

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Ítala Tavares Guimarães

Avaliação de espectrômetros Vis-NIR portáteis para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco

Petrolina- PE 2020

Ítala Tavares Guimarães

Avaliação de espectrômetros Vis-NIR portáteis para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia — Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia — Produção Vegetal.

Orientador: Sérgio Tonetto de Freitas, PhD.

Petrolina- PE 2020

G963a Guimarães, Ítala Tavares.

Avaliação de espectrômetros Vis-NIR portáteis para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco / Ítala Tavares Guimarães. - Petrolina 2020.

98f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia — Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina - PE, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tonetto de Freitas.

Manga – Cultivo. 2. Espectroscopia. 3. Fruticultura Tropical.
 Título. II. Freitas, Sérgio Tonetto de. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.44

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas SIBI/UNIVASF. Bibliotecária: Louise Machado Freire Dias CRB – 4/2267

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Ítala Tavares Guimarães

Avaliação de espectrômetros Vis- NIR portáteis para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2020.

Banca Examinadora.

Sérgio Tonetto de Freitas, PhD, UNIVASF - Embrapa Semiárido

Dra. Aline Telles Biasoto Marques - Embrapa Semiárido

D A O (II D I 'D I | E I | O '(' | I

Dra. Ana Cecília Poloni Rybka - Embrapa Semiárido

6 CB B

Agradecimentos

À Deus humildemente agradeço por seu amor infinito, bondade e misericórdia, pela coragem e força depositadas ao longo do percurso, por nunca abandonar sua filha e por sempre providenciar cada dia vivido, aos espíritos de luz por estarem comigo durante minha caminhada, obrigada Senhor!

Aos meus pais, Ivanilda Tavares e Manoel Itamá Guimarães, por todo auxilio, compreensão e pela confiança ao longo do percurso, apesar das dificuldades, deixandome com livre arbítrio para minhas escolhas.

Ao meu irmão Diego Guimarães, agradeço pelas conversas, por sua amizade, por todo apoio e compreensão nas minhas decisões.

Aos amigos Caio Leal, Edmilson Gomes, Hilbaty Rodrigues, Telma Souza, Vanderlúcia Oliveira e Williane Lima, que vem junto comigo desde a graduação e mesmo longe estiveram em pensamento e energia fortalecendo-me para que fosse possível a conclusão de mais um ciclo, ouvindo minhas angústias e anseios sempre que eu precisava de uma palavra amiga.

À Rizza Rodrigues, gratidão por sua amizade, seus conselhos e suas orações vibrando sempre energia positiva, amigos não medem distâncias!

Aos amigos Carlos Neves, Weslley Oliveira, Jacielly Lira e Moema Nogueira pela linda amizade construída, pelos dias maravilhosos e pelas brincadeiras, pelo apoio incondicional quando adoeci, pela força, confiança, paciência por me ouvirem todos os dias quando eu vinha preocupada e muitas vezes com vontade de desistir, foi muito bom conviver com vocês durante esse tempo em Petrolina, amigos pra vida!

A todos e todas que fazem parte do Lar Irmã Martha II, a Irmã Aparecida por terem me recebido, meu agradecimento.

À Magnólia Lourenço, Bárbara Sobreira e João Vilvert pela receptividade, empatia, compreensão na intensidade dos dias, suporte fornecido para o desenvolvimento do projeto e pela amizade!

À Cleyton Araújo por sua empatia e por ter disponibilizado seu tempo em me ajudar em algumas análises, muito obrigada!

À equipe do Laboratório de Pós- Colheita e a EMBRAPA Semiárido por disponibilizar suas dependências para o desenvolvimento do presente estudo e todos e todas que indiretamente me auxiliaram, expresso minha gratidão.

Ao Professor Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, por ter me recebido em sua equipe e por sua paciência.

Ao Dr. Emanoel Marques, por dispor de seu tempo para sanar minhas dúvidas sobre quimiometria e pela paciência.

As empresas MURANAKA e AGRODAN por disponibilizarem os frutos e pelo apoio à pesquisa. A empresa AGRODAN pelo apoio financeiro a este trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa (FACEPE), pela concessão da bolsa.

Ao Programa de Pós- Graduação Vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Gratidão, por eu nunca ter desistido, apesar dos percalços!



Resumo

O Vale do São Francisco é um dos maiores polos de fruticultura irrigada e o maior produtor de manga do Brasil, produzindo as principais cultivares comercializadas destinadas à exportação e mercado nacional. Os objetivos deste trabalho foram avaliar e recomendar espectrômetros NIR portáteis (do inglês Near Infrared), associados a técnicas de calibração multivariada para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas produzidas no Vale do São Francisco, visando a alta aceitação dos frutos pelos consumidores. A primeira etapa desse estudo consistiu em desenvolver e validar modelos de calibração multivariada para determinar de forma não destrutiva parâmetros de qualidade em mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' no momento da colheita. Neste estudo, a precisão na determinação da qualidade de mangas foi comparada utilizados dois espectrômetros NIR portáteis, F-750 Produce Quality Meter (Félix Instruments, Estados Unidos), que registra os dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm e Scio (Consumer Physics, Israel) que permite o registro de dados de faixa espectral de 700 a 1100 nm. Na segunda etapa deste estudo, o espectrômetro que apresentou o melhor desempenho na determinação da qualidade de mangas, F-750 Produce Quality Meter, foi utilizado para selecionar mangas em diferentes faixas de matéria seca, as quais foram armazenadas e posteriormente submetidas a avaliação dos consumidores. De acordo com os resultados obtidos, mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' devem ser colhidas com teores de matéria seca igual ou maiores que 14% e 16%, respectivamente, para garantir a alta aceitação pelos consumidores.

Palavras-chave: Mangifera indica; matéria seca; espectroscopia.

Abstract

The São Francisco Valley is one of the most important fruit producing and the largest mango growing regions in Brazil, which is responsible for the majority of mangoes shipped to international and national markets. The objectives of this study were to evaluate and recommend portable near infrared (NIR) spectrometers, associated with multivariate calibration techniques to monitor quality and determine the ideal maturity stage to harvest mangoes produced in the São Francisco Valley, aiming higher fruit acceptance by consumers. The first step in this study was to develop and validate multivariate calibration models that could be used to non-destructively determine quality parameters in 'Palmer' and 'Tommy Atkins' mangoes at harvest. In this study, the precision to determine mango quality was compared between two portable NIR spectrometers, F- 750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, United States), which records data in the spectral range of 400 to 1100 nm and Scio (Consumer Physics, Israel), which records data in the spectral range of 700 to 1100 nm. In the second step, the spectrometer that showed the best performance in determining mango quality, F- 750 Produce Quality Meter, was used at harvest to select mangoes with different dry matter content, which were stored and later subjected to consumer analysis. According to the results, 'Tommy Atkins' and 'Palmer' mangoes must be harvested with dry matter contents equal or greater than 14% and 16%, respectively, in order to ensure high fruit acceptance by consumers.

Keywords: *Mangifera indica*; dry matter; spectroscopy.

Lista de figuras

Figura 1 - Morfologia da manga24
Figura 2 - Principais cultivares comercializadas no Brasil e no Vale do São Francisco
Figura 3 – Espectrômetro Félix F-750 Produce Quality Meter
Figura 4 – Espectrômetro Scio version 1.248
Figura 5 – Extrator de sucos manual49
Figura 6 – Texturômetro digital TA. XT/Plus50
Figura 7 – Refratômetro portátil digital modelo Pocket Pal150
Figura 8 – Titulador automático modelo 848 Titrino Plus
Figura 9 – Colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta)
Figura 10 – Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras
de manga 'Palmer', registrados utilizando o espectrômetro F-
750
Figura 11- Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras
de mangas 'Tommy Atkins', registrados utilizando o espectrômetro F-
750
Figura 12- Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras
de manga 'Palmer', registrados utilizando o espectrômetro
Scio
Figura 13- Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras de
mangas 'Tommy Atkins', registrados utilizando o espectrômetro Scio57
Figura 14- Parâmetros de qualidade de mangas 'Palmer' determinados com métodos de
referência e preditos com o uso do espectrômetro F-750. Modelos desenvolvidos por
calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e
dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a
bissetriz59
Figura 15- Parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' determinados com
métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro F-750. Modelos
desenvolvidos por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração
(círculos preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a
bissetriz60

Figura 16- Parâmetros de qualidade de mangas 'Palmer' determinados com métodos de
referência e preditos com o uso do espectrômetro Scio. Modelos desenvolvidos por
calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e
dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a
bissetriz
Figura 17- Parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' determinados com
métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro Scio. Modelos desenvolvidos
por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos
preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a
bissetriz
Figura 18- Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão
global de mangas 'Palmer' colhidas no Vale do São Francisco em abril de
2019
Figura 19- . Porcentagem de notas de aceitação ($\geq 5,4$) e rejeição ($\leq 5,4$) para impressão
global de mangas 'Palmer' colhidas no Vale do São Francisco em outubro de
2019
Figura 20- Intenção de compra de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
e colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca
(MS)
Figura 21- Intenção de compra de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
e colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca
(MS)
Figura 22- Perfil sensorial de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e
colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca
(MS)85
Figura 23- Perfil sensorial de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e
colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca
(MS)85
Figura 24- Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão
global de mangas 'Tommy Atkins' colhidas no Vale do São Francisco em abril de
2019
Figura 25- Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤ 5,4) para impressão
global de mangas 'Tommy Atkins' colhidas no Vale do São Francisco em outubro de
2019

Figu	ura 26- Inte	nção de	compra	de man	gas 'Tommy <i>I</i>	Atkins' prod	duzidas	no Vale d	o São
Fran	ncisco e	colhidas	s em	abril	com diferen	tes faixa	s de	matéria	seca
(MS	5)								90
Figu	ura 27- Inter	nção de d	compra d	le manga	as 'Tommy' pr	oduzidas n	o Vale d	do São Frai	ncisco
е	colhidas	em	outubro	com	diferentes	faixas	de	matéria	seca
(MS	5)								91
Figu	u ra 28- Perfi	il sensoria	al de mar	ngas 'To	mmy Atkins' pı	roduzidas r	o Vale	do São Frai	ncisco
е	colhidas	em	abril	com	diferentes	faixas	de	matéria	seca
(MS	5)								92
Figu	u ra 29- Perfi	il sensoria	al de mar	ngas 'To	mmy Atkins' pı	roduzidas r	o Vale	do São Frai	ncisco
е	colhidas	em	outubro	com	diferentes	faixas	de	matéria	seca
(MS	5)								93

Lista de Tabelas

Tabela 1- Composição nutricional da manga in natura por 100g de parte comestível.
Adaptada
Tabela 2- Composição nutricional de manga in natura das cultivares Tommy Atkins e
Palmer por 100g de parte comestível. Adaptada
Tabela 3- Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência para manga
'Palmer'
Tabela 4- Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência para manga
'Tommy Atkins'
Tabela 5- Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por
regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos
solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) para
manga 'Palmer' utilizando o espectrômetro portátil F-750
Tabela 6- Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por
regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos
solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) para
manga 'Tommy Atkins' utilizando o espectrômetro portátil F-750 53
Tabela 7- Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por
regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos
solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) para
manga 'Palmer' utilizando o espectrômetro portátil Scio 54
Tabela 8- Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por
regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos
solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) para
manga 'Tommy Atkins' utilizando o espectrômetro portátil Scio
Tabela 9- Diferentes faixas de matéria seca (MS) de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins'
avaliados nos meses de abril e outubro de 201971
Tabela 10- Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 73
Tabela 11- Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São
Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e

armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15
N
Tabela 12- Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de
2019
Tabela 13- Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São
Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e
armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15
N
Tabela 14- Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São
Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de
2019
Tabela 15- Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São
Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e
armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15
N
Tabela 16- Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São
Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de
2019
Tabela 17- Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São
Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e
armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15
N
Tabela 18- Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
colhidas em abril de 2019 em diferentes faixas de matéria seca (MS)
Tabela 19- Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco
colhidas em outubro de 2019 em diferentes faixas de matéria seca (MS)
Tabela 20- Análise de aceitação de mangas 'Palmer' maduras, produzidas no Vale do São
Francisco e colhidas em abril de 2019
Tabela 21- Análise de aceitação de mangas 'Palmer' maduras, produzidas no Vale do São
Francisco e colhidas em outubro de 2019
Tabela 22- Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' maduras, produzidas no Vale
do São Francisco e colhidas em abril de 2019

Tabela 23- Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' maduras, produzidas	no Vale
do São Francisco e colhidas em abril de 2019	87
Tabela 24- Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' maduras, produzidas	no Vale
do São Francisco e colhidas em outubro de 2019	88
Tabela 25- Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' maduras, produzidas	no Vale
do São Francisco, colhidas em outubro de 2019	88

ABREVIATURAS E SIGLAS

AT - Acidez Titulável

CP - Cor de Polpa

FP - Firmeza de Polpa

KgF - Quilo Grama Força

MS - Matéria Seca

mm - Milímetro

N - Newtons

NIR - Infravermelho Próximo (Near Infrared)

nm - Nanômetro

pH - Potencial Hidrogeniônico

PLS - Mínimos Quadrados Parciais (Partial Least Squares)

RMSEC – Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Calibração (*Root Mean Square Error of Calibration*)

RMSECV - Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada (*Root Mean Square Error of Cross Validation*)

RMESECVr - Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada Relativo (Root Mean Square Error of Cross Validation Relative)

SNV - Variação Normal Padrão (Standard Normal Variate)

SS - Sólidos Solúveis

VL - Variável Latente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	20
2. 1 Objetivo Geral	20
2.2 Objetivos específicos	21
3.CAPÍTULO1: Revisão	22
3.1 Mangicultura	22
3.1.1 Importância socioeconômica	25
3.2 Importância nutricional	27
3. 2. 1 Cultivar Tommy Atkins	29
3. 2. 2 Cultivar Palmer	30
3.2.3 Aspectos gerais de qualidade	31
3.3 Uso de métodos não- destrutivos para avaliação da qualidade dos frutos	33
REFERÊNCIAS	36
4. CAPÍTULO 2: Avaliação e recomendação de espectrômetros VIS- NIR portáteis	
para a determinação de parâmetros de qualidade em mangas "Palmer" e "Tommy	
Atkins" no momento da colheita	43
4.1 Introdução	45
4.1.2 Material e métodos	46
4.1.3 Análises de referência	48
4.1.4 Resultados e discussão	51
4.1.5 Conclusão	63
REFERÊNCIAS	63
4.2 CAPÍTULO 3: Determinação da faixa ideal de matéria seca para colheita de mangas	;
'Palmer" e "Tommy Atkins", visando a alta aceitação dos frutos pelos	;
consumidores	67
4.2.1 Introdução	69
4.2.2 Materiais e método	70
4.2.3 Resultados e discussão	73
4.2.4 Considerações Finais	94
4.2.5 Conclusões	

REFERÊNCIAS	95
Material Suplementar	98

1. INTRODUÇÃO

Em 2019 a fruticultura brasileira atingiu US\$ 1 bilhão em exportação, superando o ano de 2018 que teve como receita US\$ 980 milhões (AGROSTAT,2020). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com produção anual de 37 milhões toneladas ficando atrás da China e da Índia, entretanto, em termos de exportações, o Brasil ocupa a 23ª posição (ABRAFRUTAS, 2019).

O cultivo de manga no Brasil nos últimos anos vem se mostrando bem rentável, principalmente para o mercado externo, a elevação das vendas nos anos de 2016 e 2017, vieram para consolidar este mercado. A mangicultura atualmente atinge a autossuficiência em produção, sendo o Brasil também o maior exportador da fruta, com 179 mil toneladas embarcadas em 2018 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2019), a produção para o mercado interno cresce anualmente e o volume de frutos para exportação também só aumenta, sendo que entre 2014 e 2019 o crescimento na produção de manga foi de 21,8% (ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL, 2018-2019).

O nordeste brasileiro chega a contribuir com quase toda a totalidade da produção de manga do Brasil através polo agrícola do Vale do São Francisco, que abrange os estados de Pernambuco e Bahia onde estão localizados os principais produtores nos municípios de Petrolina, PE, Belém de São Francisco, PE, Lagoa Grande, PE, Juazeiro, BA, Curaçá, BA e Casa Nova, BA (ABRAFRUTAS, 2018).

Embora a região do Vale do São Francisco disponha anualmente de condições climáticas favoráveis, é necessário que os frutos possuam boa qualidade após a colheita, sendo necessário que haja controle das práticas pós-colheita, condição essencial para prolongar sua vida útil e manter a qualidade dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A manga é um fruto climatérico, e o início do seu amadurecimento é causado pelo aumento da produção de etileno, juntamente com uma variedade de alterações bioquímicas envolvendo a degradação de amido, ácidos e pectinas e consequentemente aumento dos açucares (CHITARRA & CHITARRA, 2005; NAGLE et al., 2010). Considerando que o fruto deve chegar aos consumidores com qualidade ideal para consumo, a determinação do estádio correto de maturação para a colheita é fundamental, garantindo a aquisição de sabor, vida útil e qualidade sensorial necessária para satisfazer o consumidor (KIENZLE et al., 2012; VIDAL, 2018).

Mesmo tendo a mangicultura como uma das principais culturas produzidas no país e que abrange grande parte do mercado dentro da fruticultura, a colheita ainda é feita de modo empírico por alguns produtores e a maioria utiliza características visuais pouco precisas, tendo como referências para o ponto de colheita a tonalidade e cerosidade da casca, formação de estrutura pontiaguda no ápice do fruto ("bico") e formação do "ombro", região superior do fruto na qual ocorre formação de um ângulo agudo com o pedúnculo (ASSIS, et al. 2008; GENÚ & PINTO, 2002).

Entretanto, a colheita deve ser feita quando o fruto atingir sua maturação fisiológica ideal, permitindo que o fruto continue o desenvolvimento fisiológico de suas características de acordo com sua variedade, caso contrário, este não estará fisiologicamente desenvolvido e permanecerá "imaturo" e impróprio para o consumo (SIGRIST et al., 2004; ASSIS et al., 2008; KIENZLE et al., 2011).

A falta de métodos precisos e tecnologias avançadas para determinar o estádio ideal de maturação da manga no momento da colheita proporciona a colheita de frutos com baixa qualidade, resultando em frutos ofertados no mercado com qualidade insuficiente para satisfazer os consumidores (SARANWONG et al., 2004). Isso ocorre devido a colheita antecipada, antes da maturação ideal, resultando em frutos maduros com baixos teores de sólidos solúveis, aumentando a rejeição e a redução no consumo de mangas. Por outro lado, mangas colhidas na maturação ideal apresentam altos teores de sólidos solúveis quando maduras, estimulando o consumo, a comercialização e a produção (SANTOS NETO et al., 2017). Neste contexto, torna-se importante o desenvolvimento e uso de tecnologias que possam ser aplicadas para determinar com precisão o estádio ideal de maturação para a colheita de mangas, visando garantir a alta aceitação dos frutos maduros pelos consumidores.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Os objetivos deste trabalho foram avaliar e recomendar espectrômetros NIR portáteis (do inglês *Near Infrared*), associados a técnicas de calibração multivariada para o monitoramento da qualidade e definição do estádio de maturação ideal para a colheita de mangas produzidas no Vale do São Francisco, visando a alta aceitação dos frutos pelos consumidores.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e validar modelos de calibração multivariada para determinação de parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' no momento da colheita, utilizando diferentes espectrômetros Vis-NIR portáteis;
- Selecionar o espectrômetro Vis-NIR portátil com melhor desempenho para a determinação de parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer';
- Utilizar o espectrômetro selecionado para determinar os teores de MS no momento da colheita de frutos utilizados em testes com consumidores e submetidos a análises físico-químicas para avaliação da qualidade de consumo;
- Realizar testes de aceitação com consumidores para avaliar a qualidade de consumo de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' colhidas com diferentes faixas de MS, visando a definição da faixa ótima para a colheita dos frutos.

3. CAPÍTULO 1: REVISÃO

3.1 Mangicultura

A manga (*Mangifera indica* Linn.) está na lista dos frutos mais consumidos no mundo, principalmente nos países tropicais (SHAH et al., 2010). Seu gênero é pertencente a ordem sapindales, dentro da família *Anacadiaceae*, de espécies principalmente tropicais, possui 73 gêneros e dentro deles cerca 850 espécies (THARANATHAN et al., 2007), embora a espécie *Mangifera indica* seja a única que possui cultivo comercial e em larga escala (CASTRO NETO et al., 2000).

A produção de manga ocorre em vários países e grande parte é feita nos países em desenvolvimento, como a Índia, Paquistão, Tailândia, México, Brasil e China (PEROSA et al., 2002). O Brasil encontra-se na sétima posição mundial na produção de mangas, com sua maior produção concentrada no Vale do São Francisco, seguido dos estados de São Paulo e Minas Gerais, produzindo um total de 1.087.091 toneladas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018; ANUÁRIO BRASILEIRO HORTIFRUTI 2019; IBGE 2016). A manga é a sétima cultura mais plantada no mundo e a terceira mais cultivada em aproximadamente 100 países de regiões tropicais (CASTRO NETO et al., 2000), além de ser muito consumida devido ao seu forte aroma característico, agradável e delicioso, é um fruto rico em vários nutrientes e fitoquímicos como vitamina C, vitamina E, β-caroteno, luteína, quercetina, mangiferina, assim como ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 e 6 (NTSOANE et al., 2019).

A mangueira é uma árvore com grande copa que permanece sempre verde, de porte médio, podendo atingir de 10 a 12 metros de altura, diâmetro de 7 a 10 metros ou mais, podendo dificultar os tratos culturais. Em pomar comercial, é indicado por meio da poda, manter as plantas com até 3 metros de altura, facilitando o manejo e a colheita (SIMÃO et al., 1999; THARANATHAN et al., 2007; SHAH et al., 2010).

Suas folhas são lanceoladas, com textura coriácea e sua coloração encontra-se entre o verde-claro e uma tonalidade um pouco amarronzada ou arroxeada, as folhas jovens possuem uma tonalidade mais clara, tornando-se um verde mais escuro quando adulta (SILVA et al., 2002; LIMA NETO, 2017).

Suas flores possuem 5 a 10 mm de diâmetro, carregadas em inflorescências (amarelas ou avermelhadas), flores monoicas, polígamas e hermafroditas, sendo que flores hermafroditas e masculinas podem ser encontradas na mesma panícula (THARANATHAN,

2007; CASTRO NETO, 2000; SHAH, 2010). O tronco é robusto, possui a presença de raiz pivotante, que se aprofunda bastante ao solo, garantindo sustentação da planta, visto que a mangueira é uma árvore de grande porte e dessa forma possibilitando sua sobrevivência por longos períodos de estiagem (LIMA NETO, 2017).

Na Índia a manga é considerada uma das frutas mais importantes, sua origem e cultivo tem mais de 4.000 anos (MUNAFO et al.,2014), mas seus progenitores não são conhecidos, é uma espécie que desempenha também grande papel na religião Indu devido a sua antiguidade e consumo, é considerada também uma planta medicinal (MADALENO, 2015).

A manga provavelmente é oriunda de uma grande área do subcontinente indiano nas regiões que se dividem em dois subcentros: Sendo o Indico-Burma-Tailandês e o Filipínico-Celeste-Timor, sendo estes os centros de origem de duas raças de mangas conhecidas atualmente pelos estudiosos da cultura (BATISTA, 2013). Existem muitos relatos sobre sua origem, na Ásia tropical seu cultivo tem mais de 4.000 mil anos e se espalha pelo Sudoeste asiático por cerca de 1500 anos (MUKHERJEE, 1997).

Na Índia, de acordo com (CHACKO, 1986), existem mais de mil cultivares, sendo este o país de origem da manga e onde se pode encontrar centenas de espécies crescendo na floresta de modo espontâneo. Nas américas a manga foi introduzida no século XVI, no Brasil sua origem ocorreu através de sementes de várias cultivares (CARVALHO et al., 2004). Segundo relatos, o fruto foi introduzido primeiro na África através das viagens feitas pelos portugueses e logo em seguida no Brasil (CASTRO NETO et al., 2000).

A mangueira tem um período de desenvolvimento vegetativo por aproximadamente 3 anos, a floração depende do manejo e dos aspectos edafoclimáticos de cada região de cultivo. Atualmente nos cultivos mais modernos, o manejo através do uso de equipamentos que auxiliam na poda, irrigação, uso de fitorreguladores, é importante o conhecimento da cultura para um melhor desenvolvimento e uma boa produção. Nas condições climáticas do Vale do São Francisco, a mangueira pode florescer em qualquer época do ano, em resposta a um manejo para indução floral (SILVA et al., 2000; CASTRO NETO, 2000: SAITO et al., 2006; LIMA NETO, 2017).

O desenvolvimento da mangueira tem um melhor desempenho em regiões onde as estações climáticas são bem definidas. O período chuvoso e a estiagem são épocas que permitem o desenvolvimento pleno do período vegetativo, essencial para que haja uma produção satisfatória (LIMA NETO, 2017). A faixa de temperatura considerada ideal para o desenvolvimento da mangueira situa-se entre 24 a 26C°, temperaturas elevadas ou muito

baixas podem prejudicar o desenvolvimento e produção (MOUCO et al., 2010), valores acima de 48 °C são prejudiciais à produtividade, temperaturas próximas de 0 °C também podem ocasionar danos severos nas plantas, como a redução das copas e abertura das flores (MATOS, 2000).

A mangueira se adapta a regiões onde as estações de seca e chuvosa são bem definidas. Nas regiões semiáridas o cultivo da mangueira é favorecido devido a exposição aos raios solares, o que proporciona uma coloração intensa nos frutos. Plantas jovens nessas condições, possuem capacidade de frutificarem todo o ano, embora o período de estiagem deva ocorrer antes da floração e prolongar-se até a frutificação, desta forma evitase danos causados por patógenos (CASTRO NETO et al., 2000; CUNHA, 2000; EMBRAPA, 2004).

O período de frutificação vai de acordo com as condições climáticas e manejo feito em cada região, esse período ocorre entre 120 a 150 dias, da floração à colheita (SILVA et al., 2000). O fruto da mangueira é uma drupa simples, monocárpico, indeiscente (SIGRIST, 2015), seu formado se apresenta de modo alongado a arredondado, possuindo variações no tamanho, peso e coloração de casca, em geral a cor da casca está associada à cor da raque, o mesocarpo normalmente possui uma coloração amarelada, variando as tonalidades de acordo com a variedade, que se apresenta bem carnuda e com uma gama de sabores, aroma e quantidade de fibras que também está relacionada à qualidade do fruto. O tamanho da semente também é variável, de acordo com cada variedade (CASTRO NETO, 2000; THARANATHAN, 2007; LIMA NETO, 2017).

MORFOLOGIA

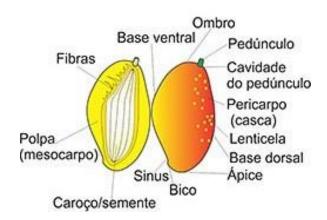


Figura 1. Morfologia da manga. Fonte: Borges Filho, 2018.

A manga é classificada como um fruto climatérico, podendo o amadurecimento ocorrer na planta mãe ou após a colheita, o qual é caracterizado por várias alterações bioquímicas iniciadas com a elevada produção autocatalítica do etileno e aumento da taxa respiratória. Os frutos da mangueira, ao atingirem a maturidade fisiológica, terão durante esse período, o desenvolvimento de características atrativas e aptas ao consumidor, com o aumento do aroma e sabor, amaciamento e mudança na coloração da polpa (CHITARRA & CHITARRA, 2005;THARANATHAN, 2007; NAGLE et al., 2010; PORNPRASIT, 2013; NASSUR et al., 2015).

3.1.1 Importância socioeconômica

Devido à grande diversidade edafoclimática que o Brasil possui em suas regiões, existe uma grande diversidade de espécies frutíferas disponíveis para o cultivo e comercialização no mercado *in natura*, assim como para a indústria de processamento (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018).

A manga é um dos frutos mais exportados no país em termos de volume e receita, sendo que a Holanda, Estados Unidos e Reino Unido são os países que mais importam manga brasileira (ANDRADE et al., 2017). Atualmente, o Vale do São Francisco, que engloba os municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, é considerado o maior polo frutícola do Brasil, destacando-se nesta região os cultivos de uva, manga e goiaba, com uma produção média anual de 604 mil toneladas de manga e 252 mil toneladas de uvas tanto para o mercado interno quanto para a exportação. Neste contexto, em 2018 foram colhidos cerca de 63.000 hectares de manga no Vale do São Francisco, chegando a uma produção BRASILEIRO média aproximadamente 17,0 toneladas/ha (ANUÁRIO DE de FRUTICULTURA, 2018; ANUARIO BRASILEIRO HORTIFRUT, 2019; IBGE, 2019).

O Vale do São Francisco está localizado na região Oeste do estado de Pernambuco e Norte da Bahia, abrangendo uma área de 125.755km². O clima é semiárido, com período de até 8 meses secos e uma precipitação anual de aproximadamente 550 mm, concentrando-se nos meses de novembro a março. A vegetação da região é caracterizada como Caatinga hiperxerófila, sendo ocupada também por florestas arbóreas e arbustivas (BEZERRA SÁ et al., 2009).

O desempenho da fruticultura na região do Vale do São Francisco possui contribuição natural do clima, caracterizado como fator principal para o desenvolvimento da cultura, proporcionando condições favoráveis em relação as regiões sudeste e sul (VIDAL

et al., 2018). Um bom manejo, agricultura irrigada, solo favorável, abundância de mão-deobra, são parâmetros que influenciam uma boa produtividade, fazendo com que a produção de frutos frescos seja beneficiada e proporcione oferta e consumo em todo o mundo (SILVA et al., 2015).

O Nordeste produz manga o ano inteiro devido ao uso da técnica de indução floral, na qual o produtor utiliza reguladores para induzir a floração da planta, conferindo assim a oferta de frutos durante todo o ano. A técnica de indução floral é promissora na região devido a agricultura irrigada e as condições climáticas que favorecem o manejo, já no sudeste, os produtores optam por não utilizarem da indução floral, devido as condições edafoclimáticas e ao custo oneroso da implantação da técnica, dessa forma sua produção ocorre de forma escalonada de acordo com a floração das mangueiras, concentrando a produção em meses específicos do ano (CAMPOS et al., 2002).

Mesmo produzindo manga o ano inteiro, o Vale do São Francisco só começa a exportar seus frutos em determinada época do ano, nos meses de julho a novembro, onde surgem as melhores oportunidades, após o término da produção mexicana, principal competidor no mercado internacional da manga brasileira (LOPES et al., 2008).

As cultivares mais plantadas atualmente no Brasil são originárias da Flórida, nos Estados Unidos. Essas cultivares, Haden, Keitt, Kent, Palmer, Van Dyke e Tommy Atkins, também são plantadas em outros países do ocidente (TEIXEIRA et al., 2011; ARRIEL et al., 2016) e no Vale do São Francisco (COSTA et al., 2004; CODEVASF, 2019).

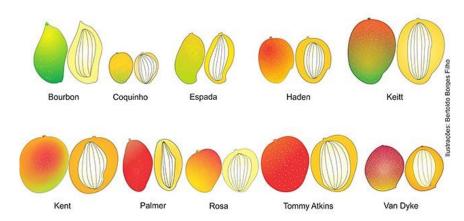


Figura 2. Principais cultivares comercializadas no Brasil e no Vale do São Francisco. Fonte: Borges Filho, 2018.

Os principais compradores das mangas produzidas no Brasil são os Estados Unidos, com 33,095 toneladas e uma receita de US\$30,6 milhões e a União Europeia adquirindo cerca de 132,820 toneladas de mangas, fornecendo uma receita de US\$ 157,2 milhões. O

Brasil tem como diferencial sua produção durante todo o ano, podendo assim, atender as necessidades do mercado internacional nos momentos de baixa disponibilidade da fruta proveniente de outros países (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018).

A opção pelo consumo de manga ocorre na maioria da forma fresca, sendo a manga uma das frutas mais consumidas de forma natural, porém, a manga também pode ser consumida através de outras formas como geleias, sucos e doces. Essas formas de consumo estão presentes em países desenvolvidos e principais compradores dos frutos em sua forma fresca, onde estes dispõem de tecnologia para o processamento dos frutos (SOUZA, 2018).

A preferência dos consumidores em relação ao tipo de fruto que irá consumir tem influenciado na decisão dos produtores em optarem por determinadas cultivares. Critérios como textura, fibras e sabor são os principais ao levar-se em consideração o que tipo de manga produzir, sendo que atualmente, dentre as cultivares mais produzidas está a Tommy Atkins (LOPES et al., 2008).

3.2. Importância Nutricional

Estudos científicos evidenciam que a mudança nos hábitos alimentares está relacionada com a inserção de frutas na dieta, assim como outros alimentos, reduzindo o desenvolvimento de doenças crônicas e degenerativas (MATA et al., 2011). O alto consumo de frutas além do incentivo nutricional, é também estimulado pela qualidade das frutas (VASCONCELOS et al., 2019).

O consumo de manga é benéfico a saúde, devido sua função nutricional através dos compostos bioativos (VIDAL et al, 2012). A manga é rica em carotenoides, como o betacaroteno, precursor da vitamina A, possui propriedades antioxidantes, vitaminas C e E, que tem como função retardar o envelhecimento, carboidratos e minerais que contribuem para o equilíbrio do organismo prevenindo doenças cardiovasculares e canceres (VIDAL et al., 2012; SOARES et al., 2013).

A qualidade dos frutos depende da cultivar e do estádio de maturação. Mangas são frutos climatéricos e o estádio ideal de maturação para a colheita é muito importante na definição da qualidade final de consumo. Atualmente, o consumo *per capita* de 1 kg/pessoa/ano é considerado baixo nos principais países importadores de manga do hemisfério norte, comparando-se com o consumo de maçã, pera e ameixa (CAMARA, 2017).

Os países que mais consomem manga são México, Tailândia e Índia com 13,4, 21,9 e 11,29 kg/pessoa/ano. O Brasil apresenta um consumo de cerca de 0,97 kg/pessoa/ano (CAMARA, 2017). A conscientização por parte dos consumidores em buscar alimentos frescos, de qualidade e nutricionalmente benéficos tem aumentado, o que tem contribuído para um aumento no consumo mundial de mangas (BRECHT et al., 2009).

A manutenção da qualidade dos frutos após a colheita, até chegarem ao consumidor final, é um dos principais desafios dos produtores, entretanto, o avanço tecnológico e dos indicadores de qualidade no momento da colheita, também auxiliam para que ocorra uma colheita dos frutos no ponto certo de maturação (LIMA et al.,2009), permitindo que os frutos estejam bem desenvolvidos e com uma boa qualidade nutricional no momento do consumo.

A manga está na lista das frutas tropicais mais consumidas no mundo, seus atributos de qualidade como aroma, sabor, cor e textura, são de grande importância comercial, além de seus valores nutracêuticos que contribuem para a qualidade da fruta (Tabela 1). O fruto possui aroma agradável, sabor característico, sendo fonte de nutrientes, fibras e fitoquímicos como vitaminas C e E, luteína, quercetina, mangiferina, ácidos graxos poliinsaturados, ômega 3 e 6, água, ácidos orgânicos, gorduras, minerais, pigmentos, compostos fenólicos, e compostos voláteis (THARANATHAN et al., 2007; BRECHT et al., 2009; MATA et al., 2011 MUNAFO et al., 2014; ARBELÁEZ et al., 2018; GENTILE et al., 2019; NTSOANE et al., 2019).

O consumo de manga traz grandes benefícios a saúde, pois a fruta é rica em compostos bioativos que estão entre os constituintes mais importantes nos alimentos, pois protegem o organismo contra doenças crônicas, cardiovasculares, degenerativas, catarata, e canceres (RODRIGUES et al., 2008; SOARES et al., 2013).

Compostos bioativos como carotenoides aumentam durante o amadurecimento da manga. A modificação dos pigmentos ocorre com a degradação da clorofila, aparecendo pigmentos pré-existentes, dessa forma a síntese de carotenoides assim como a degradação da clorofila promovem a transição de cores da casca do verde para o amarelo ou laranja (BEZERRA, 2009). O betacaroteno nos frutos verdes é o carotenoide que se apresenta numa maior quantidade, já em frutos maduros ocorre maior presença de fitoflueno, entretanto, a forma de carotenoide presente em todos os estádios de maturação é o β-caroteno (BEZERRA, 2009).

A composição nutricional da polpa de manga varia de acordo com a cultivar, região de cultivo, período de colheita, e maturação dos frutos (SINGH et al., 2013). Os principais carboidratos presentes nos frutos são os açúcares redutores glicose e frutose, assim como

o açúcar não redutor sacarose, os quais são responsáveis pela doçura dos frutos em estádios avançados de amadurecimento, podendo chegar a concentrações de 11 a 25% do no peso fresco (THARANATHAN et al., 2007; BEZERRA, 2009). A síntese de açúcares nos frutos ocorre principalmente pela hidrólise do amido acumulado durante o desenvolvimento dos frutos (BEZERRA, 2009).

A acidez e a adstringência dos frutos em estágio inicial de desenvolvimento são altas, diminuindo com o aumento da maturidade, isso ocorre devido a diminuição dos teores de ácidos orgânicos voláteis e não-voláteis que estão entre os constituintes mais metabolizados no processo de amadurecimento pelo fato destes serem diretamente utilizados no metabolismo respiratório. O declínio da acidez e adstringência variam de acordo com a cultivar e estádio de maturação do fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Nos países ocidentais, as mangas são geralmente consideradas de alta qualidade se combinarem um baixo teor de fibras com um sabor adocicado forte e uma acidez equilibrada (MUNAFO et al., 2014).

Tabela 1. Composição nutricional da manga in natura por 100g de polpa.

Minerais
Cálcio (mg) 10
Magnésio (mg) 9
Manganês (mg) 0,03
Potássio (mg) 156
Ferro (mg) 0,13
5 Cobre (mg) 0,11
Zinco (mg) 0,04
) Fósforo (mg) 11
Sódio (mg) 2
Selênio (mg) 0,60

Fonte: IBGE, 2009.

3.2.1 Cultivar Tommy Atkins

As primeiras cultivares de mangas introduzidas no Brasil durante o século XVI pertenciam a raça Filipínica, sendo os frutos classificados como de baixa qualidade devido ao alto teor de fibra na polpa e por serem poliembriônicos, tendo assim pouca variação

genética (FERREIRA et al., 2002). Em 1970 foram introduzidas no país cultivares melhoradas da raça indiana, como a Tommy Atkins, a qual possui tamanho médio a grande, pesando em média 460 gramas, semente monoembriônica e médio teor de fibra, polpa firme e suculenta com coloração laranja amarela, casca espessa com coloração laranja-amarelada e vermelho intenso, formato oval, pouca doçura, resistente a danos mecânicos e as principais doenças ocorrentes à cultura, como a antracnose. Esta cultivar é umas das principais produzidas no Brasil, chegando a 80% da produção, e uma das mais comercializadas no mundo, com um fruto atraente aos consumidores, assim como com boa qualidade e vida pós-colheita (FERREIRA et al., 2002; COSTA et al., 2004; MOUCO, 2013; FURLANETO et al., 2014).

3.2.2 Cultivar Palmer

Assim como a 'Tommy Atkins', a 'Palmer' é uma das mais produzidas no Vale do São Francisco, é uma variedade monoembriônica de produção tardia, o que contribui para o prolongamento da safra (NETO et al., 2017). Atualmente, esta cultivar vem se colocando no mercado interno e externo, sendo bem apreciada pelos consumidores devido ao seu baixo teor de fibras, em comparação com a 'Tommy Atkins'. Essa cultivar também possui alto teor de sólidos solúveis (21,6%), polpa amarelada e firme, apresentando-se como umas das cultivares com boa aceitação na Europa e em outros países importadores (MIGUEL et al., 2013). A cultivar Palmer teve sua origem na Flórida em 1945, estando dentro da lista das cultivares americanas introduzidas no Brasil e com grande adaptabilidade ao clima tropical, sendo que sua área de cultivo demonstra expansão a cada ano (COSTA et al., 2004).

Tabela 2. Composição nutricional de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' por 100g de polpa.

Nutrientes	'TOMMY ATKINS'	'PALMER'
Água (%)	85,8	79,7
Energia (Kcal)	51	72
Proteína(g)	0,9	0,4
Lipídio (g)	0,2	0,3
Carboidrato (g)	12,8	19,4
Fibra Alimentar (g)	2,1	1,6
Minerais		
Cálcio (mg)	8	12
Magnésio (mg)	7	9
Manganês (mg)	0,34	0,05
Potássio (mg)	138	157
Ferro (mg)	0,1	0,1
Cobre (mg)	0,06	0,09
Zinco (mg)	0,1	0,1
Tiamina (mg)		0,09
Riboflavina (mg)	0,04	0,03
Piridoxina (mg)	0,03	
Vitamina C (mg)	7,9	65,5

Fonte: Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos, 2011.

3.2.3 Aspectos gerais de qualidade

Nos últimos anos, observa-se uma maior atenção com o tipo de alimento adquirido por parte da população, preocupados com a qualidade de vida, buscando longevidade, a exigência na aquisição de alimentos de boa qualidade vem aumentando, devido a mudança nos hábitos alimentares, predominando o consumo de alimentos *in natura*, principalmente as frutas (MIGUEL, 2007) Entretanto, diversos aspectos relacionados a faixa etária, renda familiar, e escolaridade também influenciem no consumo de frutas (PINHEIRO et al., 2011).

Mesmo ocupando a terceira posição no comércio internacional em relação a produção de frutas, o Brasil exporta apenas 3%, ficando a maioria dos frutos para o consumo no mercado interno. A manutenção dos atributos de qualidade dos frutos contribui para o aumento das exportações, visto isso, os produtores têm como desafio a produção de frutos que cheguem à mesa do consumidor com alto padrão de qualidade (PIMENTEL et al., 2002; MIGUEL et al., 2007; ABRAFRUTAS, 2019).

Os fatores pré-colheita influenciam consideravelmente a qualidade e o período de vida útil dos frutos após a colheita (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Em frutas tropicais e subtropicais como a manga, por exemplo, esses fatores são de suma importância para a manutenção da qualidade durante o transporte, visto que a depender do destino final, passam por longos períodos em trânsito, assim como alto manuseio pós-colheita.

A necessidade de auxílio tecnológico para melhoria na qualidade dos frutos é atualmente umas das maiores contribuições dentro da fruticultura, que permitem ofertar produtos de alta qualidade e diminuir o desperdício com frutos fora do padrão comercial. Os parâmetros de identificação da qualidade dos frutos, além de serem impostos pelos produtores, devem seguir as exigências dos consumidores (MIGUEL et al., 2007). De acordo com JAH et al. (2012), a determinação de vários parâmetros fisiológicos, como sólidos solúveis (SS), pH, matéria seca (MS) e acidez, envolvem técnicas de laboratório de natureza destrutiva, necessitando de pessoal treinado para efetuar as análises, tornando as frutas depois de avaliadas inutilizáveis. Esses parâmetros não podem ser medidos pelo consumidor durante a compra, sendo que podem variar com a maturação dos frutos.

A maturidade é um dos principais fatores que definem a qualidade do produto final. Nenhum fruto é considerado de boa aceitação e qualidade se não atingir a maturação ideal no momento da colheita, o que definirá as características organolépticas do fruto maduro. A colheita precoce da manga, assim como de outros frutos climatéricos, antes de completo desenvolvimento fisiológico, traz prejuízo em todo o processo de amadurecimento, onde as principais transformações de ordem física, química e bioquímica, são desencadeadas com o aumento na síntese de etileno, refletindo nos atributos de qualidade, como modificação da cor da casca, caracterizado pela degradação da clorofila, síntese de carotenoides e flavonoides, atuantes na alteração de cor de polpa, modificação de textura na parede celular, hidrólise do amido e síntese dos compostos voláteis que caracterizam o sabor e aroma. Do mesmo modo, se a colheita for feita tardiamente, esta reduz o período de conservação dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os frutos colhidos antes de concluírem o seu processo de maturação fisiológica tendem a ter um maior potencial de armazenamento. Entretanto, apresentam grandes limitações de qualidade de consumo devido a interrupção no acúmulo de carboidratos provenientes da fotossíntese (CAMARA, 2017). As mudanças que ocorrem na textura dos frutos durante o processo de amadurecimento devem-se em grande parte as alterações da parede celular com a degradação dos polissacarídeos controlados de forma endógena e catalisados através das hidrólises dos carboidratos (THARANATHAN et al., 2006).

O teor de matéria seca (MS) na manga é constituído principalmente de carboidratos, sendo estes representados em grande parte pelo teor de amido no momento da colheita, o qual é convertido em açúcares durante o processo de amadurecimento, podendo estes representar até 60% da matéria seca em um fruto pronto para o consumo. Entretanto, a quantidade de carboidratos disponibilizadas pela planta para os frutos depende da quantidade produzida na fotossíntese, da demanda que a planta precisa e sua relação fonte e dreno. Em abacate por exemplo, a carga de frutos e a posição desses no dossel da planta junto com eficiência fotossintética, influencia a quantidade e distribuição da matéria seca nos frutos (LÉCHAUDEL et al., 2007; SHENZI et al., 2019).

É necessário que a planta tenha reservas de nutrientes para disponibilizar para o fruto em desenvolvimento e o amido é uma dessas reservas, sendo visto como principal carboidrato de reserva em frutas como banana e manga antes do amadurecimento. Devido a alta concentração, o amido pode ser estimado pelos teores de matéria seca dos frutos no momento da colheita, sendo que posteriormente é hidrolisado a açúcares durante o amadurecimento (THARANATHAN et al., 2006; LUCENA, 2006; CHITARRA & CHITARRA, 2009; CAMARA, 2017).

Por representar os carboidratos acumulados nos frutos durante o desenvolvimento na planta, os teores de MS representam um importante indicador de qualidade para a colheita, pois podem ser utilizados para estimar a qualidade de consumo de mangas maduras prontas para o consumo (NASSUR, 2013). Desta foram, a quantificação da MS é vista como um dos principais métodos de avaliação para a qualidade dos frutos, sendo esta realizada através da relação da massa seca com a massa fresca da amostra de fruto. Em estudos com maçã, a concentração de MS teve influência na firmeza dos frutos, tanto na colheita quanto na pós-colheita, onde frutos com maior teores de MS mantiveram maiores valores de firmeza (SAEI et al., 2011; NCAMA et al., 2018).

3.3 Uso de métodos não-destrutivos para avaliação da qualidade dos frutos

Atualmente, a colheita dos frutos no pomar é baseada em caracteres visuais e aspectos subjetivos como tamanho e forma do fruto, sendo que para mangas essa identificação é baseada no preenchimento ou crescimento do "ombro", na região do pedúnculo, rugosidade, assim como brilho e cor de casca (BETEMPS et al., 2011). Entretanto, muitos desses aspectos visuais não se adequam a todas as cultivares, podendo haver inconsistências caso esses aspectos não sejam suficientes para identificação da

maturidade do fruto. Neste caso, o produtor avalia a maturação por meio de outros parâmetros de qualidade como teor de sólidos solúveis, acidez, matéria seca, textura e amido, necessitando utilizar recursos de natureza destrutiva, sendo os frutos descartados após as análises (OLIVEIRA et al., 2004; NETO et al., 2017).

Um dos principais problemas encontrados em mangas destinadas ao consumo *in natura* é a irregularidade no amadurecimento dos frutos de um mesmo lote devido a falta de precisão dos métodos visuais utilizados para a colheita dos frutos (BETEMPS et al., 2011). Entretanto, a agricultura vem avançando com o uso de tecnologias afim de aprimorar as análises e parâmetros de qualidade, bem como para identificar com precisão o estádio ideal de maturação para a colheita dos frutos. Neste contexto, a espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês near infrared) vem sendo apresentada como um método preciso, rápido, confiável e não-destrutivo para a determinação da qualidade e identificação do estádio ideal de maturação para a colheita de mangas (SCHMILOVITCH et al., 2000; SARANWONG et al., 2004; NAGLE et al., 2010; BETEMPS et al., 2011; MARQUES et al., 2016; TAIRA et al., 2016; NETO et al., 2017).

A espectroscopia NIR é um tipo de espectroscopia vibracional que utiliza comprimentos de onda eletromagnéticas na faixa entre 780 a 2500 nanômetros (PASQUINI, 2003), sendo que seu uso para determinar parâmetros de qualidade ocorre de modo rápido e prático (OSBORNE, 2006; NORDEY et al., 2014; CHENG et al., 2019). Esta tecnologia tem se mostrado confiável e satisfatória para avaliações qualitativas e quantitativas de vários compostos presentes em frutos (MARQUES et al., 2016), sendo também uma técnica que não polui o meio ambiente, pois não há necessidade do preparo de amostras e uso de reagentes químicos. A espectroscopia NIR tem sido uma técnica eficiente para a determinação dos teores de sólidos solúveis, amido e MS de frutas e vegetais, devido a absorção de água e carboidratos na região espectral do NIR (SARANWONG et al., 2004; JANTRA, 2017; GUAN et al., 2019).

O NIR vem sendo utilizado de forma promissora para a avaliação de componentes químicos em alimentos e produtos agrícolas, pois os espectros NIR coletados em alimentos possuem bandas amplas de absorções de compostos com ligações químicas CH, OH e NH, tornando possível o uso desta tecnologia para a determinação simultânea de vários compostos na amostra (PASQUINI, 2003; OSBORNE, 2006). Em países como o Japão, espectrômetros NIR já são utilizados na triagem dos alimentos e na avaliação interna da qualidade da manga (TAIRA et al., 2017). Estudos também vêm sendo realizados para

avaliar a eficiência de espectrômetros NIR determinação da maturação de colheita de frutas (SCHMILOVITCH et al., 2000; BETEMPS et al., 2011).

A utilização de informações espectrais para fins analíticos é baseada em análise multivariada e desenvolvimento de modelos de calibração (DIAS, 2001; PASQUINI, 2003; SANTOS, 2011; SOUZA et al., 2012). Na calibração, objetiva-se obter e validar um modelo matemático que relaciona a informação fornecida por um equipamento, com a propriedade da amostra que está sendo investigada (SANTOS, 2011; PASQUINI, 2003). Dentre os métodos de calibração existentes, existem os métodos univariados que possuem apenas uma medida instrumental para cada amostra de calibração, assim como existem os métodos multivariados que possuem diversas medidas instrumentais para cada amostra de calibração (PASQUINI, 2003; BRAGA et al., 2004; SOUZA et al., 2012; OLIVEIRA, 2018).

O principal objetivo na quimiometria é a apresentação de um conjunto de dados químicos e sua possibilidade de interpretação simultânea. Para que isso ocorra, é importante que os dados estejam organizados de forma adequada, sendo o procedimento realizado em três etapas, calibração, validação e predição (OLIVEIRA, 2018). Na primeira etapa, ocorre a construção dos modelos de calibração, na segunda o modelo será analisado para validação, e na terceira etapa o modelo será aplicado a amostras desconhecidas, mas que possuam a mesma natureza das amostras do conjunto de calibração (SANTOS, 2011).

Vários métodos de regressão são aplicados na quimiometria para construir os modelos de calibração multivariada, entre eles os mais utilizados são: regressão por componentes principais (PCR), regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) e regressão linear múltipla (MRL) (SANTOS, 2011; OLIVEIRA, 2018). Embora existam várias outras técnicas para construção de modelos de calibração, PCR e PLS podem ser consideradas técnicas padrão a serem utilizadas para espectroscopia NIR, sendo que a vantagem no uso dessas técnicas é poder trabalhar com um número de variáveis bem acima do número de amostras (PASQUINI, 2003).

A escolha do melhor modelo de calibração deverá gerar boas previsões tanto para as amostras do conjunto de calibração, quanto para as amostras que serão utilizadas para a validação, devendo encontrar-se numa margem considerável e com estatística semelhante, ou seja, os valores dos erros quadráticos médios de calibração e validação RMSEC- Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Calibração (do inglês *Root Mean Square Error of Calibration*), RMPEP- Erro quadrático médio de previsão (do inglês Root Mean Square Erro of Prediction) e RMSECV- Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de

Validação Cruzada (*Root Mean Square Error of Cross Validation*) devem preferencialmente apresentarem valores semelhantes.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta** Santa Cruz. ISSN 1808-4931. 88 p.2019.

ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL, 2018-2019. Piracicaba: **CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada** - ESALQ/USP. ISSN: 1981-183

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2019. **Ed. Gazeta**. Pág. 74 a 77. http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-hortifruti-2019 Acesso em 31 jan. 2020.

ANDRADE, J. E. S. DE; COSTA, P. G. DA; LEITE, Â. A. M. **Análise da estratégia de operações na produção de manga para exportação**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 10, p. 115–136, 2017.

ARBELÁEZ, J. H.; BLANDÓN-NARANJO, L.; VÁZQUEZ, M.; CONTRERAS-CALDERÓN, J. Antioxidant capacity of mango fruit (Mangifera indica). An electrochemical study as an approach to the spectrophotometric methods. Food Chemistry, v. 266, n. June, p. 435–440, 2018.

ASSIS, J. S. de, & Lima, M. A. C. de. **Produção Integrada de Manga: Manejo Pós Colheita e Rastreabilidade** – EMBRAPA. ISSN 1808-9976, p. 12, 2008.

AGROSTAT- Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro << http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Acesso em 25 fev. 2020.

Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados- **ABRAFRUTAS** http://abrafrutas.org/2019/03/07/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/ >> Acesso em 25 fev. 2020.

BATISTA, C. E. A. Diversidade genética molecular em germoplasma de mangueira. ESALQ/USP- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". **Tese de doutorado** p. 103, 2013.

BORGES FILHO, B. Manga. **Jornal Entreposto**. Disponível em: https://jornalentreposto.com.br/guia-de-produtos/frutas/2907-manga. Acesso em: 26 nov. 2019.

BEZERRA SÁ, I.; SILVA SÁ, I.I.; SILVA, A. de S.; SILVA, D. F. Caracterização ambiental do Vale do Submédio São Francisco. In: LIMA, M.A. C de et. al. Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: Uva de Mesa e Manga. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 2009. (Séries Documentos, 222). p.8-15.

- BETEMPS, D. L.; FACHINELLO, J. C.; GALARÇA, S. P. Espectroscopia do Visível e Infravermelho Próximo (Vis/NIR) na Avaliação da Qualidade de Mangas Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPEC. ISSUE 1, p. 306–313, 2011.
- BRAGA, J. W. B.; POPPI, R. J. Validação de modelos de calibração multivariada: Uma aplicação na determinação de pureza polimórfica de carbamazepina por espectroscopia no infravermelho próximo. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1004–1011, 2004.
- BRECHT, J. K.; YAHIA, E. M. Postharvest physiology. The Mango, 2nd Edition: **Botany**, **Production and Uses**, p. 484–528, 2009.
- CASTRO NETO, M. T; CUNHA, G. A. P. Manga. Produção: aspectos técnicos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 1ed, 63p., 2000.
- PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. J. Braz. Chem. Soc. vol.14 no.2 São Paulo Mar./Apr. 2003.
- CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V. DE; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 264–271, 2004.
- CHENG, W.; SØRENSEN, K. M.; MONGI, R. J.; NDABIKUNZE, B. K.; CHOVE, B. E.; SUN, D. W.; ENGELSEN, S. B. A comparative study of mango solar drying methods by visible and near-infrared spectroscopy coupled with ANOVA-simultaneous component analysis (ASCA). Lwt- Food Science and Technology, v. 112, n. May, p. 108214, 2019.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: **Editora UFLA**, 2005.
- CÂMARA, F. M. Aspectos qualitativos da manga 'Palmer' comercializada na CEAGESP. ESALQ/ USP- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". **Tese de doutorado**, 154p. 2017.
- COSTA, J. G.; SANTOS, A. C. Cultivo da Mangueira- Cultivares. **Embrapa Semiárido** 2004. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/cultivares.htm Acesso em: 26 de nov. 2019.
- CODEVASF Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Disponível em: http://www.codevasf.gov.br. Acesso em: 30 nov 2019.
- DIAS, Y. G. Espectroscopia NIR e Calibração Multivariada Aplicadas ao Controle de Qualidade de Gases Combustíveis Naturais e Derivados do Petróleo. Universidade de Campinas- UNICAMP. **Dissertação de mestrado**, 151p. 2011.
- FERREIRA, F. R; POSSIDIO, E. L.; SOARES, N. B; CASTRO NETO, M. T.; PINTO, A. C. Q.; DONADIOA, L. C.; FREITAS, G. B. Germoplasma de Manga no Brasil. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB784.pdf>

- FURLANETO, F. P. B.; SOARES, R. M. A. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA MANGA 'TOMMY ATKINS'. **APTA Regional São Paulo. Pesquisa & Tecnologia**, vol. 12, n. 2, Jul- Dez 2015.
- GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. A cultura da mangueira. Brasília: EMBRAPA, p.452, 2002.
- GUAN, X.; LIU, J.; HUANG, K.; KUANG, J.; LIU, D. Evaluation of moisture content in processed apple chips using NIRS and wavelength selection techniques. **Infrared Physics and Technology**, v. 98, p. 305–310, 2019.
- GUTIÉRREZ, S.; WENDEL, A.; UNDERWOOD, J. Spectral filter design based on in-field hyperspectral imaging and machine learning for mango ripeness estimation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 164, n. February, p. 104890, 2019.
- JHA, S. N.; JAISWAL, P.; NARSAIAH, K.; GUPTA, M; BHARDWAJ, R; SINGH, A. K. Non-destructive prediction of sweetness of intact mango using near infrared spectroscopy. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p171-175, 2012.
- KIENZLE, S.; SRUAMSIRI, P.; CARLE, R.; SIRISAKULWAT, S.; SPREER, W.; NEIDHART, S. Harvest maturity specification for mango fruit (Mangifera indica L. 'Chok Anan') in regard to long supply chains. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 41-55, 2011.
- LIMA, M. A. C. DE; SILVA, A. L. DA; AZEVEDO, S. S. N. Evolution of harvest time indicators on "Tommy Atkins" mango fruit during growth and maturation at São Francisco River Valley conditions, Brazil. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 432–439, 2009
- LÉCHAUDEL, M. JOAS, J. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 19 n.4 p.287-298, 2007.
- LIMA NETO, F. P. Mangueira Características da planta. Brasília: EMBRAPA. Disponível em:http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_17_24112 **005115221.html>**. Acesso em: 22 de nov. 2019.
- LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, J. E. de M.; ASSIS, J. S. de; SILVA, A. de S.; BASTOS, D. C.; SANTOS, C. A. P. dos. Produção Integrada de Manga PI-MANGA. 2008. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/39318/1/OPB1949.pdf> Acesso em: 22 de nov. 2019.
- LUCENA, E. M. P. Desenvolvimento E Maturidade Fisiológica De Manga 'Tommy Atkins' No Vale do São Francisco. Universidade Federal do Ceará. **Tese de doutorado**, 151p. 2006.
- LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; CHIN, C. F. Characterization of Southeast Asia mangoes (Mangifera indica L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae** v. 243, p.189–196, 2019.
- MATA, G. M. C.; OLIVEIRA, D. S.; DELLA LUCIA, C. M.; CAMPOS, F. M.; QUEIROZ, J. H.; SANTANA, H. M. P. Teores de β-caroteno e vitamina C durante o amadurecimento da manga "UBA" (*Mangifera indica* L. var. Uba). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70(2) p. 225-9, 2011.

- Manga Produção. 2. Manga Cultivo. 3. *Mangifera indica* L. I. Matos, Aristóteles Pires de, org. II. **Embrapa Mandioca Fruticultura** (Cruz das Almas, BA).
- MADALENO, I. M. Plantas medicinais consumidas em Cochim, no século XVI e na atualidade. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, v. 10, n. 1, p. 109-142, jan- abr. 2015.
- MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T. DE; PIMENTEL, M. F.; PASQUINI, C. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the "Tommy Atkins" mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chemistry**, v. 197, p. 1207–1214, 2016.
- MIGUEL, A. C. A.; SPOTO, M. H. F.; ABRAHÃO, C.; SILVA, P. P. M. APLICAÇÃO DO MÉTODO QFD NA AVALIAÇÃO DO PERFIL DO CONSUMIDOR DE ABACAXI PÉROLA. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 2, p. 563-569, mar. /abr., 2007.
- MIGUEL, L. C.O.; LIMA, R. K. B. SANTOS, E. C.; FERREIRA, L. L.; OLIVEIRA, N. P. S.; SILVA, V. L. F.; SILVA, T. T. F. Qualidade química e físico-química de mangas após armazenada sobre refrigeração. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.3, p.01-07, 2015
- MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal SP, v. 35, n. 2, p. 398- 408, junho 2013.
- MOUCO, M. A. C. **Cultivo Da Mangueira**. p. 114, 2015. versão eletrônica- 2ª ed. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Ago/2010
- MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. C. A.; SILVA, A. L., Magnésio e desfolha na qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Kent'- Boletim Técnico -- Petrolina: Embrapa Semiárido, ISSN 1808-9968, 20p.,2013. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90910/1/Boletim-de-pesquisa 109.pdf> Acesso em: 26 nov. 2019.
- MUNAFO, J. P.; DIDZBALIS, J; SCHNELL, R. J; SCHIEBERLE, P.; STEINHAUS, M. Characterization of the Major Aroma-Active Compounds in Mango (Mangifera indica L.) Cultivars Haden, White Alfonso, Praya Sowoy, Royal Special, and Malindi by Application of a Comparative Aroma Extract Dilution Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, p. 4544–4551, 2014.
- NASSUR, R. C. M. R. Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento. Universidade Federal de Lavras. **Tese de doutorado**, 86p. 2013.
- NASSUR, R. C. M. R.; GONZÁLEZ-MOSCOSO, S.; CRISOSTO, G. M.; LIMA, L. C.; BOAS, E. V. B. V.; CRISOSTO, C. H. Describing quality and sensory atributes of 3 mango (*Mangifera indica* L.) cultivars at 3 ripening stages based on firmness. **Journal of Food** Science, v.80, p. 2055-2063, 2015.
- NAGLE, M.; MAHAYOTHEE. B; RUNGPICHAYAPICHET, P.; JANJAI, S.; MULLER, J. Effect of irrigation on near infrared (NIR) based prediction of mango maturity. Scientia Horticulturae, v. 125, p. 771- 774, 2010.

- NCAMA, K.; MAGWAZA, L. S.; POBLETE-ECHEVERRÍA, C. A.; NIEUWOUDT, H. H.; TESFAY, S. Z.; MDITSHWA, A. On-tree indexing of 'Hass' avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content'. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 41–49, 2018.
- NORDEY, T.; JOAS, J.; DAVRIEUX, F.; GÉRNARD, M.; LÉCHAUDEL, M. Non-destructive prediction of color and pigment contents in mango peel. Scientia Horticulturae, v. 171, p. 37-44, 2014.
- NORDEY. T.; LÉCHAUDEL, M.; GÉNARD, M.; JOAS, J. Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. **Journal of Plant Physiology** v.196, p. 70–78, 2016.
- NTSOANE, M. L.; SASSE, M. Z.; MAHAJAN, P.; SIVAJUMAR, D. Quality assessment and postharvest mango technology: a review of its current status and future prospects. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 77-85, 2019.
- OLIVEIRA ARAÚJO, D.I. DE; MORAES, J. A. A.; CARVALHO, J. L. M. DE. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente,** v. 10, p. 51–73, 2017.
- OSBORNE, B. G. Near- infrared spectroscopy in food analysis. **Encyclopedia of Analytical Chemistry** in 2006 by John Wiley & Sons, Ltd.
- PEROSA, J. M. Y.; PIERRE, F. C. TÉCNICAS DE PÓS-COLHEITA E EXPANSÃO DA CULTURA DA MANGA NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista Brasileira de Fruticultura** Jaboticabal SP, v. 24, n. 2, p. 381-384, agosto 2002.
- PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, W. S.; CHAVES, K. F. Consumers Profile in Relation to Food Quality and Purchase Habits. UNOPAR **Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 2, 13(2), p. 95-102, 2011.
- PIMENTEL, R. M.; PIMENTEL, L. P. Tendência do mercado para frutas de uso imediato. CEINFO- **Centro de Informações Tecnológicas e Comerciais para Frutas Tropicais**, 2002. Disponível em:
- http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo.php?op=1&i=34&si=48&ar=658 Acesso em: 27 nov. 2019.
- PORNPRASIT, R.; NATWICHAI, J. Prediction of mango fruit quality from NIR spectroscopy using an ensemble classification. *International Journal of Computer Applications v. 83, n. 14, p. 0975 8887, 2013.*
- Rodrigues-Amaya, D. B. Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides e Alimentos. **In** *Ministério do Meio Ambiente MMA* vol. 52, Issue 1, p. 101, 2008.
- SAITO, S.; OKAMOTO. M.; SHINODA, S.; KUSHIRO, T.; KOSHIBA, T.; KAMIYA, Y.; HIRAI, N.; TODOROKI, Y.; SAKATA, K.; NAMBARA, E.; MIZUTANI, M. A plant growth retardant, unizonazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in Arabidopsis. **Bioscience**, **Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v.70, n.7, p.1731-1739, 2006.

- SAEI, A.; TUSTIN, D. S.; ZAMANI, Z.; TALAIE, A.; HALL, A. J. Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage: The relationship between texture retention and fruit dry matter concentration. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 1, p. 256–265, 2011.
- SANTOS, J. B. CALIBRAÇÃO MULTIVARIADA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO PARA PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CORRENTES PETROQUÍMCIAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AROMÁTICOS. Universidade Federal da Bahia. **Tese de doutorado**,104p, 2017.
- SANTOS NETO, J. P. DOS; ASSIS, M. W. D. DE; CASAGRANDE, I. P.; CUNHA JÚNIOR, L. C.; ALMEIDA TEIXEIRA, G. H. DE. Determination of 'Palmer' mango maturity indices using portable near infrared (VIS-NIR) spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, v. 130. December 2016, p. 75–80, 2017.
- SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, v. 31, p.137–145, 2004.
- SIMÃO, S.; ZAMARIOLLI, L. E. REDUÇÃO DA COPA DA MANGUEIRA. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 239–242, 1999.
- SILVA, Carlos Ramirez de Rezende e; FONSECA, Elda Bonilha Assis; MOREIRA, Maria Aparecida. **A cultura da mangueira**. Boletim técnico, ed. UFLA, v. 1, p. 1-116, 2002. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/index.php/boletins-tecnicos-e-de extensao/boletins-de-extensao. Acesso em: 26 abril 2020.
- SOARES, L. P.; JOSÉ, A. R. S. Compostos bioativos em polpas de mangas "Rosa" e "Espada" submetidas ao branqueamento e congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 579–586, 2013.
- SIGRIST, S. Mangueira. Disponível em: https://www.ppmac.org/content/manga-mangueira Acesso em: 26 nov. 2019.
- SIGRIST, J. M. M. Tecnologia pós-colheita para a comercialização de manga *in natura*. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manga **Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. 604 p.
- SINGH, Z.; SINGH, R. K. SANE, V. A., NATH, P. Mango Postharvest Biology and Biotechnology. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.32 p. 217–236, 2013.
- SHEZI, S.; MAGWAZA, L. S.; MASHILO, J.; TESFAY, S. Z.; MDITSHWA, A. Photosynthetic efficiency and relationship to mesocarp dry matter content of 'Carmen' avocado (Persea americana Mill.) fruit in a cool subtropical climate. **Scientia Horticulturae**, v. 253, n. April, p. 209–216, 2019.
- SCHMILOVITCH, Z.; MIZRACH, A.; HOFFMAN, A.; HAIM, E., FUCHS, Y. Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p. 245- 252, 2000.

- SOUZA, A. M.; POPPI, R. J. EXPERIMENTO DIDÁTICO DE QUIMIOMETRIA PARA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE ÓLEOS VEGETAIS COMESTÍVEIS POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS: UM TUTORIAL, PARTE I. *Quim. Nova*, Vol. 35, No. 1, 223-229, 2012
- SOUZA, S. F.; PEREIRA, A. F. C.; LIMA, J. R. F.; SOUZA, A. L. TRANSMISSION OF PRICES OF THE BRAZILIAN MANGO BETWEEN THE INTERNAL, AMERICAN AND EUROPEAN MARKETS. SOBER- **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. p25. Unicamp- SP, 2018.
- SCOGNAMIGLIO, H. Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. Disponível em: https://abrafrutas.org/2019/03/07/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/>. Acesso em: 27 nov. 2019.
- TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN; J. F. Storage of 'Palmer' mangoes in low-oxygen atmospheres. Cirad/EDP **Sciences, Fruits**, vol. 66, p. 279–289, 2011.
- TAIRA, E.; NAKAMURA, S.; HIYANE, R.; HONDA, H.; UENO, M. Development of a nondestructive measurement system for mango fruit using near infrared spectroscopy. **Engineering and Applied Science Research**, v. 44, n. 3, p. 189–192, 2017.
- Tabela de composição nutricional dos alimentos. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50002.pdf Acesso em: 26 nov. 2019.
- TABELA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS 2011- 4ª ed. Revisada e ampliada—UNICAMP. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos_taco_2011.pdf> Acesso em: 26 nov. 2019.
- THARANATHAN, R.R; YASHODA. H.M; PRABHA. T.N. Mango (Mangifera indica L.), "The King of Fruits"—An Overview. **Food Reviews International**, v. 22:2, p. 95-123, 2007.
- VASCONCELOS, O. C. M; DUARTE, D.; CASTRO SILVA, J. DE; OLIVEROS MESA, N. F.; TERUEL MEDEROS, B. J.; FREITAS, S. T. DE. Modeling 'Tommy Atkins' mango cooling time based on fruit physicochemical quality. **Scientia Horticulturae**, v. 244, n. October 2018, p. 413–420, 2019.
- Vidal, M. F, Fruticultura na Área de Atuação do BNB, **Caderno Setorial ETENE**. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35_Fruticultura_2018.1.pdf. Acesso em nov. 2019.
- Vidal, A. M., Dias, D.O, Martins, E. S.M., Oliveira, R. S., Nascimento, R. M. S., & Correia, M. G. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação- Ciências Biológicas e Da Saúde**, v. 1 (15), 43-42, 2012.

4. Capítulo 2: Avaliação e recomendação de espectrômetros Vis-NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade em mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' no momento da colheita

Resumo

O Vale do São Francisco, localizado na região semiárida do Nordeste, se destaca como o maior produtor nacional de manga. Em 2018, a taxa de exportação teve um aumento de 8,4%, sendo que os consumidores vêm se mostrando a cada dia mais seletivos e preocupados com a qualidade dos frutos que estão adquirindo. Neste contexto, novas tecnologias como espectrofotômetros Vis-NIR portáteis vêm sendo desenvolvidas para monitorar a qualidade dos frutos ao longo de toda a cadeia produtiva, visando garantir a alta qualidade dos frutos aos consumidores. Os objetivos deste trabalho foram desenvolver modelos de calibração multivariada para comparar a eficiência de diferentes espectrômetros Vis-NIR portáteis na determinação de parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' no momento da colheita. Nesse estudo foram utilizados dois espectrômetros Vis-NIR portáteis, F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que registra dados espectrais na faixa entre 400 a 1100 nm e Scio (Consumer Physics, Israel), que registra dados espectrais na faixa entre 740 a 1100 nm. De acordo com os resultados obtidos, modelos desenvolvidos para determinar acidez titulável e firmeza de polpa apresentaram valores de RMSECV ≥10. Modelos desenvolvidos para determinar cor de polpa, sólidos solúveis e matéria seca apresentaram valores de RMSECV ≤10, sendo estes precisos para avaliar a qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer'. Os resultados mostram que ambos equipamentos apresentaram precisões equivalentes na determinação da qualidade de mangas. Entretanto, o espectrofotômetro que mais se adequa as condições da região e as atividades agrícolas é o F-750, devido a sua robustez e rapidez no processamento dos dados, assim como devido ao uso independente de acesso a internet.

Palavras- chave: Mangicultura, espectroscopia, semiárido.

Abstract

The São Francisco Valley, located in the Semi-arid region in the Northeast of Brazil, stands out as the largest national mango producer. In 2018, the export rate increased by 8.4%. However, mango consumers are becoming more selective and concerned with fruit quality. In this context, new technologies such as portable Vis-NIR spectrophotometers have been developed to monitor and evaluate fruit quality along the entire mango industry, aiming to guarantee high fruit quality to consumers. The objectives of this study were to develop multivariate calibration models to compare the efficiency of different portable Vis-NIR spectrometers in determining quality parameters of 'Tommy Atkins' and 'Palmer' mangoes at harvest. In this study, two portable Vis-NIR spectrometers were used, the F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, United States) that records spectral data in the range between 400 to 1100 nm and Scio (Consumer Physics, Israel) that records spectral data in the range between 740 to 1100 nm. According to the results, models developed to determine titratable acidity and flesh firmness showed RMSECV values ≥10. Models developed to determine flesh color, soluble solids and dry matter content had RMSECV values ≤10, which shows adequate precision to analyze these quality parameters in 'Tommy Atkins' and 'Palmer' mangoes. The results show that both spectrometers present similar precision on determining mango quality. However, the spectrophotometer that best suits the conditions of the mango growing region was the F-750, due to its robustness and speed in data processing, as well as due to the fact that it works independent of internet access.

Keywords: Mangiculture, spectroscopy, semi-arid.

4.1 Introdução

A manga é amplamente cultivada em várias regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo atrativa aos consumidores por ser uma fonte de vitaminas, fibras, açúcares, fitoquímicos e antioxidantes (MANTHEY et al., 2009; MATA et al., 2011; PU et al., 2015; MATHEYAMBATH et al., 2016; XIAOWEI MA et al., 2018; BRAGA et al., 2019; LAWSON et al., 2019).

Nos últimos anos, o cultivo de manga no Brasil vem se destacando como um dos principais dentro do mercado nacional, pois a mangicultura vem movimentando o setor agrícola, aumentando a produção e as exportações de frutas. O Vale do São Francisco, localizado nos municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, é um dos principais polos produtores de manga do Brasil, sendo responsável por 87% da produção nacional com um total de 1.087,091 toneladas produzidas e aproximadamente 179.601 toneladas exportadas anualmente (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018; ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2019).

A manga é um fruto climatérico que pode ser colhida logo após o término de seu desenvolvimento fisiológico, antes de atingir seu climatério, garantindo assim que os frutos tenham um tempo de vida pós-colheita necessário para chegar ao mercado consumidor. O amadurecimento adequado da manga é um dos principais fatores para a aceitação dos frutos no mercado consumidor. Frutos colhidos antes da maturação ideal possuem baixa concentração de carboidratos e consequentemente, baixo acúmulo de açúcares durante o amadurecimento, resultando em frutos de baixa qualidade para o consumo (SUBEDI et al., 2007; JOAS et al., 2011; SANTOS NETO et al., 2017; NTSOANE et al., 2019).

Dentre as cultivares mais plantadas no Brasil, destaca-se a Tommy Atkins e a Palmer, as quais apresentam um aumento na área produzida no Vale do São Francisco (ANUARIO BRASILEIRO HORTIFRUTI, 2019). Apesar da importância econômica, a mangicultura possui limitações relacionadas a falta de métodos precisos para monitorar e determinar o estádio ideal de maturação para a colheita dos frutos, o que vem sendo realizado com base em avaliações visuais pouco precisas como tamanho, cor da casca, e formação do 'ombro' dos frutos. A falta de métodos mais precisos para determinar o estádio ideal de maturação para a colheita tem resultado na a comercialização de frutos com baixa qualidade sensorial (SILVA et al., 2000; MARQUES et al., 2016; NTSOANE et al., 2019).

Para solucionar esses problemas, novas tecnologias de análise não-destrutivas vêm sendo utilizadas com métodos rápidos, práticos e precisos, reduzindo erros, e evitando a

colheita de frutos antes do estádio ideal de maturação. A logo prazo, a adoção destas tecnologias será importante para garantir a alta qualidade de consumo de mangas na colheita, visando a alta satisfação dos consumidores, aumento do consumo e produção de mangas no Vale do São Francisco (SÁNCHEZ et al., 2013; WANG et al., 2017).

Tendo em vista a crescente demanda do mercado consumidor por frutos de alta qualidade, empresas vêm investindo em inovações tecnológicas que auxiliem na análise e monitoramento da qualidade dos frutos. Neste contexto, a espectroscopia na região do visível e infravermelho próximo (Vis-NIR) (do inglês *Visible and Near Infrared*) é uma das técnicas não-destrutivas mais utilizadas, a qual vêm com a proposta de atender estas demandas, trabalhando com análises rápidas e precisas, assim como não havendo necessidade em preparar amostras ou utilizar reagentes químicos. Esta tecnologia alinhase aos preceitos da química verde, com equipamentos portáteis de fácil manuseio e baixo custo (TORRES, 2008; CAYUELA et al., 2010; SÁNCHEZ et al., 2013; MARQUES et al., 2016; CHOI et al., 2017; WANG et al., 2017; NACAMA et al., 2018). Além disto, a tecnologia Vis-NIR vem sendo utilizada em várias pesquisas a fim de buscar alternativas mais eficientes na determinação não-destrutiva da qualidade interna de frutos (CLARK et al., 2003; SARANWONG et al., 2003; NICOLAI et al., 2007; WENDDING et al., 2013; CHOI et al., 2017; WANG et al., 2017; NCAMA et al., 2018; SUBEDI et al., 2020).

Os objetivos deste trabalho foram desenvolver modelos de calibração multivariada para comparar a eficiência de diferentes espectrômetros Vis-NIR portáteis na determinação de parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' no momento da colheita.

4.1.2 Material e Métodos

Os frutos foram colhidos em pomar comercial nos municípios de Petrolina, PE (9° 30′ 35″ S e 40° 30′ 35″ O) e Belém do São Francisco, PE (8° 45′ 31″ S, 38° 57′ 45″ O), onde o clima é classificado como BSwh', segundo a classificação de Köeppen que corresponde ao clima árido e os munícipios estão localizados na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Foram utilizados 100 frutos de mangas 'Tommy Atkins' e 100 frutos de mangas 'Palmer' classificadas nos estádios de maturação 1 a 2 (LUCENA 2006, ASSIS et al., 2008; SANTOS, 2008). O estádio 1 representa frutos na maturação fisiológica.

Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, onde foram lavados, secos e mantidos em temperatura de 24°C (±1°C) até o início das análises, as quais ocorreram no mesmo dia da colheita, avaliando-se 35 frutos, sendo 30 no estádio de maturação 1 e 5 do estádio de maturação 2.

Os demais frutos foram mantidos em temperatura de 20°C (±1°C) por 21 dias totalizando o período em que os frutos atingiram a maturação para consumo. Ao longo do armazenamento, as análises de referências foram efetuadas a cada cinco dias, possibilitando avaliar os frutos ao longo do processo de amadurecimento. A identificação foi feita de modo que a avaliação ocorresse em ambos lados dos frutos de forma separada, tratando cada lado como uma amostra independente, totalizando 200 amostras de frutos para cada cultivar de manga.

Os espectros Vis-NIR foram coletados com os espectrômetros portáteis: (1) F-750 *Produce Quality Meter* (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm (Figura 3); (2) Scio (Consumer Physics, Israel), que permite o registro de dados na faixa espectral de 740 a 1100 nm (Figura 4). Os espectros foram obtidos em condições de luz e temperatura do laboratório (25°C).



Figura 3. Espectrômetro Félix F-750 Produce Quality Meter. Fonte: Félix Instruments.



Figura 4. Espectrômetro Scio version 1.2. Fonte: Consumer Physics.

Parâmetros como intervalo de aquisição de dados, tempo de integração e tempo de medida foram definidos de acordo com as possibilidades oferecidas por cada equipamento. Os espectros foram registrados em dois pontos distribuídos ao longo da região equatorial, localizados em cada lado do fruto. As medidas foram realizadas posicionando-se cada espectrômetro diretamente sobre a casca dos frutos na mesma região equatorial para os dois equipamentos.

Avaliou-se desempenho preditivo dos modelos de calibração desenvolvidos na etapa de validação externa (predição), empregando-se um conjunto de amostras independentes, considerando os valores da raiz quadrada do erro médio quadrático de calibração (RMSECV, do inglês *Root Mean Square Error of Cross Validation*), e o coeficiente de determinação (R²). A precisão dos espectrômetros NIR foi comparada com base nos parâmetros de RMSECV, R² e RMSECVr obtidos na validação dos modelos desenvolvidos para cada equipamento. Os modelos de calibração foram obtidos utilizando um dos modelos de regressão parcial de mínimos quadrados, PLS (do inglês Partial Least Squares) sendo aplicado a matriz dos dados e desenvolvendo os modelos para cada análise de referência de modo individual. O uso do PLS tem como vantagem analisar dados com variáveis ruidosas, colineares e muitas vezes incompletas em Xe Y, sendo muito utilizada para a calibração multivariada em frutas (CORTÉS et al., 2016).

4.1.3 Análises de referência

As áreas onde foram coletados os espectros em cada fruto foram utilizadas para as análises de referências. Inicialmente, uma pequena área (~ 1 cm²) da epiderme dos dois lados de cada fruto foi retirada para determinação da firmeza de polpa. Depois, uma

amostra com as dimensões aproximadas de 5 x 3 x 1 cm (comprimento x largura x profundidade) foi retirada ao longo da região equatorial de cada um dos lados fruto. Estas amostras foram cortadas em pequenos pedaços, que foram homogeneizados e divididos em duas frações: (1) utilizada para determinação dos teores de matéria seca e (2) utilizada para determinação de sólidos solúveis e acidez titulável. Esta fração foi prensada por meio de um extrator de sucos manual (Figura 5) e a fração líquida resultante utilizou-se para as demais análises físico-químicas. Os teores de matéria seca (MS) foram determinados pela pesagem da amostra fresca, a qual foi seca em estufa a 60°C até peso constante, sendo então pesadas novamente para obter o peso seco. Os teores de MS foram representados em porcentagem, a qual foi calculada pela multiplicação do peso seco por 100, sendo o resultado dividido pelo peso fresco inicial da amostra.



Figura 5. Extrator de sucos manual. Fonte: arquivo pessoal.

A firmeza de polpa (FP) foi determinada com um texturômetro digital TA. XT/Plus (Extralab, Brasil) (Figura 6), equipado com ponteira de 6 mm de diâmetro. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N), representando a força necessária para efetuar 10 mm de penetração da ponteira através da polpa dos frutos.



Figura 6. Texturômetro digital TA. XT/Plus. Fonte: arquivo pessoal.

Para a determinação de SS foi utilizado um refratômetro portátil digital modelo Pocket Pal-1 (Atago, Brasil) (Figura 7), com compensação automática de temperatura. As leituras foram realizadas utilizando aproximadamente 1 mL de suco filtrado com algodão. Os resultados obtidos foram expressos em ^oBrix.



Figura 7. Refratômetro portátil digital modelo Pocket Pal-1. Fonte: arquivo pessoal.

A determinação da acidez titulável (AT) foi realizada por meio da titulação de uma solução composta por 1g de suco da amostra mais a adição de 50 mL de água destilada, com uma solução de NaOH 0,1 mol L-1. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (m/v) de ácido cítrico. A leitura do pH foi realizada diretamente na amostra composta por 1g de suco mais a adição de 50 mL de água destilada, ambos utilizando titulador automático modelo 848 Titrino Plus (Metrohm, Brasil) (Figura 8). Os valores CIE (International Lighting) de luminosidade para cor da polpa foi realizada utilizando um colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta, Brasil) (Figura 9). Os resultados obtidos foram expressos em termos dos parâmetros de Luminosidade (L*), Cromaticidade (C *ab**) e ângulo hue (h *ab**).



Figura 8. Titulador automático modelo 848 Titrino Plus. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 9. Colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta). Fonte: arquivo pessoal.

4.1.4 Resultados e Discussão

Análises dos dados

A heterogeneidade de mangas 'Palmer' (Tabela 3) e 'Tommy Atkins' (Tabela 4), relacionada a composição físico-química, deixa evidente as variações existentes no processo de construção dos modelos de calibração. Foram feitas análises para cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável e matéria seca (MS). Resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Silva Neta (2019).

Tabela 3. Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência para manga 'Palmer'.

Parâmetro de Qualidade	Faixa¹	Média	DP ²	CV (%) ³
Cor de Polpa (Parâmetro L)	51,7 - 84,8	71,7	4,4	5,8
Cor de Polpa (Parâmetro C)	26,6 - 76,2	53,2	12,6	23,8
Cor de Polpa (Parâmetro h)	83,8 - 111,6	96,4	7,3	7,6
Firmeza de Polpa (kgF cm²)	0,32 - 17,2	6,09	6,0	93,2
рН	2,6 - 6,5	4,3	1,2	28,8
Sólidos Solúveis (%)	4,7 - 16,9	10,5	3,5	33,7
Acidez Titulável (% Ácido Cítrico)	0,07 - 6,2	0,85	0,9	116,4
Matéria Seca (%)	8,5 - 20,0	14,4	2,2	15,7

¹Faixa de concentração das amostras analisadas ²Desvio médio padrão. ³Coeficiente de variação. Avaliação de 200 amostras

Tabela 4. Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência para manga 'Tommy Atkins'.

Parâmetro de Qualidade	Faixa¹	Média	DP ²	CV (%) ³
Cor de Polpa (Parâmetro L)	44,8 - 81,9	75,3	4,1	5,3
Cor de Polpa (Parâmetro C)	37,7 - 70,6	57,1	6,8	11,9
Cor de Polpa (Parâmetro h)	82,4 - 106,8	94,1	5,2	5,5
Firmeza de Polpa (kgF cm²)	0,102 - 53,1	6,2	6,7	108,6
рН	1,8 - 6,3	3,8	0,4	29,3
Sólidos Solúveis (%)	4,8 - 14,4	8,6	2,5	12,7
Acidez Titulável (% Ácido Cítrico)	0,1 - 6,6	0,9	0,6	64,2
Matéria Seca (%)	9,4 - 21,7	12,6	1,6	13,1

¹Faixa de concentração das amostras analisadas ²Desvio médio padrão. ³Coeficiente de variação. Avaliação de 200 amostras.

O desenvolvimento dos modelos de calibração multivariada ocorreu a partir da leitura de faixas espectrais especificas nos espectrômetros Vis-NIR utilizados. Para o F750, a faixa espectral utilizada foi de 400 a 1100 nm e para o Scio, a faixa espectral de 740 a 1070 nm. Regiões espectrais que apresentaram muito ruído não foram utilizadas nos modelos de calibração. Para a determinação dos parâmetros de qualidade cor de polpa (L, C, h), acidez titulável, sólidos solúveis, pH, firmeza e matéria seca, foi utilizada a técnica de regressão por PLS. Para os parâmetros de cor de polpa (L, C, h), os modelos apresentaram resultados satisfatórios, com altos valores para R², e baixos valores para RMSECV e RMSECVr (Tabelas 5, 6, 7 e 8). O ângulo hue (h) está relacionado a tonalidade, sendo utilizado como um dos principais critérios para avaliação do estádio de maturação dos frutos (SUBEDI et al., 2007; NTSOANE et al., 2019).

Tabela 5. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) de mangas 'Palmer', utilizando o espectrômetro portátil F-750.

Parâmetro	Unidade	Nº amostrasª	Faixa⁵	Média ^c	VLd	R²	RMSECV*	RMSECVr (%)**
CP (L)	-	197	68,9 - 76,9	76,9	4	0,64	2,26	2,93
CP (C)	-	199	26,6 - 76,2	53,3	7	0,83	5,13	9,61
CP (h)	-	197	87,7 - 111,6	96,5	7	0,87	2,56	2,65
FP	KgF	194	0,01 - 17.2	5,82	12	0,87	2,15	36,94
SS	%	184	4,6 - 16,7	10,5	8	0,9	1,12	10,61
рН	-	197	2,6 - 6,5	4,2	1	0,37	0,56	13,05
AT	%Hac	183	0,09 - 1,7	0,6	4	0,69	0,27	42,18
MS	%	195	10,1 - 20,0	14,5	13	0,85	0,82	5,63

^aNúmero de amostras analisadas. ^bFaixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^cValores médios para cada parâmetro de qualidade. ^dNúmero de fatores ou variáveis latentes. *Erro quadrático médio da validação cruzada. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avalidado.

Tabela 6. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) de mangas 'Tommy Atkins', utilizando o espectrômetro portátil F-750.

Parâmetro	Unidade	Nº amostrasª	Faixa ^b	Média ^c	VL^d	R²	RMSECV*	RMSECVr (%)**
CP (L)	-	194	65,9 - 81,9	75,7	5	0,24	2,68	3,53
CP (C)	-	198	40,7 - 70,6	57,3	1	0,38	5,27	9,19
CP (h)	-	194	86,6 - 106,8	94,3	6	0,58	3,21	3,40
FP	KgF	194	0,101 - 13,6	5,5	4	0,66	2,68	48,37
SS	%	191	4,8 - 14,4	8,6	8	0,73	1,30	14,97
рН	-	186	3,1 - 5,0	3,8	2	0,24	0,33	8,59
AT	%Hac	191	0,11 - 1,61	0,8	2	0,64	0,25	28,08
MS	%	194	9,4 – 17,0	12,5	8	0,65	0,90	7,20

^aNúmero de amostras analisadas. ^bFaixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^cValores médios para cada parâmetro de qualidade. ^dNúmero de fatores ou variáveis latentes. *Erro quadrático médio da validação cruzada. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avalidado.

Para os modelos de calibração desenvolvidos para SS, percebe-se que os valores do RMSECVr ficaram entre 10,61 a 14,97%, indicando média precisão para predição. Estudo sugerem que os teores de SS não representam um bom parâmetro para determinar maturação de colheita de mangas, sendo que esta maturação deve ser determinada com

base em outros parâmetros como os teores de MS (RUNGPICHAYAPICHET et al., 2016; NORDEY, et al., 2019).

Tabela 7. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) de mangas 'Palmer', utilizando o espectrômetro portátil Scio.

Parâmetro	Unidade	Nº amostrasa	Faixa ^b	Média ^c	VL ^d	R²	RMSECV*	RMSEVr (%)**
CP (L)	-	194	68,9 - 84,8	76,8	8	0,69	2,10	2,73
CP (C)	-	194	26,6 - 73,9	53,3	7	0,81	5,36	10,04
CP (h)	-	192	87,8 – 109,3	96,1	7	0,85	2,72	2,82
FP	KgF	181	0,004 - 17.2	6,1	8	0,84	2,30	37,70
SS	%	189	4,6 - 16,7	10,5	8	0,85	1,31	12,39
рН	-	198	2,6 - 7,1	4,3	4	0,25	0,71	16,51
AT	%Hac	177	0,09 - 1,74	0,6	6	0,62	0,30	46,87
MS	%	191	9,2 - 20,0	14,5	6	0,77	1,04	7,17

^aNúmero de amostras analisadas. ^bFaixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^cValores médios para cada parâmetro de qualidade. ^dNúmero de fatores ou variáveis latentes. *Erro quadrático médio da validação cruzada. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avalidado.

Através dos resultados de calibração obtidos para manga 'Palmer' e 'Tommy Atkins', foi possível concluir que os parâmetros FP, pH e AT (Tabelas 5, 6, 7 e 8) não apresentaram resultados satisfatórios, visto que os valores do erro médio relativo de validação cruzada foram altos (RMSECVr entre 13,05 a 48,37%), diante das faixas espectrais utilizadas. Desta forma os modelos de calibração com valores altos do RMSECVr tornam-se inviáveis para o uso na análise e monitoramento da qualidade de mangas. Para os parâmetros relacionados a SS e MS, os modelos apresentaram bons resultados (RMSECVr≤10), sendo estes parâmetros importantes para avaliar a qualidade e determinar a maturação ideal de colheita de mangas, visando a oferta de frutos com alta qualidade no mercado *in natura* (SARANWONG et al., 2004; MARQUES et al., 2016).

Tabela 8. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS para a determinação de cor de polpa (CP), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e matéria seca (MS) de mangas 'Tommy Atkins', utilizando o espectrômetro portátil Scio.

Parâmetro	Unidade	Nº amostrasª	Faixa⁵	Médiac	VLd	R²	RMSECV*	RMSEVr (%)**
CP (L)	-	194	65,9 – 81,9	75,2	2	0,18	2,83	3,76
CP (C)	-	199	37,7 – 70,6	57,2	5	0,32	5,60	9,78
CP (h)	-	196	86,1 – 106,8	94,2	5	0,59	3,20	3,39
FP	KgF	186	0,101 -13,6	5,67	6	0,7	2,55	44,9
SS	%	189	4,8 -14,3	8,60	8	0,83	1,05	12,2
рН	-	191	2,5 - 5,0	3,82	6	0,29	0,33	8,63
AT	%Hac	187	0,100 - 1,6	0,93	6	0,75	0,21	22,58
MS	%	189	9,4 – 17,0	12,5	12	0,64	0,93	7,44

^aNúmero de amostras analisadas. ^bFaixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência. ^cValores médios para cada parâmetro de qualidade. ^dNúmero de fatores ou variáveis latentes. *Erro quadrático médio da validação cruzada. **RMSECVr erro quadrático médio da validação cruzada relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avalidado.

Os dados espectrais foram pré-processados através da técnica de variação normal padrão, SNV (do inglês *Standart Normal Variate*) para eliminar os efeitos aleatórios ocasionados pelo espalhamento de luz (MCGLONE et al., 1998; TORRES, 2008; MARQUES et al., 2016; SILVA NETA, 2019). Os gráficos dispostos nas Figuras 10, 11, 12 e 13 representam os espectros das mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' brutos e pré-processados por SNV.

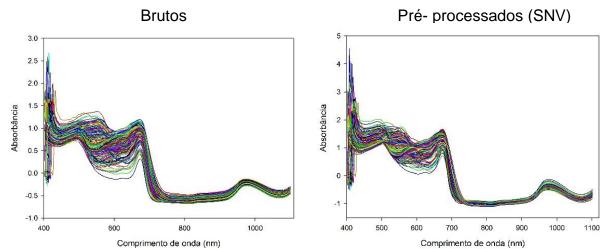


Figura 10. Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras de manga 'Palmer', registrados utilizando o espectrômetro F-750.

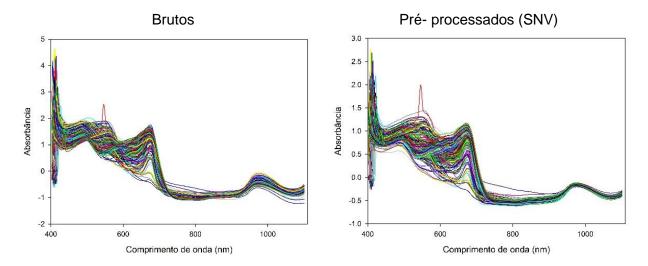


Figura 11. Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras de manga 'Tommy Atkins', registrados utilizando o espectrômetro F-750.

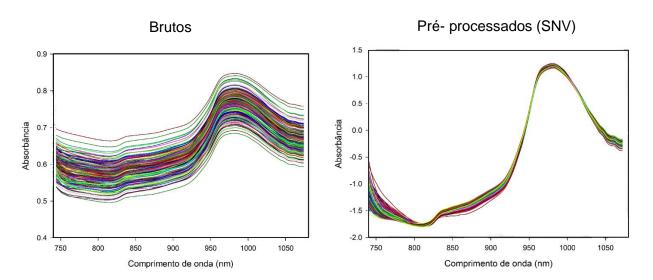


Figura 12. Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras de manga 'Palmer', registrados utilizando o espectrômetro Scio.

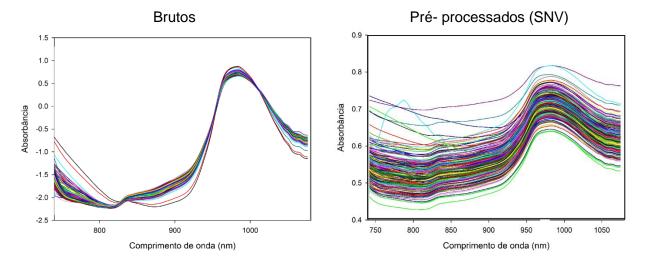


Figura 13. Espectros brutos e pré-processados por SNV, provenientes de 200 amostras de manga 'Tommy Atkins', registrados utilizando o espectrômetro Scio.

Percebe-se pelos gráficos acima que ambos os instrumentos operam em faixas espectrais similares, sendo possível observar nestes espectros a região de absorção característica da água, localizada no comprimento de onda 950 nm. Os espectros originais (dados brutos), apresentaram bandas mais amplas nas faixas entre 400 a 1100 nm, para o F-750 (Figuras 10 e 11) e 740 a 1070 para o Scio (Figuras 12 e 13), isso ocorre devido as bandas de absorção estarem sobrepostas, envolvendo ligações químicas O-H, -CH e -NH. Ao atingir a amostra, a radiação pode ser transmitida, absorvida ou refletida, isso depende da constituição química e dos parâmetros físicos da amostra. Em frutas e vegetais, a parede celular é tida como o principal elemento de dispersão, suas interfaces induzem mudanças nos índices de refração. Em estudos feitos com abacate, foi possível notar que a casca dos frutos também pode ser uma barreira para absorção da luz, sendo que leituras espectrais realizadas sem a casca eram mais sensíveis na detecção de mudanças na maturação dos frutos (NICOLAI et al., 2007; MARQUES et al., 2016; RUNGPICHAYAPICHET et al., 2016; SILVA NETA, 2019; SUBEDI et al., 2020).

O efeito do amadurecimento pode ser observado na região distinta da água, entre 900 e 950, onde percebe-se que à medida que os frutos vão amadurecendo, o pico nessa região diminui, possivelmente decorrente da desidratação dos frutos durante o processo de amadurecimento nas condições ambientais impostas neste estudo (NICOLAI et al., 2007; MARQUES et al., 2016; RUNGPICHAYAPICHET et al., 2016; SILVA NETA, 2019; SUBEDI et al., 2020). As Figuras 14, 15, 16 e 17 mostram o desempenho dos modelos obtidos para as análises de referência e as análises realizadas com os equipamentos F-750 e Scio.

Foi realizado o teste F a 95% de significância para comparar a precisão dos equipamentos F-750 e Scio. Nesta comparação, verificou-se que não houve diferença estatística significativa entre os dois espectrômetros utilizados para análises de qualidade das cultivares Palmer e Tommy Atkins produzidas no Vale do São Francisco. Neste caso, a recomendação de um dos equipamentos deverá ser feita mediante uma análise individual de cada aparelho mediante o custo, objetivo de uso, eficiência e praticidade visando a rotina agrícola da produção de manga.

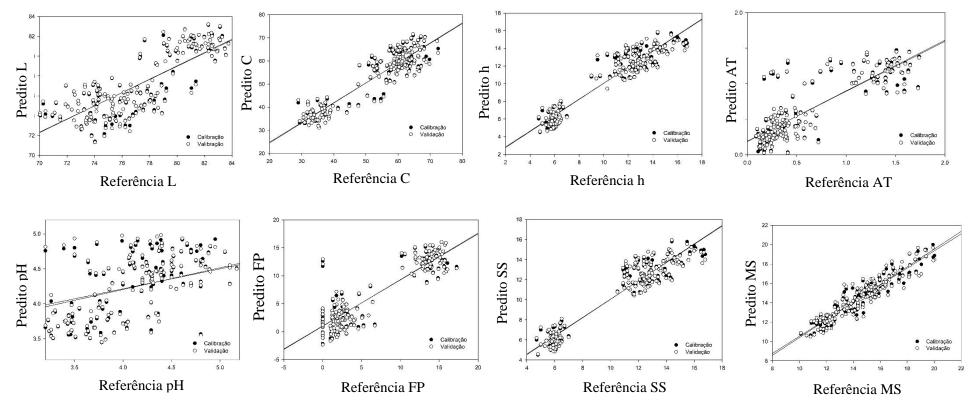


Figura 14. Parâmetros de qualidade de mangas 'Palmer' determinados com métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro F-750. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

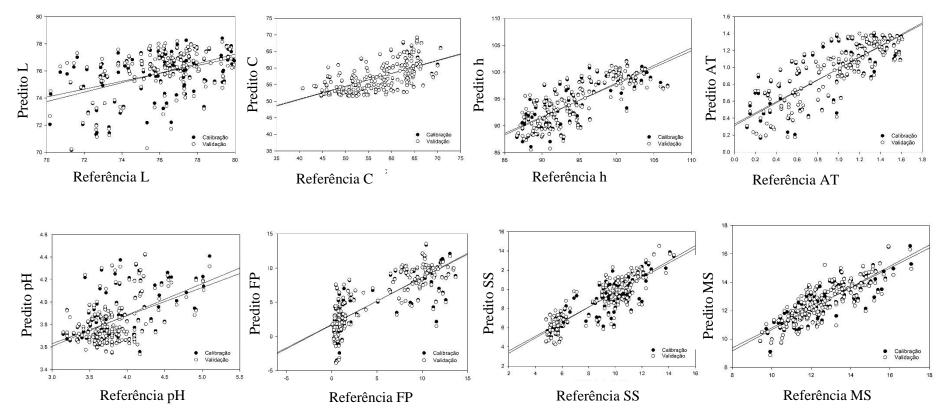


Figura 15. Parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' determinados com métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro F-750. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

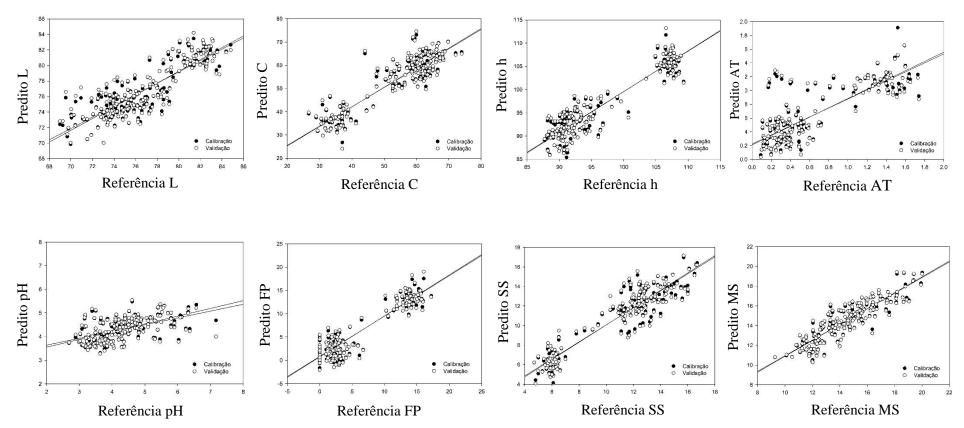


Figura 16. Parâmetros de qualidade de mangas 'Palmer' determinados com métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro Scio. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

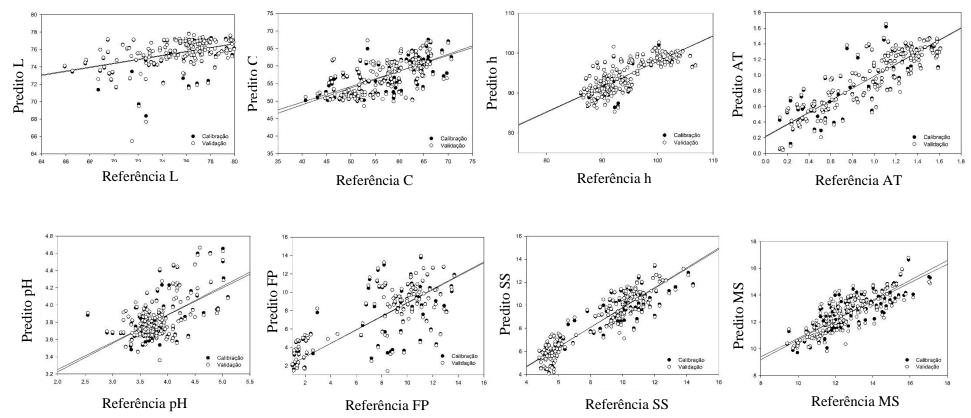


Figura 17. Parâmetros de qualidade de mangas 'Tommy Atkins' determinados com métodos de referência e preditos com o uso do espectrômetro Scio. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada (regressão por PLS). Dados de calibração (círculos preenchidos) e dados de validação (círculos vazios). A linha sólida representa a bissetriz.

4.1.5 Conclusões

Após a calibração, validação e a aplicação do teste F a 95% de significância, observou-se que não houve diferença significativa para a precisão analítica dos equipamentos avaliados. Entretanto, o F-750 é o espectrômetro recomendado, devido a adequação a realidade dos produtores de manga do Vale do São Francisco. Esta recomendação baseia-se no fato do espectrômetro F-750 ser um equipamento robusto e não necessitar de internet para o seu funcionamento, enquanto o espectrômetro Scio necessita de internet para realizar as análises de qualidade, o que limita seu uso no pomar.

Os modelos de calibração obtidos para a determinação dos teores de matéria seca, sólidos solúveis e cor de polpa apresentaram precisão satisfatória (RMSECVr ≤10) para serem utilizados no monitoramento da qualidade de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco.

Os modelos de calibração obtidos para a determinação da firmeza de polpa e acidez titulável não apresentaram precisão satisfatória (RMSECVr ≥10) para serem utilizados no monitoramento da qualidade de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: **Ed. Gazeta** Santa Cruz. ISSN 1808-4931. 88 p.2019.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2019. **Ed. Gazeta**. Pág. 74 a 77. http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-hortifruti-2019 Acesso em 31 jan. 2020.

BRAGA, T. R.; SILVA, E. O.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Drying of mangoes (Mangifera indica L.) applying pulsed UV light as pretreatment. **Food and Bioproducts Processing**, v. 114, p. 95–102, 2019.

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

CAYUELA, J. A.; WEILAND, C. Intact orange quality prediction with two portable NIR spectrometers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, n. 2, p. 113–120, 2010.

CLARK, C. J.; MCGLONE, V. A.; REQUEJO, C.; WHITE, A.; WOOLF, A. B. Dry matter determination in "Hass" avocado by NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 3, p. 301–308, 2003.

- CORTÉS, V.; ORTIZ, C.; ALEIXOS, N.; BLASCO, J.; CUBERO, S.; TALENS, P. A new internal quality index for mango and its prediction by external visible and near-infrared reflection spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 118, p. 148–158, 2016.
- CHOI, J. H.; CHEN, P. A.; LEE, B. H. N.; YIM, S. H.; KIM, M. S.; BAE, Y. S.; LIM, D. C.; SEO, H. J. Portable, non-destructive tester integrating VIS/NIR reflectance spectroscopy for the detection of sugar content in Asian pears. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 147–153, 2017.
- CUNHA, G. A. P; SAMPAIO, J. M. M. Manga. Produção: aspectos técnicos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 1ed, 63p., 2000.
- JOAS, J.; VULCAIN, E.; DESVIGNES, C.; MORALES, E.; LÉCHAUDEL, M. Physiological age at harvest regulates the variability in postharvest ripening, sensory and nutritional characteristics of mango (Mangifera indica L.) cv. Coghshall due to growing conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 6, p. 1282–1290, 2012.
- LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; CHIN, C. F. Characterization of Southeast Asia mangoes (Mangifera indica L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae** v. 243, p.189–196, 2019.
- MA, X.; ZHENG, B.; MA, Y.; XU, W.; WU, H.; WANG, S. Carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthesis genes in mango flesh during fruit development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 237, n. April, p. 201–206, 2018. MCGLONE, V. A.; KAWANO, S. Firmness, dry-matter and soluble-solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, n. 2, p. 131–141, 1998.
- MIGUEL, L. C.O.; LIMA, R. K. B. SANTOS, E. C.; FERREIRA, L. L.; OLIVEIRA, N. P. S.; SILVA, V. L. F.; SILVA, T. T. F. Qualidade química e físico-química de mangas após armazenada sobre refrigeração. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.3, p.01-07, 2015
- MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T. DE; PIMENTEL, M. F.; PASQUINI, C. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the "Tommy Atkins" mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chemistry**, v. 197, p. 1207–1214, 2016.
- NCAMA, K.; MAGWAZA, L. S.; POBLETE-ECHEVERRÍA, C. A.; NIEUWOUDT, H. H.; TESFAY, S. Z.; MDITSHWA, A. On-tree indexing of 'Hass' avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content'. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 41–49, 2018.
- NTSOANE, M. L.; ZUDE-SASSE, M.; MAHAJAN, P.; SIVAKUMAR, D. Quality assessment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. **Scientia Horticulturae**, v. 249, n. September 2018, p. 77–85, 2019.
- NICOLAÏ, B. M.; BEULLENS, K.; BOBELYN, E.; PEIRS, A.; SAEYS, W.; THERON, K. I.; LAMMERTYN, J. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 99–118, 2007.

- NORDEY, T.; DAVRIEUX, F.; LÉCHAUDEL, M. Predictions of fruit shelf life and quality after ripening: Are quality traits measured at harvest reliable indicators? **Postharvest Biology and Technology**, v. 153, n. June 2018, p. 52–60, 2019.
- RUNGPICHAYAPICHET, P.; MAHAYOTHEE, B.; NAGLE, M.; KHUWIJITJARU, P.; MÜLLER, J. Robust NIRS models for non-destructive prediction of postharvest fruit ripeness and quality in mango. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 31–40, 2016.
- SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B.; OWENS, G. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 326–334, 2007.
- SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B. Assessment of avocado fruit dry matter content using portable near infrared spectroscopy: Method and instrumentation optimisation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 161, n. November 2019, p. 111078, 2020.
- SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 2, p. 137–145, 2004.
- SÁNCHEZ, M. T.; LA HABA, M. J. DE; PÉREZ-MARÍN, D. Internal and external quality assessment of mandarins on-tree and at harvest using a portable NIR spectrophotometer. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 92, p. 66–74, 2013.
- SANTOS NETO, J. P. DOS; ASSIS, M. W. D. DE; CASAGRANDE, I. P.; CUNHA JÚNIOR, L. C.; ALMEIDA TEIXEIRA, G. H. DE. Determination of 'Palmer' mango maturity indices using portable near infrared (VIS-NIR) spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, v. 130, n. December 2016, p. 75–80, 2017.
- SILVA NETA, M, Recomendação de Espectrômetros NIR Portáteis para Monitoramento da Qualidade de Mangas 'Keitt' Produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. Universidade Federal de Sergipe. **Dissertação de mestrado**, 76 p. 2019.
- TORRES, R, M. T., TRANSMISIÓN OPTICA E IMAGEN EN VISIBLE E INFRARROJO EN FRUTAS. ENSAYO DE EQUIPOS COMERCIALES. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID- ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS. **Tese de Doutorado**, 2008.
- TEIXEIRA, A. H. DE C. Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro 1963 a 2009 / Antônio Heriberto de Castro Teixeira. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.
- PU, Y. Y.; SUN, D. W. Prediction of moisture content uniformity of microwave-vacuum dried mangoes as affected by different shapes using NIR hyperspectral imaging. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 33, p. 348–356, 2016.
- WEDDING, B. B.; WRIGHT, C.; GRAUF, S.; WHITE, R. D.; TILSE, B.; GADEK, P. Effects of seasonal variability on FT-NIR prediction of dry matter content for whole Hass avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 9–16, 2013.

WANG, T.; CHEN, J.; FAN, Y.; QIU, Z.; HE, Y. SeeFruits: Design and evaluation of a cloud-based ultra-portable NIRS system for sweet cherry quality detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 152, n. November 2017, p. 302–313, 2018.

4. 2 Capítulo 3: Determinação da faixa ideal de matéria seca para a colheita de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', visando a alta aceitação dos frutos pelos consumidores

Resumo

A manga é um fruto climatérico e tem seu amadurecimento caracterizado pelo aumento da atividade respiratória, levando a mudanças físicas e químicas que o tornam atrativo para o consumo. Mangas destinadas à exportação, geralmente são colhidas logo após atingirem a maturação fisiológica, com o objetivo de ampliar sua vida útil e facilitar o manuseio e transporte. O processo de amadurecimento após a colheita é caracterizado pelo amolecimento, degradação de amido e ácidos orgânicos e acúmulo de açúcares, torando o fruto apto para o consumo. Estudos sugerem que os teores de matéria seca (MS) dos frutos no momento da colheita determinam a qualidade final de consumo de mangas maduras. Estes teores de MS necessitam ser determinados para cada genótipo em cada condições de cultivo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a faixa ideal de MS para a colheita de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, visando a alta aceitação dos frutos pelos consumidores. Neste trabalho, mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' foram colhidas em diferentes faixas de MS determinadas de forma não destrutiva com um espectrômetro Vis-NIR portátil, F-750. Após a colheita, os frutos foram armazenados a 12°C até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤ 15N. Na maturação de consumo, os frutos foram submetidos a análises físicoquímicas e sensoriais para determinar a aceitação dos consumidores. De acordo com os resultados obtidos, mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' devem ser colhidas com teores de matéria seca igual ou maiores que 14% e 16%, respectivamente, para garantir a alta aceitação pelos consumidores.

Palavras-chave: Qualidade, mercado, análise sensorial.

Abstract

Mango is a climacteric fruit and its ripening is characterized by an increasing metabolic activity, which leads to physical and chemical changes that make the fruit attractive to consumption. Mangoes destined to long-distance markets are usually harvested soon after reaching the physiological maturity, aiming to extend the postharvest life and to facilitate handling and transportation. Ripening is characterized by softening, degradation of starch and organic acids, and accumulation of sugars, making the fruit suitable for consumption. Studies have suggested that fruit dry matter (DM) content at harvest determines the ready-to-eat mango quality. The ideal DM content at harvest must be determined for each genotype in each growing condition. Therefore, the objective of this study was to determine the ideal DM content to harvest 'Palmer' and 'Tommy Atkins' mangoes produced in the São Francisco Valley, aiming high fruit acceptance by consumers. In this study, 'Palmer' and 'Tommy Atkins' mangoes were harvested with different DM ranges, which was non-destructive determined with a portable Vis-NIR spectrometer, F-750. After harvest, the fruit were stored at 12°C, until reaching the ready-to-eat maturity with flesh firmness ≤ 15N. At the ready-to-eat stage, the fruit were subjected to physicochemical and sensory analyzes to determine consumer acceptance. According to the results, 'Tommy Atkins' and 'Palmer' mangoes must be harvested with DM contents equal or greater than 14% and 16%, respectively, in order to ensure high acceptance by consumers.

Keywords: Quality, market, sensory analysis.

4.2.1 Introdução

A manga está na lista das frutas mais consumidas no mundo, tendo a Ásia como a região de maior produção e responsável por aproximadamente 34,6 milhões de toneladas, o que representa 74% da produção mundial (THARANATHAN et al., 2006; LAWSON et al., 2019). O Brasil encontra-se em sétimo lugar no cultivo de manga, sendo o Vale do São Francisco, localizado nos municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, a principal região produtora no país (TEIXEIRA et al., 2011; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Entre os principais genótipos produzidos nesta região estão as cultivares Tommy Atkins e Palmer (MIGUEL et al., 2015).

A manga é um fruto climatérico, caracterizado pelo aumento na síntese de etileno e taxa respiratória durante o amadurecimento. Quando colhida no estádio ideal de maturação, após a maturação fisiológica, continua o processo de amadurecimento até atingir qualidade para o consumo. Frutos colhidos antecipadamente possuem maior vida pós-colheita, mas menor qualidade. Por outro lado, frutos colhidos após o estádio ideal de maturação apresentam melhor qualidade, mas menor tempo de vida pós-colheita. Logo, torna-se importante determinar o estádio ideal de maturação para a colheita e o acúmulo mínimo de carboidratos que o fruto deve ter no pomar para garantir a alta qualidade de consumo e aceitação pelos consumidores (THARANATHAN et al., 2006; PORNPRASIT et al., 2013; SANTOS NETO et al., 2017).

O processo de amadurecimento é caracterizado por mudanças nos frutos como a conversão do amido em açúcares, aumento no teor de sólidos solúveis, diminuição da acidez, diminuição na concentração de clorofila e aumento dos carotenoides, alterações de cor de casca e polpa, redução de firmeza de polpa, aumentando na suculência e compostos voláteis que caracterizam o aroma (NORDEY et al., 2016; LAWSON et al., 2019). Estudos sugerem que o acúmulo de amido nos frutos até a colheita pode ser estimado pelo teor de matéria seca, pois este carboidrato é um dos principais componentes da matéria seca dos frutos até o início do amadurecimento, quando sua hidrólise da origem aos açucares e sabor doce nos frutos. Desta forma, a matéria seca tem sido sugerida com um importante indicador de qualidade para a colheita de mangas. Em abacate, a matéria seca vem sendo utilizada pelos produtores como parâmetro para determinar a colheita comercial de frutos frescos. Outros estudos mostram que frutos com alto acúmulo de carboidratos até a colheita, altos teores de MS, também apresentam altas concentrações de açucares quando maduros, ou seja frutos tornam-se mais doces. Logo, o teor de MS pode ser utilizado como

um índice na colheita para estimar a qualidade de consumo dos frutos maduros (JORDAN et al., 2000; SARANWONG et al., 2004; NCAMA et al., 2018; SARKHOSH et al., 2018). Neste contexto, se os frutos forem colhidos antes do estádio ideal de maturação, com menor acúmulo de carboidratos, possivelmente não irão alcançar os atributos de qualidade exigidos pelo mercado consumidor (JORDAN et al., 2000; BRECHT et al., 2009; LAWSON et al., 2019; SUNG, et al., 2019).

A análise sensorial é descrita como o exame ou avaliação dos caracteres organolépticos de um produto, pelos órgãos e sentidos, é feita de um modo científico, buscando classificar os atributos de qualidade de um produto (NORONHA, 2003; TAIPINA et al., 2004; MARTIM et al., 2006). Esta análise tem sido decisiva para detectar as preferências, assim como os testes sensoriais fazem parte das medidas de controle de qualidade de produtos, sendo uma medida multidimensional, possibilitando determinar o nível de aceitação de um produto por parte dos consumidores (MARTIM et al., 2006).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a faixa ideal de MS para a colheita de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, com base na análise sensorial, visando a alta aceitação dos frutos pelos consumidores.

4.2.2 Material e Métodos

Frutos de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' foram colhidos em um pomar comercial na região do Submédio do Vale do São Francisco, no município de Belém do São Francisco, PE (8° 45′ 31″ S, 38° 57′ 45″ O). Foram utilizados 300 frutos de cada cultivar em duas épocas de cultivo nos meses de abril e outubro de 2019. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram a maturidade fisiológica seguindo o estádio de maturação utilizado comercialmente pelos produtores. Após a colheita, os frutos de cada cultivar foram separados em faixas distintas de matéria seca (Tabela 9), determinadas de forma não-destrutiva com o espectrômetro Vis-NIR portátil F-750 *Produce Quality Meter* (Felix Instruments, Estados Unidos).

Tabela 9. Diferentes faixas de matéria seca (MS) de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' avaliadas no momento da colheita dos frutos nos meses de abril e outubro de 2019.

	Faixas MS (%)	Palmer	Tommy Atkins
انسط	1	10 a 12	10 a 12
Abril	2	13 a 15	12 a 13
	3	16 a 18	14 a 15
	Faixas MS (%)	Palmer	Tommy Atkins
Outubro	1	12 a 13	11 a 12
	2	14 a 15	13 a 14
	3	16 a17	15 a 16

Estas faixas representam a amplitude dos teores de MS observados para cada cultivar em cada época de cultivo. Após a colheita, os frutos representando as três faixas de MS foram higienizados com água corrente, secos e armazenados em temperatura de 12°C (±1°C) por um período de 33 dias no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. No momento da colheita, uma amostra de frutos em cada faixa de matéria seca foi utilizada para análises físico-químicas. Os demais frutos foram armazenados a 12°C. No momento em que os frutos atingiram maturação de consumo (firmeza de polpa ≤ 15N), estes foram submetidos novamente a análises físico-químicas e análises sensoriais, conforme descrito abaixo.

As análises físico-químicas constituíram-se da determinação de firmeza de polpa (FP) com texturômetro, TA. XT/ Plus (Extralab, São Paulo, Brasil), com ponteira de 6 mm de diâmetro. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N), representando a força necessária para efetuar 10 mm de penetração da ponteira através da polpa dos frutos. Sólidos solúveis (SS) foram determinados com um refratômetro digital modelo Pal-1 (Atago, São Paulo, Brasil), onde foi feito a leitura com 1 mL do suco filtrado com algodão, sendo os resultados expressos em ^oBrix. Acidez titulável (AT) foi determinada pela titulação de uma solução, composta por 1g de suco diluída em 50 mL de água destilada, com uma solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, utilizando um titulador automático 848 Tritino Plus (Metrohm, São Paulo, Brasil), sendo os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. A relação SS/AT foi obtida pela divisão dos valores de SS pelos respectivos valores de AT. A cor de polpa (CP), assim como a cor da casca (CC) foram determinadas com um colorímetro CR-400 (Konica Minolta, USA), onde os valores foram expresso nas coordenadas L* (luminosidade), C (saturação de cor) e h° (tonalidade cromática, ângulo hue) de acordo com o sistema CIE L*a*b*, recomendado pela CIE (1976). Após a análise físico-química, os frutos foram submetidos ao teste de consumidores, conforme descrito abaixo.

Teste com consumidores

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Enologia na Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. Foram avaliadas três faixas de MS seca para cada cultivar e época de colheita (Tabela 9). As mangas foram cortadas de modo uniforme e colocadas em copos plásticos de fundo branco de 100mL, codificados com 3 dígitos, contendo 35 gramas de polpa em cada. Para cada avaliador foi apresentado um grupo com três amostras de forma balanceada referente as três faixas de matéria seca. As amostras foram submetidas ao teste de aceitação com 205 consumidores (100 mulheres e 105 homens), com idade entre 18 e 66 anos na primeira etapa, e na segunda por 140 consumidores (72 mulheres e 68 homens), com idade entre 18 e 67 anos, sendo recrutados aleatoriamente (TEIXEIRA, 2009). O projeto de análise sensorial foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa sob CAAE: 06323119.7.0000.5196.

A análise sensorial foi conduzida em cabines individuais, sob luz branca e temperatura de 22°C. Os consumidores receberam a ficha de avaliação, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos. Os consumidores avaliaram o quanto gostaram ou desgostaram de cada amostra, com relação a aparência, impressão global, sabor e textura, onde: 1- Desgostei extremamente, 2- Desgostei muito, 3- Desgostei moderadamente, 4- Desgostei ligeiramente, 5- Nem gostei, nem desgostei 6- Gostei Ligeiramente, 7- Gostei moderadamente, 8- Gostei muito, e 9- Gostei extremamente. Também foi aplicado um teste de aceitação com escala não-estruturada de 9 cm, ancoradas nos extremos com os termos de "pouco intenso" e "muito intenso" para avaliação da intensidade dos atributos de doçura, acidez, suculência e quantidade de fibras (FERREIRA et al., 2000; TORREZAN et al., 2004; MARTIM et al., 2006; MARQUES et al., 2019). Na mesma ocasião foi também avaliado a intenção de compra, caso encontrassem esses frutos à venda, aplicou-se teste de intenção de compra de acordo com MEILGAARD et al. (2006).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico SISVAR e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5%. Os resultados obtidos para a intenção de compra foram analisados e apresentados por meio de histogramas de frequência. Os resultados de aceitação foram utilizados para determinar a faixa ideal de MS que os frutos devem ter no momento da colheita para garantir a alta aceitação dos consumidores. Esta faixa de MS foi definida com base na frequência de

distribuição dos resultados provenientes da escala hedônica obtida para cada faixa de MS avaliada.

4.2.3 Resultados e Discussão

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram feitas logo após a colheita dos frutos e após do armazenamento refrigerado a 12°C, quando estes atingiram o estádio de maturação ideal para consumo.

Cultivar Palmer – qualidade físico-química

De acordo com os resultados obtidos no momento da colheita, frutos colhidos em abril de 2019 com diferentes teores de MS não apresentaram diferença significativa para os parâmetros de qualidade SS e AT (Tabela 10), resultados similares para a cultivar Keitt foram encontrados por Silva Neta (2019). Entretanto, para relação SS/AT e cor de polpa, os resultados diferem entre si. Nos parâmetros L*, C* e h*, as faixas de MS apresentaram diferença significativa mostrando que houve uma leve diferença na coloração da polpa de mangas colhidas com maiores teores de MS em abril de 2019 (Tabela 10).

Tabela 10. Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019.

Faixas MS (%)	C	Cor de Polpa ¹			AT (%)	SS/AT
	L	С	h			
10 a 12	80,8 b	41,6 a	104,0 b	6,2 a	1,0 a	6,0 a
13 a 15	81,9 b	33,4 b	107,7 a	5,9 a	1,1 a	5,6 b
16 a 18	83,8 a	34,9 b	106,8 a	5,8 a	1,1 a	5,1 b

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Quando as mangas colhidas em abril atingiram maturação de consumo, os teores de MS influenciaram a qualidade físico-química dos frutos (Tabela 11). Maiores teores de MS (16% a 18%) na colheita resultaram em maiores teores de SS nos frutos maduros (Tabela 11), sugerindo que estes estavam mais doces do que frutos colhidos com menores teores

de MS. A AT dos frutos maduros não diferiu entre as faixas de MS. A relação SS/AT foi maior em frutos colhidos com teores de MS igual ou maiores de 13%.

Para frutos colhidos em abril de 2019, o parâmetro de cor de polpa L* foi maior em frutos colhidos com MS entre 16% a 18%, comparados com frutos colhidos com teores de MS mais baixos (Tabela 11). Os parâmetros de cor da casca C e hº apresentaram maiores valores em frutos colhidos com teores de MS igual ou maiores que 13% (Tabela 11), sugerindo cores mais intensamente amarelas nos frutos.

Tabela 11. Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12°C até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS	Cor d	e Casca	1	Cor de Polpa			SS (%)	AT (%)	SS/AT
(%)	L	С	h	L	С	h			
10 a 12	43,1 b	25,4 b	69,7 b	73,8 a	63,5 a	88, 1 b	9,8 c	0,5 a	17,5 b
13 a 15	49,8 b	33,4 a	75,1 a	74,7 a	64,2 a	91,0 a	12,3 b	0,5 a	23,4 a
16 a 18	50,5 a	32,0 a	75,6 a	72,3 b	64,7 a	89,4 b	15,4 a	0,6 a	23,7 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na colheita de outubro, os parâmetros de cor de polpa L* C* e h⁰ apresentaram diferença significativa (p≥ 0,05) entre as faixas de MS. Para o L*, a faixa de MS 16% a 17% diferiu em relação as demais faixas, mostrando que houve uma leve alteração na luminosidade da polpa. Para o C*, as faixas 12% a 13%, 14% a 15% não diferem entre si. Para o ângulo h⁰ não houve diferença entre as maiores faixas (MS >14%). Nos parâmetros SS e SS/AT a faixa 16% a 17% diferem das demais (p≥0,05), mostrando que os frutos com maior doçura foram os com maior teor de MS, já a AT não apresentou diferença entre as faixas.

Tabela 12. Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019.

Faixas MS (%)	Faixas MS (%) Cor de Polpa ¹		SS (%)	AT (%)	SS/AT	
	L	С	h			
12 a 13	73,1 b	60,4 a	89,2 b	7,8 b	1,2 a	6,5 b
14 a 15	75,3 b	60,2 a	90,2 a	9,1 b	1,1 a	7,7 b
16 a 17	77,1 a	56,8 b	91,9 a	11,2 a	1,0 a	10,8 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 13. Análise físico-química de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

E : NO (0()	Cor	Cor de Casca ¹		Cor	Cor de Polpa			AT (%)	SS/AT
Faixas MS (%)	L	С	h	L	С	h			
12 a 13	41,0 a	26,0 a	67,9 b	72,3 a	61,0 b	88,5 a	11,0 b	0,42 b	31, 3 c
14 a 15	39,0 b	24,6 a	75,6 a	71, 7 ab	66,4 a	86,0 b	13,5 a	0,26 a	61, 6 b
16 a 17	41,0 a	21,9 b	73,3 a	69,6 b	66,1 a	85,3 b	15,0 a	0,29 a	110,7 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os frutos avaliados no segundo semestre do ano, após atingirem a maturação ideal para consumo e firmeza de polpa ≥15N, mostraram diferenças significativa para todos os atributos de qualidade (Tabela 13). No atributo cor de casca, apesar de existirem diferenças estatísticas significativas, observa-se que os valores ficaram bem próximos. Velho et al. (2011) informam que nem sempre é possível observar variações expressivas na cor da casca durante o amadurecimento dos frutos. Entretanto, Silva et al. (2013) mostram em seu trabalho com manga que as condições de armazenamento podem influenciar mudanças na cor dos frutos. Já para cor de polpa, percebe-se diferença significativa, sendo que os frutos com faixa de MS entre 12% a 13% apresentaram cor de polpa mais amarelada (maior °h). Os atributos de qualidade SS e SS/AT foram maiores em frutos colhidos com maiores teores de MS, assim como no primeiro semestre do ano (Tabela 13). Estes resultados sugerem que colheita de mangas 'Palmer' com maiores teores de MS resulta em frutos maduros com maiores teores de SS e relação SS/AT, sendo mais atrativos para os consumidores.

Cultivar Tommy Atkins – qualidade físico-química

Mangas 'Tommy Atkins' colhidas em abril de 2019 apresentaram diferença significativa para os parâmetros de cor de polpa avaliados (Tabela 14). O hº da polpa de frutos colhidos com faixa de MS entre 12% a 13% diferiu das demais faixas de MS, indicando que a polpa de frutos colhidos com 12% a 13% de MS ficou mais amarelada. A mudança de cor dos frutos com a diminuição da clorofila é considerada como um indicativo de amadurecimento, ocasionado por processos degradativos (CHITARRA & CHITARRA). Entretanto, os atributos de qualidade SS e AT não apresentaram diferença significativa visto que os frutos estavam na mesma maturação fisiológica, apenas diferentes teores de MS.

Tabela 14. Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019.

Faixas MS (%)		Cor de Polpa ¹			AT (%)	SS/AT
	L	С	h			
10 a 12	76,9 b	51,5 b	99,9 b	5,5 a	1,2 a	4,3 a
12 a 13	76,3 b	51,4 b	100,4 a	5,4 a	1,2 a	4,2 a
14 a 15	77,2 a	54,1 a	99,8 b	5,2 a	1,5 a	3,2 b

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os parâmetros de cor de casca e polpa de frutos prontos para o consumo, colhidos em abril de 2019 e utilizados na análise sensorial (Tabela 15), apresentaram diferença significativa para todos os atributos avaliados. Os frutos com maiores teores de MS diferem em relação aos frutos com menores teores de MS em relação a coloração da polpa, embora todos tenham sido colhidos na mesma maturação fisiológica. Os teores de SS foram maiores em frutos colhidos com teores de MS entre 14% e 15% (Tabela 15), sugerindo uma alta relação entre teores de MS na colheita e teores de SS e doçura dos frutos maduros (Tabela 15). A AT e relação SS/AT foram menores em frutos colhidos com os menores teores de MS entre 10 a 12% (Tabela 15).

Tabela 15. Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS (%) Cor de Casca			<u>a</u>	Cor de Polpa			SS (%)	AT (%)	SS/AT
	L	С	h	L	С	h			
10 a 12	54,7 a	38,2 a	67,8 b	67,5 b	57,2 b	86,1 b	11,0 b	0,9 b	11,4 b
12 a 13	44,8 b	23,4 b	81,4 a	77,0 a	64,3 a	93,2 a	11,7 b	1,2 a	13,0 a
14 a 15	43,7 b	24,8 b	64,5 b	76,2 a	62,3 a	90,6 a	12,3 a	1,1 a	13,5 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os frutos colhidos em outubro com MS entre 15% a 16% apresentaram um maior teor de SS, menor AT e maior relação SS/AT, comparados com frutos colhidos com teores de MS menores (Tabela 16). Durante o amadurecimento, o aumento do aroma e sabor é proporcionado pela síntese de açúcares e degradação de ácidos orgânicos, o que promove uma maior sensação de doçura dos frutos. Desta forma, maiores teores de carboidratos como açucares são desejáveis para melhorar a qualidade de consumo dos frutos.

A luminosidade (L) e ângulo hue (h) foram menores, enquanto que o croma (C) da polpa foi maior em frutos colhidos com maiores teores de matéria seca (Tabela 16).

Tabela 16. Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019.

Faixas MS (%)	Cor de	Cor de Polpa ¹			AT (%)	SS/AT
	L	С	h			
11 a 12	75,7 a	55,0 c	94,5 a	8,4 c	1,2 a	7,0 b
13 a 14	72,5 ab	61,9 b	89,7 b	10,1 b	1,0 a	10,0 b
15 a 16	70,7 b	64,2 a	87,4 b	12,7 a	0,6 b	19,7 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

As características de qualidade de mangas mudam de acordo com o processo de maturação e amadurecimento (NORDEY et al., 2014). Segundo Motta et al. (2015), durante o amadurecimento, a cor amarela e o SS aumentam, sendo que esse processo pode ser lento ou acentuado, variando de acordo com a cultivar e condições de armazenamento. Nas duas épocas de colheita, frutos colhidos com faixas de MS menores apresentaram os

menores teores de SS quando maduros e prontos para o consumo, comparados com frutos colhidos com maiores faixas de MS.

A relação SS/AT mostra um equilíbrio entre SS e AT, sendo que à medida que os frutos amadurecem essa relação aumenta. Os resultados obtidos mostram que os frutos com teor de MS de 13% a 14% tiveram uma menor relação SS/AT que os frutos com maior faixa de MS (Tabela 17). De acordo com os resultados, não houve diferença significativa para AT entre as faixas de MS (Tabela 17). Os SS foram maiores em frutos colhidos com teores de MS entre 15% e 16%, comparados com frutos colhidos com menores teores de MS (Tabela 17). A menor luminosidade da casca foi observada em frutos colhidos com 13% a 14% de MS. Os maiores valores de C e menores de h da casca foram observados em frutos colhidos com teores de MS igual ou maiores que 13%. O maior valor de L, menor de C e maior de h da polpa foram obtidos em frutos colhidos com teores de MS entre 11% a 12%.

Tabela 17. Análise físico-química de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS	S (%) C	or de Casca	1	Co	Cor de Polpa			AT (%)	SS/AT
	L	С	h	L	С	h			
11 a 12	51,9 a	39,9 b	64,0 a	76,3 a	59, 4 b	91,5 a	9,7 b	0,4 a	31,5 a
13 a 14	49,6 b	40,9 a	50,9 b	73, 7 b	64,6 ab	89,0 ab	11,7 ab	0,5 a	23,5 b
15 a 16	50, 4 a	40, 4 a	48,7 b	67, 2 b	66, 0 a	85,0 b	13,9 a	0,4 a	33, 9 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Avaliação da qualidade de consumo de mangas 'Palmer'

De acordo com os resultados obtidos, frutos colhidos com maiores teores de MS resultam em maior aceitação pelos consumidores (Tabela 18 e 19). A MS é o resultado do acúmulo de carboidratos e nutrientes no fruto ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento na planta. Após a colheita, carboidratos de reserva como o amido, por exemplo, são convertidos em açúcares solúveis definindo a doçura e aceitação pelos consumidores (GARCÍA-LUIS et al., 2002).

Tabela 18. Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Fair at MO (0()	Aceitação ¹							
Faixas MS (%)	Aparência	Impressão Global	Sabor	Textura				
10 a 12	6,9 b	6,5 b	5,6 b	6,4 b				
13 a 15	7,6 a	7,3 a	7,1 a	7,1 a				
16 a 18	7,5 a	7,5 a	7,5 a	7,4 a				
EPM ²	0,11	0,11	0,14	0,12				
Valor –P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). ²Erro Padrão da Média.

Tabela 19. Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

		Aceitação ¹						
Faixas MS (%)	Aparência	Impressão Global	Sabor	Textura				
12 a 13	6,6 b	6,1 b	5,2 b	6,2b				
14 a 15	7,4 a	7,2 a	7,1 a	7,2a				
16 a 17	7,8 a	7,7 a	7,7 a	7,6a				
EPM	0,109	0,125	0,162	0,166				
Valor -P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001				

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). ²Erro Padrão da Média.

De acordo com os resultados da análise sensorial, as diferentes faixas de MS apresentaram diferença significativa para os atributos aparência, impressão global, sabor e textura para mangas 'Palmer' colhidas em abril e outubro de 2019 (Tabelas 18 e 19), sendo que frutos colhidos com maiores faixas de MS tiveram uma melhor aceitação pelos consumidores (Figura 18).

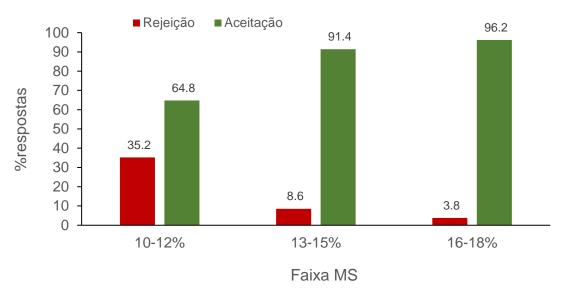


Figura 18. Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão global de mangas 'Palmer' colhidas no Vale do São Francisco em abril de 2019.

A impressão global dos consumidores para mangas 'Palmer' avaliadas em abril de 2019 mostra que frutos colhidos com faixas de MS entre 16% a 18% e 13% a 15% obtiveram impressão global com 96,2% e 91,4% de aceitação, respectivamente (Figura 18). Por outro lado, mangas colhidas com menor faixa de MS, entre 10% e 12%, obtiveram impressão global com apenas 64,8% de aceitação (Figura 18). Estes resultados mostram que quanto maior forem os teores de MS, melhor será a aceitação dos frutos pelos consumidores.

Para mangas 'Palmer' colhidas em outubro de 2019, os frutos com faixas de MS entre 16% e 17% e 12% e 13% obtiveram uma melhor impressão global, atingindo 77,1% e 76,4% de aceitação, respectivamente (Figura 19). Em contrapartida, os frutos com MS entre 14% a 15% apresentaram 59,3% de aceitação (Figura 19).

A quantidade de MS presente no fruto depende de fatores pré-colheita como condições climáticas, nutrição e irrigação das plantas, entre outros fatores. Desta forma, para que os frutos possam acumular MS é necessário um bom manejo do pomar, garantindo altas taxas fotossintéticas e aporte de carboidratos e nutrientes para os frutos. O teor de MS nos frutos é diretamente ligado aos teores de carboidratos como amido, polímeros de parede celular e açúcares, portanto, quanto maior o teor de MS, melhor será a qualidade do fruto para o consumo.

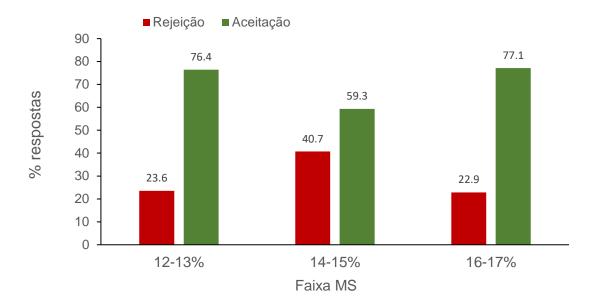


Figura 19. Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão global de mangas 'Palmer' colhidas no Vale do São Francisco em outubro de 2019.

Entre os atributos de qualidade sensorial avaliados em mangas 'Palmer' colhidas em abril, houve diferença significativa para doçura, suculência e fibra, onde maiores valores foram observados para frutos com maiores teores de MS (Tabela 20). As diferentes faixas de matéria seca não apresentaram diferenças significativa para acidez, conforme a análise de consumidores (Tabela 20).

Tabela 20. Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS (%)	Aceitação¹					
1 dixas WO (70)	Doçura	Acidez	Suculência	Fibra		
10 a 12	2,3 b	2,1a	4,4b	2,2b		
13 a 15	4,8 a	2,2a	4,7b	2,8b		
16 a 18	5,7a	2,6a	6,0a	3,1a		

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Entre os atributos de qualidade sensorial avaliados em mangas 'Palmer' colhidas em outubro, doçura e suculência foram maiores, e acidez foi menor em frutos colhidos com

maiores teores de MS (Tabela 21). Frutos colhidos com MS entre 16% a 17% apresentaram os maiores valores de doçura, conforme análise dos consumidores (Tabela 21).

Tabela 21. Análise de aceitação de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS (%)	Aceitação¹						
	Doçura	Acidez	Suculência	Fibra			
12 a 13	2,8 c	4,0 a	4,9 b	2,9 a			
14 a 15	4,5 b	3,2 b	5,6 a	2,6 a			
16 a 17	5,2 a	2,5 c	5,9 a	2,6 a			

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Segundo a análise de intenção de compra para mangas 'Palmer' colhidas em abril, frutos colhidos com teores de MS entre 10% e 12% resultam em apenas 7% dos consumidores informado que certamente comprariam, 22% informando que possivelmente comprariam, 25% informando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 31% responderam que possivelmente não comprariam, assim como 15% assumiram que certamente não comprariam frutos (Figura 20). Para frutos colhidos com teores de MS entre 13% a 15%, a intenção de compra revelou que 39% dos consumidores certamente comprariam, 34% possivelmente comprariam, 20% talvez comprassem ou não, 5% possivelmente não comprariam e 2% certamente não comprariam os frutos (Figura 20). Já para frutos colhidos com teores de MS entre 16% a 18%, a intenção de compra revelou que 55% dos consumidores certamente comprariam, 29% possivelmente comprariam e 13% talvez comprasse, talvez não comprasse, assim como 2 e 1% possivelmente não comprariam e certamente não comprariam, respectivamente os frutos (Figura 20).

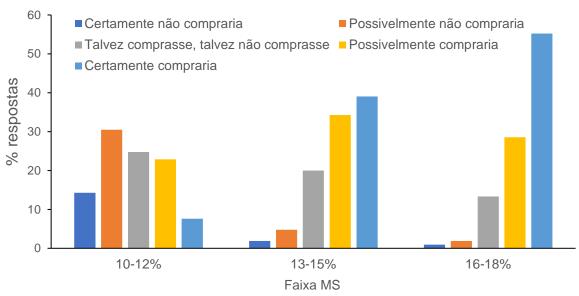


Figura 20. Intenção de compra de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca (MS).

Segundo a análise de intenção de compra para mangas 'Palmer' colhidas em outubro, frutos colhidos com teores de MS entre 11% e 12% resultam em 10% dos consumidores informado que certamente comprariam, 24% informando que possivelmente comprariam, 30% informando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 24% responderam que possivelmente não comprariam, e 12% assumiram que certamente não comprariam frutos (Figura 21). Frutos colhidos com teores de MS entre 13% e 14% resultam em 15% dos consumidores informando que certamente comprariam, 21% informando que possivelmente comprariam, 26% afirmando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 23% informando que possivelmente não comprariam e 15% dos consumidores informando que certamente não comprariam os frutos (Figura 21). Já frutos colhidos com teores de MS entre 15% e 16% resultam em 14% dos consumidores afirmando que certamente comprariam, 26% informando que possivelmente comprariam, 22% afirmando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 21% informando que possivelmente não comprariam e 17% informando que certamente não comprariam os frutos (Figura 21). Estes resultados mostram que quanto maior os teores de MS seca de mangas 'Palmer' na colheita, maior será o total de consumidores que comprariam os frutos. A intenção de compra para os frutos avaliados durante esse período do ano mostra que os consumidores possuem maior preferência para frutos com teor de MS acima de 14%, sendo frutos mais atrativos ao paladar, embora a preferência de consumo seja variável de acordo com cada indivíduo, alguns preferindo frutos mais doces, suculentos e maduros e outros preferindo frutos com maturação "de vez" e pouco doce.

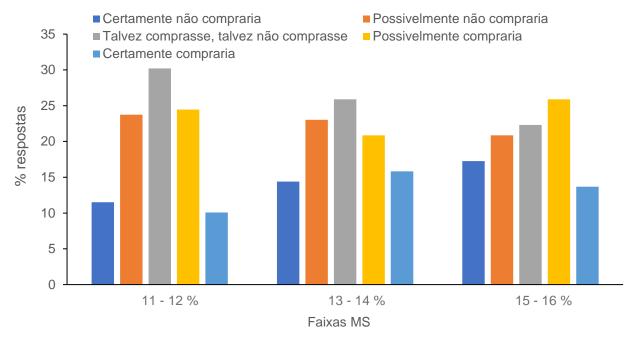


Figura 21. Intenção de compra de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca (MS).

Para os atributos doçura, acidez, suculência e fibra de mangas avaliadas em abril, frutos colhidos com teores de MS entre 16% e 18% apresentaram alta intensidade de doçura (5,7) e suculência (6,0), assim como baixa acidez (2,6) e teor de fibra (3,1). Frutos colhidos com teores de MS entre 13% e 15% apresentaram intensidade intermediária de doçura (4,8), assim como baixa acidez (2,2), suculência (4,7) e teor de fibras (3,1). Já frutos colhidos com teores de MS entre 10% e 12% apresentaram baixa doçura (2,3), acidez (2,2), suculência (4,7) e teor de fibra (2,2) (Figura 22).

Mangas 'Palmer' colhidas em outubro com maiores teores de MS (16% e 17%) apresentaram alta intensidade de doçura (5,2) e suculência (5,9), assim como baixa acidez (2,5) e fibras (2,6). Frutos colhidos com teores de MS entre 14% e 15% apresentaram alta suculência (5,9), assim como baixa doçura (4,5), acidez (3,2) e fibras (2,6) (Figura 23). Frutos colhidos com teores de MS entre 12% a 13% apresentaram baixas intensidades de doçura (2,8), acidez (4,0), suculência (4,9) e fibras (2,6) (Figura 23). Estes resultados obtidos com mangas 'Palmer' mostram que frutos com maiores teores de MS apresentaram maiores intensidades de doçura e suculência em relação aos demais, conforme a avaliação realizada pelos consumidores. As intensidades de acidez e fibras não sofreram grandes alterações em resposta aos diferentes teores de MS.

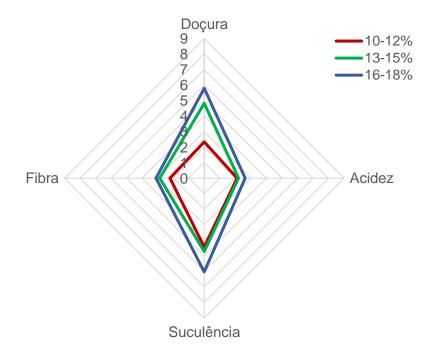


Figura 22. Perfil sensorial de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca (MS).

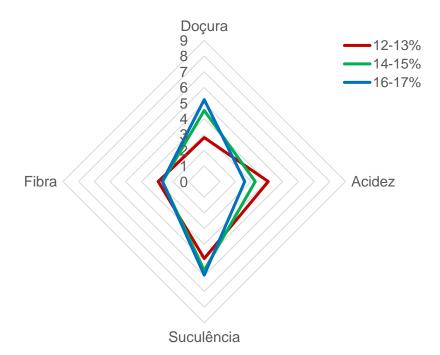


Figura 23. Perfil sensorial de mangas 'Palmer' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca (MS).

Avaliação da qualidade de consumo de mangas 'Tommy Atkins'

Os atributos de aparência, impressão global e sabor exibiram diferenças significativas entre as diferentes faixas de MS, enquanto o atributo de qualidade textura não diferiu entre as diferentes faixas de MS para frutos colhidos em abril de 2019 (Tabela 22). Os resultados mostram que frutos com os maiores teores de MS apresentaram os maiores valores de aceitação para aparência, impressão global e sabor, comparados com frutos com menores teores de MS (Tabela 22).

Tabela 22. Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12°C até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

	Aceitação¹				
Faixa MS (%)	Aparência	Impressão Global	Sabor	Textura	
10 a 12	6,8 b	6,6 b	6,0 b	6,4 a	
12 a 13	7,0 ab	6,8 b	6,3 b	6,7 a	
14 a 15	7,5 a	7,0 a	7,0 a	6,8 a	
EPM ²	0,159	0,150	0,125	0,155	
Valor -P	0,0242	0,1064	<0,0001	0,177	

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). ²Erro Padrão da Média.

A impressão global de mangas 'Tommy Atkins', obtida na avaliação feita no mês de abril de 2019, mostra que os frutos alcançaram valores de aceitação próximos em todas as faixas de MS (Figura 24). Frutos colhidos em ambas as faixas de matéria seca entre 10% a 12% e 14% a 15% alcançaram 75% de aceitação e 25% de rejeição pelos consumidores (Figura 24). Frutos colhidos com teores de MS entre 12% a 13% apresentaram 62% de aceitação e 38% de rejeição, conforme a avaliação dos consumidores (Figura 24).

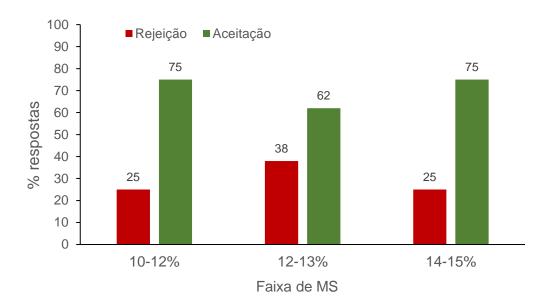


Figura 24. Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão global de mangas 'Tommy Atkins' colhidas no Vale do São Francisco em abril de 2019.

De acordo com os resultados obtidos, as intensidades para os atributos de doçura, acidez, suculência e fibras avaliados pelos consumidores em frutos colhidos em abril de 2019 foram maiores nos frutos colhidos com os maiores teores de MS (14% e 15%), quando comparados com frutos colhidos com menores teores de MS (Tabela 23).

Tabela 23. Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em abril de 2019 e armazenadas a 12°C até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faires MS (0/)		Aceit	tação¹	
Faixas MS (%)	Doçura	Acidez	Suculência	Fibra
10 a 12	3,0 b	2,6 b	4,0 b	3,8 b
12 a 13	3,3 b	2,8 b	4,0 b	3,9 b
14 a 15	4,4 a	3,2 a	5,1 a	4,0 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

De acordo com a análise de aceitação dos consumidores realizada em outubro de 2019, os resultados obtidos mostram que houve diferença estatística entre as faixas de MS para a impressão global, sabor e textura, sendo que frutos com maior teor de MS (14% a 15%) apresentaram maiores intensidades destes parâmetros (Tabela 24). O parâmetro de

qualidade aparência não diferiu estatisticamente entre as diferentes faixas de MS, conforme a avaliação dos consumidores (Tabela 24).

Tabela 24. Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faires MS (0/)		Aceitação ¹			
Faixas MS (%)	Aparência	Impressão Global	Sabor	Textura	
11 a 12	7,1 a	6,1 b	4,8 c	5,6 c	
13 a 14	7,2 a	6,6 b	5,6 b	6,2 b	
15 a 16	7,9 a	7,1 a	6,5 a	6,7 a	
² EPM	0,118	0,144	0,168	0,158	
Valor -P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%). ²Erro Padrão da Média.

A análise de aceitação dos consumidores realizada em outubro de 2019 mostra que frutos colhidos com teores de MS entre 15% e 16% apresentaram as maiores intensidades de doçura e suculência, comparados com frutos colhidos com menores teores de MS (Tabela 25). Frutos colhidos com teores de MS entre 11% e 12% exibiram a menor intensidade de acidez, sendo que não foi observada diferença estatística entre os teores MS para a intensidade de fibra (Tabela 25). Desta forma, mangas 'Tommy Atkins' colhidas em outubro com teores de MS entre 15% a 16% mostraram-se mais doces e suculentas, resultando em uma melhor impressão global, segundo a análise dos consumidores.

Tabela 25. Análise de aceitação de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, colhidas em diferentes faixas de matéria seca (MS) em outubro de 2019 e armazenadas a 12ºC até atingirem maturação de consumo com firmeza de polpa ≤15 N.

Faixas MS (%)		Aceitação ¹				
raixas IVIS (%)	Doçura	Acidez	Suculência	Fibra		
11 a 12	2,13 b	2,63 b	4,18 b	4,86 a		
13 a 14	2,62 b	3,96 a	4,42 b	4,19 a		
15 a 16	4,10 a	4,18 a	5,08 a	4,12 a		

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

A aceitação dos frutos pelos consumidores foi maior para mangas colhidas com os maiores teores de MS, entre 15% e 16%, as quais apresentaram 88,5% de aceitação e apenas 7,2% de rejeição (Figura 25). Mangas colhidas com menores teores de MS, entre 11% e 12% e 13% e 14%, apresentaram porcentagens de aceitação de 71,9% e 77,7%, assim como porcentagem de rejeição de 20,1% e 12,2%, respectivamente (Figura 25). Desta forma, de acordo com a avaliação dos consumidores, mangas de todas as faixas de MS apresentam bons índices de aceitação. Entretanto, mangas com teores de MS entre 15% e 16% são aceitas por uma maior porcentagem de consumidores.

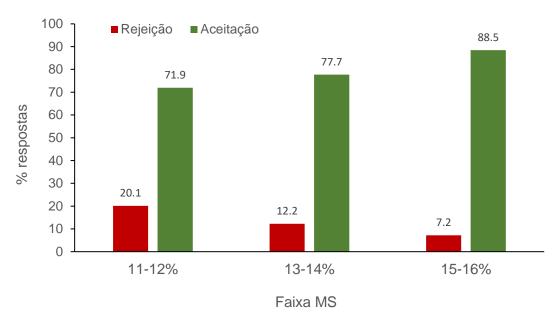


Figura 25. Porcentagem de notas de aceitação (≥ 5,4) e rejeição (≤5,4) para impressão global de mangas 'Tommy Atkins' colhidas no Vale do São Francisco em outubro de 2019.

Segundo a análise de intenção de compra para mangas 'Tommy Atkins' colhidas em abril, frutos colhidos com teores de MS entre 10% e 12% resultam em 16% dos consumidores informado que certamente comprariam, 32% informando que possivelmente comprariam, 32% informando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 15% responderam que possivelmente não comprariam, e 5% assumiram que certamente não comprariam os frutos (Figura 26). Frutos colhidos com teores de MS entre 13% e 13% resultam em 25% dos consumidores informando que certamente comprariam, 31% informando que possivelmente comprariam, 26% afirmando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 14% informando que possivelmente não comprariam e 4% dos consumidores informando que certamente não comprariam os frutos (Figura 26). Já mangas colhidas com teores de MS entre 14% a 15% resultaram em 30% dos

consumidores informando que certamente comprariam, 44% informando que possivelmente comprariam, 16% afirmando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 8% informando que possivelmente não comprariam e 2% dos consumidores informando que certamente não comprariam os frutos (Figura 26). Estes resultados mostram que mangas 'Tommy Atkins' colhidas em abril com teores de MS entre 14% e 15% resultam em uma maior porcentagem de consumidores que comprariam os frutos, comparado com frutos colhidos com menores teores de MS.

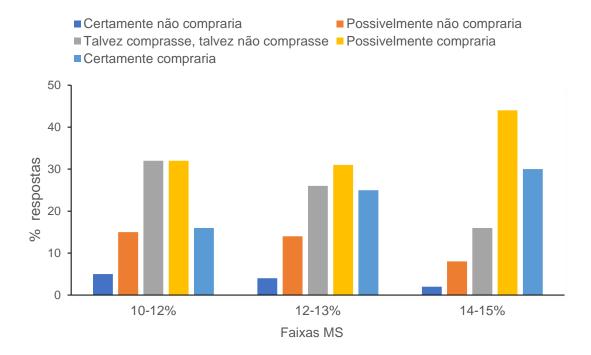


Figura 26. Intenção de compra de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca (MS).

Segundo a análise de intenção de compra para mangas 'Tommy Atkins' colhidas em outubro, frutos colhidos com teores de MS entre 11% e 12% resultam em 10% dos consumidores informando que certamente comprariam, 24% informando que possivelmente comprariam, 30% informando que talvez comprassem ou talvez não comprassem, 24% responderam que possivelmente não comprariam, assim como 12% assumiram que certamente não comprariam frutos (Figura 27). Para frutos colhidos com teores de MS entre 13% a 14%, a intenção de compra revelou que 16% dos consumidores certamente comprariam, 21% possivelmente comprariam, 26% talvez comprassem ou talvez não comprassem, 23% possivelmente não comprariam e 14% certamente não comprariam os frutos (Figura 27). Já para frutos colhidos com teores de MS entre 15% a 16%, a intenção de compra revelou que 14% dos consumidores certamente comprariam,

26% possivelmente comprariam e 22% talvez comprassem ou talvez não comprassem, assim como 21% e 17% possivelmente não comprariam e certamente não comprariam, respectivamente os frutos (Figura 27). Similar aos resultados obtidos para frutos colhidos em abril, mangas 'Tommy Atkins' colhidas com maiores teores de matéria seca, entre 15% e 16%, apresentam uma maior porcentagem de consumidores que comprariam os frutos, comparado com frutos colhidos com menores teores de MS.

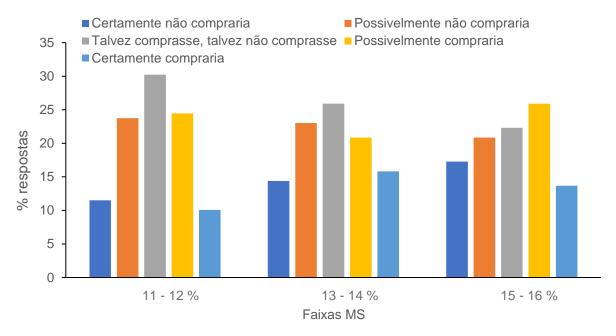


Figura 27. Intenção de compra de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca (MS).

De acordo com a análise do perfil sensorial de mangas 'Tommy Atkins' colhidas em abril, pode-se observar que frutos colhidos com os maiores teores de MS, entre 14% e 15%, apresentaram maiores intensidades de doçura (4,4) e suculência (5,1), quando comparados com frutos colhidos com menores teores de MS (Figura 28). Frutos colhidos com teores de MS entre 10% e 12% ou 12% a 13% apresentaram intensidades de doçura de 2,8 ou 3,3, respectivamente (Figura 28). As intensidades de acidez e teor de fibras foram similares entre as diferentes faixas de MS avaliadas (Figura 28).

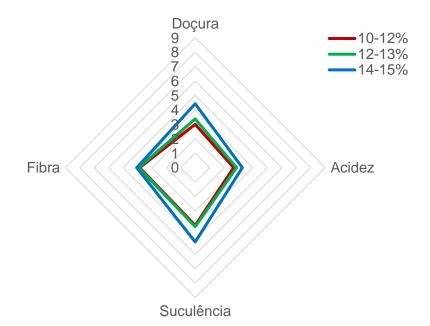


Figura 28. Perfil sensorial de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em abril com diferentes faixas de matéria seca (MS).

De acordo com a análise do perfil sensorial de mangas 'Tommy Atkins' colhidas em outubro, as faixas de MS de 13-14% e 15-16% não apresentaram diferença na intensidade de acidez dos frutos (4,1), sendo esta maior que a intensidade de acidez observada em frutos colhidos com teores de MS entre 11% e 12% (2,6) (Figura 29). A suculência de frutos colhidos com teores de MS entre 15% a 16% apresentou uma intensidade de 5,0, enquanto as demais faixas de MS apresentaram intensidade de suculência de 4,4 (Figura 29). A maior intensidade de doçura foi observada em frutos colhidos com os maiores teores de MS entre 15% e 16% (4,1), comparada a intensidade de doçura das demais faixas de MS de 13-14% (2,6) e 11-12% (2,1) (Figura 29). A maior intensidade de fibras foi observada em mangas colhidas com os menores teores de MS entre 11% e 12% (4,8), comparada com mangas colhidas com maiores teores de MS (4,1) (Tabela 29).

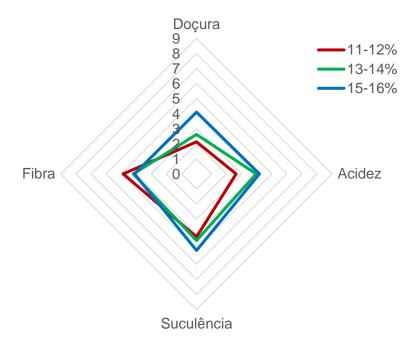


Figura 29. Perfil sensorial de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco e colhidas em outubro com diferentes faixas de matéria seca (MS).

Perfil dos consumidores

A análise sensorial realizada com mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' em abril de 2019 foi composta por 105 consumidores, dos quais 72% indicaram preferência por frutos in natura e 28% indicaram preferência por fruto processado (Figuras Suplementares 1 e 2). Em relação a preferência de maturação de consumo, 60% informaram que consomem manga madura e 40% informaram que consomem manga "de vez" (Figura Suplementar 3). A Figura Suplementar 4, mostra a frequência de consumo mensal de acordo com a análise sensorial feita em abril para mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins'.

A análise sensorial realizada com mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' em outubro de 2019 foi composta por 141 consumidores, dos quais 72% indicaram preferência por frutos *in natura* e 28% indicaram preferência por fruto processado (Figuras Suplementares 5 e 6). Em relação a preferência de maturação de consumo, 60% informaram que consomem manga madura e 40% informaram que consomem manga "de vez" (Figura Suplementar 7). A Figura Suplementar 8 mostra a frequência de consumo mensal de acordo com a análise sensorial feita em outubro para mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins'.

4.2.4 Considerações finais

O consumo de manga com baixos teores de MS ocorre pelo fato de muitas vezes ser a única opção disponível no mercado. Entretanto, mangas com baixos teores de MS não possuem boa qualidade de consumo, reduzindo a comercialização dos frutos a longo prazo. Por outro lado, mangas colhidas com altos teores de MS resultam em alta qualidade de consumo, satisfazendo os consumidores e estimulando a comercialização dos frutos nos diferentes mercados.

Estudos sugerem que mangas brasileiras possuem, em média, baixos teores de MS (NASSUR, 2013), os quais podem estar relacionados a colheita antecipada para aumentar o tempo de vida pós-colheita de frutos destinados a mercados distantes. Neste contexto, o presente estudo é fundamental para identificar os teores ideais de MS que os frutos devem ter na colheita, visando a alta aceitação dos consumidores. Após a identificação dos teores ideais de MS para a colheita, torna-se importante avaliar e identificar práticas de manejo das plantas no pomar que garantam o acúmulo necessário de MS nos frutos até a colheita. Além de novas práticas de manejo do pomar, torna-se necessário o uso de tecnologias póscolheita para manter a qualidade dos frutos durante o transporte e comercialização, possibilitando assim o atraso na colheita, o qual irá resultar em maior acúmulo de MS e qualidade de consumo dos frutos no mercado.

4.2.5 Conclusões

Quanto maiores os teores de MS de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' na colheita, melhores são os valores de impressão global, aparência e sabor, bem como maiores são as intensidades de doçura e suculência dos frutos.

Quanto maiores os teores de MS de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' na colheita, maiores são as porcentagens de consumidores que comprariam os frutos.

Mangas 'Palmer' colhidas em abril e outubro devem ter teores de MS igual ou superior a 16% para garantir boa aceitação e intenção de compra dos consumidores.

Mangas 'Tommy Atkins' colhidas em abril e outubro devem ter teores de MS igual ou superior a 14% para garantir a alta preferência e intenção de compra dos consumidores.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta** Santa Cruz. ISSN 1808-4931. 88 p.2019.

BRECHT, J. K.; YAHIA, E. M. The Mango, 2nd Edition: Botany, Production and Uses, **Postharvest physiology**. p. 484–528, 2009.

FERREIRA, J. C.; EDUARDO, M.; MOREIRA, R.; MATA, C.; ELITA, M.; BRAGA, D. Câmaras Frigoríficas Umbu Pulp Sensory Analysis of the Subjected To an Initial Frezing At Cryogenic Temperatures and Stored in Freezers. **Engenharia Agrícola**, n. 882, p. 7–17, 2000.

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

GARCÍA-LUIS, A.; OLIVEIRA, M. E. M.; BORDÓN, Y.; SIQUEIRA, D. L.; TOMINAGA, S.; GUARDIOLA, J. L. Dry Matter Accumulation in citrus fruit is not limited by transport capacity of the pedicel. **Annals of Botany** 90(6). p. 755-764. 2002.

JORDAN, R. B.; WALTON, E. F.; KLAGES, K. U.; SEELYE, R. J. Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. v. 20, p. 163–173, 2000.

LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; CHIN, C. F. Characterization of Southeast Asia mangoes (Mangifera indica L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae** v. 243, p.189–196, 2019.

MEILGAARD, M. R.; CIVILLIE, G. V.; CARR, B. T. Sensory evalution techniques. 2ed. Boca Raton: CRC Press. 281p. 199.

MARTIM, N. S. P. P.; WASZCZYNSKYJ, N. MASSON, M. L. ANÁLISE SENSORIAL DE MANGA (*MANGIFERA INDICA* L). REPV - **Revista Eletrônica Polidisciplinar Voos** - ISSN 1808-9305, n2, p. 13-20, 2006.

MIGUEL, L. C.O.; LIMA, R. K. B. SANTOS, E. C.; FERREIRA, L. L.; OLIVEIRA, N. P. S.; SILVA, V. L. F.; SILVA, T. T. F. Qualidade química e físico-química de mangas após armazenada sobre refrigeração. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.3, p.01-07, 2015

NASSUR, R. C. M. R. Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento. Universidade Federal de Lavras. **Tese de doutorado**, 86p. 2013.

NASSUR, R. C. M. R.; GONZÁLEZ-MOSCOSO, S.; CRISOSTO, G. M.; LIMA, L. C.; BOAS, E. V. B. V.; CRISOSTO, C. H. Describing quality and sensory atributes of 3 mango (*Mangifera indica* L.) cultivars at 3 ripening stages based on firmness. Journal of Food Science, v.80, p. 2055-2063, 2015.

NCAMA, K.; MAGWAZA, L. S.; POBLETE-ECHEVERRÍA, C. A.; NIEUWOUDT, H. H.; TESFAY, S. Z.; MDITSHWA, A. On-tree indexing of 'Hass' avocado fruit by non-destructive

assessment of pulp dry matter and oil content'. Biosystems Engineering, v. 174, p. 41–49, 2018.

NORONHA, J. F. Análise Sensorial – Metodologia. Material de apoio às aulas de Análise Sensorial. Escola Superior Agrária de Coimbra, 2003.

NORDEY. T.; LÉCHAUDEL, M.; GÉNARD, M.; JOAS, J. Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. **Journal of Plant Physiology** v.196, p. 70–78, 2016.

PORNPRASIT, R.; NATWICHAI, J. Prediction of mango fruit quality from NIR spectroscopy using an ensemble classification. **International Journal of Computer Applications** *v.* 83, n. 14, p. 0975 – 8887, 2013.

SANTOS NETO, J. P. DOS; ASSIS, M. W. D. DE; CASAGRANDE, I. P.; CUNHA JÚNIOR, L. C.; ALMEIDA TEIXEIRA, G. H. DE. Determination of 'Palmer' mango maturity indices using portable near infrared (VIS-NIR) spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, v. 130. December 2016, p. 75–80, 2017.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p.137–145, 2004.

SARKHOSH, A.; McCONCHIE, C.; KHADIVI, A. The effects of different tip-pruning times on flowering, yield, and maturity of two mango cultivars in subtropical climate of Northern Territory (Katherine region) from Australia. **Scientia Horticulturae** v. 234, p.140–145, 2018.

SUNG, J.; SHU, J. H.; CHAMBERS, A. L.; CRANE, J.; WANG, Y. Relationship Between Sensory Attributes and Chemical Composition of Different mango Cultivars. J. Agric. Food Chem. v. 67, p. 5177–5188, 2019.

THARANATHAN, R.R; YASHODA. H.M; PRABHA. T.N. Mango (Mangifera indica L.), "The King of Fruits"—An Overview. **Food Reviews International**, v. 22:2, p. 95-123, 2007.

TAIPINA, M. S.; COHEN, V. H.; DEL MASTRO, N. L.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M. Aceitabilidade sensorial de suco de manga adicionado de polpa de banana (*Musa* sp) verde. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.63, ed. (1), p.49-55, 2004

TORREZAN, R.; CECCATO, C. M.; BARRETTO, A. C. D. S.; SILVA, V. S. DA; CARATIN, C.; PEREIRA, C. G.; MARTINEZ, J.; KUSHIDA, M. M.; PINTO NETO, M.; IAMANAKA, B.; CARDELLO, H. M. A. B. Avaliação Do Perfil Sensorial De Alimento Com Soja Sabor Laranja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 199–216, 2004.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN; J. F. Storage of 'Palmer' mangoes in low- oxygen atmospheres. Cirad/EDP **Sciences, Fruits**, vol. 66, p. 279–289, 2011.

VILLANUEVA, N. D. M; DA SILVA, M, A. A. P. Comparative performance of the nine-point hedonic, hybrid and self-adjusting scales in the generation of internal preference maps. **Food Quality and Preference**, v. 20, p.1-12, 2009.

Material Suplementar

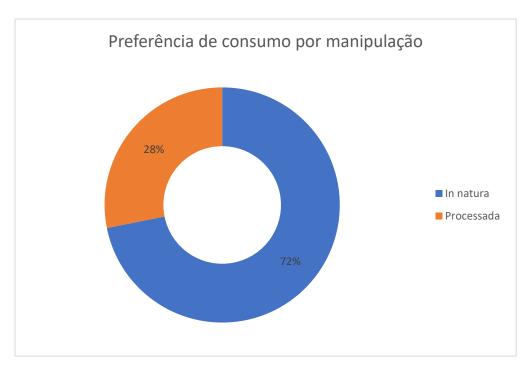


Figura Suplementar 1. Preferência de consumo por manipulação de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em abril de 2019.

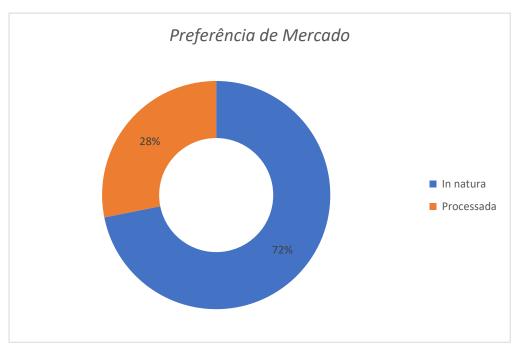


Figura Suplementar 2. Preferência de mercado para mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em abril de 2019.



Figura Suplementar 3. Preferência de mercado quanto à maturação de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em abril de 2019.

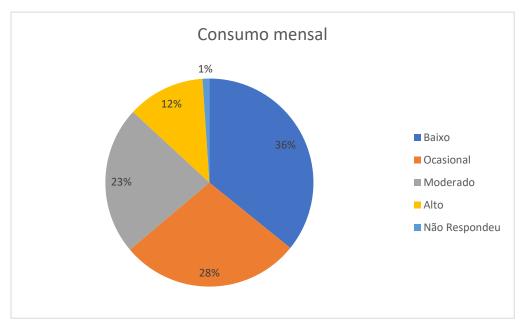


Figura Suplementar 4. Consumo mensal de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' baseado na análise sensorial feita em abril de 2019.

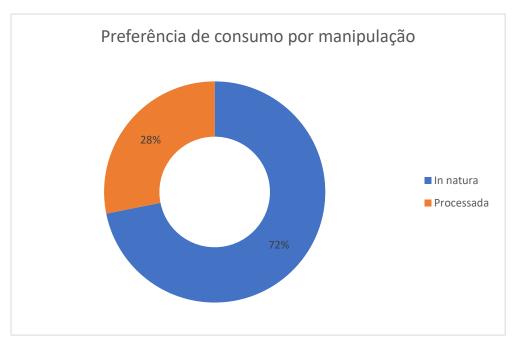


Figura Suplementar 5. Preferência de consumo por manipulação de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em outubro de 2019.

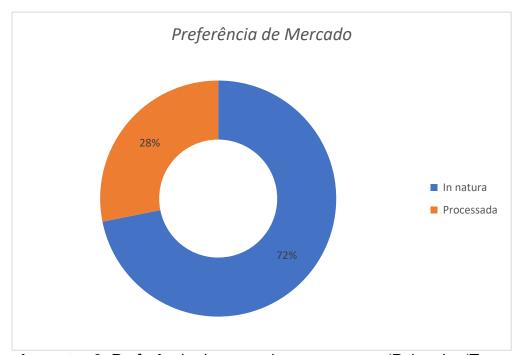


Figura Suplementar 6. Preferência de mercado para mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em outubro de 2019.



Figura Suplementar 7. Preferência de mercado quanto à maturação de mangas 'Palmer e 'Tommy Atkins', baseado na análise sensorial feita em outubro de 2019.

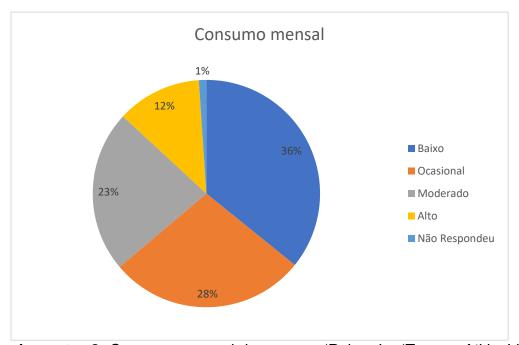


Figura Suplementar 8. Consumo mensal de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' baseado na análise sensorial feita em outubro de 2019.

Anexos- Fichas da análise sensorial

N	ímero do provador:
N	ome: Data:
	xo: () F () M Idade: Grau de escolaridade:
Te	lefone: ()Ocupação:
C	omo você costuma consumir manga? () In natura () Processada (ex.: suco, polpa, sorvete
et	2.)
Co	omo você prefere consumir manga? () De vez (verde/não totalmente madura) () Madura
Co	om que frequência você costuma consumir manga?
() Consumo muito – Mais de 10 vezes no mês
() Consumo moderadamente – Até 10 vezes no mês
() Consumo ocasionalmente – Até 5 vezes no mês
() Consumo pouco – Menos 5 vezes no mês

٨	m	AC1	tra		21	n
4	111		ГИ	•	7.	•

1. Você está recebendo amostras de manga. Observe, cheire e prove as amostras e, em seguida, utilizando a escala abaixo atribua uma nota indicando o quanto você gostou ou desgostou de sua aparência primeiramente, depois avalie a impressão global do produto (que engloba sua aparência, aroma, sabor e textura), o sabor e a textura.

Aparência Impressão global Sabor Textura	NOTA		9- Gostei extremamente 8- Gostei Muito 7- Gostei moderadamente 6- Gostei Ligeiramente 5- Nem gostei nem desgostei 4- Desgostei ligeiramente 3-Desgostei moderadamente 2- Desgostei muito 1-Desgostei extremamente
	a amostra de manga e marc ulência e quantidade de fibra		intensidade abaixo o quão intenso você achou a sua
DOÇURA			
Pouco intensa		Muito intensa	
ACIDEZ			
		1	
Pouco intensa		Muito intensa	
SUCULÊNC	<u>IA</u>		A suculência corresponde à percepção da
I		1	quantidade de líquido (suco) liberado durante a
Pouco intensa		Muito intensa	mastigação da amostra.
OUANTIDAI	DE DE FIBRAS		[
	<u> </u>	1	As fibras proporcionam a sensação da presença
			de "fiapos" durante a mastigação da amostra.
Pouco intensa		Muito intensa	
_	"x" utilizando a escala abaix tivasse à venda no supermer	-	a no qual você estaria disposto a comprar esse
() certamente co	ompraria		
() possivelmente	compraria		
() talvez compra	sse, talvez não comprasse		
() possivelmente	não compraria		
() certamente não	o compraria		

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu,	, portador do
documento de identidade nº	, declaro que consinto, de forma livre e esclarecida, a
participar do estudo: "Avaliação e recomendaçã	o de espectrômetros NIR portáteis para o monitoramento
•	ão ideal para a colheita de mangas produzidas no Vale do
•	ção do phD. Sérgio Tonetto de Freitas. Declaro que li as
informações contidas nesse documento, fui de	evidamente informado (a) dos procedimentos que serão
utilizados, riscos, benefícios, custo/reembolso	dos participantes, compensações, confidencialidade da
pesquisa, concordando ainda em participar da pe	squisa. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento
a qualquer momento, sem qualquer penalidad	e ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/
tratamento. Declaro ainda que recebi uma có	pia desse Termo de Consentimento. Poderei consultar o
pesquisador responsável sempre que entender	necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o
projeto de pesquisa e minha participação no r	mesmo. Os resultados obtidos durante este estudo serão
mantidos em sigilo, mas concordo que sejam div	rulgados em publicações científicas, desde que meus dados
<u> </u>	ra responsável garante que cumprirá a todas as exigências
éticas exigidas para pesquisas envolvendo seres	
Local e data:	
Nome e Assinatura do (a) participante:	
Nome e Assinatura do pesquisador responsável:	
·	
Presenciamos a solicitação de consentimento,	esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em
participar:	
Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisad	ores):
Nome:	
Assinatura:	
Nome:	
Accinatura:	