viabilidade do uso da colorimetria em diversas áreas da agricultura, como em análises de solos, seleção de plantas de coloração melhorada, análise de clorofila, armazenamento, eficiência de limpeza de equipamentos, otimização de processamento de alimentos, desenvolvimento de

filmes comestíveis e embalagens, na produção animal e na classificação da qualidade da madeira. Na Tabela 2 são fornecidas algumas equações que são utilizadas na área agrícola fazendo uso da colorimetria.

Tabela 2. Equações utilizadas em colorimetria na área agrícola. Fonte: Ferreira & Spricigo (2017) modificado.

Aspecto avaliado	Equação	Referência bibliográfica
Ângulo Hue	$\tan^{-1} (b^*/a^*)$	McGuire (1992)
Cromaticidade	$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$	McGuire (1992)
Desverdecimento de citros	$(1,000 \times a) / (L \times b)$	Jimenez-Cuesta, Cuquerella e Martinez-Javaga (1981)
Diferença total de cor (ΔE)	$[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Eficiência de limpeza	$[(L^*_{amostra}) / (L^*_{padrão})] \times 100$	Magalhães, Ferreira e Moretti (2009)
Índice de amarelecimento	$142,86b^* / L^*$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Índice de brancura	$[(100 - L^{*2}) + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Índice de cor	$IC = 1000 \times a^* / L \times b^*$	Mazzuz. (1996)
Índice de escurecimento	$[100(x - 0,31)] / 0,172$	Buera, Lozano e Petriella (1985)
Intensidade de cor vinho tinto	$A420 + A520 + A620$	Almela et al. (1995)

Quando a cor é utilizada como um parâmetro de avaliação, é importante o uso de técnicas adequadas que objetivem diminuir as divergências das avaliações visuais devido à sua subjetividade e dependência dos critérios do avaliador e de diferentes normas de classificação. Desta forma, para medição da cor geralmente são utilizados colorímetros ou espectrofotômetros, equipamentos modernos que eliminam a subjetividade (MARTINAZZO et al., 2008; NEIRO et al., 2013).

A cor pode ser correlacionada com o estágio de maturação das mangas, podendo ser analisada objetivamente por diferentes sistemas. O sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), elaborado em 1931 e aperfeiçoado em

1976, que utiliza as coordenadas L^* , a^* e b^* , é o mais difundido no meio científico, sendo mensurado por meio de um colorímetro.

2.5.3. Teor de sólidos solúveis totais (SST)

A manga é um fruto climatérico e, durante a maturação, está sujeita a uma série de alterações fisiológicas. Entre essas alterações, existem modificações nos teores de açúcares, ácidos orgânicos, vitaminas e pigmentação da polpa do fruto (JONGSRI et al., 2016; KHALIQ et al., 2015). Em frutas in natura, o teor de sólidos solúveis totais (SST) é um atributo importante para avaliar a qualidade durante o processo de amadurecimento (SIDDIQUI et al., 2015), já que é o total dos sólidos dissolvidos na água, incluindo os açúcares glicose, sacarose e frutose, ácidos orgânicos e, em menores quantidades, proteínas, óleos essenciais, amido e sais. O teor de sólidos solúveis é usualmente medido em °Brix (escala numérica) a 20 °C, onde 1 °Brix equivale a 1 grama de sacarose em 100 gramas de solução.

Em janeiro de 2000 foi publicado o Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta (e Suco de Fruta) onde foram estabelecidos os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e as características mínimas gerais para qualidade das polpas de frutas citadas no regulamento, destinadas ao consumo como bebida (BRASIL, 2000). Atualmente, os valores mínimos para os parâmetros de identidade e qualidade para polpas e sucos de fruta são definidos pela Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018, onde o valor mínimo aceito de sólidos solúveis é de 11 °Brix a 20 °C, para manga (BRASIL, 2018).

O processo de maturação dos frutos de manga pode ser relacionado com o teor de sólidos solúveis, já que o aumento dos açúcares é a principal mudança que ocorre no amadurecimento. Os valores dos açúcares e ácidos podem sofrer alterações de acordo com o cultivar, estágio de maturação, qualidade dos tratamentos pós-colheita e o tipo de armazenamento utilizado (NASSUR, 2013; CAMARA, 2017). De acordo com National Mango Board (2011), mangas fisiologicamente maduras, no momento da colheita, possuem teores de sólidos solúveis totais entre 7 a 9 °Brix, aumentando com o decorrer do amadurecimento, alcançando valores de 14 a 20 °Brix quando a fruta se encontra plenamente madura.

2.5.4. Acidez e pH

O pH (potencial hidrogeniônico) baseia-se na determinação da concentração de íons H^+ em solução através do pHmetro (IAL, 2008). Tem-se três classificações dos alimentos de acordo com o pH. Alimentos com valor de pH menor que 4 são considerados muito ácidos, os com pH acima de 4,5 são pouco ácidos e os de pH entre 4 e 4,5 são ácidos (GAVA et al., 2009). Intrinsecamente ligado ao pH está a análise de acidez total, onde menores valores de pH implicam em aumento da acidez.

A acidez total está ligada ao estado de conservação da polpa, confere sabor, odor, cor e estabilidade. Pode ser proveniente do fruto, pela presença dos ácidos orgânicos, como o cítrico, málico e tartárico, onde promovem a acidez natural, conferindo maior estabilidade à polpa. Também pode ser índice de deterioração alimentar, pois um processo de decomposição altera quase sempre a concentração de íons de hidrogênio (CASTRO, 2015). Dentre os vários ácidos orgânicos, o ácido cítrico é o que se encontra em maiores quantidades na maioria das frutas. Conforme o fruto vai amadurecendo, perdem a acidez e ocorre diminuição dos ácidos orgânicos em decorrência da sua transformação em açúcar ou devido ao próprio processo respiratório (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O pH é uma análise importante na indústria de alimentos, principalmente nas áreas relacionadas com frutas, já que está relacionada ao sabor e odor, além da verificação do estágio de maturação das mesmas (CECCHI, 2003). As análises de pH podem ser feitas de duas formas: através de métodos colorimétricos ou eletrométricos. No primeiro caso, sua aplicação é limitada pois não é aplicado em casos de soluções intensamente coloridas ou turvas, além das medidas serem aproximadas. Já nos processos eletrométricos, os potenciômetros utilizados são adaptados e fazem a determinação direta, simples e precisa do pH (IAL, 2008).

2.5.5. Relação Sólidos solúveis totais/acidez total titulável (RATIO)

O ratio é expresso pela relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, e indica o grau de equilíbrio entre o teor de açúcares e os ácidos orgânicos dos frutos (VIEGAS, 1991). Como está diretamente ligado as características relacionadas ao sabor, é um atributo importante na avaliação da qualidade, sendo

adequado para estimar o ponto de vista dos consumidores quanto ao sabor dos frutos (SILVA et al., 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade, pertencente ao Centro Nacional de Treinamentos em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais (MG). Os procedimentos realizados para o desenvolvimento das análises encontram-se resumidos no fluxograma da Figura 4.



Figura 4. Fluxograma com resumo da metodologia aplicada.

3.1. Matéria-prima

Foram utilizadas mangas da variedade 'Ubá', provenientes do município de Guidoal, Zona da Mata de Minas Gerais, colhidas manualmente no mês de dezembro de 2020, em quatro estádios de maturação: verde, verdoengo, semi-maduro e maduro, através de análise subjetiva da cor da casca (Figura 5). Os frutos foram selecionados de forma a obter amostras homogêneas e de alta qualidade. As mangas utilizadas nesse trabalho foram provenientes do cultivo orgânico, devido à crescente demanda mundial por produtos sustentáveis e pela maior parte da produção da região ser oriunda de agricultores familiares, que em sua maioria tem seus cultivos em base agroecológica.

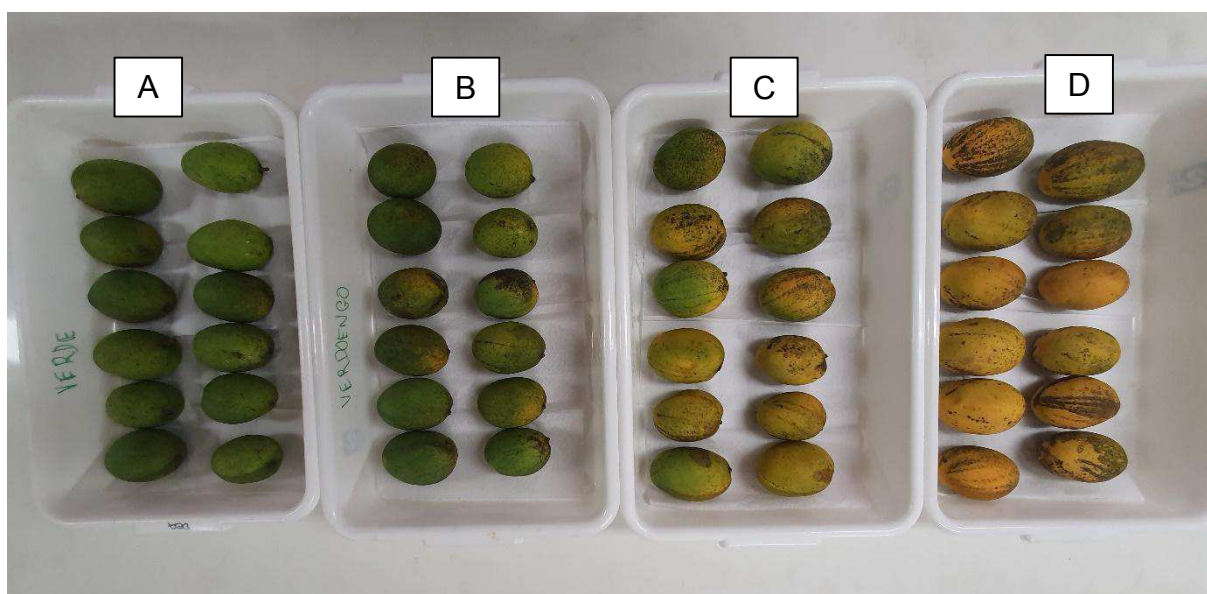


Figura 5. Frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação. A: Verde; B: Verdoengo; C: Semi-maduro; D: Maduro. Fonte: Autora.

Os frutos foram colhidos na parte mediana da planta, no mesmo galho ou em galhos próximos e transportados no mesmo dia de colheita para Viçosa, MG, onde as análises foram feitas. No laboratório, os frutos foram lavados com água e detergente neutro a 0,1%, durante 5 min, para a coagulação do látex, e em seguida, secos ao ar ambiente.

3.2. Avaliação da cor da casca e da polpa

Para avaliar a diferença de coloração nos diferentes estádios de maturação da manga foi utilizado um colorímetro tristímulo (sistema CIE 1976), com leitura direta de reflectância da coordenada L^* (luminosidade) em uma escala de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). Os valores intermediários compreendem a uma escala de cinza. A coordenada a^* (tonalidades vermelha/verde) e b^* (tonalidades amarela/azul) também foram mensuradas, empregando a escala Hunter-Lab (Figura 6). Para a quantificação da cor, efetuou-se a leitura direta de reflectância das coordenadas L^* , a^* e b^* , em três pontos diferentes do fruto. O aparelho foi previamente calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Após a leitura das coordenadas colorimétricas calculou-se a saturação cromática, ângulo Hue e a diferença de coloração.

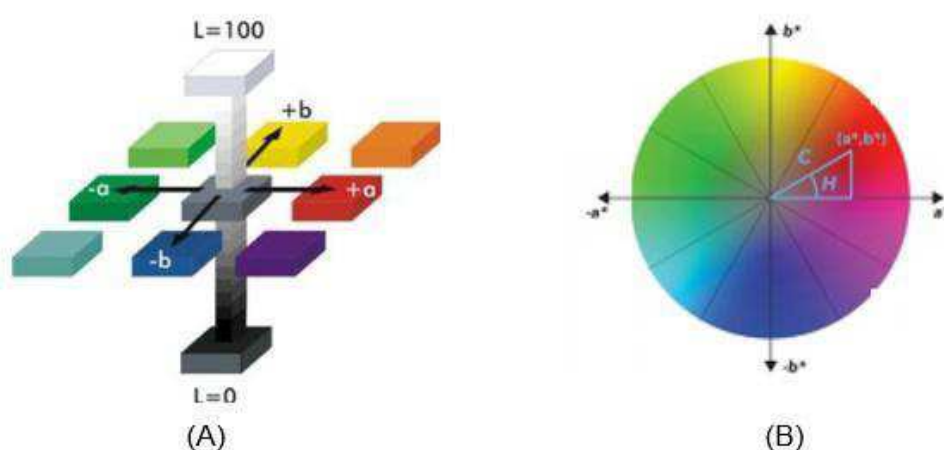


Figura 6. A: Sistema de cor CIE $L^*a^*b^*$. Fonte: Minolta (1998); **B:** Espaço de cor CIELab bidimensional a^*b^* , onde o plano C representa o índice de saturação cromática e H o ângulo Hue. Fonte: Delazio (2017).

A saturação cromática (C^*) está relacionada à concentração do elemento corante e representa um atributo quantitativo para intensidade. Maiores valores de cromática indicam maior saturação das cores (FERREIRA & SPRICIGO, 2017), sendo essa calculada pela Equação 1:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

C^* = croma

a^* = coordenada a

b^* = coordenada b

O ângulo Hue (h^*) é o atributo qualitativo das cores, sendo essas definidas como avermelhada, esverdeada e assim por diante (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). É o estado puro da cor, sem o branco ou o preto agregado, sendo calculado pela Equação 2:

$$h^* = \text{actg} \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{Eq.2})$$

Em que:

h^* = ângulo Hue

A diferença de coloração indica a variação de cor em relação aos estádios de maturação. Seu valor foi obtido levando-se em consideração o nível de maturação verde e calculada de acordo com a Equação 3.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (\text{Eq.3})$$

Em que:

ΔE = diferença de coloração

L^* = coordenada L

3.3. Avaliação da textura

As mudanças na textura da casca e da polpa dos frutos de manga durante os estádios de maturação foram analisadas em uma máquina universal de testes, *TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems*, também conhecido como texturômetro, dotado do *software Texture Expert for Windows®* com uma célula de carga de 500 N (Figura 7).



Figura 7. Máquina Universal de testes modelo TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems. Fonte: Autora.

3.3.1. Avaliação da textura através do teste de penetração

Para estudar as mudanças na textura durante o amadurecimento, realizou-se o teste de penetração em três frutos inteiros com casca. Após testes preliminares, as melhores condições que se ajustaram à sensibilidade do aparelho em detectar a força de penetração foram adotadas. Assim, utilizou-se um probe cilíndrico de 4 mm de diâmetro a uma velocidade de $1,00 \text{ mm.s}^{-1}$. A distância de perfuração foi de 10 mm para análise do fruto inteiro e da polpa e de 2 mm para análise da casca (Figura 8). Para cada fruto foram realizadas três medições em pontos aleatórios do fruto objetivando melhor representação do mesmo, obtendo assim um valor médio da força máxima de penetração (N). Os testes de penetração forneceram as forças de rompimento da periderme e a deformação prévia requerida para este rompimento.

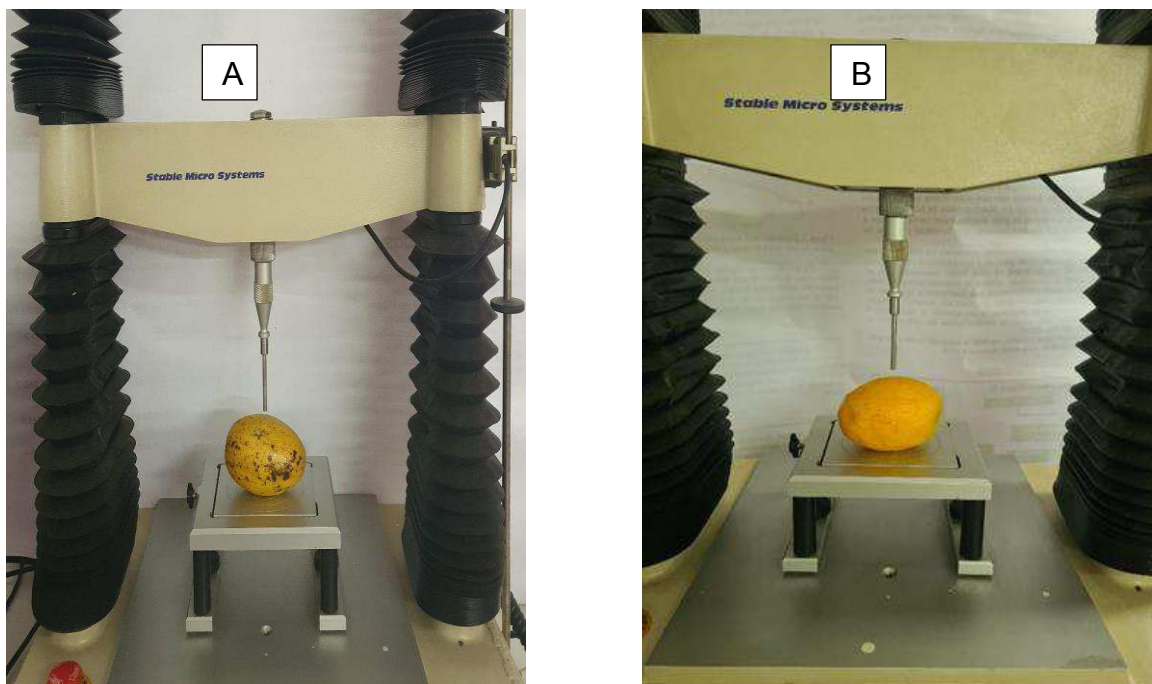


Figura 8. Ilustração do teste de penetração do fruto inteiro, da casca (A), e da polpa (B). Fonte: Autora.

3.3.2. Avaliação da compressão do fruto inteiro com casca

Para o teste de compressão (Figura 9) foi utilizado um probe de prato plano circular com 100 mm de diâmetro, e após a realização de testes preliminares, adotou-se uma velocidade de teste de $0,33 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, com força de compressão de 5 N e distância de compressão de 5 mm. Com a obtenção das curvas de compressão do produto (força X deformação), foram estimados os valores da força máxima sustentada pelo fruto (firmeza).



Figura 9. Ilustração do teste de compressão. Fonte: Autora.

3.4. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi mensurado no suco da polpa após trituração dos frutos em liquidificador e passagem em peneira com furos de 1 mm de diâmetro para retirada das fibras. Para um melhor resultado, transferiu-se uma quantidade suficiente de amostra homogeneizada do suco da polpa para um algodão, afim de proporcionar uma melhor leitura, onde três gotas de amostra foi colocada no prisma do refratômetro portátil, marca *Nova*, modelo 113. Após cerca de um minuto foi realizada a leitura direta em graus Brix, a temperatura ambiente de 20 °C (IAL, 2008). O refratômetro foi calibrado com água destilada antes da realização das análises e limpo com água destilada após cada análise. Em cada estágio de maturação foram analisadas três mangas. Para cada fruto foram realizadas três repetições.

3.5. pH

O suco da fruta foi obtido após trituração da polpa em liquidificador e passagem em peneira com furos de 1 mm de diâmetro. Foram pesadas 10 gramas do suco da polpa em um béquer e adicionado 100 mL de água destilada para diluição. A solução foi agitada até se tornar homogenia. O pH foi determinado com o auxílio de um

pHmetro digital (Modelo PHS-3E, Even), calibrado com as soluções padrão de pH ácido (4) e básico (7) e testado antes das análises conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Em cada estágio de maturação foram analisadas três mangas. Para cada fruto foram realizadas três repetições.

3.6. Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada por volumetria ácido-base, através da titulação da amostra com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N como titulante e solução de fenolftaleína a 1% como indicador do ponto de viragem da solução. As amostras foram obtidas através da pesagem de 10 gramas do suco da polpa (obtido após trituração em liquidificador e passagem em peneira com furos de 1 mm de diâmetro) em um béquer e adicionado 100 mL de água destilada, feita agitação e adicionadas 2 gotas de solução de fenolftaleína, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). A solução de hidróxido de sódio foi colocada em uma bureta de 25 mL e realizada a titulação da amostra sobre agitação, até atingir a coloração rósea. Em cada estágio de maturação foram analisadas três mangas. Para cada fruto foram realizadas três repetições.

A acidez titulável total foi expressa em porcentagem de ácido cítrico por ser o ácido predominante nos frutos de manga, e obtida pela equação 4 (IAL, 2008):

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{Vb \times f \times M \times PM}{10 \times Va \times n} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

Vb = volume utilizado de NaOH a 0,1 N, em mL;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N (f = 1,01);

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio (M = 0,1 N);

PM = peso molecular do ácido cítrico (192);

Va = volume da amostra, em mL;

n = número de hidrogênios ionizáveis de ácido cítrico (3).

3.7. Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (RATIO)

A relação SST/ATT foi obtida conforme IAL (2008), pela relação direta dos valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável (Equação 5).

$$RATIO = \frac{\text{sólidos solúveis totais}}{\text{acidez total titulável}} \quad (\text{Eq.5})$$

3.8. Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com nove repetições para as análises de cor, sólidos solúveis, acidez titulável, ratio e pH e dez repetições para as análises de textura. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), e quando pertinente ao teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.8 (FERREIRA, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Diferenças na cor da casca e da polpa nos quatro estádios de maturação

4.1.1. Evolução das coordenadas 'a*', 'b*' e 'L*'

Foi observado pela análise de variância (ANOVA), presente no apêndice (Tabela S1), que entre os estádios de maturação houve diferença significativa pelo teste F a 1% para as coordenadas L*, a* e b*. Com isso, os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios das coordenadas L*, a* e b* para a casca e polpa de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.

		Coordenada		
Estádios		a*	b*	L*
Cor da casca	Verde (1)	-12,32 d	36,06 c	55,17 c
	Verdoengo (2)	-5,17 c	37,35 c	57,38 bc
	Semi-maduro (3)	7,59 b	48,08 b	62,15 b
	Maduro (4)	20,38 a	66,59 a	72,79 a
Cor da polpa	Verde (1)	4,12 c	60,43 d	87,39 a
	Verdoengo (2)	13,59 b	71,22 c	87,29 a
	Semi-maduro (3)	23,61 a	79,63 b	68,66 b
	Maduro (4)	23,78 a	81,71 a	69,34 b

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, para cada análise, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios para a coordenada a* nos estádios 1 e 2 para cor da casca apresentaram valores negativos, já que esse atributo define a coloração entre o verde e o vermelho, sendo que quanto menor o seu valor, mais verde se encontra a coloração do fruto. É possível verificar que de acordo com o avanço do grau de maturação, os valores tornam-se de negativos a positivos nos estádios 3 e 4, indicando que a coloração da casca partiu de uma cor verde mais escuro no estádio 1 para um verde menos intenso no estádio 2, adquirindo cor amarelada no estádio 3 e amarela-alaranjada no estádio 4.

Para cor da polpa, a coordenada a* não apresentou valores negativos, já que mesmo os frutos em fase inicial de amadurecimento, sua coloração não tende a ser verde. Nota-se que da mesma forma que ocorreu para a cor da casca, os valores da coordenada a* foram aumentando conforme progrediu o estádio de maturação.

Verifica-se para a coordenada b* o aumento dos seus valores tanto para a casca quanto para a polpa, demonstrando a alteração na tonalidade da coloração amarela, que aumentou sua intensidade principalmente nos estádios 3 e 4 (Tabela 3). Essa mudança de coloração é devido ao processo de amarelecimento da casca e da polpa, característica da espécie. Segundo Benevides et al. (2008), maiores valores de b* estão relacionados com a predominância de carotenoides sobre os demais pigmentos presentes no fruto de manga 'Ubá'.

O parâmetro L^* , que mede a luminosidade da cor, não obteve diferença significativa entre os estádios 1 e 2, e 2 e 3 para a casca, diferente do observado para a polpa, onde os valores diferiram estatisticamente entre os estádios 2 e 3, mas não entre os estádios 1 e 2, e 3 e 4 (Tabela 3). Podemos observar para casca, que a medida que a coloração amarela aumenta, indicada pela coordenada b^* , há um acréscimo do índice de luminosidade, sendo os maiores valores encontrados no estádio 4 (Tabela 3). Comportamento contrário foi observado para a polpa, onde maiores valores de L^* foram encontrados para os estádios 1 e 2. Valores menores de L^* para a casca e maiores para a polpa de frutos verdes eram esperados, já que a casca desses tem coloração mais escura nos estádios iniciais de maturação ficando mais clara no decorrer do amadurecimento, processo contrário ao que ocorre com a polpa, que tem sua cor intensificada com o amadurecimento do fruto (Figura 10). Como o valor de L^* varia de 0 a 100, onde zero é o preto e 100 corresponde ao branco, quanto menor o valor de L^* , mais escuro o produto.

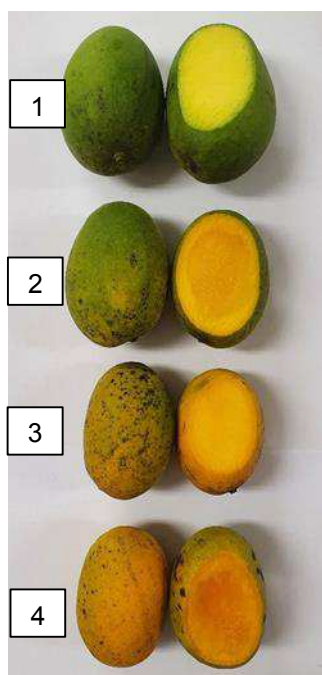


Figura 10. Ilustração da coloração da casca e da polpa de frutos de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação: verde (1), verdoengo (2), semi-maduro (3) e maduro (4). Fonte: Autora.

Na Figura 11 é mostrada a representação das coordenadas a^* , b^* e L^* , nos diferentes estádios de maturação.

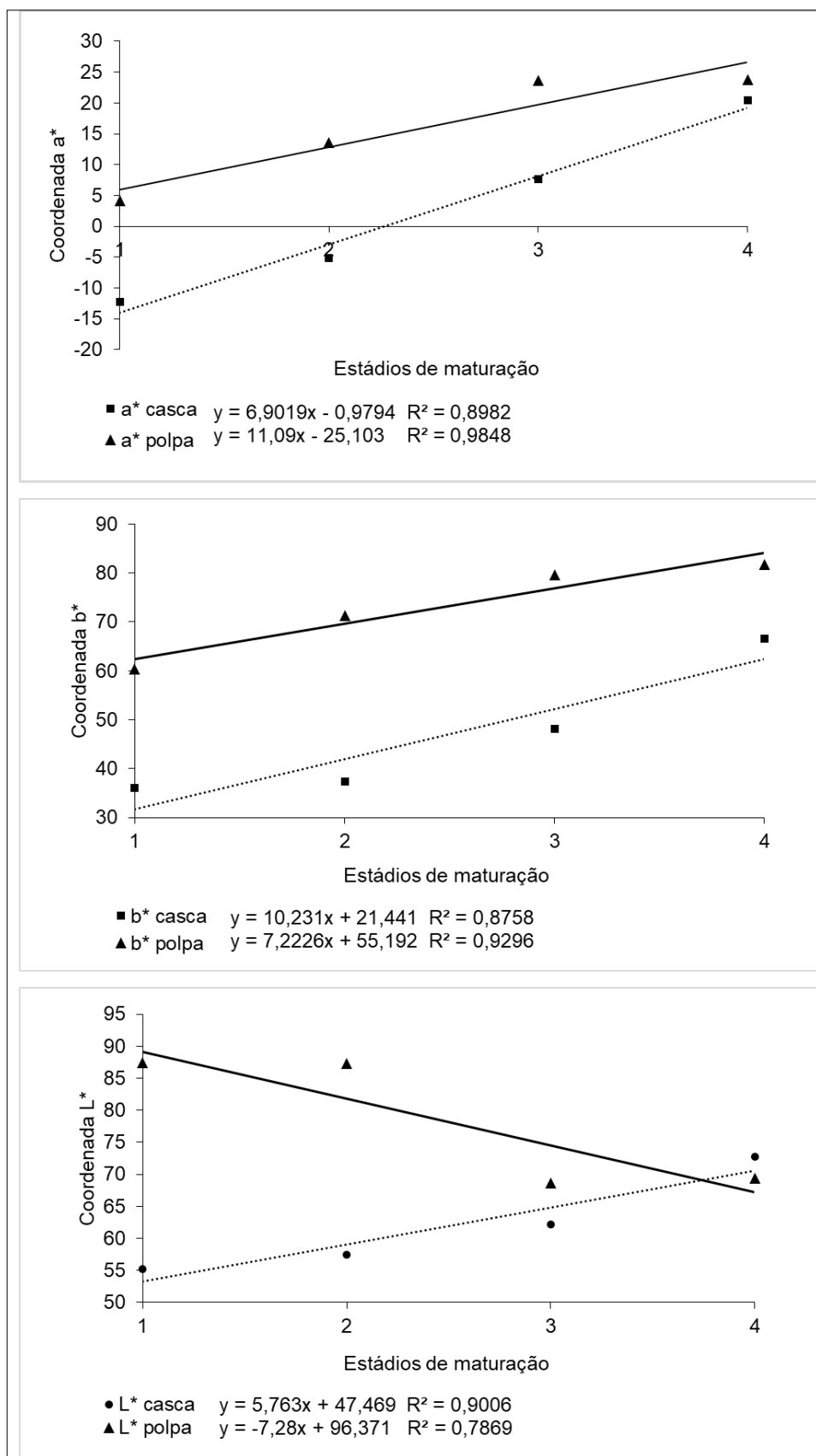


Figura 11. Comportamento das coordenadas 'a*', 'b*' e 'L*' da casca e polpa dos frutos de manga 'Ubá', em quatro estádios de maturação: (1) Verde; (2) Verdoengo; (3) Semi-maduro; (4) Maduro.

É possível notar na Figura 11 que as coordenadas a^* e b^* variaram de forma semelhante para cor da casca e da polpa, seguindo um modelo linear, comprovando uma relação entre elas. Maiores valores de a^* estão associados a maiores valores de b . Essa relação é justificada pela evolução da coloração dos frutos durante o amadurecimento, de verde para amarela (LIMA, 2018). Para a coordenada a^* observa-se que as retas da cor da casca e da polpa tendem a se encontrarem com a evolução dos estádios de maturação, o que não é tão evidente para a coordenada b^* . Assim como as coordenadas a^* e b^* , a luminosidade para cor da casca aumentou ao longo do amadurecimento, fato contrário ao constatado para cor da polpa.

4.1.2 Diferença total de cor e evolução dos índices cromáticos Hue e croma

Foi observado pela análise de variância presente no apêndice, Tabela S1, que o estágio de maturação influenciou significativamente o croma (C), o ângulo hue (Hue) e a diferença total de cor, pelo teste F a 1%. Com isso os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, e os valores médios estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos índices colorimétricos croma (C), ângulo Hue e diferença total de cor (ΔE), para a casca e polpa de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.

	Estádios	Análise		
		C	Hue	ΔE
Cor da casca	Verde (1)	38,12 c	108,95 a	0,0 d
	Verdoengo (2)	37,80 c	98,19 ab	11,83 c
	Semi-maduro (3)	48,84 b	61,56 c	25,83 b
	Maduro (4)	69,87 a	73,21 bc	48,94 a
Cor da polpa	Verde (1)	60,55 d	86,13 a	0,0 c
	Verdoengo (2)	72,52 c	79,19 b	14,42 b
	Semi-maduro (3)	83,07 b	73,53 c	33,20 a
	Maduro (4)	85,14 a	73,78 c	34,65 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, para cada análise, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se um aumento do croma (C) tanto para a casca quanto para a polpa, comprovando o aumento da pigmentação conforme os estádios de maturação. Como a cromaticidade está relacionada com a saturação das cores, e seu aumento evidencia o ganho de pigmentação da casca e da polpa dos frutos no decorrer do amadurecimento. Com isso, o índice croma (C) pode ser utilizado para indicar o amadurecimento dos frutos, já que maiores valores levam a cores mais puras, dificultando a diferenciação entre tonalidades (REIS, 2013).

As amostras para cor da casca apresentaram ângulo Hue superior a 90° nos estádios 1 e 2 e inferiores a 90° nos estádios 3 e 4, para a casca do fruto (Tabela 4). A inclinação superior a 90° desse parâmetro enfatiza a cor esverdeada apresentada por frutos nos estádios iniciais de maturação. Nota-se que não houve diferença significativa entre os estádios 1 e 2, 2 e 4 e 3 e 4. Para a cor a polpa observa-se um declínio nos valores do ângulo Hue conforme o estágio de maturação aumenta, sendo que do estágio 3 para o 4 os valores não diferiram estatisticamente, passando de 73,53 para 73,78 respectivamente (Tabela 4). Verifica-se que os valores apresentados para a cor da polpa estão na faixa de tonalidade entre o 0° (vermelho) e 90° (amarelo), estando os resultados encontrados mais próximos ao amarelo, devido a angulação superior a 70° , confirmando a tonalidade amarelada da polpa.

Na Tabela 4 verifica-se que a diferença total de cor (ΔE) variou significativamente entre todos estádios de maturação para a cor da casca. Já para a polpa, os estádios 3 e 4 não diferiram entre si. Como o ΔE é calculado através das diferenças contidas nas coordenadas colorimétricas a^* , b^* e L^* , e houve aumento das variáveis a^* e b^* , o crescimento observado deste índice era esperado.

A diferença de coloração indica a variação de cor em relação aos estádios de maturação, onde seu valor é obtido levando-se em consideração o nível de maturação verde como base, por isso o valor para o estágio 1 é zero. Para a polpa, nota-se que os valores aumentaram e que o estágio 3 não diferiu significativamente do estágio 4. Já para a casca todos os estádios obtiveram ganho em seus valores e diferenças significativas entre eles (Tabela 4).

Na Figura 12 observa-se a evolução dos índices croma, ângulo Hue e da diferença total de cor, de acordo com o estágio de maturação.

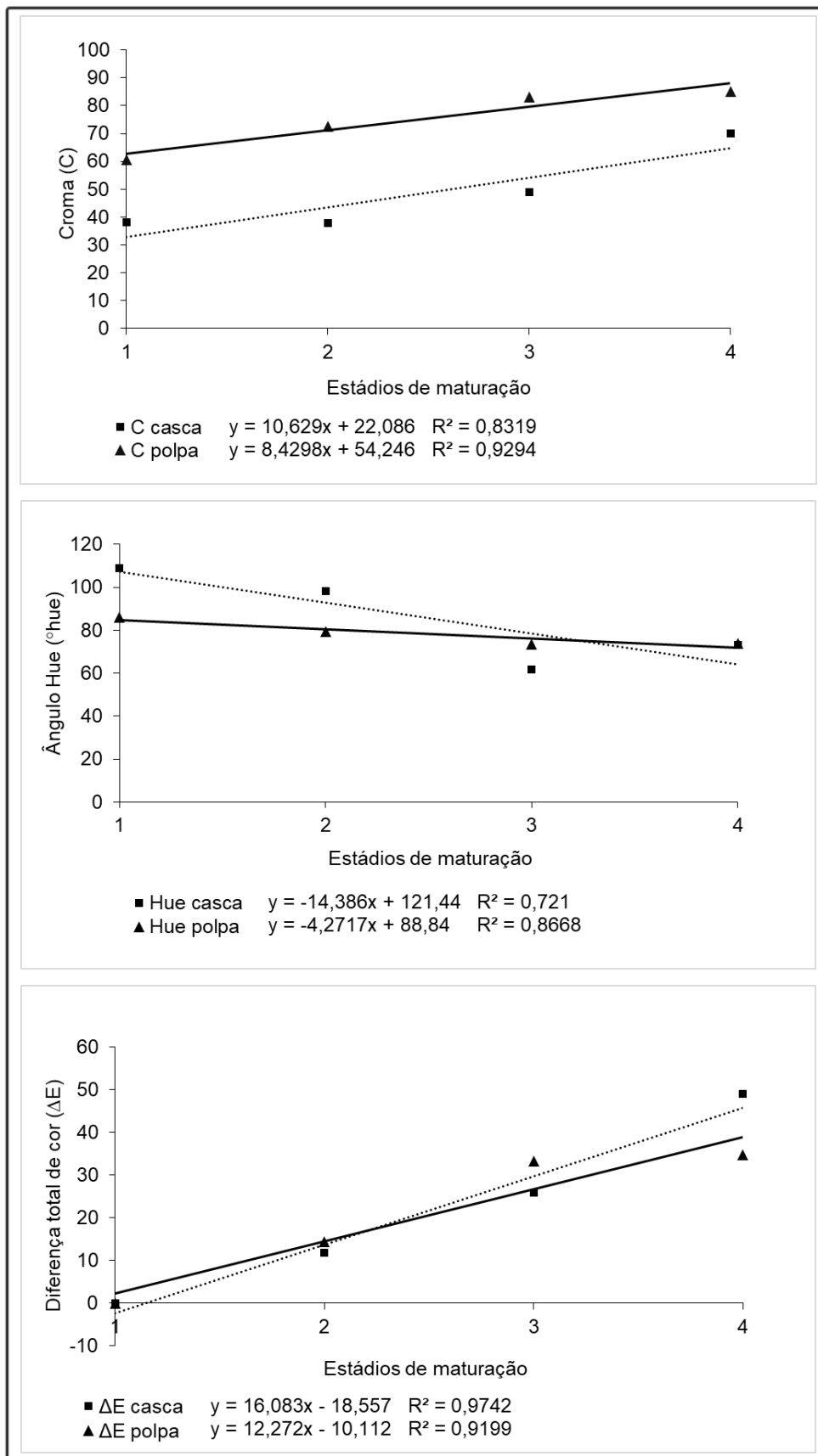


Figura 12. Croma (C), ângulo Hue (°hue) e diferença total de cor (ΔE), para casca e polpa de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação: (1) Verde; (2) Verdoengo; (3) Semi-maduro; (4) Maduro.

Pela Figura 12, observa-se que o croma varia de forma semelhante para a casca e a polpa, aumentando seu valor, indicando o decréscimo da tonalidade ou matiz da coloração. Já o ângulo hue tendeu a decrescer com o amadurecimento, sugerindo a alteração da periderme dos frutos de verde para amarela e da polpa de um amarelo pálido para o amarelo-alaranjado. A diferença total de cor obteve aumento com o avanço dos estádios de maturação, tendo maior ganho para a cor da polpa do que para a cor da casca nos estádios 2 e 3, sendo que no estágio 4 a casca obteve maior valor para a diferença total de cor.

Na Figura 13 é mostrado o comportamento colorimétrico no espaço de cor CIELab dos quatro estádios de maturação da manga 'Ubá', para a casca e polpa, de acordo com os valores médios de a^* e b^* .

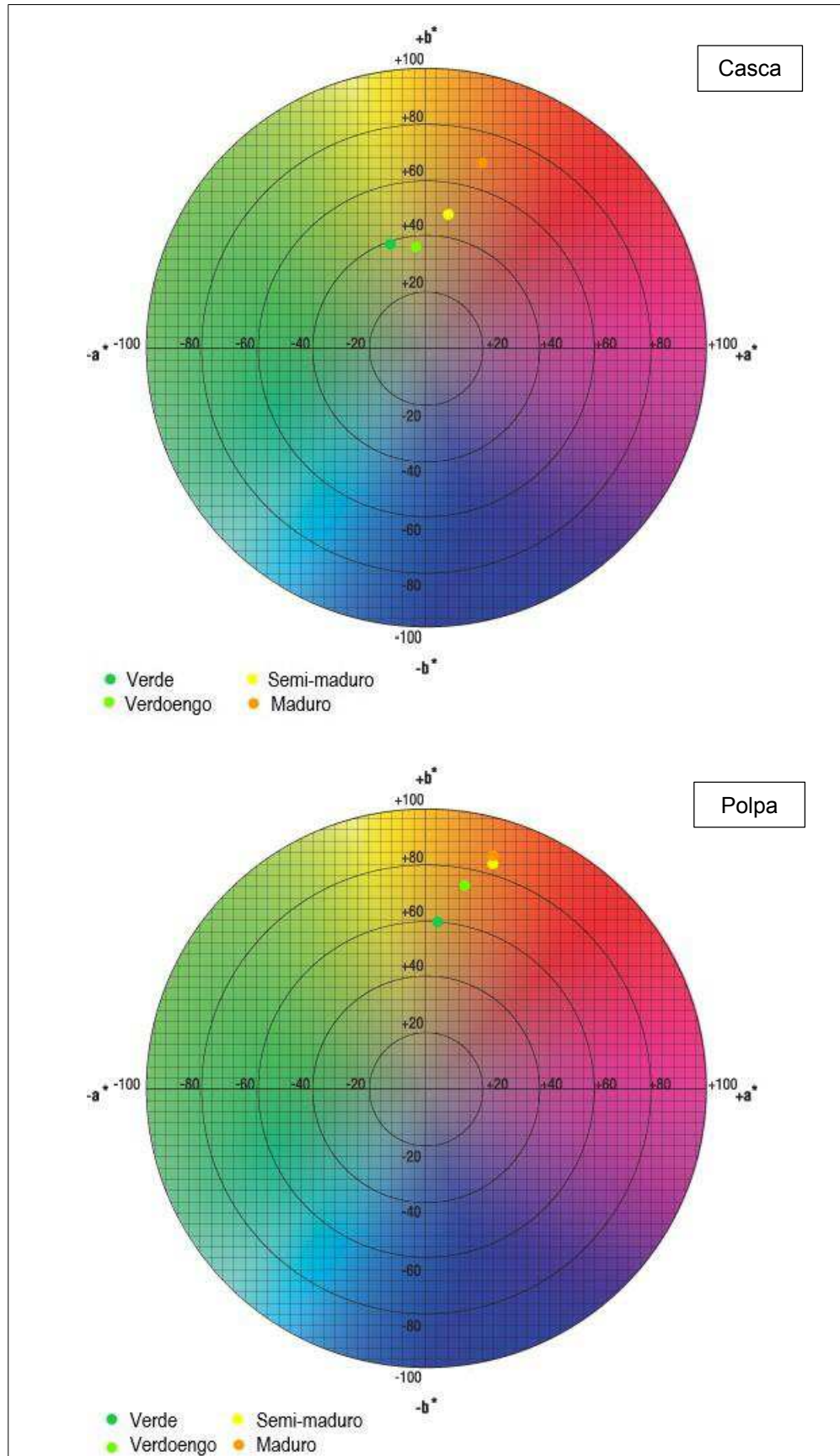


Figura 13. Comportamento colorimétrico no espaço de cor CIELab dos quatro estádios de maturação da manga 'Ubá'.

O sistema CIE define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (Ferreira & Spricigo, 2017). Observa-se que para a casca os estádios 1 e 2 estão inseridos no quadrante negativo, enfatizando a coloração verde, sendo que o estádio 1 está mais distante do eixo +b*, logo, com matiz verde mais escura que o estádio 2. Já os estádios 3 e 4 se encontram no quadrante positivo, com o estádio 3 mais próximo do eixo +b*, demonstrando a coloração amarela, e o estádio 4 constatando o tom amarelo-alaranjado. Para a polpa, nota-se o afastamento do eixo +b* com a evolução dos estádios de maturação, confirmando que a tonalidade da polpa se torna mais amarela ao longo do amadurecimento tendendo ao amarelo-alaranjado.

4.2. Avaliação das propriedades químicas

A partir da análise de variância, presente no Tabela S2 em apêndice, foi constatada diferença significativa dos dados pelo teste F a 1% de probabilidade. Com isso os mesmos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 5), e constatou-se diferença significativa entre os tratamentos para todas as análises realizadas, sendo possível inferir que o estádio de maturação afetou significativamente o teor de sólidos solúveis, a acidez total titulável e o ratio, e o pH dos frutos.

Tabela 5. Valores médios para sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (ATT) e Ratio de manga 'Ubá' em diferentes estádios de maturação.

Estádios	Análise			
	SST (°Brix)	pH	ATT (% ác. Cítrico)	Ratio
Verde (1)	8,57 d	3,64 d	0,23 a	37,55 c
Verdoengo (2)	12,05 c	3,89 c	0,13 b	89,63 c
Semi-maduro (3)	20,31 b	4,45 b	0,09 c	238,51 b
Maduro (4)	21,63 a	4,58 a	0,07 c	307,62 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados observados, nota-se o aumento do teor de sólidos solúveis totais com o decorrer do avanço do estádio de amadurecimento. Esse acréscimo ocorreu de forma mais moderada do estádio 3 para o estádio 4, e de forma mais acentuada do estádio 2 para o 3, tendo variação significativa entre todos os

estádios de maturação. Esse aumento pode estar relacionado ao acúmulo de carboidratos de reserva nos frutos durante o desenvolvimento na planta, que com o amadurecimento sofrem hidrólise resultando na formação de açúcares solúveis (LIZADA, 2012). De acordo com a Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018, o valor mínimo aceito de sólidos solúveis é de 11 °Brix a 20°C (BRASIL, 2018), sendo este valor alcançado a partir do estágio 2 de maturação.

Gonçalves et al. (1998) e Benevides et al. (2008) estudando frutos de manga 'Ubá' relataram teor de sólidos solúveis de 16,8 e 18 °Brix respectivamente, inferiores aos encontrados neste trabalho nos estádios 3 e 4. Já Fontes (2002) ao estudar a cinética das alterações químicas e sensoriais de néctar de manga 'Ubá' descreveu valores de 20 e 21 °Brix para o néctar e polpa, respectivamente. Segundo Kader (2002) a colheita dos frutos pode ser realizada quando os mesmos atingem de 12 a 14 °Brix, já sendo considerados como maduros. Valores mais altos de SST são importantes para o consumo in natura, tendo em vista a preferência dos consumidores por frutos mais adocicados, sendo também importante para as indústrias de polpa e néctar, que aumentam o rendimento por fruto.

O pH, da mesma forma que o observado para os SST, também aumentou com o avanço dos estádios de maturação, variando de 3,64 no estágio 1 até 4,58 no estágio 4 (Tabela 5), sendo todos considerados ácidos. Segundo a Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018, o valor mínimo aceitável para suco de manga é 3,5 (BRASIL, 2008), não especificando um valor máximo. Já o Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta (BRASIL, 2000) estabelece que as polpas de manga devem apresentar pH entre 3,3 e 4,5, o que foi observado para os estádios 1, 2 e 3. Gonçalves et al. (1998) e Faraoni, Ramos e Stringheta (2009) estudando a variedade de manga 'Ubá' obtiveram valores de 4,20 e 4,30 respectivamente, próximos aos encontrados para os estádios 3 e 4 deste trabalho.

Os valores de acidez total titulável variaram de acordo com o estágio de maturação (Tabela 5). Esse está ligado ao estado de conservação da polpa, conferindo sabor, odor, cor e estabilidade, além de poder indicar a deterioração dos alimentos (OLIVEIRA; FEITOSA; SOUZA, 2018). Nota-se a diminuição da ATT conforme progride o estágio de maturação, partindo do valor de 0,23 no estágio 1 para 0,07 no estágio 4 (Tabela 5). Tais resultados são mais baixos comparados aos relatados por Benevides et al. (2008), que constataram valores de 0,44 e 0,63 para a

primeira safra de manga 'Ubá' e 0,51 e 0,68 para a segunda safra, e aos definidos pela Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018, de 0,3. Segundo esses autores, a indústria de processamento da Zona da Mata Mineira estabelece o valor de ATT entre 0,40 e 0,80 para atender aos padrões de segurança. Struiving (2015) avaliando híbridos de mangueira 'Ubá' encontrou valores de ATT de 0,17 a 0,97, faixa que engloba o valor encontrado neste trabalho no estágio 1 de maturação.

De acordo com Kader (1999) após a colheita dos frutos e no período de armazenamento, a concentração de ácidos graxos diminui devido ao aumento do processo de respiração ou por serem transformados em açúcar. Devido à escassez de chuva na safra 2020/2021, o processo de respiração pode ter sido antecipado em decorrência do stress hídrico sofrido pelas plantas, justificando os valores baixos para acidez total titulável.

Valores pH e acidez total titulável baixos como os observados neste trabalho são desejados pela indústria, pois favorecem o processo de industrialização do produto como polpa, já que estão fora da faixa que favorece o crescimento microbiano.

No que se refere aos valores de ratio, observa-se que apesar do aumento dos valores médios entre os estádios 1 e 2, não houve diferença significativa entre eles, o que não ocorreu entre os estádios 3 e 4, que diferiram estatisticamente. Esse aumento no decorrer da evolução do estágio de maturação se justifica pelo aumento do conteúdo de sólidos solúveis totais e pelos valores baixos da acidez total titulável (SILVA et al., 2019). Lemos (2014) ao estudar o controle do amadurecimento na pós-colheita de manga 'Ubá' constatou incremento no ratio durante o desenvolvimento dos frutos, concluindo que o mesmo se devia ao aumento dos sólidos solúveis e da redução da acidez titulável. Benevides et al. (2008) sugeriu que devido à ausência de legislação com os valores mínimos e máximos para o ratio, seu valor pode ser obtido através da relação do teor de sólidos solúveis e acidez total titulável estipulados pela legislação. Com isso, considerando os valores estabelecidos pela Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018 (BRASIL, 2018) o ratio assume valor de 36,67 e, todos os estádios de maturação se enquadram na sugestão dos autores (Tabela 5).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a relação entre sólidos solúveis e a acidez indica o estágio de maturidade fisiológica dos frutos e seu sabor, sendo, portanto, um atributo importante para produtores e para a indústria.

4.3. Avaliação das mudanças texturais

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios da força de penetração do fruto inteiro com a casca (PIC), da polpa (PP), da casca (PC) e a força compressão (CP), para diferentes estádios de maturação da manga. Foi observado, mediante a análise de variância, presente no apêndice (Tabela 3S), que o estágio de maturação influenciou significativamente todas as características estudadas. Com isso, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, e os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios da força de penetração do fruto inteiro com a casca (PIC), da polpa (PP), da casca (PC) e da força de compressão (CP), para manga ‘Ubá’ em diferentes estádios de maturação.

Estádios	Força (N)			
	PIC	PP	PC	CP
Verde (1)	57,37 a	30,89 a	27,48 a	277,27 a
Verdoengo (2)	17,51 b	18,13 b	8,64 b	152,31 b
Semi-maduro (3)	13,81 bc	2,16 c	5,90 bc	37,19 c
Maduro (4)	11,79 c	1,61 c	4,81 c	32,51 c

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 6 que para PIC e a PC não houve diferença significativa entre os estádios 2 e 3 e 3 e 4. Comparando as forças máximas para PIC, PP e PC, é possível notar que para a maioria dos estádios de maturação, maiores valores estão relacionados a PIC, com exceção do estágio 2, onde a força para PP foi maior que para a PIC (Tabela 6). Esse fato pode estar relacionado a algum dano mecânico nos frutos no estágio 2 durante o transporte ou manuseio, comprometendo a estrutura e rigidez da casca. Maiores valores para PIC são explicados devido a necessidade de rompimento da casca para penetração da polpa, já que o teste é realizado no fruto inteiro.

Da mesma forma como ocorreu para as forças máximas de penetração, houve decréscimo da força de compressão. Nos estádios 1 e 2 obteve-se maiores forças, 277,27 e 152,31 N respectivamente (Tabela 6), existindo diferença significativa entre eles. Ao analisar os estádios 3 e 4, os valores de força máxima observados são menores (37,19 e 32,51 N, respectivamente) e não diferem entre si. Como a força de compressão é um indicador das propriedades mecânicas, químicas e reológicas do

produto (LIEN et al., 2009) e inversamente proporcional ao amadurecimento dos frutos (MOHSENIN, 1986), esta pode ser utilizada como indicador de amadurecimento dos frutos (DE KETELAERE et al., 2006). Logo é esperado que a diminuição da firmeza ocorra ao se avaliar estádios de maturação mais avançados.

Nas Figuras 14 e 15 estão representados os valores médios das forças máximas de penetração e compressão para a manga 'Ubá', em diferentes estádios de maturação.

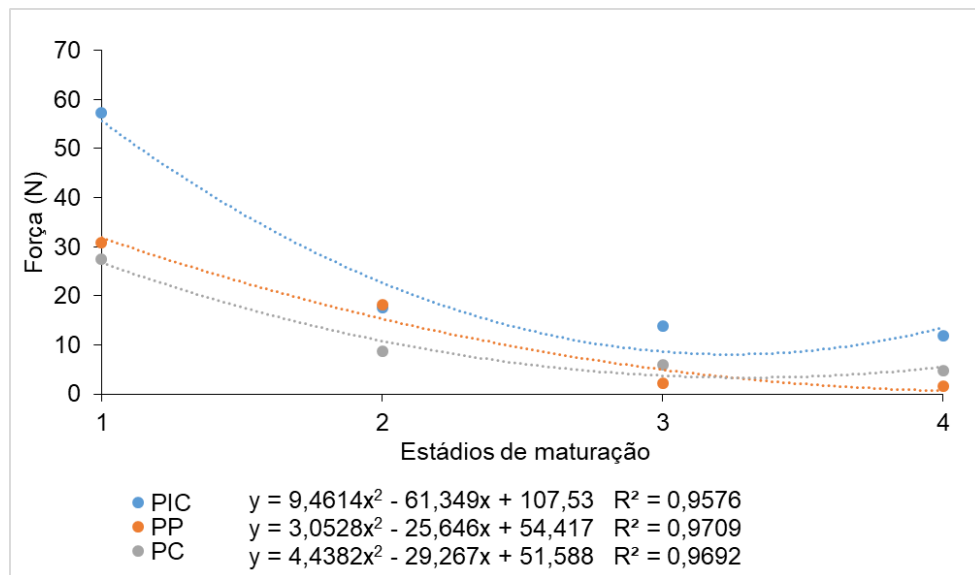


Figura 14. Força máxima de penetração do fruto inteiro (PIC), da polpa (PP) e da casca (PC) para frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação: Verde (1), Verdoengo (2); Semi-maduro (3) e Maduro (4).

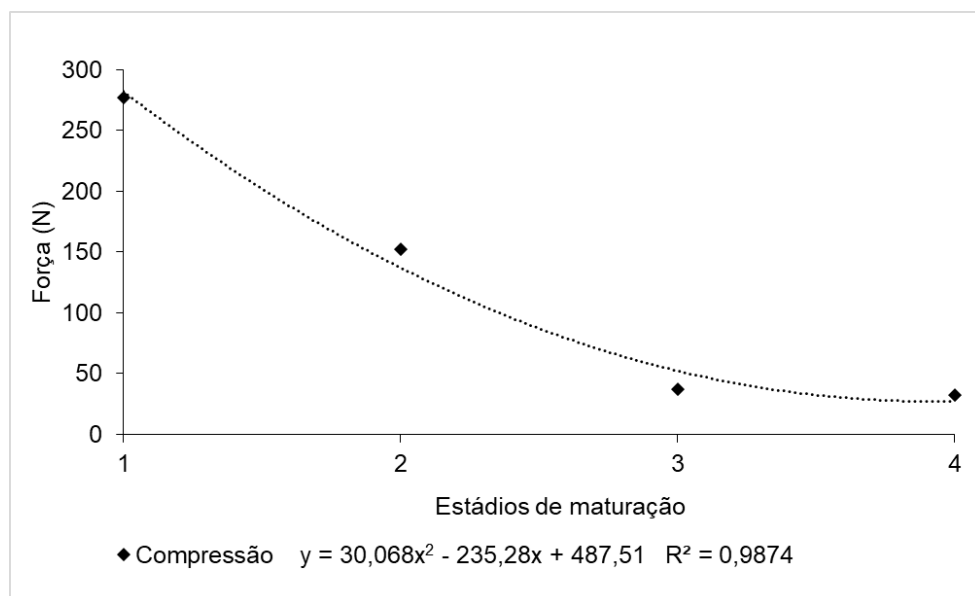


Figura 15. Força máxima média de compressão para frutos de manga 'Ubá' em quatro estádios de maturação: Verde (1), Verdoengo (2); Semi-maduro (3) e Maduro (4).

Nota-se nas Figuras 14 e 15 que a força máxima diminuiu com o avanço da maturação, indicando que os frutos perderam firmeza, o que confirma que esse parâmetro é um bom indicativo para inferir a maturação dos frutos. A diminuição da força máxima ocorre devido à quebra de membranas e paredes celulares dos frutos (FERNANDES, 2016), que está ligada a perda de turgescência. Em frutos climatéricos como a manga 'Ubá' as pectinas presentes nas paredes celulares sofrem degradação enzimática, diminuindo a firmeza (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Lima (2018) estudando o amadurecimento da manga 'Ubá' em condição ambiente observou comportamento similar aos encontrados neste trabalho, relatando perda acentuada da firmeza da polpa no decorrer do armazenamento dos frutos. Frutos carnosos tem como principal transformação ao longo do amadurecimento o amaciamento dos tecidos, que está ligado aos componentes químicos das paredes celulares, interferindo na qualidade e período de conservação dos mesmos (KAYS, 1991).

5. CONCLUSÕES

O processo de maturação da manga 'Ubá' pode ser analisado através da cor da casca e da polpa, por meio das coordenadas colorimétricas L^* , a^* e b^* , devido a evolução dos seus valores ao longo do processo de amadurecimento dos frutos.

O índice colorimétrico Croma e a diferença total de cor aumentaram ao longo do amadurecimento dos frutos, alcançando valores máximos de 69,87 e 48,94 para a casca e 85,14 e 34,65 para a polpa, respectivamente, ao passo que o ângulo hue diminuiu, obtendo valores de 73,21 para casca e 73,78 para polpa, no estágio maduro.

O teor de sólidos solúveis totais, pH e ratio aumentaram ao longo do amadurecimento, passando de 8,57, 3,64 e 37,55 no estágio verde para 21,63, 4,58 e 307,62 no estágio maduro, respectivamente, enquanto a acidez total titulável diminuiu alcançando o valor de 0,07 em porcentagem de ácido cítrico no estágio maduro.

O avanço da maturação resultou na diminuição da força máxima de penetração, que passou de 57,37, 30,89 e 27,48 N para 11,79, 1,61 e 4,81 N, para o fruto inteiro com casca, polpa e casca, nesta ordem, ocorrendo o mesmo para a força de compressão que decresceu de 277,27 para 32,51 N, do estágio 1 para o 4,

evidenciando a perda de firmeza dos frutos, e permitindo inferir que testes de textura podem ser utilizados para diferenciação de estádios de maturação de manga 'Ubá'.

A colheita da manga 'Ubá' pode ser realizada no estágio verdeoengo, pois apresenta valores de sólidos solúveis totais de 12,05, pH de 3,89 e ratio de 89,63, se enquadrando nas normas presentes na legislação vigente, associado a coloração amarelada da polpa, definida pelo aumento da coordenada a^* de 4,12 para 23,78, e da coordenada b^* , de 60,43 para 81,71, importante parâmetro para a comercialização dos frutos, além de ter sido constatado através dos testes de penetração e compressão a firmeza maior que os estádios semi-maduro e maduro, mas não tão elevada quanto o estágio verde, características relevantes para o manuseio nas etapas e operações de pós-colheita do produto.

Para estudos futuros, sugere-se avaliar com maior profundidade as propriedades físico-químicas entre os estádios verde e verdeoengo, tendo em vista que a manga é um fruto climatérico e continua seu amadurecimento após a colheita. Além disso, propõe-se pesquisas sobre os possíveis efeitos do tempo de transporte na qualidade final do produto, avaliação dos danos gerados durante o transporte através de simulação de um esforço de compressão, avaliação sensorial dos frutos in natura, sucos e doces/geleias e desenvolvimento de embalagens para melhorar o transporte de produtos como o estudado.

Finalmente, para os produtores durante a colheita recomenda-se como análises mais viáveis para identificação do ponto de colheita, a utilização do refratômetro para leitura do teor de sólidos solúveis totais e a utilização de penetrômetro manual para inferir a firmeza dos frutos.

REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 414 p.

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 207-225, 1999.

ALMELA, V. et al. La incisión anular como técnica de estímulo del desarrollo de los frutos de hueso. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, n. 69, p.16-26, 1995.

ANDRADE, P. F. S. Prognóstico 2020: Fruticultura análise da conjuntura. DERAL: departamento de Economia Rural, Governo do Paraná, 2020. 7 p. Disponível em : http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em 18 FEV. 2020.

ANTONIOLLI, L.R. **Ocorrência de danos mecânicos por impacto nas operações de colheita e pós-colheita de maçãs**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2012. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica 94).

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTICULTURA 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2020. 96 p. Disponível em < http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2020/05/HORTIFRUTI_2020.pdf>. Acesso 10 OUT. 2020.

ARAÚJO, J. L. **Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 85 p., 2001.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M., PEREZ, R. Necessidade da implementação da rastreabilidade como ferramenta de qualidade para a industrialização da manga na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.19-24, 2007.

BENEVIDES, S.D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.571-578, 2008.

BEZERRA, VALÉRIA SALDANHA. **Pós-colheita de frutos**. Embrapa Agroindústria de Alimentos – Documentos, 51. Macapá: Embrapa Amapá, 2003. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/905530/1/APDocumentos51.PDF> >. Acesso em 07 JUN. 2020.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002. 427 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos, etc. **Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000**. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília, DF, 10 JAN de 2000. Seção 1, p. 54-58.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa e Agropecuária. **Instrução Normativa nº 37 de 1º de outubro de 2018**. Regulamento técnico de padrões de identidade e qualidade de sucos de frutas e polpas de frutas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 OUT. 2018. Seção 1, p. 39-77.

BRAVERMAN, J.B.S.; BERK, Z. *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. México: El Manual Moderno, 1980. 358 p.

BUERA, M. P.; Lozano, R. D.; PETRIELLA, C. Definition of color in the non-enzymatic browning process. **Die Farbe**, 32/33, p. 316 – 326, 1985.

CAMARA, F. M. **Aspectos qualitativos da manga 'Palmer' comercializada na CEAGESP**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP. 154p, 2017.

CASTRO, Tânia Maria Neves et al. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Ver. Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 74, n. 4, p. 426-36, 2015.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**, 2º Ed. rev., Campinas - SP, Editora da UNICAMP, p. 202. 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESALQ - FAEPE, 1990. 293 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças – fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: Ed.UFLA, 2005. 785 p.

CHOUDHURY, M.M.; COSTA, T.S. da. **Perdas na cadeia de comercialização da manga**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, 2004. 41p.

CHAUVIN, M. A. **Food texture and perception**. 2007. Tese (Doutorado-Fisiologia em Ciência de Alimentos), Departamento of Food Science and Human Nutrition, Washington State University, Washington. 147p.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 334 p.

CLERICI, M.T.P.S.; SEBASTIÃO, R. H.; OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, M. S.; MORAES, A. N. L.; CLARETO, S. S. Escurecimento Enzimático: uma aula prática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v.2, n.2, p. 71 - 90, 2014.

COELHO, B. E. S.; NASCIMENTO, M. M.; CARVALHO, I. R. B.; SOUSA, K. D. S. M.; MACHADO, N. S.; NETO, A. F. 2019. Curva de secagem solar e avaliação físico-química da manga "Espada". **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.4, n.3, p.187-194, 2019.

DAMODARAN, PARKIN. KL; FENNEMA, OR *Química de Alimentos de Fennema*, 4ª Edição. Editora, **Artmed SA**, 2010.

DELAZIO, A; ISRAR, A; KLATZKY, R. L. Cross-modal correspondence between vibrations and colors. In: **2017 IEEE World Haptics Conference (WHC)**. IEEE, 2017. p. 219 - 224.

DE KETELAERE, B.; HOWARTH, M.S.; CREZEE, L.; LAMMERTYN, J.; VIAENE, K.; BULENS, I.; DE BAERDEMAEKER, J. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 275 – 284. 2006.

EMBRAPA, **Produção de manga** – Aspectos técnicos, 2000. Disponível em: <http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/mangaproducao.pdf>. Acesso em: 05 JUN. 2020.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. FAOSTAT, Disponível em:< <http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em 09 JUN. 2020.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2009.

FENNEMA, O. R. Principles of food science pt.1.Food chemistry. ed. Marcel Dekker; 1976. Capítulo 4: Enzyme, p. 285-345.

FERNANDES, L. S. **Qualidade pós-colheita de tomates submetidos à esforços de compressão e vibrações mecânicas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87 p., 2016.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.6. Lavras-MG: UFLA, 2015.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria: Princípios e aplicações na agricultura. In: **Instrumentação em frutas e hortaliças**. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209–220.

FONTES, E. A. F. **Cinética de alterações químicas e sensoriais em néctar de manga (Mangifera indica L. var. Ubá) durante tratamento térmico**. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 112 p., 2002.

FUCHS, Y.; ZAUBERMAN, G.; YANKO, U.; HOMSKY, S. Ripening of mango fruits with ethylene. **Tropical Science**, Whurr, v.17, p.211 - 216, 1975.

GAVA, A. J., SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2009, 511 p.

GODOY, A. E.; JACOMINO, A. P.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; GUTIERREZ, A. S. D., VIEIRA, C. E. M.; FORATO, L. A. (2010). Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões ‘Golden’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 682-691, Epub September 08, 2010.

GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, J. R. A.; COELHO, S. R. M.; SILVA, T. G. Características físicas e químicas dos frutos de cultivares de manga (Mangifera indica L). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 2, n.1, p. 72-78, 1998.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; FERREIRA, J. B. A.; TAVARES, P. R. F.; MEDEIROS, A. C. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheitas de hortaliças comercializadas em Santa-rém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n.1, p. 34-40, 2017.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2002. p. 59-81.

HORTIFRUTI BRASIL. Anuário 2018-2019. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br>>. Acesso em: 01 NOV. 2020.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. Versão eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. Acesso em 08 de OUT. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Produção Agrícola Municipal, 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat>. Acesso em: 10 de JUN. 2020.

IBGE. Sistema de Recuperação Automática – SIDRA, 2018. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em 09 de JUN. 2020.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2015. Disponível em: <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>. Acesso em: 11 OUT. 2020.

JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JAVAGA, J. M. Determination of a color index for citrus fruits degreening. **Proceedings of Intenational Society of Citriculture**. p. 750 – 753, 1981.

JONGSRI, P., WANGSOMBOONDEE, T., ROJSITTHISAK, P., & SERAYPHEAP, K. Efeito dos pesos moleculares do revestimento de quitosana na qualidade pós-colheita e nas características físico-químicas da manga. **LWT - Ciência e Tecnologia de Alimentos**. p. 73, 28 – 36, 2016.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, In: **International Symposium Effect of Pre- & Postharvest factors in Fruit Storage 485**, p. 203-208, 1999.

KADER, A.A. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. In: **O. Lamikanra** (Ed.). *Fresh-cut fruits and vegetables*. Science Technology and Market. Boca Raton, FL. CRC Press, 2002.

KAYS, S.J. Postharvest physiology of perishable plant products. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KHALIQ, G.; MUDA MOHAMED, M. T.; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H. M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, 190, p.187-194, 2015.

KIST, B. B.; Anuário Brasileiro de Fruticultura. Ed. 82. **Editora Gazeta**. 2019, p. 8-39. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-hortifruti-2019/>>. Acesso em 06 JUN. 2020.

LEMOS, L. M. C. **Controle do amadurecimento e da antracnose na pós-colheita da manga 'Ubá'**. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 133 p., 2014.

LIEN, C. C.; AY, C.; TING, C. H. Non-destructive impact test for assessment of tomato maturity. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 402 – 407, 2009.

LIMA, J.P.R.; MIRANDA, E.A. de A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. In: ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDOS DE TRABALHO - ABET, 3. 2000, Recife. **Anais...** Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufri.br/abet/>>. Acesso em 20 OUT. 2020.

LIMA, R. R. **Determinação do ponto de colheita da manga 'Ubá' para amadurecimento em condição ambiente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 62 p., 2018.

LINHARES, F. R e DO CARMO, F. L. Uma abordagem do cenário geral de sucos industrializados por meio das patentes no contexto da alimentação saudável. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1698, 2018.

LIZADA, C. Mango. In SEYMOUR, Graham B.; TAYLOR, Jane E.; TUCKER, Gregory, A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. Springer Science & Business Media, Cap. 8, p. 255-290, 2012.

MAGALHÃES, A. M.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L. Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa. **Ciência. Rural** [online], vol. 39, n.9, p. 2431-2438, 2009.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLIVEIRA, J. M. E. O; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Manga**: Tecnologia, produção, agroindústria e exportação. Porto Alegre: Cinco Continentes. 2001. 671 p.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; MELO, E. C.; CARNEIRO, A.P.S. Avaliação colorimétrica de folhas secas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.131-140, 2008.

MAZZUZ, C. F. **Calidad de Frutos Citricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición.** Reus. Ed. Horticultura, 1996.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254 - 1255, 1992.

MEDEIROS, E. A. A.; SOARES, N. F. F.; POLITO, T. O. S.; SOUSA, M. M. de; SILVA, D. F. P. Sachês antimicrobianos em pós-colheita de manga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. especial, p.363 - 370, 2011.

MINOLTA, K. Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação. **Seoul: Konica Minolta**, 1998.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics and mechanical properties.** 2ª ed., New York: Gordon and Breach, 1986. 891p.

MOREIRA, E. G. S.; SANCHEZ, A. G.; SILVA, M. B.; COSTA, J.M.; COSME, S, S.; CORDEIRO, C.A.M. Utilização de filme comestível na conservação pós-colheita do pimentão “Magali”. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Rondon, PR, v. 12, n.1, p. 120 - 126, 2017.

MOTTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, K. S. M. Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicata Scientiae**, n.6, v.1, p. 74 - 82, 2015.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira.** Petrolina: Embrapa Semiárido, Sistema de Produção 2. (versão eletrônica), 2010. 77p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/884451>>. Acesso em 20 JAN. 2021.

NASSUR, R. C. M. R. **Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento.** 2013. 86 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NATIONAL MANGO BOARD. **Manual de Práticas para o Melhor Manejo Pós-Colheita da Manga.** National Mango Board, 2011. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/33439137/manual-national-mango-board>. Acesso em: 09 OUT. 2020.

NEIRO, E. S.; NANNI, M. R.; ROMAGNOLI, F.; CAMPOS, R. M.; CEZAR, E.; CHICATI, M. L.; OLIVEIRA, R. B. Análise de cor de para discriminação de seis variedades de cana-de-açúcar em quatro épocas de colheita no ano. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

OLIVEIRA, E. N. A; FEITOSA, B. F; SOUZA, R. L. A. **Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas.** Editora IFRN, Natal, 315 p., 2018. Disponível em:<<https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1664/Tec.%20e%20Proc.%20de%20Fruta%20s%20-%20E-Book.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 21 MAIO 2021.

OLIVEIRA, G.H.H. **Características físico-químicas do tomate submetido a esforço controlado de compressão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 107 p., 2010.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PINTO, A. C. Q.; PINHEIRO, N. F.; GUIMARÃES, T. G. Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica de mercado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 64-72, 2011.

PONJIČAN, O.; BAJKIN, A.; JAĆIMOVIĆ, G.; TOMIĆ, M.; SAVIN, L.; DEDOVIĆ, N.; SIMIKIĆ, M. Tillage quality affecting physical characteristics, number of plants and carrot root yield under flat and ridge cultivation. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 2, p. 304-311, 2012.

RAMOS, A. M.; COUTO, F. A. A.; REZENDE, P. M.; LELIS, F. M. V.; BENEVIDES, S. D.; PEREZ, R. **Manga ‘Ubá’**: Boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria. 1 ed. Viçosa: UFV, 2005. 64 p.

RAMOS, A. M.; FREITAS, G. B.; NEVES, E. G. F.; FREITAS, L. M. S. **Manga ‘Ubá’ orgânica**. Boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria. 1 ed. Suprema Gráfica Editora, Visconde do Rio Branco, 2010. 75 p.

REIS, M. F. T. **Influência da atmosfera modificada e refrigeração sobre as propriedades físico-químicas, texturais e reológicas da atemóia (*Annona squamosa* L.)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 147 p., 2013.

RINALDI, M. M. Perdas pós-colheita devem ser consideradas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011.

ROIZEN, M. F.; PUMA, J. L. **A dieta da idade verdadeira**. Rio de Janeiro: Campus, 2001, 328 p.

SANTOS, M. Z.; NEITZKE, D. F.; FAVARÃO, S. C. M. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de laranja ‘rosa’ armazenada sob condição ambiente. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 37-44, jul, 2014.

SCHOUTEN, R.E.; HUIJBEN, T.P.M.; TIJSKENS, L.M.M.; VAN KOOTEN, O. Modelling quality attributes of truss tomatoes: linking colour and firmness maturity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 298-306, 2007.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; STRUIVING, T. B. Amadurecimento de manga Ubá com etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.213-220, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v42n2/a3712cr5102.pdf>>. Acesso em 16 OUT. 2020.

SILVA, J. A. A.; GRIZOTTO, R. K.; MIGUEL, F. B.; BÁRBARO, I. M. Caracterização físico-química de frutos de clones de doviális (*Dovyalis abyssinica warb*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.466-472, 2011. Número especial.

SILVA, S. N.; SILVA, P. B.; SILVA, R. M.; SILVA, L. P. F. R.; BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. D. A. C.; GOMES, J. P. Composição físico-química e colorimétrica da polpa de frutos verdes e maduros de *Cereus jamacaru*. **Magistra**, Cruz das Almas, v.30, p. 11-17, 2019.

SOUZA, S. F.; MARIANO, J. L.; GUEDES, J. P. M.; LIMA, J. R. F. **Competitividade e parcela de mercado das exportações brasileiras de manga**: Uma análise do modelo Constant Market Share. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 47, p. 39-48, 2016.

STRUIVING, T.B. **Avaliação de híbridos naturais de mangueira 'Ubá' selecionados na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 9, p. 853-876, 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Agricultura Research Service. **USDA national nutrient database for standard reference, release 25**. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/>>. Acesso em 8 OUT. 2020.

VALE, A. A. S.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, J. A. Alterações químicas, físicas e físico-químicas da tangerina 'ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco) durante o armazenamento refrigerado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 778-786, 2006.

VALEEXPORT. **Vale do São Francisco: Potencial frutícola do Vale do São Francisco**. Petrolina, 2016. Disponível em: <<http://www.valexport.org.br>>. Acesso em 09 de JUN. 2020.

VOISEY, P. W. The Ottawa texture measuring system. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 4, n. 3. p. 91-103, 1971.

APÊNDICE

Tabela S1. Resumo da Análise de variância da análise de cor da casca e da polpa das coordenadas a^* , b^* L^* e dos índices colorimétricos croma (Cr), ângulo Hue e diferença total de cor (ΔE), para os respectivos tratamentos (TR).

	F.V	GL	Quadrados Médios					
			a^*	b^*	L^*	C	Hue	ΔE
Cor da Casca	TR	3	1873,2080*	1792,8916*	553,1698*	2037,2104*	4305,8324*	3982,576*
	Resíduo	32	19,7418	27,1116	24,0113	30,7660	779,8245	32,8023
	CV (%)		169,53	11,07	7,92	11,40	32,67	26,45
Cor da Polpa	TR	3	795,5549*	841,7233*	1010,2600*	1146,9481*	315,7658*	2455,6842*
	Resíduo	32	3,2368	2,1855	5,8954	2,1031	1,7759	3,4989
	CV (%)		11,05	2,02	3,11	1,93	1,70	9,09

*F significativo ao nível de 1% de probabilidade; F.V. Fonte de variação; TR. Tratamento; GL. Graus de Liberdade; CV (%) Coeficiente de variação.

Tabela S2. Resumo da Análise de variância das análises de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (ATT) e Ratio, para os respectivos tratamentos (TR).

F.V	GL	Quadrados Médios			
		SS	pH	ATT	Ratio
TR	3	361,8588*	1,8109*	0,0438*	142868,6325*
Resíduo	32	0,9653	0,0049	0,0003	2384,1427
CV (%)		6,28	1,70	13,36	29,01

*F significativo ao nível de 1% de probabilidade; F.V. Fonte de variação; TR. Tratamento; GL. Graus de Liberdade; CV (%) Coeficiente de variação.

Tabela S3. Resumo da Análise de variância das análises de penetração do fruto inteiro com a casca (PIC), penetração da polpa (PP), penetração da casca (PC) e compressão do fruto (CP) para os respectivos tratamentos (TR).

F.V	GL	Quadrados Médios			
		PIC	PP	PC	CP
TR	3	4678,0753*	1978,2673*	1131,8497*	133981,8203*
Resíduo	36	11,0485	4,0287	9,7702	1690,7103
CV (%)		13,23	15,21	26,70	32,94

*F significativo ao nível de 1% de probabilidade; F.V. Fonte de variação; TR. Tratamento; GL. Graus de Liberdade; CV (%) Coeficiente de variação.