



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

Maria Aparecida Rodrigues Ferreira

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GENÓTIPOS DE ACEROLA
POR MEIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E ESPECTROSCOPIA
VIS-NIR**

Petrolina- PE

2021

MARIA APARECIDA RODRIGUES FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GENÓTIPOS DE ACEROLA
POR MEIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E ESPECTROSCOPIA
VIS-NIR**

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: Dr. Sérgio Tonetto de Freitas
Co-orientador: Dr. Flávio de França Souza

Petrolina- PE

2021

F383c Ferreira, Maria Aparecida Rodrigues

Caracterização da qualidade de genótipos de acerola por meio de análises físico-químicas e espectroscopia VIS-NIR / Maria Aparecida Rodrigues Ferreira. – Petrolina, 2021.

72f.: il. ; 29 cm.

Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2021.

Orientador: Prof.º Dr.º Sérgio Tonetto de Freitas.

Inclui referências.

1. Acerola. 2. Genótipos de acerola - análises. 3. Melhoramento genético - acerola. 4. Genética vegetal. I. Título. II. Freitas, Sérgio Tonetto de. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.973214

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**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Maria Aparecida Rodrigues Ferreira

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GENÓTIPOS DE ACEROLA POR MEIO
DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E ESPECTROSCOPIA VIS-NIR**

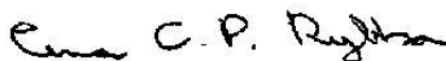
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Aprovada em: 30 de Março de 2021

Banca Examinadora



Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, Embrapa Sermiárido, Orientador



Dr^a. Ana Cecilia Poloni Rybka, Embrapa Semiárido, Membro externo



Dr^a. Aline Telles Biasoto Marques, Embrapa Sermiárido, Membro externo

Dedico a Deus. Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois,
a ele eternamente. Amém.

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Criador de todas as coisas. Obrigada “Aba” pelo seu amor imensurável, sem ti jamais teria forças para continuar minha jornada acadêmica.

À minha mãe Maria de Lourdes (*in memoriam*), quem foi um exemplo de mulher dedicada e amorosa, para sempre irei te amar.

Aos meus tios. Especialmente à Olímpia Ferreira e Afonso Franco, exemplos de caráter e dignidade, que sempre estão torcendo e se alegrando comigo. Amo vocês infinitamente.

À minha irmã Cícera Rodrigues, por se alegrar com as minhas conquistas e ao meu irmão Leandro Rodrigues, pelo apoio nesse percurso e por serem presentes em minha vida.

Ao meu namorado Leonardo Souza. Companheiro, fiel e paciente. Obrigada por estar sempre presente em todos os momentos. Você é minha calma, meu lugar de paz. Amo você.

Ao Pastor Miguel de Melo e sua esposa Vaneide de Melo. Obrigada pelos momentos de conversas e orações.

Às amigas da igreja Batista Missionária, Dalila Santa, Rebeca Santana, Berenice Santana, Elisangela Mendes, Bruna Hoffmann, Elis Magalhaes, Amanda Oliveira, Greyciane Araújo, Cintia Vieira, Adriana Campos, Lina Silva. Suas orações e companheirismo foram essenciais para eu chegar até aqui. Meu muito obrigada.

Às minhas amigas, Mônica Alencar, Karina Pereira, Aline Mariza, Elaine Grasielle, Raylla Nascimento, Hilda Silva, e Vitória Maryana. Obrigada por fazerem parte da minha história e por estarem presentes, aconselhando e torcendo por mim.

Ao Vagner Pereira, Ianca Ferreira, Taise passos, Thais Barbosa, e Nadiane Moura. A amizade de vocês é um presente que Embrapa Semiárido proporcionou. Obrigada por todos os momentos felizes.

Ao meu amigo João Vilvert, por ajudar-me durante toda a pesquisa. Obrigada também por todos os momentos de descontrações e desabafos.

À Barbara Soares, por ajuda-me durante a pesquisa com dedicação, companheirismo e amizade.

Ao pessoal do laboratório de Fisiologia e Tecnologia em Pós-colheita, João, Luana, Cristina, Barbara, Alberto, Mateus Jordânia, Welsley, Liziane, Eleonora, Tiffany, Ana

Gessica, Hortência, Wilyane, Joveniano e Danielly por todos os momentos compartilhados.

Ao meu orientador, Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, exemplo de paciência e compreensão. Agradeço também pelos conselhos profissionais e pessoais.

Ao Dr. Emanuel Marques, por dispor do seu tempo para ajudar-me com a parte de quimiometria deste trabalho.

Aos colegas do curso de Pós-graduação, pelo companheirismo e amizade, à Liziane, Andressa, Maria Muritiba, Simone, Fernanda, Paulo, Franciele, Tamala, Alberto e Tomás.

À Embrapa Semiárido, onde realizei minha pesquisa. Ao Dr. Flávio França Souza, responsável pelo Branco Ativo de Germoplasma de Acerola da Embrapa Semiárido, e Sr. Gilvan Alencar Lopes, pela colaboração nas atividades de Campo.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco pela oportunidade de realização do curso de Pós- Graduação.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma espécie frutífera de grande importância no Vale do São Francisco. O programa de melhoramento genético de acerola da Embrapa Semiárido tem uma grande diversidade genética, tendo aproximadamente noventa e oito genótipos diferentes desta espécie, os quais são conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG). Logo, esta diversidade genética pode ser explorada para a seleção de genótipos com características atrativas ao consumidor. Diante disso objetivou-se avaliar a qualidade físico-química de acerolas do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido para a seleção de genótipos destinado ao consumo *in natura*. Outro objetivo deste trabalho foi desenvolver modelos de calibração para rápida avaliação da qualidade de acerola por espectroscopia Vis-NIR. No primeiro trabalho de pesquisa, frutos de trinta e cinco genótipos foram colhidos em dois ciclos de produção, nos estádios de maturação 1 (frutos pequenos com coloração verde), maturação 2 (frutos grandes com coloração verde), maturação 3 (frutos com mudanças iniciais de coloração de verde para vermelho) e maturação 4 (frutos com coloração totalmente vermelha). Após a colheita, os frutos foram avaliados quanto à cor da casca, diâmetro, massa, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e ácido ascórbico. Aplicou-se um índice de seleção multivariado para pontuar e classificar os genótipos para consumo *in natura*, baseando-se na qualidade físico-química dos frutos maduros. De acordo com os resultados, todos os atributos físico-químicos apresentaram alta variabilidade entre os genótipos. O índice de seleção multivariado foi uma poderosa ferramenta para identificar os genótipos com potencial para consumo *in natura*, uma vez que permitiu selecionar genótipos com múltiplas características desejadas. O índice de seleção multivariado identificou os genótipos PROG 052, BRS Rubra, BRS Cabocla, Costa Rica e PROG 069 como promissores para o consumo *in natura*, devido à presença de múltiplas características desejadas, como maiores valores de diâmetro, massa, firmeza de polpa, SS e relação SS/AT, bem como baixa acidez. No segundo trabalho de pesquisa, foram utilizados trinta e seis genótipos, os quais foram colhidos em dois ciclos de produção, entre 2019 e 2020. A maturação dos frutos foi a mesma do primeiro estudo e as amostras utilizadas na calibração e validação foram representadas por 10 frutos de cada genótipo em cada estágio de maturação, sendo extraído o suco para a leitura em um espectrômetro F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos) que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm (Vis-NIR). Após a coleta dos dados espectrais, as amostras de suco foram submetidas as análises de referência para os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico. Dados espectrais e de referência foram então utilizados para obter modelos de calibração multivariada. De acordo com os resultados obtidos, modelos de calibração desenvolvidos para determinar parâmetros de qualidade nos trinta e seis genótipos possuem baixa performance e precisão. Entretanto, modelos de calibração desenvolvidos para grupos de genótipos com características espectrais similares resultam em maior precisão na determinação dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico no suco de acerolas. Modelos com maior precisão podem ser obtidos com a inclusão de mais genótipos e amostras de frutos em cada grupo de calibração.

Palavras chaves: *Malpighia emarginata*; consumidor; Ácido ascórbico; espectroscopia.

ABSTRACT

Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) is a fruit species of great importance in the São Francisco Valley. Embrapa Semiárido's acerola genetic breeding program has a great genetic diversity, having approximately ninety-eight different genotypes, which are maintained in the Active Germplasm Bank (AGB). The high acerola genetic diversity can be explored for the selection of genotypes with higher quality traits for the fresh market. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physicochemical and bioactive quality attributes of acerola genotypes in the AGB for the selection of genotypes intended for fresh consumption. The other objective of this study was to develop calibration models for assessing quality traits of acerola genotypes by Vis-NIR spectroscopy. In the first study, thirty-five acerola genotypes were harvested in two production cycles, at the maturity stage 1 (small fruit with green color), maturity 2 (large fruit with green color), maturity 3 (fruit with initial color changes from green to red) and maturity 4 (red-ripe fruit). After harvest, the fruit were evaluated for skin color, diameter, mass, flesh firmness, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), SS/TA ratio and ascorbic acid content. A multivariate selection index was applied to score and rank the genotypes for fresh consumption, based on the physicochemical quality of red-ripe fruit. According to the results, all physicochemical attributes had high variability among genotypes. The multivariate selection index was a powerful tool to identify the genotypes with high potential for fresh consumption, since it allowed selecting genotypes with multiple desired traits. Based on the selection index, the best genotypes for fresh consumption were PROG 052, BRS Rubra, BRS Cabocla, Costa Rica and PROG 069, which showed fruit with higher size, flesh firmness, SS and SS/AT ratio, as well as low acidity. In the second study, thirty-six genotypes were harvested as described in the first study. In each genotype, 10 fruit at each maturity stage were used for juice extraction. The juice samples were then used to collect the Vis-NIR spectra with the spectrometer F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, United States) that allows recording the spectral data in the range from 400 to 1100 nm. After collecting the spectral data, the juice samples were subjected to reference analyzes for soluble solids, titratable acidity and ascorbic acid content. The spectral and reference data were then used to develop multivariate calibration models. According to the results, calibration models developed to determine quality traits in the thirty-six genotypes have low performance and accuracy. However, calibration models developed for genotype groups with similar spectral profiles result in higher accuracy in determining soluble solids, titratable acidity and ascorbic acid content in acerola juice. More accurate models can be achieved by including more genotypes and number of fruit samples in each calibration group.

Keywords: *Malpighia emarginata*; consumer; Ascorbic acid; spectroscopy.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figuras 1. Diagrama com as etapas básicas para a calibração e validação de modelos matemáticos para a caracterização química de amostras utilizando a espectroscopia.....19

Capítulo 2

Figura 1. Frutos de acerola no estágio de maturação 1, 2, 3 e 4, produzidos no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....40

Figura 2. Análise de componentes principais (PC1 vs, PC2) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2019 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE Brasil.....40

Figura 3. Análise de componentes principais para (PC1 vs, PC2) 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2019 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....40

Figura 4. Análise de componentes principais(PC1 vs, PC2) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2020 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....41

Figura 5. Análise de componentes principais(PC1 vs, PC3) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2020 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....41

Capítulo 3

Figura 1. Espectrômetro Félix F-750 Produce Quality Meter.....55

Figura 2. Perfil espectral de diferentes genótipos de acerola agrupados por similaridade em sete grupos de acordo com a análise de componentes principais. Dados espectrais coletados com o espectrômetro F-750 e pre-processados com segunda derivada na faixa espectral de 750nm a 1020 nm.....58

Figura 3. Análise de componentes principais de trinta e seis genótipos de acerola, agrupados em sete grupos por similaridade espectral na faixa de 750 a 1020 nm. PC1 e PC2 representam 96% e 3% da variação total dos dados, respectivamente.....59

Figura 4. Valores de sólidos solúveis (SS) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação

externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).....61

Figura 5. Valores de acidez titulável (AT) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).....63

Figura 6. Valores de ácidos ascórbico (AA) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).....65

Figura 7. Valores de SS, AT e AA obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos separados por maturação. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).....67

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Coeficientes de ponderação (K) adotados para os atributos físico-químicos de acerolas usados para a seleção dos genótipos mais promissores para consumo *in natura*.....34

Tabela 2. Valores médio, mínimo e máximo dos atributos físico-químicos de frutos de 35 genótipos do BAG de acerola da Embrapa Semiárido produzidos em dois ciclos de produção, em 2019 e 2020.....35

Tabela 3. Atributos físico-químicos de diâmetro, firmeza do fruto (FF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos e classificação de 35 genótipos de acerolas com base no índice de seleção multivariada usado para identificar os genótipos mais promissores para o consumo *in natura*. Todos os genótipos foram produzidos no ciclo produtivo de 2019, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....36

Tabela 4. Atributos físico-químicos de diâmetro, firmeza da polpa (FF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos e classificação de 35 genótipos de acerolas com base no índice de seleção multivariada usado para identificar os genótipos mais promissores para o consumo *in natura*. Todos os genótipos foram produzidos no ciclo produtivo de 2020, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.....38

Capítulo 3

Tabela 1. Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência de genótipos de acerola do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido.....60

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS. Para a determinação de Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Ácido ascórbico (AA) utilizando o espectrômetro portátil F-750. Modelos desenvolvidos para todos ou grupos de genótipos.....66

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS. Para a determinação de Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Ácido ascórbico (AA) utilizando o espectrômetro portátil F-750. Modelos desenvolvidos para todos os genótipos ou para maturações.....67

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros de qualidade (usados para calcular os valores de RMSECVr%).....68

ABREVIATURAS E SIGLAS

AT - Acidez Titulável

SS- sólidos Solúveis

AA- Ácido ascórbico

FF- Firmeza do fruto

NIR - Infravermelho Próximo (Near Infrared)

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)

RMSECVr - 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)

VL - Variável Latente

PCA- Análises de componentes principais

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA.....	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Origem e importância econômica.....	11
2.2 Morfologia	13
2.3 Indicadores do ponto de colheita	13
2.4 Variabilidade genética	14
2.5 Desenvolvimento e maturação.....	15
2.6 Acerola para consumo <i>in natura</i> e indústria e seus atributos de qualidade	16
2.7 Espectrometria de infravermelho próximo - Espectrometria NIR	17
2.8 Quimiometria	18
3 REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2: ÍNDICE DE SELEÇÃO MULTIVARIADO DE GENÓTIPOS DE ACEROLA PARA CONSUMO <i>IN NATURA</i> BASEADO NOS ATRIBUTOS FÍSICO- QUÍMICOS DOS FRUTOS	27
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Genótipos de acerola e condições ambientais.....	28
2.2 Análises físico-químicas	29
2.3 Análise estatística	30
3 RESULTADOS.....	31
3.1 Qualidade físico-química da acerola	31
3.1.1 Diâmetro e massa	31
3.1.2 Firmeza de polpa.....	31
3.1.3 SS, AT e relação SS/AT	32
3.1.4 Mudanças no teor de ácido ascórbico	32
3.1.5 Desenvolvimento da coloração.....	32
3.2 Índice de seleção	33
4 DISCUSSÃO	42
5 CONCLUSÕES	46
6 REFERÊNCIAS.....	47

CAPÍTULO 3: CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESPECTRÔMETRO VIS-NIR PORTÁTIL PARA A DETERMINAÇÃO RÁPIDA DA QUALIDADE DE GENÓTIPOS DE ACEROLA PRODUZIDOS NO VALE DO SÃO FRANCISCO	51
1 INTRODUÇÃO	52
2 MATERIAIS E MÉTODOS	53
2. 1 Genótipos de acerola e condições de cultivo	53
2.2 Análises de referência	54
2.2.1 Sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT).....	54
2.2.2 Ácido ascórbico (AA)	55
2.3 Instrumentação e aquisição espectral	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 Análise dos espectros de genótipos de acerola	56
3.2 Análises de referência	59
3.3. Modelos de calibração desenvolvidos para todos os genótipos ou para grupos de genótipos com características espectrais semelhantes	60
3.3.1 Modelos de calibração para teores de sólidos solúveis	60
3.3.2 Modelos de calibração para acidez titulável	62
3.3.3 Modelos de calibração para teores de ácido ascórbico	64
3.3.4 Modelos de calibração desenvolvidos para maturações diferentes	66
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
5 REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICES.....	72

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma das principais espécies frutíferas cultivadas no Vale do São Francisco. Estima-se que, no Brasil, a cultura ocupe uma área de aproximadamente 4.000 ha, com 1.200 há somente no Vale do São Francisco. Nessa região, a produtividade anual está em torno de 20 toneladas/ha, com volume de 24.000 toneladas/ano que resulta em uma renda de R\$ 24 milhões/ano distribuída para aproximadamente 1000 produtores (CODEVASF, 2016).

O fruto é bastante suculento, com aproximadamente 73% de água e teor de ácido ascórbico variando entre 1 a 5 % (peso/volume), o que corresponde a até 100 vezes a quantidade encontrada em limões e laranjas (PRAKASH e BASKARAN, 2018). Acerola também se destaca pelos teores de vitamina A, vitaminas do complexo B, como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B3) e minerais como cálcio, ferro e fósforo (RITZINGER e RITZINGER, 2004).

A acerola pode ser comercializada no mercado *in natura* ou destinada à indústria, principalmente para extração de ácido ascórbico e elaboração de produtos agroindustriais (RITZINGER e RITZINGER, 2004; FREITAS et al., 2006; SHINOHARA, 2015). Atualmente, os genótipos cultivados no Vale do São Francisco, destinados ao consumo *in natura*, produzem frutos com baixo teor de sólidos solúveis e elevada acidez, o que limita a aceitação do sabor pelos consumidores. No entanto, genótipos com elevada acidez tem um alto potencial para à extração de ácido ascórbico para indústria farmacêutica.

O programa de melhoramento genético de acerola da Embrapa Semiárido, PE tem uma grande diversidade genética, possuindo aproximadamente noventa e oito genótipos diferentes desta espécie, os quais são conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG). No Brasil não há uma grande procura do fruto para o consumo *in natura*. Logo torna-se necessário estudar esta diversidade genética, pode ser explorada para a seleção de genótipos com características mais atrativas ao consumidor, tais como frutos grandes, mais doces e menos ácidos, de coloração mais intensa ou voltados para a indústria farmacêutica ou de processamento, com maiores rendimentos de vitamina C, aumentando assim o rendimento na extração deste composto (FREITAS et al., 2006; SOUZA et al., 2017).

A determinação do estágio de maturação no momento da colheita e a avaliação físico-química dos frutos são fundamentais para garantir a qualidade de acerolas destinadas ao consumo *in natura*, assim como a indústria de processamento. Sabe-se que a concentração inicial de ácido ascórbico é baixa, aumentando durante o crescimento e desenvolvimento do fruto, seguido por uma queda acentuada durante o processo de amadurecimento (FREITAS et al., 2006). Diante disso, faz-se necessário um método rápido, prático e preciso para monitorar os atributos de qualidade dos frutos antes e após a colheita, garantindo os padrões exigidos pelos consumidores para consumo *in natura* e processamento agroindustrial.

Para isso a espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês Near Infrared Spectroscopy) é um método analítico proposto também para a avaliação da qualidade de frutos, tendo as vantagens de ser preciso, rápido e não necessitar de preparo de amostras ou uso de reagentes químicos (BETEMPS; FACHINELLO e.; GALARÇA, 2011; JHA et al., 2014; MARQUES et al., 2016; MALEGORI et al, 2017). A utilização desse método em condições de campo foi limitada durante muitos anos, em função do tamanho e pouca robustez dos equipamentos disponíveis no mercado (MARQUES, 2017). Recentemente, o desenvolvimento de novas tecnologias permitiu a redução significativa do tamanho e do custo dos espectrômetros NIR, possibilitando a adoção dessa tecnologia pelos produtores e pela indústria da acerola no Vale do São Francisco, assim como de outras regiões do país. Entretanto, o uso dessa tecnologia requer a calibração e validação de espectrômetros NIR para a caracterização de atributos de qualidade de acerolas produzidas no Vale do São Francisco. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade físico-química de acerolas do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido para a seleção de genótipos voltados para o consumo *in natura*. e desenvolver modelos de calibração para avaliação rápida da qualidade dos frutos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem e importância econômica

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C) tem origem nas ilhas do Caribe, e chegou ao Brasil em 1958. Foi introduzida, inicialmente, no Estado de Pernambuco, difundindo-se por todo o Nordeste e posteriormente para outras regiões do país.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial desse fruto, cuja produção concentra-se principalmente na região Nordeste. O Estado de Pernambuco é o principal produtor, representando 23,11% da produção nacional, seguido por Ceará, São Paulo e Bahia, com 14,32; 11,39 e 11,39% da produção nacional, respectivamente (MENDES et al., 2012; IBGE, 2017). Atualmente, o Brasil realiza a exportação de acerolas para países como Alemanha, Estados Unidos, França e Japão com preço variando de R\$ 0,65/kg para frutos maduros e R\$ 1,40/kg para frutos verdes (FRONZA e HAMANN, 2015).

O Brasil apresenta condições edafoclimáticas ideais para o cultivo da acerola, sendo que sua produção é comercializada na forma *in natura*, polpa, assim como para a extração de vitamina C e aditivos alimentícios. Pesquisas realizadas demonstram a potencialidade da cultura para o uso em diversas finalidades, incluindo o uso da semente e casca para a fabricação de farinha e licores, além do uso do resíduo da industrialização como ração animal. No entanto, existem poucas variedades destinadas ao consumo *in natura* e processamento, necessitando assim de novos genótipos com maiores potenciais para diferentes finalidades (MATSUURA et al., 2001; PENHA, 2001; SILVA, 2017; LEAL, 2018).

A acerola é um fruto de grande valor econômico e nutricional, em razão do seu alto teor de vitamina C, associado à presença de carotenoides, antocianinas, e nutrientes minerais. No entanto, o consumo *in natura* é limitado por se tratar de um fruto pequeno, com sementes relativamente grandes, além de ser muito perecível. Assim, sua exploração ocorre principalmente para o desenvolvimento de produtos industrializados (MERCALI et al., 2012). A esfera industrial é o maior incentivador do plantio de acerola no país, pois além de facilitar o deslocamento da produção, auxilia na difusão das novas tecnologias. Esse setor tem buscado a verticalização da produção (plantio, processamento industrial e comercialização), como uma forma de controlar melhor a qualidade do fruto.

A produção da acerola na região do Vale do São Francisco aponta uma produtividade média de 20 t/ha/ano, uma vez que as condições climáticas aliadas à irrigação permitem que essa frutífera realize anualmente até sete ciclos fenológicos garantindo uma renda mais estável para os pequenos produtores (CARVALHO et al., 2000; FREITAS, 2006; MENDES et al., 2012; GONZAGA NETO e SOARES, 1994).

2.2 Morfologia

A aceroleira, também conhecida como cereja das Antilhas, é uma planta arbustiva de crescimento ereto, com 3 a 4 m de altura, pertencente à família Malpighiaceae. Os frutos possuem formato arredondado, ovalado ou mesmo cônico, com folhas, ramos e frutos com diferentes formatos. Essa planta apresenta sistema radicular pivotante, podendo chegar até 1 m de profundidade, sendo que a profundidade efetiva do sistema radicular se encontra entre 20 e 40 cm. Os ramos, quando novos, são herbáceos e com o tempo tornam-se lenhosos. As plantas dispõem de folhas opostas, com tamanho entre 2 cm e 7,5 cm, com coloração variando de verde claro a verde escuro. A floração da acerola é abundante, com flores de coloração rosa esbranquiçada a vermelho, dependendo do genótipo. As flores apresentam pedúnculo, são dispostas em cachos de 3 a 5 unidades, localizadas na axila das folhas dos ramos (FRONZA e HAMANN, 2015).

O fruto da aceroleira é classificado como uma baga drupácea carnosa, contendo três sementes. É dividido em epicarpo (casca), mesocarpo (polpa) e endocarpo (semente), cada um contendo uma semente com 3 a 5 mm. Essas sementes possuem baixa porcentagem de germinação, podendo ainda, a depender do grau de maturação do fruto, levar meses para germinar, sendo frequente a ocorrência de sementes inviáveis. Dos três óvulos existentes, apenas um ou dois se desenvolvem, em decorrência de causas como a má formação ou a infertilidade do óvulo, a degeneração do saco embrionário, dentre outros, que resultam na baixa germinação. Quando maduro, a coloração do fruto pode ser vermelha, roxa, amarela ou branca. Esses aspectos são importantes, pois a indústria de processamento de suco e polpa tem preferência por frutos de coloração vermelha, principalmente para o mercado externo (COSTA et al., 2003; RITZINGER e RITZINGER, 2011).

2.3 Indicadores do ponto de colheita

A colheita dos frutos deve ser feita quando esses atingirem o máximo de qualidade organoléptica (sabor, cor, aroma e textura) e nutritiva (NEVES, 2018). No caso da acerola, para determinar o ponto de colheita, os frutos podem ser classificados em seis estádios de maturação, de acordo com a coloração da casca: 1. totalmente verde; 2. início da formação de cor amarela, mas ainda com predomínio da cor verde; 3. início da pigmentação, com predominância da cor amarela; 4.

predominância da cor vermelha; 5. totalmente vermelho; 6. roxo ou vermelho escuro. Cada estágio de maturação dura, em média 5 dias (BARBOSA et al., 1996).

Entretanto, para acerola, é bastante difícil determinar o ponto de colheita apropriado, visto que a desuniformidade na floração pode provocar a presença de flores e frutos em diversos estádios de desenvolvimento em uma mesma planta (MENDES et al., 2012). Acerolas nos estádios 1, 2 e 3 apresentam maior teor de vitamina C, enquanto que nos estádios 4, 5 e 6 apresentam baixo teor de vitamina C, menor acidez e elevado teor de sólidos solúveis. Quando destinados à fabricação de pó, cápsula para vitamina C, concentrado para adição em outros alimentos e consumo *in natura* os frutos podem ser colhidos com a pigmentação verde ou no início da pigmentação amarela, visto que os frutos colhidos com a pigmentação verde tem maior durabilidade (BARBOSA et al., 1996; FERREIRA et al., 2009; RIBEIRO e FREITAS, 2020).

2.4 Variabilidade genética

O Banco Ativo de Germoplasma de acerola (BAG) da Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina, PE, foi iniciado em 2012 com genótipos de várias regiões do Brasil. O BAG possui exemplares originários nos estados da Paraíba, Pernambuco, Bahia, Ceará, Paraná, Pará e São Paulo. O objetivo do BAG foi coletar e explorar a diversidade genética para cruzamentos e seleção de novos genótipos com características atrativas ao consumo *in natura*, tais como, frutos grandes, mais doces e menos ácidos, com maior vida pós-colheita e coloração mais intensa, sementes menores ou totalmente ausentes (FREITAS et al., 2006; SOUZA et al., 2013; SOUZA et al., 2017).

Nessa perspectiva, a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo e avaliando novas variedades de acerola, das quais se espera características importantes como maior produção, frutos de tamanho médio a grande, elevado teor de vitamina C (acima de 1000 mg/100 g de fruto) e teor de sólidos solúveis acima de 7% (SOUZA et al., 2013). Essa exigência em relação à variedade, no entanto, dependerá do mercado consumidor, pois os frutos podem ser classificados como doces, destinados para o consumo *in natura*, e frutos ácidos, destinados para a indústria. Estudos anteriores recomendam a escolha de variedades com produção mínima de 100 kg de fruto/planta/ano e frutos de coloração vermelha quando maduros (FRONZA e

HAMANN, 2015). No Brasil, as principais variedades utilizadas atualmente são Junko, Flor Branca, Apodi, Cabocla, Cereja, Frutacor, Okinawa, Oliver, Roxinha, Rubra, Jaburu e Sertaneja, as quais apresentam distinção no formato do fruto, cor da epiderme e da polpa, composição físico-química, suculência, textura, aroma e sabor (OLIVEIRA e FILHO, 2003; SOUZA et al., 2013; FRONZA e HAMANN, 2015). No entanto, a ausência de padronização dos pomares, resultante da propagação da aceroleira por semente, ocasiona grande variabilidade genética, e tem gerado frutos de coloração amarela, laranja, vermelha e vermelha púrpura (PAIVA et al., 1995; BARBOSA et al., 1996; MUSSER et al., 2005).

2.5 Desenvolvimento e maturação

A acerola sofre grandes perdas no período de armazenamento e na comercialização devido à alta fragilidade dos frutos e a intensa atividade metabólica no período de amadurecimento, momento em que os frutos passam por transformações como o aumento na respiração e produção de etileno, mudanças de cor do verde para o vermelho, perda de firmeza de polpa, aumento na permeabilidade de membranas celulares, degradação de ácidos orgânicos e açúcares, bem como a produção de substâncias voláteis (CARRINGTON e KING, 2002; REINHARDT e OLIVEIRA, 2003; WILLS & GOLDING, 2016).

A coloração da maioria dos frutos e hortaliças está relacionada com a presença de clorofilas, antocianinas e carotenoides. Durante o amadurecimento, ocorre a degradação da clorofila concomitante com a síntese de carotenoides e antocianinas, sendo estes últimos os pigmentos predominantes em frutos com maturação avançada (MARANHÃO, 2010). As antocianinas são compostos bioativos presentes em acerolas maduras, as quais são responsáveis pela coloração vermelha do fruto, sendo um parâmetro de qualidade importante para a aceitação dos frutos pelos consumidores (SOUZA et al., 2014). A acerola também possui β -caroteno e outros carotenoides, os quais atuam no organismo humano como agentes antioxidantes na prevenção de diversas doenças (LOPES, 2005; PRATAS et al., 2010; AQUINO et al., 2011).

Apesar dos açúcares também estarem envolvidos no processo de maturação, alguns genótipos não apresentam mudanças significativas nos teores de açúcares durante o amadurecimento. Essa variável é uma das mais importantes na produção

de acerolas destinadas ao consumo *in natura*, assim como para a indústria de polpa e sucos, pois é um fator importante na determinação do sabor doce dos frutos. Outro fato importante que ocorre durante o amadurecimento de acerolas é a perda de vitamina C, a qual diminui em média 50% no fruto com a mudança de coloração verde para vermelha (ALVES et al., 1995; FERREIRA et al., 2009; RIBEIRO, 2017).

2.6 Acerola para consumo *in natura* e indústria e seus atributos de qualidade

O cuidado com a saúde promoveu mudanças nos hábitos alimentares da população, aumentando o interesse pelo valor nutricional e compostos bioativos presentes nos alimentos. Todos os frutos são fontes de vitaminas, minerais e carboidratos solúveis, e alguns possuem uma quantidade mais elevada de determinado nutriente. No caso específico da acerola, há uma procura principalmente devido ao seu alto teor de vitamina C (MARCIEL et al., 2009; RAMOS et al., 2016; JUNQUEIRA et al., 2016).

Diferentes genótipos de acerolas são bem diversificados em relação ao sabor e podem ser identificados como genótipos com (i) frutos doces: destinados ao consumo *in natura*, com alto teor de sólidos solúveis e baixa acidez e com (ii) frutos ácidos: utilizados para indústria, os quais apresentam maior quantidade de ácido ascórbico e elevada acidez (REINHARDT e OLIVEIRA, 2003; FREITAS et al., 2006; MEZADRI et al., 2006). A acerola despertou o interesse dos produtores de diversos estados do Brasil devido ao alto potencial de comercialização tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização sob forma de sucos frescos, polpa congelada, blends com outras frutas, compotas e geleias, além de ser utilizada no enriquecimento de alimentos dietéticos, na forma de comprimidos ou cápsulas, empregados como suplemento alimentar, chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas e iogurtes (PÍPOLO et al., 2002; PORCU e RODRIGUEZ-AMAYA, 2006; MENEZES et al., 2009).

A acerola também possui compostos fenólicos, os quais influenciam diretamente no flavor, na coloração, na vida útil e na ação do produto como alimento funcional, especialmente como antioxidante. Os compostos que fazem parte da constituição química da acerola, incluindo antocianinas, carotenoides e vitamina C, apresentam alta atividade antioxidante (SOUZA et al., 2014; PRAKASH e

BASKARAN, 2018. Os antioxidantes são compostos químicos que podem prevenir ou diminuir os danos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos causados por espécies reativas de oxigênio (EROs), reduzindo o risco de doenças crônicas e combatendo o estresse oxidativo causado pelo ataque das EROs ao organismo humano (MORAES, 2018). Essas espécies geradas no organismo são os responsáveis por danos celulares, levando a diversas anormalidades fisiológicas e patológicas, incluindo inflamações, doenças cardiovasculares, câncer e envelhecimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005; FREIRE et al., 2013).

O ácido ascórbico (vitamina C) é um composto hidrossolúvel que representa uma forma oxidada da glicose $C_6H_8O_6$ (176,13 g/mol). É um composto de cor branca estável na sua forma seca, no entanto, oxida naturalmente em soluções e quando exposto ao calor. A vitamina C é ingerida na alimentação e incorporada rapidamente no trato gastrointestinal através de transporte ativo dependente de íons de sódio, processo saturável que depende da dose presente no lúmen intestinal. Aproximadamente 80% do consumo dietético da vitamina C é absorvido, porém essa proporção diminui quando ocorre o aumento da ingestão. Suas funções no organismo humano são inúmeras, sendo importante para o sistema imunológico, visto que ajuda a reduzir infecções, além de desempenhar papel na formação de dentes e ossos, aumentar a absorção de ferro, agir na formação de colágeno e prevenir o escorbuto (MATSUURA e BERBERT, 2002; MAIA et al., 2007; RAMOS et al., 2016).

2.7 Espectrometria de infravermelho próximo - Espectrometria NIR

A descoberta do espectro de infravermelho próximo foi realizada em 1800 por Frederick William Herschel, um músico e astrônomo de sucesso que escreveu dois artigos que descreviam o comportamento do espectro da radiação solar em relação aos efeitos de temperatura (AGELET e HURBURGH, 2010; LOURES e MORENZ, 2013). Herschel, na sua pesquisa sobre a descoberta do infravermelho, utilizou termômetros de bulbo enegrecido e prisma de vidro para separar a radiação solar em diferentes comprimentos de onda, nomeando a radiação infravermelha como “raios caloríficos encontrados além do vermelho”. Essa região em seguida foi chamada de infravermelho, usando o prefixo grego “infra” que significa “abaixo”. A espectroscopia é definida como a ciência relacionada ao conhecimento da geração da radiação eletromagnética e da sua interação com a matéria. O espectro eletromagnético

abrange uma larga faixa de energia, facilitando diversas formas de interação da radiação com a matéria (TIBOLA et al., 2018). A matéria orgânica presente nas amostra possui impressões digitais espectrais diferentes na região do infra vermelho próximo (NIR) em razão da relação de absorção muito forte de sobretons e combinação de banda de vibrações moleculares, sendo oriundo de diversos grupos funcionais orgânicos, podendo ser citado como exemplo C-H que está inserido aos grupos metileno, metoxi, carbonil e aromáticos, O-H que pertence a hidroxila e N-H que pertence à amida primária, terciária e quaternária e também aos sais minerais e complexo orgânicos (XIABO et al., 2010; VALDERMA, 2005).

A espectroscopia NIR abrange a faixa do espectro eletromagnético com comprimentos de onda entre 750 e 2500 nm (PASQUINI, 2003; NICOLAI et al., 2007; TIBOLA et al., 2018, PASQUINI, 2018). Segundo Chagas (2006) essa faixa de energia é suficiente para impulsionar as moléculas de seu estado vibracional fundamental para outros estados excitados.

A espectrometria NIR foi empregada pela primeira vez em aplicações agrícolas por Noris (1964) para medir a umidade em grãos. A partir de então, tem sido utilizada para análises rápida especialmente de umidade, proteínas e teor de gordura de uma grande variedade de produtos agrícolas e alimentícios (DAVIES e GRANT, 1987). Outros trabalhos atuais demonstram que a espectrometria NIR tem um grande potencial para monitorar diferentes parâmetros de qualidade em alimentos (HUANG et al., 2014 TEYE et al., 2019).

2.8 Quimiometria

Segundo Ferrão et al. (2004), a quimiometria é compreendida como uma área multidisciplinar do conhecimento, onde a matemática e a estatística são utilizadas para análises de dados relativos aos processos químicos, de natureza multivariada, como por exemplo informações resultantes da espectroscopia, cromatografia, entre outras. Dessa forma a quimiometria surgiu em razão da necessidade de uma ferramenta que tivesse a capacidade de analisar dados químicos, originados a partir da interação da matéria com diferentes radiações eletromagnéticas, para o caso da espectroscopia NIR (FERREIRA, 2015).

O uso de espectrômetros na caracterização da qualidade de frutos depende dos processos de calibração e validação dos equipamentos para esta finalidade (PEIRIS et al., 1999; MORAES, 2018). O processo de calibração envolve modelagem multivariada, onde os modelos desenvolvidos são capazes de relacionar as variáveis X, valores de medida instrumental obtidos através das informações fornecidas pelos espectros, com valores de Y, obtidos pelos procedimentos de análises de referências para aquele tipo de determinação (FERREIRA et al., 1999; COSTA, 2018). No processo de validação, análises de referência são comparadas com as análises realizadas com os modelos desenvolvidos para determinação do erro analítico dos modelos. Algumas características são importantes para calibração, o diagrama da Figura 1 mostra que há necessidade de um método analítico fundamental, denominado método de referência, a fim de obter a variável dependente a ser calibrada, um número adequado de amostras e o modelo de calibração deve ser validado posteriormente para testar o desempenho preditivo do modelo em análises futuras (AGELET e HURBURGH, 2010).

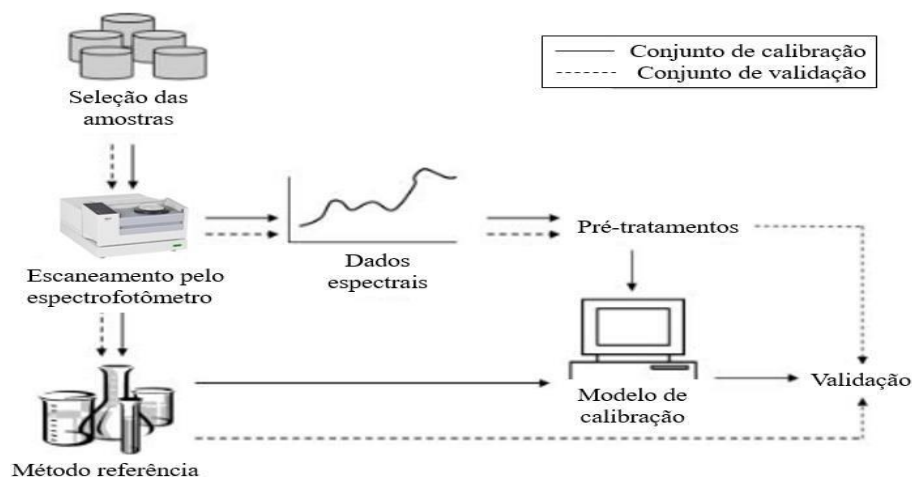


Figura 1. Diagrama com as etapas básicas para a calibração e validação de modelos matemáticos para a caracterização química de amostras utilizando a espectroscopia. Fonte: AGELET e HURBURGH (2010).

Após os processos de calibração e validação, a espectroscopia NIR pode ser utilizada para a análise de frutos de forma rápida, prática e sem a necessidade de preparação das amostras e uso de reagentes (BETEMPS.; FACHINELLO e GALARÇA, 2011). Além destas vantagens, a espectroscopia NIR permitem a

avaliação de diversos parâmetros de qualidade simultaneamente (NILSSON, 2012). Neste contexto, o emprego de espectrômetros NIR pode facilitar a rotina de avaliação da qualidade de acerolas e torná-la mais prática, rápida, precisa e de baixo custo, possibilitando assim o uso destes equipamentos por produtores e agroindústria da região (MARQUES et al, 2017).

3 REFERÊNCIAS

AGELET, L. E; HURBURGH, C. R. A tutorial on near infrared spectroscopy and its calibration. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 40, n. 4, p. 246-260, 2010.

ALVES, R.E; CHITARRA, A.B; CHITARRA, M.L.F. Postharvest Physiology of Acerola (*Malpighia emarginata* D.C) fruits: maturation changes respiratory activity and storage at ambiente and modified atmospheres. **International Symposium on Tropical Fruits**, v.1, n. 37, p. 223-230, 1995.

ANTUNES, A. M; VALMÓRBIDA, J., ONO; E. O; RODRIGUES, J. D. Effect of plant growth regulators in the refrigerated conservation of acerola fruits (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, 1241-1245, 2006.

AQUINO, A. C. M. S.; MÓES, R. S.; CASTRO, A. A. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. **Brazilian Journal off food technology** v. 14, n. 2, p. 154-163, 2011.

ARAUJO F. R. M. et al. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde** v, 4, n. 2, p. 13-16, 2009.

ATRAS, A. et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010.

BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. **Instruções para o cultivo da acerola**. Embrapa-CPATC: Aracaju, 1996. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44461/1/cpatcdocumentos-6-instrucoes-para-o-cultivo-da-acerola-fl-13124.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2020.

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. n. SPE1, p.306-313, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Cartograma - Acerola do Brasil por Quantidade produzida, 2017. Disponível em :<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso em 09 nov.2020.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Brasília: CODEVASF, 2017. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br>. Acesso em: 13 Jun. 2020.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. et al. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL 3–Dominga, UEL 4–Lígia e UEL 5–Natália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 124-126, 2002.

CARRINGTON, C. M. S.; KING, R. A. G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 1, p. 1-7, 2002.

CARVALHO, R. D. A. et al. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açú, Pará**. Embrapa Amazônia Oriental: Belém, 2000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/377928/1/OrientadDoc49.pdf>. Acesso em: 5 jul.2020.

CHAGAS, I. P. **Desenvolvimento de um fotômetro portátil NIR para determinação do teor de Água no Álcool combustível e do teor de etanol na Gasolina**. 2006. 151f. (Tese de doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

COSTA, L. C. D. et al. Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* DC): avaliação da vitalidade dos tecidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n.3, p. 532-534, 2003.

COSTA, R. C. **Determinação de parâmetros (sólidos solúveis, pH e acidez titulável) em ameixas intactas usando espectroscopia no infravermelho próximo e seleção de comprimento de onda**. 2013. 117f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

COSTA, R.C. **Metodologias analíticas para a agroindústria de frutas empregando infravermelho próximo e quimiometria**. 2018. 109f. (Tese de doutorado) - Universidade federal do Rio grande do Norte, Natal, 2018.

DAVIES, A. M. C.; GRANT, Review: Near infra-red analysis of food. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 22, n. 3, p. 191-207, 1987.

FERRÃO, M. F. et al. Determinação simultânea dos teores de cinza e proteína em farinha de trigo empregando NIR-PLS e DRIFT-PLS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 333-340, 2004.

FERREIRA, M. et al. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, v. 22, n. 5, p. 724-731, 1999.

FERREIRA, M. M. C. Quimiometria – Conceitos, Métodos e Aplicações. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015.

FERREIRA, R. M. A. et al. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde**, v. 4, n. 2, p. 13-16, 2009.

FIGUEREIDO NETO, A. F, et al. Determinação de vitamina c e avaliação físico-química em três variedades de acerola cultivadas em Petrolina-PE. **Nucleus**, v .11, n. 1, p. 83-92, 2014.

FREIRE, J. M. et al. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

FREITAS, C. A. S. et al. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2014.

FREITAS, C.A.S. et al. Acerola: Produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Frutíferas de Clima Tropical e Subtropical**. 2015. Disponível em <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/342/2020/04/FRUT%C3%8DFERAS-DE-CLIMA-TROPICAL-E-SUBTROPICAL.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2019.

GONZAGA NETO. L.G.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa, 1994. 43 p. (Publicações Técnicas Frupep, 10).

HUANG, X. et al. Rapid measurement of total polyphenols content in cocoa beans by data fusion of NIR spectroscopy and electronic tongue. **Analytical Methods**, v. 6, n. 14, p. 5008-5015, 2014.

JHA, S. N. et al. Nondestructive prediction of maturity of mango using near infrared spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v.124, p.152-157, 2014.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **Cultura da aceroleira (*Malpighia glabra* L.)**. UFLA: Lavras, 2016. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/bolextensao/pdfbe/bol26>. Acesso em: 3 ago. 2019.

LASKOWSKI, L; BAUTISTA, D. Evaluacion de características vegetativas, productivas y de calidad de la fruta de plantas de semeruco cultivadas en zonas áridas. **Agronomia Tropical, Maracay**, v. 48, n. 3, p. 239-249, 1998.

LEAL, I. F. **Resíduo seco da industrialização da acerola na alimentação de suínos na fase inicial**. F.47, (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

LIMA, P. C. C, et al. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 36, n. 3, p. 550-555, 2014.

LOPES, A. S. et al. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. f.193, (tese de doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LOURES, M. D .A; MORENZ, M. J. F. **Espectroscopia no Infravermelho Próximo**. 2013. Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/ciencia-uma-construcao->

humana/a-ciencia-nas-profissoes/espectroscopia_infravermelho. Acesso em 3 ago. 2019.

MACIEL, M. I. S. et al. Effects of biofilm and refrigeration on acerola postharvest conservation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 168-170, 2004.

MACIEL, M. S. et al. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 2, p.247-256, 2009.

MAIA, G. A. et al. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 130-134, 2007.

MARANHÃO, C. M. C. **Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu desenvolvimento**. 89 f. Dissertação de mestrado - Universidade federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

MARQUES, E. J .N. et al. 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.

MARQUES, E.J. N. **Desenvolvimento de métodos analíticos não destrutivos para avaliação da qualidade de frutas utilizando espectroscopia e imagem hiperespectral na região do infravermelho próximo**. 2017. 185 f. (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2017.

MARQUES, L.G.;FERREIRA, M.C.; FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 46, n. 5, p. 451-457, 2007.

MATSUURA, F. C. A. U. et al. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

MATSUURA, F. C. A. U.; BERBERT. R. R. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p.138-141, 2002.

MAZARO, S. M, et al. Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p, 512-517, 2015.

MENDES, S.M.A et al. Coleção plantar: acerola. Embrapa. Brasília, v. 3, p. 13-15, 2012.

MENEZES, A. R. V. et al. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* DC) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.

MERCALI, G. D. et al. Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT-Food Science and Technology*, v. 47 n. 1, p. 91-95. 2012.

MORAES, F. P. D. **Abordagem quimiométrica e avaliação físico-química, bioativa e biológica in vitro da acerola (*Malpighia emarginata*) in natura e liofilizada**. 2018. 171 f. (Tese de doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MUSSER, R. D. S et al. Caracterização física e de produção de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. *Revista Brasileira De Fruticultura*, v. 27, n. 2, p. 320-323. 2005.

NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: Eduel, 2016. 518 p.

NICOLAI, B. M. et al. (2007). 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.

NILSON, R. Applications of Near Infrared Spectroscopic Analysis in the Food Industry and Research. Disponível em: <http://www.foodsafetycentre.com.au/docs/Applications%20of%20Near%20Infrared%20Spectroscopic%20Analysis%20in%20the%20Food%20Industry%20and%20Research.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

NOGUEIRA, R. J. M. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NORRIS, K.H.. Design and development of a new moisture meter. *Agric. Eng. St Joseph, Mich*, v. 45.n.7, p.370-372, 1964.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M. **Melhoramento genético da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) na Embrapa Agroindústria Tropical**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995. 17 p.

PASQUINI, C. . Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives—A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 1026, p. 8-36, 2018.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian chemical society*, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

PEIRIS, K. H. S. et al. Spatial variability of soluble solids or dry-matter content within individual fruits, bulbs, or tubers: implications for the development and use of NIR spectrometric techniques. *HortScience*, v. 34, n. 1, p. 114-118, 1999.

PÍPOLO, V. C. et al. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL3-Dominga, UEL4- Lígia e UEL5- Natália. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 24, n. 1, p 124-126, 2002.

PIRES, F. F.; PRATES, E. R. Uso da técnica da espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS) na predição da composição química da alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 6 p. 1076-1081, 1998.

PORCU, O. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Variation in the carotenoid composition of acerola and its processed products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 12, p. 1916-1920, 2006.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit : a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3373-3384, 2018.

RAMOS, B. S. A. et al. Teor de vitamina C presente na polpa natural e da polpa congelada da graviola. **ÚNICA Cadernos Acadêmicos**, v. 3, n. 1, 2016.

REINHARDT, D. H.; OLIVEIRA, J. R. P. Manejo pós-colheita. In: RITZINGER, R. et al. (Eds.). **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa, 2003. p. 150-163.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 260, n. April 2019, p. 108901, 2020.

RITZINGER, R; RITZINGER, C. H. S. P. Cultivo tropical de fruteiras. Belo Horizonte: **Informe agropecuário**, v. 32, n. 264, p. 17-25, 2011.

SERAGLIO, S. K. T. et al. Determinação de compostos fenólicos por LC-MS/MS e capacidade antioxidante de acerola em três estádios de maturação comestíveis. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 4, n. 1, p. 96-110, 2018.

SHINOHARA, N. K. et al. Maria Celene de Almeda: a mãe da Acerola (*Malpighia glabra* L.) no Brasil. **Revista Eletrônica "Diálogos Acadêmicos"**, v. 9, n. 2, p. 49-63, 2015.

SILVA, D. A. **Utilização da farinha de resíduos de acerola e umbu cajá na produção de bolo tipo cupcake**. 107 f. (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

SOUZA, F. de F. et al. **Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco**. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/982090/1/SDC255.pdf>. Acesso em: 08 de ago. 2020.

SOUZA, F. de F. et al. Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira. 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1088295>. Acesso em: 08 ago. 2020.

SOUZA, K. O. et al. Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from cv . Flor Branca, Florida Sweet and BRS 366. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 294–304, 2014.

TEIXEIRA, A. H .C.; AZEVEDO, P.V. Potencial agroclimático do estado de Pernambuco para o cultivo da acerola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p. 105-113, 1994.

TEYE, E.et al. Innovative and rapid analysis for rice authenticity using hand-held NIR spectrometry and chemometrics. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 217, p.147-154, 2019.

TIBOLA, C. S. et al. **Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 159 p.

VALDERRAMA, P et al. **Avaliação de figuras de mérito em calibração multivariada na determinação de parâmetros de controle de qualidade em indústria alcooleira por espectroscopia no infravermelho próximo**. 2005. 135 f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, 2005.

WILLS, R.; GOLDING, J. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. 6 ed. Wallingford: CAB International, 2016.

XIAOBO,Z.et al. Variables selection methods in near-infrared spectroscopy. **Analytica chimica acta**, v. 667, n. 1-2, p. 14-32, 2010.

CAPÍTULO 2: ÍNDICE DE SELEÇÃO MULTIVARIADO DE GENÓTIPOS DE ACEROLA PARA CONSUMO *IN NATURA* BASEADO NOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS

RESUMO: A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) é uma das principais frutas produzidas no Vale do São Francisco, região Semiárida do Nordeste brasileiro, sendo um fruto tropical muito apreciado devido ao seu elevado teor de vitamina C, que excede em 100 vezes os observados em laranjas e limões. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química de trinta e cinco genótipos de acerola produzidos no semiárido brasileiro e identificar aqueles com potencial para consumo *in natura*, baseando-se em um índice de seleção multivariado. Os frutos de cada genótipo foram colhidos em dois ciclos de produção, nos estádios de maturação 1 (frutos imaturos com coloração verde), maturação 2 (frutos maduros com coloração verde), maturação 3 (frutos com mudanças iniciais de coloração de verde para vermelho) e maturação 4 (frutos maduros com coloração totalmente vermelha). Após a colheita, os frutos foram avaliados quanto à cor da casca, diâmetro, massa, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e ácido ascórbico. Aplicou-se um índice de seleção multivariado para pontuar e classificar os genótipos para consumo *in natura*, baseando-se na qualidade físico-química dos frutos maduros. De acordo com os resultados, todos os atributos físico-químicos apresentaram alta variabilidade entre os genótipos. O índice de seleção multivariado foi uma poderosa ferramenta para identificar os genótipos com potencial para consumo *in natura*, uma vez que permitiu selecionar genótipos com múltiplas características desejadas. O índice de seleção multivariado identificou os genótipos PROG 052, BRS Rubra, BRS Cabocla, Costa Rica e PROG 069 como promissores para o consumo *in natura*, devido à presença de diversas características desejadas, como maiores valores de diâmetro, massa, firmeza de polpa, SS e relação SS/AT, bem como baixa acidez.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* DC.; ácido ascórbico; qualidade; descritores; diversidade genética; consumidores.

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) é um fruto tropical muito apreciado devido ao seu elevado teor de vitamina C, que excede em 100 vezes os valores observados em laranjas e limões (PRAKASH e BASKARAN, 2018). O cultivo mundial desse fruto ocorre desde o sul do Texas, México, América Central e regiões nordeste da América do Sul, até algumas regiões do sul da Ásia, especialmente na Índia (ASSIS et al., 2008; HANAMURA et al., 2008). Atualmente, o Brasil é terceiro maior produtor mundial de acerola, com diversas áreas de cultivo na região Nordeste, onde as condições ambientais viabilizam três a quatro colheitas por ano, com previsão de aumento nas exportações em 25% (FURLANETO e NASSER, 2015).

A produção de acerolas no Brasil está dividida em dois grupos distintos: (i) frutos para consumo *in natura*, caracterizados por maior diâmetro e firmeza, maior teor de sólidos solúveis e baixa concentração de ácidos orgânicos, o que garante a doçura desejada pelos consumidores; e (ii) frutos para o processamento industrial, que apresentam elevados teores de ácido ascórbico, um dos principais produtos do processamento industrial (DELVA e SCHNEIDER, 2013; MEZADRI et al., 2006).

A qualidade de acerolas é dependente das condições ambientais, como temperatura, precipitação e radiação solar, além das práticas de manejo como irrigação, adubação, controle de pragas e doenças, do estágio de maturação na colheita e das condições de armazenamento (ALVES et al., 1999; DELVA e SCHNEIDER, 2013). Além disso, essa espécie apresenta alta variabilidade genética, o que leva à diversidade na qualidade dos frutos devido à sua ampla distribuição (ASSIS et al., 2008; HANAMURA et al., 2008; RITZINGER et al., 2017).

Mesmo que o seu cultivo seja conduzido há pelo menos 50 anos no Brasil, o plantio comercial de acerola é recente (ASSIS et al., 2008). O Banco Ativo de Germoplasma de acerola (BAG) da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, foi estabelecido em 2012 e contém genótipos de diferentes regiões dos estados de Pernambuco, Ceará, Bahia, Paraíba, Paraná e São Paulo. A qualidade desses genótipos tem sido avaliada visando a seleção para o consumo *in natura* e/ou para programas de melhoramento genético, a fim de se obter novos genótipos com qualidade para o consumo. O índice da soma de ranks de Mulamba e Mock (1978) é uma alternativa viável para caracterização dos genótipo de acerolas, pois tem como propósito classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres em distribuição favorável ao melhoramento genético (BERTINI et al., 2010). Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química de 35 genótipos de acerola produzidos no semiárido brasileiro e identificar aqueles com potencial para consumo *in natura*, baseando-se em um índice de seleção multivariada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Genótipos de acerola e condições ambientais

Este estudo foi realizado em dois ciclos produtivos (2019 e 2020) com genótipos de acerola do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil (09°09' S, 40°22' O e 365 m de altitude). O clima da região é

classificado como Bsh, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 26 °C, precipitação de 500 mm e umidade relativa de 66%. As plantas foram irrigadas diariamente, e a quantidade de água aplicada determinada de acordo com a evapotranspiração da cultura. A adubação e o tratamento fitossanitário foram conduzidos de acordo com as recomendações técnicas (RITZINGER et al., 2003).

Um total de trinta e cinco genótipos de acerola foram colhidos em quatro estádios de maturação, de acordo com a cor de casca e tamanho (Figura 1): 1 (frutos imaturos com coloração verde), 2 (frutos maturo com coloração verde), 3 (frutos com mudanças iniciais de coloração de verde para vermelho) e 4 (frutos maduros com coloração totalmente vermelha). O parentesco e a origem dos genótipos são apresentados no Apêndice 1. Cada tratamento foi composto de três repetições. A colheita dos frutos foi realizada pela manhã, e os frutos foram imediatamente transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, para as análises físico-químicas, sendo utilizados 10 frutos por repetição.

2.2 Análises físico-químicas

Determinou-se o diâmetro dos frutos individualmente, com um paquímetro digital Mitutoyo (modelo CD-6 CS, Mitutoyo Corp., Japão), e os resultados foram apresentados em centímetros. A massa fresca dos frutos foi determinada com uma balança digital AD50 (Marte Científica, Brasil), e os resultados apresentados em gramas. A firmeza de polpa foi determinada como a máxima força requerida para pressionar 10% do diâmetro do fruto usando um texturômetro TA.XT.Plus (Extralab®, Brasil), adaptado com uma placa de pressão P/75. Os resultados de firmeza de polpa foram expressos em newtons (N). A cor da casca foi avaliada na região equatorial de cada fruto com um colorímetro CR-400 (Konica Minolta®, Japão), que registra as medidas no sistema CIELab, onde L* representa luminosidade, C representa croma e h representa o ângulo *hue*.

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados na amostra de suco usando um refratômetro digital PAL-1 (Atago, Brasil) com compensação automática de temperatura. Os resultados foram expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi avaliada através da titulação de 1 mL de suco diluído em 50 mL de água destilada

com uma solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os resultados foram expressos em g de ácido málico por 100 g de suco de acerola.

O conteúdo de ácido ascórbico (AA) foi quantificado pela titulação do suco com uma solução de Tillman (DFI - 2,6-diclorofenol indofenol) 0,02%. Um total de 1 mL de suco de acerola foi diluído em 100 mL de ácido oxálico 0,5%. Por fim, 1 mL desta solução foi diluído em 50 mL de água destilada e titulado com a solução de Tillman até o desenvolvimento da coloração rosa claro permanente (STROHECKER e HENNING, 1967). Os resultados foram expressos em g de AA por 100 g de suco.

2.3 Análise estatística

A seleção dos genótipos superiores de acerola com a combinação dos atributos de qualidade desejados para o consumo *in natura* foi realizada com os dados obtidos nas análises físico-químicas dos frutos maduros. Os atributos de qualidade mais importantes considerados para a seleção dos genótipos foram diâmetro, massa, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS) Acidez titulável (AT), relação SS/AT e ácido ascórbico (AA). Parâmetros de cor da casca não foram considerados para a seleção dos genótipos.

O índice de seleção multivariado foi aplicado para pontuar e classificar genótipos de acordo com Mulamba e Mock, (1978). O índice de seleção multivariado foi calculado com base em sete variáveis físico-químicas (diâmetro, massa, firmeza de polpa, SS, AT, relação SS/AT e AA), que foram padronizadas e multiplicadas pelo coeficiente de ponderação (K) adaptado para cada variável (Tabela 1). A padronização (S) é dada pela equação: $S = K * (x - \min) / (\max - \min)$

Em que: x é o valor observado na variável em cada genótipo; min e max são os valores mínimo e máximo obtidos para as variáveis, respectivamente.

Foi aplicada análises de componentes principais (PCA) às variáveis para reduzir a estrutura dos dados e investigar a distribuição dos genótipos na Figura 2 (PC1 vs, PC2), Figura 3 (PC1 vs, PC3), Figura 4 (PC1 vs, PC2) e na Figura 5 (PC1 vs, PC3) em ambos os ciclos de produção, respectivamente. Essas análises estatísticas foram conduzidas com o software statistica versão10.

3 RESULTADOS

3.1 Qualidade físico-química da acerola

Os atributos físico-químicos de cada genótipo nos estádios de maturação 1 (frutos imaturos com coloração verde), 2 (frutos maturo com coloração verde), 3 (frutos com mudanças iniciais de coloração de verde para vermelho) são apresentados nos apêndices 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Média, amplitude e coeficiente de variação para cada atributo de qualidade físico-química dos frutos nos estádios de maturação 1, 2 e 3 são apresentados na Tabela 2.

3.1.1 Diâmetro e massa

O diâmetro dos frutos no estágio 1 variou nos ciclos de produção de 2019 e 2020 entre 1,15 e 1,81 cm e 0,92-1,66 cm, respectivamente (Tabela 2). O diâmetro dos frutos vermelhos maduros variou entre 1,51 e 2,79 cm e de 1,74 a 2,50 cm no primeiro e segundo ciclo de produção, respectivamente (Tabela 2). A massa fresca dos frutos variou entre 0,88 e 3,29 g (2019) e 0,93 e 2,69 g (2020) para frutos pequenos verdes, enquanto foram observados intervalo de massa fresca mais amplo de 1,81-10,80 g (2019) e 2,86- 8,00 g (2020) para frutos maduros com coloração vermelha. No primeiro ciclo de produção, a massa fresca foi o atributo com maior variação entre os genótipos, para todos os estádios de maturação, com coeficiente de variação (CV) variando de 29,1 a 38,6% para frutos pequenos verdes (estádio 1) e frutos com mudanças iniciais na pigmentação (estádio 3), respectivamente (Tabela 2).

3.1.2 Firmeza de polpa

Firmeza da polpa variou amplamente em todos os estádios de maturação, com variação no CV de 28,1 a 62,3% para os frutos vermelhos maduros e verdes grandes, respectivamente, ambos registrados no segundo ciclo de produção. Maiores valores de firmeza de polpa foram registrados nos frutos verde-pequeno (17,98-56,02 N e 24,72 151,38 N) e verde-grande (14,82-69,49 N e 25,73-179,27 N), e menores valores no estágio vermelho maduro (5,02-20,02 N e 6,95-18,75 N) (Tabela 2).

3.1.3 SS, AT e relação SS/AT

Os frutos colhidos nos três primeiros estádios de maturação apresentaram teores de SS próximos, com valores médios de 7,46 a 7,97 e 8,52 a 8,89 °Brix no primeiro e segundo ciclo de produção, respectivamente (Tabela 2). Os frutos colhidos no estágio vermelho maduro apresentaram maior teor de SS, com um valor médio de 8,82 °Brix (2019) e 10,50 °Brix (2020) e faixas mais amplas de 6,03 a 13,07 °Brix (2019) e 7,50 a 13,87° (2020) (Tabela 2).

Os maiores valores de AT foram observados em ambos os estádios de maturação verdes, com médias de 1,44% (verde pequeno) e 1,60% (verde grande) em 2019, e médias de 1,74% (estádio 1) e 1,65% (estádio 2) em 2020. Para frutos maduros (estádio 4) AT variou entre 0,87% a 1,97% no ciclo de produção de 2019 e entre 0,79% e 1,89% no ciclo de produção de 2020 (Tabela 2).

Os frutos colhidos nos estágios 1 e 2 apresentaram as menores médias de relação SS / AT em 2019 e 2020, com valores de 4,86 e 5,12, respectivamente. Os frutos colhidos no estágio vermelho-maduro (estádio 4) apresentaram uma variação SS / AT de 4,06 a 10,81 em 2019 e 4,91 a 15,84 em 2020 (Tabela 2).

3.1.4 Mudanças no teor de ácido ascórbico

O amadurecimento da acerola foi seguido por uma diminuição nos teores de AA nos frutos. Acerolas colhidas no estágio de maturação 1 mostraram intervalos de AA entre 1,60% a 3,70% em 2019 e 1,63% a 4,13% em 2020. A concentração de AA nos frutos maduros variou de 0,81% a 2,80% em ambos os ciclos de produção, com valor médio de 1,56% (Tabela 2).

3.1.5 Desenvolvimento da coloração

De acordo com os resultados, houve uma redução no ângulo *hue* da casca durante o amadurecimento, que indica mudanças na coloração de verde para vermelho. Ambos os estádios verdes apresentaram valores similares de ângulo *hue*, variando entre 98,65° e 142,11° (Tabela 2). Os frutos do estágio intermediário (estádio 3) apresentaram uma variação no ângulo *hue* 41,01° a 81,14° e 50,03 a 79,73 nos dois ciclo de produção, respectivamente (Tabela 2). Frutos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro (estádio 4) apresentaram valores de ângulo

hue de 19,45° a 36,43° em 2019 e 20,50° a 45,82° em 2020, com valores médios de 28,75° e 28,09° em 2019 e 2020, respectivamente (Tabela 2).

Em ambos os ciclos de produção, os valores de luminosidade da casca ficaram próximos nos três primeiros estágios de maturação com diminuição da luminosidade da casca nos frutos do estágio 3 para 4 (Tabela 2). Frutos vermelho-maduros tiveram média de 39,40 e 38,62 para luminosidade em 2019 e 2020, respectivamente. Os valores médios de croma variaram pouco entre os estágios de maturação. Nos frutos vermelhos-maduros, o croma foi em média 43,98 em 2019 e 42,05 em 2020 (Tabela 2).

3.2 Índice de seleção

De acordo com o índice de seleção, no primeiro ciclo de produção o melhor genótipo para consumo *in natura* foi o PROG 052 (Tabela 3), que se destacou principalmente pelos seus valores combinados de alto diâmetro de fruto (2,79 cm), massa de fruto (10,80 g) e firmeza de polpa (17,38 N), conforme demonstrado pela PCA (Figura 2 e 3). No segundo ciclo de produção, o genótipo PROG 052 também ficou entre os melhores genótipos para consumo *in natura*, sendo classificado com o segundo maior índice de seleção, conforme a PCA (Figura 4 e 5).

O genótipo 'BRS Rubra' teve o segundo e primeiro índices de seleção em 2019 e 2020, respectivamente, devido aos seus altos teores de SS de 9,33° (2019) e 12,40° Brix (2020) e altas razões SS / AT de 10,08 e 15,84 (Tabela 3). Além disso, em ambos os ciclos de produção os frutos da 'BRS Rubra' também apresentaram baixos valores de AT (0,93 e 0,79 g 100 g⁻¹) e AA (0,97 e 0,93 g 100 g⁻¹), conforme apontado pela PCA (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Os genótipos de acerola 'BRS Cabocla' e 'Costa Rica' tiveram o terceiro maior índice de seleção no primeiro e no segundo ciclo de produção, respectivamente (Tabela 3). 'BRS Cabocla' teve uma alta relação SS / AT de 8,78 em 2019, conforme apontado pelo PCA (Figura. 2 e 3). No segundo ciclo de produção, o alto índice de seleção de 'Costa Rica' é atribuído principalmente ao seu alto diâmetro (2,44 cm), massa (7,65 g) e teor de SS (12,00° Brix), conforme apontado na PCA (Figura 4 e 5).

O genótipo PROG 069 teve o quarto maior índice de seleção em ambos os ciclos de produção (Tabelas 3 e 4). Em 2019, o genótipo PROG 069 apresentou a maior firmeza de polpa (20,02 N) entre todos os genótipos, enquanto que em 2020 se

destacou por sua alta firmeza de polpa (13,96 N), SS (10,10° Brix) e relação SS / AT (10,40) e baixo AT (0,98%), de acordo com a PCA (Figura 4 e 5).

Tabela 1. Coeficientes de ponderação (K) adotados para os atributos físico-químicos de acerolas usados para a seleção dos genótipos mais promissores para consumo *in natura*.

Atributo físico-químico	K
Diâmetro	20
Massa	15
Firmeza de polpa	20
Soólidos solúveis	15
Acidez titulável*	15
Relação SS/AT	20
Ácido ascórbico*	15

* Para todos os atributos físico-químicos, exceto acidez titulável e ácido ascorbico, maiores valores são desejados.

Tabela 2. Valores médio, mínimo e máximo dos atributos físico-químicos de frutos de 35 genótipos do BAG de acerola da Embrapa Semiárido produzidos em dois ciclos de produção, em 2019 e 2020.

Atributos físico-químicos	Estádio 1			Estádio 2			Estádio 3			Estádio 4		
	Média	Amplitude	CV (%)	Média	Amplitude	CV (%)	Média	Amplitude	CV (%)	Média	Amplitude	CV (%)
Primeiro ciclo de produção (2019)												
Diâmetro (cm)	1,45	1,15 - 1,81	10,3	1,85	1,37 - 2,29	10,9	1,97	1,49 - 2,52	12,7	2,15	1,51 - 2,79	11,9
Massa (g)	1,83	0,88 - 3,29	29,1	3,51	1,72 - 6,48	32,7	4,20	1,89 - 8,60	38,6	5,23	1,81 - 10,80	35,5
Firmeza(N)	35,20	17,98 - 56,01	28,2	44,23	14,82 - 69,49	31,0	19,06	7,27 - 31,60	34,2	10,11	5,02 - 20,02	34,2
Luminosidade	59,10	31,43 - 73,17	12,3	57,74	28,88 - 68,29	13,5	54,52	31,73 - 69,58	12,2	39,40	32,67 - 44,15	7,9
Cromas	41,29	32,00 - 48,86	9,3	39,41	26,70 - 47,38	12,5	41,27	23,76 - 49,61	14,3	43,98	30,84 - 53,29	13,4
Ângulo <i>hue</i>	115,43	98,65 - 121,89	4,4	114,72	100,04 - 123,49	4,6	60,87	41,01 - 81,14	16,7	28,75	19,45 - 36,43	14,3
Sólidos solúveis (°Brix)	7,46	6,17 - 9,30	11,9	7,56	6,43 - 9,93	11,1	7,97	6,33 - 10,53	14,6	8,82	6,03 - 13,07	19,1
Ácido málico (AT%)	1,44	0,83 - 1,92	16,9	1,60	1,05 - 2,18	16,9	1,51	0,97 - 2,15	19,7	1,39	0,87 - 1,97	20,3
Relação SS/AT	5,38	3,80 - 8,61	21,0	4,86	3,36 - 7,71	20,6	5,49	3,51 - 8,67	24,0	6,55	4,06 - 10,81	23,7
Ácido ascórbico (AA%)	2,69	1,60 - 3,70	20,8	2,65	1,57 - 3,80	22,2	1,98	1,15 - 2,87	22,2	1,56	0,81 - 2,80	27,3
Segundo ciclo de produção (2020)												
Diâmetro (cm)	1,43	0,92 - 1,66	10,4	1,83	1,46 - 2,25	10,0	1,96	1,58 - 2,35	10,6	2,15	1,74 - 2,50	9,8
Massa (g)	1,73	0,93 - 2,69	24,3	3,31	1,73 - 6,08	28,0	3,99	2,15 - 6,59	28,8	5,12	2,86 - 8,00	27,8
Firmeza(N)	61,28	24,72 - 151,38	61,9	63,73	25,73 - 179,27	62,3	24,68	9,97 - 62,01	51,6	11,32	6,95 - 18,75	28,1
Luminosidade	59,79	33,48 - 71,24	11,2	59,55	15,27 - 73,90	16,3	54,63	38,91 - 66,46	11,8	38,62	32,47 - 51,83	12,7
Cromas	43,38	35,39 - 64,21	11,0	41,86	31,77 - 62,82	12,3	40,42	19,55 - 56,35	15,4	42,05	27,66 - 52,59	14,3
Ângulo <i>hue</i>	116,98	108,47 - 142,11	4,6	113,89	80,35 - 121,57	6,5	62,36	50,03 - 79,73	10,9	28,09	20,50 - 45,82	19,5
Sólidos solúveis (°Brix)	8,52	7,00 - 10,10	9,8	8,26	6,47 - 9,57	9,6	8,89	6,90 - 11,30	12,4	10,50	7,50 - 13,87	16,8
Ácido málico (AT%)	1,74	1,01 - 2,55	18,6	1,65	0,90 - 2,37	18,2	1,55	0,82 - 2,09	18,1	1,40	0,79 - 1,89	21,5
Relação SS/AT	5,12	3,61 - 9,57	21,1	5,21	3,36 - 10,58	25,1	5,97	4,19 - 11,22	23,4	7,93	4,91 - 15,84	31,7
Ácido ascórbico (AA%)	3,20	1,63 - 4,13	20,0	3,10	1,70 - 4,88	23,9	2,08	0,76 - 3,11	25,8	1,56	0,81 - 2,72	30,5

Tabela 3. Atributos físico-químicos de diâmetro, firmeza do fruto (FF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos e classificação de 35 genótipos de acerolas com base no índice de seleção multivariada usado para identificar os genótipos mais promissores para o consumo *in natura*. Todos os genótipos foram produzidos no ciclo produtivo de 2019, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

	Genótipos	Diâmetro (cm)	Massa (g)	FF (N)	SS (° Brix)	Ácido málico (AT%)	Relação SS/AT	Ác. ascórbico (AA%)	Índice de seleção
1º	PROG 052	2,79	10,80	17,38	8,00	1,49	5,39	1,48	76,11
2º	BRS Rubra	2,24	4,95	8,48	9,33	0,93	10,08	0,97	74,10
3º	BRS Cabocla	2,42	6,51	10,20	10,27	1,18	8,78	1,52	72,37
4º	PROG 069	2,34	5,54	20,02	7,87	1,32	6,04	1,43	68,17
5º	CARP 01	2,51	8,07	8,18	7,50	1,11	6,77	1,02	66,59
6º	Olivier	1,93	4,08	7,48	8,93	0,92	9,73	0,82	65,85
7º	PROG 233	1,97	4,06	5,14	11,27	1,06	10,81	1,33	65,76
8º	UEL 03	2,31	7,08	13,49	9,20	1,28	7,20	1,87	65,06
9º	PROG 123	2,23	5,90	9,39	7,47	0,97	7,69	1,36	62,22
10º	Costa Rica	2,30	5,59	6,42	11,43	1,43	8,08	1,48	61,25
11º	PROG 215	2,18	5,43	7,60	6,63	0,87	7,66	1,02	60,31
12º	ACO 17	2,13	5,07	11,12	10,70	1,48	7,29	1,55	58,88
13º	PROG 081	2,59	8,97	12,46	6,03	1,39	4,34	1,45	57,66
14º	ACO 18	2,10	5,49	12,90	6,60	1,11	5,95	1,20	56,47
15º	ACO 10	1,85	3,69	16,16	11,20	1,66	6,93	1,60	56,09
16º	RECI 02	2,38	6,83	9,45	8,80	1,46	6,03	1,57	55,84
17º	PROG 023	2,09	4,74	14,21	10,30	1,52	6,75	1,97	55,67
18º	PROG 195	2,16	5,20	10,23	7,67	1,18	6,51	1,42	54,69
19º	PROG 122	2,27	6,03	9,41	7,93	1,41	5,67	1,32	52,38
20º	Okinawa	2,35	7,07	10,66	10,70	1,78	6,01	2,20	52,26
21º	BV 07	2,03	4,20	7,10	7,27	1,12	6,52	0,81	51,41
22º	ACO 35	1,80	2,60	8,03	13,07	1,66	7,96	1,64	49,39
23º	ALHA 06	2,31	6,68	9,67	9,43	1,78	5,30	1,74	48,32
24º	PROG 188	2,31	6,17	10,71	9,40	1,71	5,51	2,03	48,19
25º	ACO 03	2,21	4,40	7,16	8,97	1,53	5,89	1,25	47,48
26º	PROG 216	1,86	3,72	11,63	11,13	1,68	6,65	1,92	46,60
27º	Valéria	2,33	6,28	6,06	8,13	1,53	5,36	1,41	46,46
28º	PROG 102	2,16	2,16	10,16	8,50	1,39	6,14	1,70	45,22
29º	Barbados	1,96	3,37	6,46	6,67	1,15	5,79	1,20	41,29

30°	PROG 244	2,04	4,19	13,37	7,47	1,65	4,52	1,88	39,12
31°	PROG 046	1,93	3,93	9,27	7,07	1,33	5,32	1,70	38,73
32°	Dominga	1,87	3,45	7,82	7,70	1,37	5,64	1,70	36,81
33°	PROG 135	1,98	4,53	13,57	8,00	1,97	4,06	2,37	30,72
34°	PROG 142	1,82	4,51	7,58	7,77	1,44	5,39	2,80	27,64
35°	Camta	1,51	1,81	5,02	10,27	1,85	5,55	1,89	21,94
	Média	2,15	5,23	10,11	8,82	1,39	6,55	1,56	-
	Amplitude	1,51-2,79	1,81-10,80	5,02-20,02	6,03-13,07	0,87-1,97	4,06-10,81	0,81-2,80	-
	CV (%)	11,9	35,5	34,2	19,1	20,3	23,7	27,3	-

Tabela 4. Atributos físico-químicos de diâmetro, firmeza da polpa (FF), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos e classificação de 35 genótipos de acerolas com base no índice de seleção multivariada usado para identificar os genótipos mais promissores para o consumo *in natura*. Todos os genótipos foram produzidos no ciclo produtivo de 2020, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

	Genótipos	Diâmetro (cm)	Massa (g)	FF (N)	SS (° Brix)	Ácido málico (AT%)	Relação SS/AT	Ácido ascórbico (AA%)	Índice de seleção
1º	BRS Rubra	2,35	6,38	14,31	12,40	0,79	15,84	0,93	99,54
2º	PROG 052	2,39	7,34	12,94	12,17	1,38	8,87	1,00	78,96
3º	Costa Rica	2,44	7,65	9,70	12,00	1,39	8,71	1,16	73,81
4º	PROG 069	2,22	6,18	13,96	10,10	0,98	10,40	1,50	72,45
5º	Olivier	2,36	5,83	9,34	12,10	1,16	10,47	1,20	72,04
6º	PROG 215	2,29	5,81	17,55	9,67	1,29	7,62	1,18	71,35
7º	BRS Cabocla	2,40	7,20	14,98	10,90	1,41	7,84	1,80	70,72
8º	UEL 03	1,79	2,90	10,46	13,87	0,89	15,55	0,94	69,29
9º	Okinawa	2,47	8,00	18,60	8,10	1,65	4,91	1,46	68,44
10º	ACO 17	2,10	4,47	12,73	11,50	1,15	10,02	1,30	63,81
11º	PROG 188	2,41	6,36	10,28	11,33	1,55	7,47	1,41	62,19
12º	PROG 102	2,15	5,42	18,75	7,50	1,14	6,61	1,46	61,48
13º	PROG 195	2,29	5,92	13,46	11,23	1,51	7,45	1,70	61,18
14º	PROG 123	2,07	4,50	11,47	12,63	1,22	10,36	1,60	61,09
15º	PROG 023	2,24	5,38	14,51	8,00	1,17	6,83	1,29	58,88
16º	PROG 233	2,25	5,73	10,38	8,73	1,15	7,56	1,05	58,40
17º	ACO 35	2,12	4,71	11,23	10,13	0,97	10,41	1,92	57,76
18º	Valéria	2,26	5,08	11,56	10,23	1,33	7,84	1,61	56,06
19º	BV 07	2,25	5,91	8,47	7,77	1,11	6,99	0,81	54,94
20º	CARP 01	2,09	4,99	8,39	11,90	1,28	9,53	1,64	53,33
21º	ACO 18	2,18	5,25	11,10	7,90	1,19	6,65	1,25	50,71
22º	ACO 10	1,84	3,28	14,56	12,00	1,63	7,35	0,90	49,66
23º	PROG 081	2,50	7,55	10,77	9,33	1,69	5,50	2,54	49,66
24º	ACO 03	1,90	3,69	11,54	13,87	1,88	7,41	1,72	41,80
25º	PROG 046	2,20	5,18	12,56	9,37	1,81	5,17	1,87	41,03
26º	Dominga	2,04	4,02	7,54	10,60	1,38	7,70	1,93	37,83
27º	PROG 122	2,08	4,27	10,41	9,27	1,66	5,59	1,52	36,90
28º	ALHA 06	2,15	5,05	7,49	9,23	1,42	6,52	2,08	36,35

29°	PROG 135	2,07	4,58	10,15	9,07	1,79	5,08	1,28	35,79
30°	RECI 02	2,00	3,73	7,41	12,23	1,65	7,63	2,22	33,42
31°	PROG 216	1,89	3,60	7,94	12,93	1,78	7,27	1,93	32,54
32°	PROG 142	1,96	3,92	9,48	10,63	1,64	6,47	2,72	26,78
33°	PROG 244	1,83	2,99	6,95	8,43	1,23	6,91	1,65	26,04
34°	Barbados	1,81	2,86	7,62	9,63	1,86	5,22	1,55	18,09
35°	Camta	1,74	3,39	7,49	10,70	1,89	5,69	2,53	12,87
	Média	2,15	5,12	11,32	10,50	1,40	7,93	1,56	-
	Amplitude	1,74 - 2,50	2,86 - 8,00	6,95 - 18,75	7,50 - 13,87	0,79 - 1,89	4,91 - 15,84	0,81 - 2,72	-
	CV (%)	9,8	27,8	28,1	16,8	21,5	31,7	30,5	-

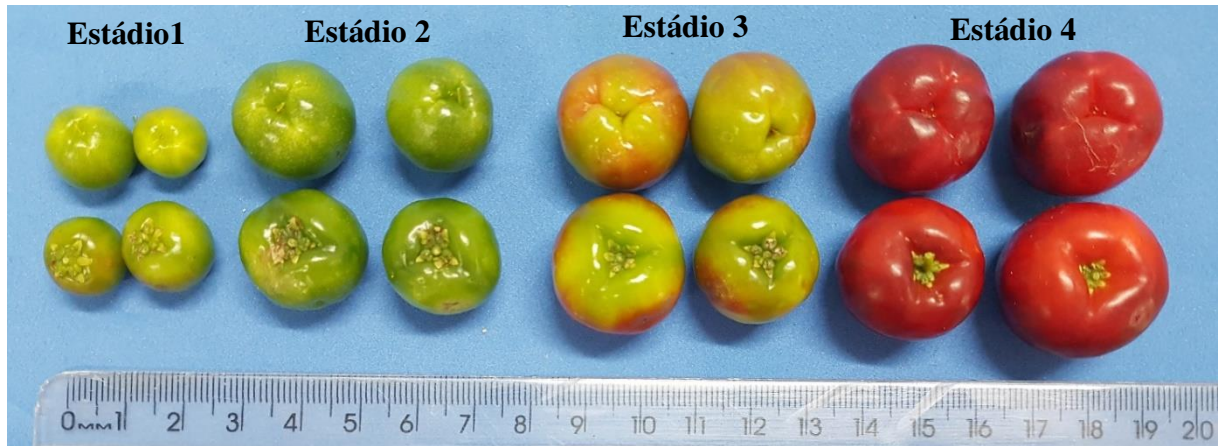


Figura 1. Frutos de acerola no estágio de maturação 1, 2, 3 e 4, produzidos no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

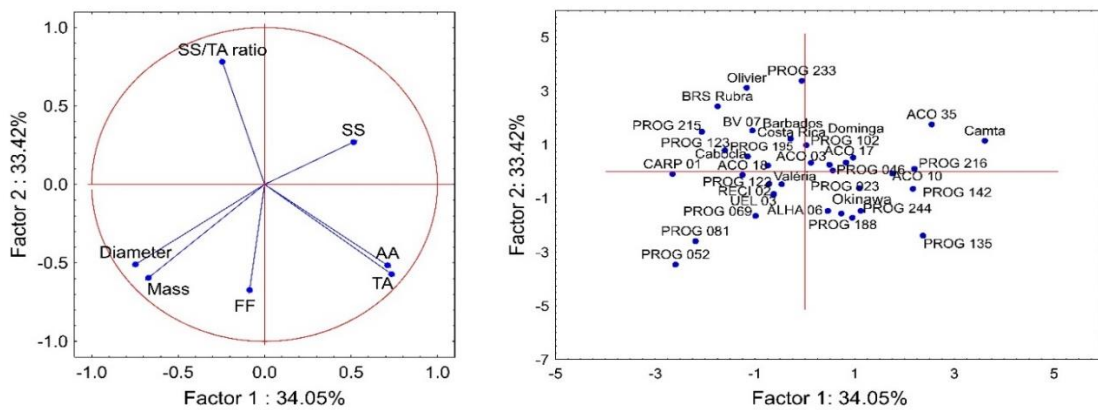


Figura 2. Análise de componentes principais(PC1 vs PC2) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2019 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

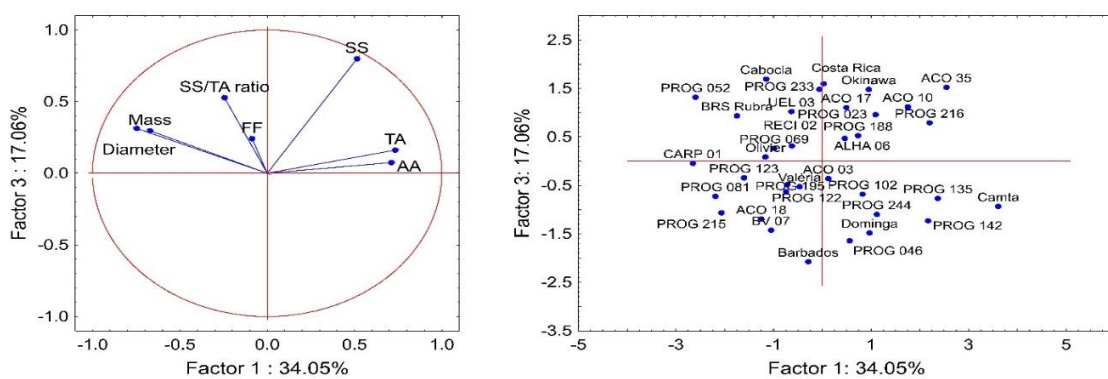


Figura 3. Análise de componentes principais(PC1 vs, PC3) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2019 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil

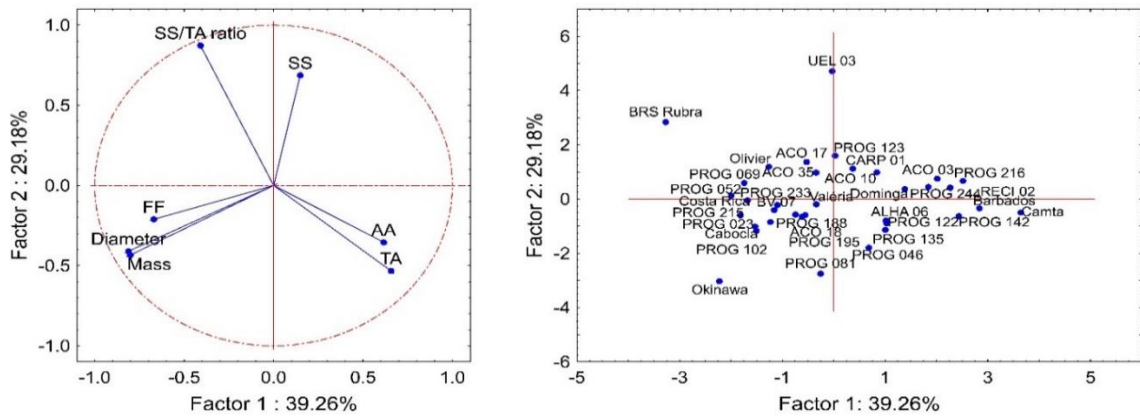


Figura 4. Análise de componentes principais (PC1 vs, PC2) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2020 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

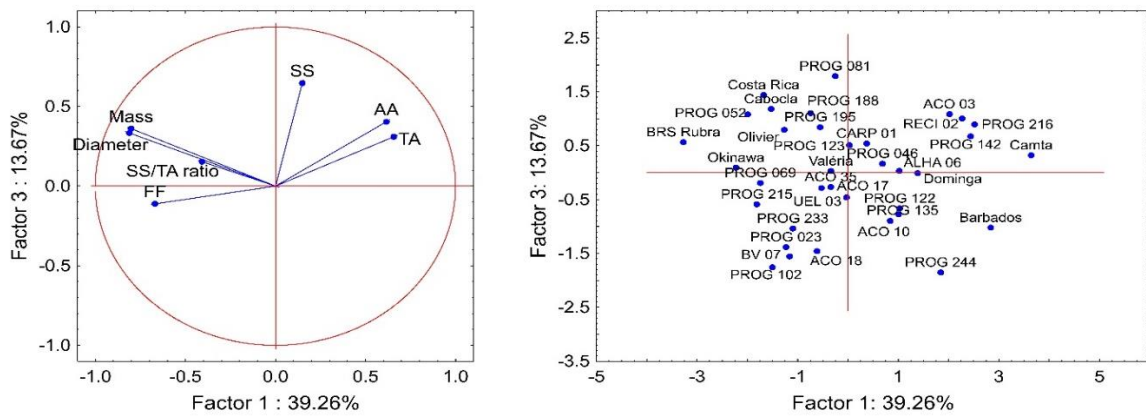


Figura 5. Análise de componentes principais (PC1 vs, PC3) para 35 genótipos de acerola colhidos no estágio de maturação vermelho-maduro. Genótipos produzidos em 2020 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

4 DISCUSSÃO

Do estágio de maturação 1 para o 2, os frutos de acerola apresentaram aumento de diâmetro e massa, causados pelo aumento exponencial do número de células seguido de expansão celular, com acúmulo de carboidratos e água (CARRINGTON e KING, 2002).

O aumento do tamanho do fruto foi progressivo com o avanço da maturação. De fato, de acordo com Carrington e King (2002), a alta taxa de crescimento dos frutos ocorre principalmente nos primeiros 14 dias após a antese, diminuindo nos estádios de maturação mais avançados. Este padrão de crescimento pode explicar a ampla faixa de massa fresca dos frutos observada em frutos mais maduros, em comparação com frutos em estádios iniciais de desenvolvimento.

Muitos genótipos apresentaram diâmetro e massa médios superiores aos genótipos comumente cultivados no Vale do São Francisco, como 'Flor Branca', 'Sertaneja', 'Okinawa' e 'Costa Rica' (BATISTA et al., 2015). O diâmetro e a massa do fruto são características importantes para a seleção de genótipos, uma vez que frutos maiores produzem maior quantidade de polpa e são mais desejáveis para consumo *in natura* (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2000). As exigências do mercado estabeleceram que a acerola destinada ao consumo *in natura* deve ter diâmetro mínimo de 1,5 cm e massa de 4 g (BRAZILIAN FRUIT INSTITUTE, 1995). Nesse caso, todos os genótipos avaliados neste estudo apresentaram valores de diâmetro médio acima do mínimo exigido em ambos os ciclos de produção, enquanto a massa mínima do fruto foi atendida apenas em 27 (77,1%) e 25 (71,4%) genótipos em 2019 e 2020, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Os frutos apresentaram uma redução pronunciada na firmeza de polpa durante a transição dos dois estádios verdes para estádios mais avançados de maturação. O amolecimento dos frutos em estádios avançados está associado ao aumento da atividade de enzimas de degradação da parede celular, bem como ao aumento da perda de pressão de turgor celular (SANTOS et al., 2019). Além disso, os frutos da acerola apresentam taxa respiratória extremamente elevada, o que é consistente com sua própria perecibilidade e fragilidade após a colheita (CARRINGTON e KING, 2002; QUOC et al., 2015).

A firmeza da polpa é uma das características físicas mais importantes, uma vez que essa variável é necessária para uma maior vida útil dos frutos (SOUZA et al.,

2017). Comparado com outros frutos, a acerola apresenta menor firmeza de polpa (BATISTA et al., 2015), tornando-a mais suscetível a danos mecânicos e encurtando sua vida útil. Nesse sentido, a seleção de genótipos com maior firmeza de polpa é importante para garantir maior vida útil e minimizar perdas.

No presente estudo, os frutos maduros vermelhos apresentaram uma firmeza de polpa média de 10,12 N (2019) e 11,32N (2020) (Tabela 2), valores maiores do que os observados em 45 genótipos de acerola cultivados em outra região semiárida do Brasil (MOURA et al., 2007). Portanto, os resultados do presente estudo permitem selecionar genótipos mais resistentes aos danos mecânicos e, conseqüentemente, maior vida útil, os quais podem ser utilizados para cultivo comercial, bem como em programas de melhoramento genético.

De maneira geral, a acerola é um fruto altamente ácido (DELVA e SCHNEIDER, 2013). Por conseguinte, os programas de melhoramento genético de frutos para o consumo *in natura* devem selecionar frutos com teor de SS elevado e baixa AT (MATSUURA et al., 2001). Os frutos vermelhos apresentaram teores médios de SS de 8,82 e 10,50 °Brix, assim como faixas amplas de SS variando de 6,03 a 13,07 °Brix e 7,50 a 13,87 °Brix no primeiro e segundo ciclos de produção, respectivamente. Moura et al. (2007) relataram variação no teor de SS entre 3 a 11° Brix em genótipos de acerola cultivados sob condições semiáridas. Ribeiro e Freitas (2020) observaram teores de SS semelhantes entre frutos nos estádios de maturação verde e intermediário, com aumento do teor de SS no estágio vermelho. Para frutos vermelhos, esses autores encontraram valores de 7,7 a 8,6 °Brix nas acerolas 'Flor Branca' e 'Junko', respectivamente.

Além do efeito do genótipo na qualidade dos frutos, a radiação solar e a irrigação também podem influenciar o teor de SS. Alves et al. (1999) relataram que a irrigação excessiva pode causar um efeito de diluição no teor de SS da fruta. Portanto, práticas culturais adequadas e a escolha de genótipos que proporcionem maior acúmulo de carboidratos nos frutos são essenciais para a produção de acerola com sabor adequado ao consumidor.

Os valores de AT em frutos vermelhos maduros foram ligeiramente superiores aos encontrados por Moura et al. (2007) em 45 genótipos de acerola (0,53-1,52% de ácido málico). Embora os valores de SS e AT tenham um efeito importante na qualidade de consumo, a relação SS/AT pode ter um papel ainda maior do que cada

atributo isoladamente, pois essas variáveis isoladas podem representar um falso indicativo de sabor dos frutos (CAVALCANTE et al., 2007). Ribeiro e Freitas (2020) encontraram valores médios de relação SS/AT de 5,06 e 4,57, respectivamente, em frutos das variedades 'Flor Branca' e 'Junko'. No presente estudo, verificou-se uma ampla variação de SS/AT entre os genótipos.

A redução no conteúdo de AA durante o amadurecimento se deve ao aumento da atividade da ascorbato oxidase, principal enzima responsável pela degradação do ácido ascórbico durante o amadurecimento da acerola (BUTT, 1980). Outros estudos associaram a degradação do ácido ascórbico à oxidação bioquímica, após a detecção da presença de 3-hidroxi-2-piona, um produto da degradação oxidativa do ácido ascórbico, em acerolas maduras (VENDRAMINI e TRUGO, 2000). O conteúdo de AA em frutos de acerola é determinado por fatores genéticos e ambientais, como a radiação solar no dossel, temperatura, umidade relativa e disponibilidade de água, bem como condições de manuseio e armazenamento pós-colheita (DELVA e SCHNEIDER, 2013; MATSUURA et al., 2001). Além disso, frutos de plantas propagadas por sementes costumam ter menor teor de AA do que frutos de plantas propagadas assexuadamente (MOHAMMED, 2011).

Em todo o mundo, o uso medicinal da acerola é muito comum, onde têm sido utilizada como remédio contra gripes e resfriados, distúrbios pulmonares, doenças hepáticas e irregularidades da vesícula biliar (ASSIS et al., 2001). O ácido ascórbico é o principal composto bioativo encontrado na acerola, devido à sua alta atividade antioxidante, além de seu papel fundamental na biossíntese de colágeno, carnitina e neurotransmissores (PRAKASH e BASKARAN, 2018). Siqueira et al. (2020) constataram que a vitamina C é um nutriente de baixo custo na dieta brasileira e equivale 1 centavo para 30% das recomendações diárias desse nutriente quando consumido na forma de suco de acerola.

Devido ao seu teor elevado de AA, a acerola é geralmente desejada pela indústria farmacêutica e alimentícia, e o seu uso para a produção de nutracêuticos tem aumentado na última década (BENJAMIM et al., 2015). Para isso, são indicados frutos imaturos devido ao maior teor de AA, em comparação com frutos maduros. Por outro lado, nos frutos destinados ao consumo *in natura*, o teor de AA e consequentemente a AT, devem ser ligeiramente inferiores.

A variação no ângulo *hue* entre os genótipos, para frutos do estágio 3, provavelmente ocorreu devido à diferença no acúmulo de carotenoides da casca. Mudanças na cor do fruto, de verde para amarelo, estão associadas à degradação de clorofilas, conversão de cloroplastos em cromoplastos e aumento da síntese de carotenoides (ALVES et al., 1995; ROSSO e MERCADANTE, 2005). Fatores genéticos também estão associados à regulação das vias biossintéticas desses pigmentos (LIMA et al., 2005), e essa é uma explicação possível para a diferença na cor amarela/laranja mais intensa de alguns genótipos em relação a outros, durante o amadurecimento.

Para frutos vermelhos maduros, os valores de ângulo *hue* foram próximos aos encontrados nas acerolas 'Junko' (24,9°) e inferiores aos de acerolas 'Flor Branca' (60,8°) avaliadas por Ribeiro e Freitas (2020). O amadurecimento da acerola é caracterizado pelo desenvolvimento de coloração avermelhada ou roxa, dependendo do genótipo, devido à síntese de antocianinas. A cor da casca é um parâmetro normalmente utilizado como índice de maturação e, conseqüentemente, é utilizado como principal critério para definir a maturação de colheita do fruto (DELVA e SCHNEIDER, 2013). Além do impacto visual no consumidor, as antocianinas também são importantes por suas propriedades medicinais, atividade antioxidante, anti-inflamatória, anti-hipertensiva, antiaterosclerótica e anticâncer, reduzindo os danos oxidativos causados por radicais livres ao organismo humano (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2017; SOUZA et al., 2014).

A redução da luminosidade da casca de acerola indica um escurecimento durante as mudanças de verde claro para vermelho escuro. O valor médio de luminosidade observado para todos os genótipos neste estudo é superior ao encontrado nas cultivares de acerola Okinawa, Sertaneja, Flor Branca e Costa Rica (20,48-23,68) estudadas por Batista et al. (2015). Os mesmos autores também encontraram um ângulo *hue* inferior nesses genótipos, o que indica que as cultivares de acerola roxa são mais escuras. O croma representa a saturação ou pureza da cor, indicando cores opacas (croma baixo) ou cores vivas (croma alto). Observamos que os valores médios de croma variaram pouco entre os estágios de maturidade.

No presente estudo, o índice de seleção foi aplicado para classificar e identificar genótipos de acerola vermelha madura com o maior potencial para consumo *in natura*. O índice de seleção multivariada combina diferentes atributos de qualidade (diâmetro,

massa, firmeza de polpa, SS, AT, SS/AT e AA) em um único índice, usado para classificar genótipos com base em sua qualidade para consumo *in natura* (BARTH et al., 2020; POGGETTI et al., 2017). O melhor genótipo para consumo *in natura* no primeiro ciclo de produção foi PROG 052, destacando-se principalmente pelos valores combinados de maior diâmetro, massa e firmeza de polpa. Esses são os principais atributos físicos a ser considerado na escolha de genótipos de acerola para consumo *in natura* (SEMENSATO e PEREIRA, 2000). O genótipo PROG 052 também ficou entre os melhores genótipos para consumo *in natura* no segundo ciclo de produção, com o segundo maior índice de seleção.

Foi obtido maior teor de SS para 'BRS Rubra', bem como a menor AT. Esses resultados estão de acordo com Godoy et al, (2008) e Mamede et al. (2009), que compararam cultivares de acerola e verificaram maior teor de SS para 'BRS Rubra', bem como a menor AT e o melhor desempenho na análise sensorial entre todos os genótipos avaliados.

Os genótipos 'BRS Cabocla' e 'Costa Rica' tiveram o terceiro maior índice de seleção em 2019 e 2020, respectivamente, 'BRS Cabocla' é uma variedade de acerola brasileira lançada em 2002 e é utilizada para consumo *in natura*, em forma de polpa e suco (RITZINGER e RITZINGER, 2011; RITZINGER et al., 2017). As acerolas 'BRS Cabocla' tiveram uma alta relação SS / AT com valores de 8,78 em 2019, próximo ao encontrado por Godoy et al. (2008) para esta mesma variedade. Para o genótipo 'Costa Rica', o alto índice de seleção é atribuído principalmente ao alto diâmetro, massa e teor de SS dos frutos. Esses resultados corroboram os encontrados por Batista et al. (2015) para esta mesma variedade.

O genótipo 'PROG 069' ficou em quarto lugar em ambos os ciclos de produção, de acordo com o índice de seleção multivariado. Este genótipo apresentou alta firmeza de polpa em ambos os ciclos de produção, incluindo o maior valor entre os genótipos para este parâmetro em 2019, o que é importante para garantir maior vida pós-colheita dos frutos.

5 CONCLUSÕES

Observou-se elevada variabilidade na qualidade físico-química dos frutos, entre os genótipos de acerola produzidos no Semiárido brasileiro.

O índice de seleção multivariada foi uma ferramenta poderosa para identificar genótipos com potencial para consumo *in natura*, pois permitiu selecionar genótipos com múltiplas características desejáveis.

Os genótipos de acerola PROG 052, BRS Rubra, BRS Cabocla, Costa Rica e PROG 069 apresentaram o maior potencial para consumo *in natura* devido à presença de múltiplas características desejáveis como maior diâmetro, massa, firmeza de polpa, SS e relação SS/AT, bem como menor acidez.

6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. The protective effect of acerola (*Malpighia emarginata*) against oxidative damage in human dermal fibroblasts through the improvement of antioxidant enzyme activity and mitochondrial functionality. **Food and Function**, v. 8, n. 9, p. 3250–3258, 2017.

ALVES, R. E. et al. Brazilian experience on the handling of acerola fruits for international trade: Harvest and postharvest recommendations. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 31–36, 1999.

ALVES, R. E.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: Maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 223–229, 1995.

ASSIS, S. A. et al. Acerola: importance, culture conditions, production and biochemical aspects. **Fruits**, v. 63, n. 2, p. 93–101, 2008.

ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, v. 74, n. 2, p. 133–137, 2001.

BATISTA, P. F. et al. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the lower basin of the são francisco valley. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 46, n. 1, p. 176–184, 2015.

BARTH, E. et al. Selection of Experimental Hybrids of Strawberry Using Multivariate Analysis. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 598, 2020.

BERTINI, C.H.C.M. et al. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.

BENJAMIN, S. R. et al. Electroanalysis for quality control of acerola (*Malpighia emarginata*) fruits and their commercial products. **Food Analytical Methods**, v. 8, n. 1, p. 86–92, 2015.

BRAZILIAN FRUIT INSTITUTE. **Soluções fruta a fruta: acerola**. São Paulo: IBRAF,

1995.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPF, P. K.; CONN, E. E. (Eds.). **The biochemistry of plants: a comprehensive treatise**. [s.l: s.n.]. p. 81–123.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. et al. Seleção de genótipos parentais de acerola com base na divergência genética multivariada. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1613–1619, 2000.

CARRINGTON, C. M. S.; KING, R. A. G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 1, p. 1–7, 2002.

CAVALCANTE, Í. H. L. et al. Preliminary selection of acerola genotypes in Brazil. **Fruits**, v. 62, n. 1, p. 27–34, 2007.

DELVA, L.; SCHNEIDER, R. G. Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, Postharvest Handling, Nutrition, and Biological Activity. **Food Reviews International**, v. 29, n. 2, p. 107–126, 2013.

FURLANETO, F. P. B.; NASSER, M. D. Panorama da cultura da acerola no estado de São Paulo. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 1, 2015.

GODOY, R. C. B. et al. Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo in natura e para elaboração de doces. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 197–204, 2008.

HANAMURA, T.; UCHIDA, E.; AOKI, H. Changes of the composition in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit in relation to cultivar, growing region and maturity. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 88, p. 1813–1820, 2008.

LIMA, V. L. A. G. et al. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565–568, 2005.

MAGALHÃES, D. S. et al. Genetic diversity among accessions of acerola based on the quality of fruits. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 2, p. 133–141, 2018.

MAMEDE, M. E. O. et al. Physico-chemical and sensorial evaluation of new varieties of acerola. **British Food Journal**, v. 111, n. 4, p. 387–395, 2009.

MARANHÃO RIBEIRO, C. M. C. et al. Fruit development and ripening of acerola 'Okinawa' cultivar. **Acta Horticulturae**, v. 1198, p. 199–204, 2018.

MATSUURA, F. C. A. U. et al. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 602–606, 2001.

MEZADRI, T. et al. El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 2, p. 101–109, 2006.

MOHAMMED, M. Acerola (*Malpighia emarginata* DC.). In: YAHIA, E. M. (Ed.). . **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Açai to citrus**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011. p. 27–47.

MOURA, C. F. H. et al. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 52–57, 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, n.1, p.40-51, 1978

POGGETTI, L. et al. Morphological and carpological variability of walnut germplasm (*Juglans regia* L.) collected in North-Eastern Italy and selection of superior genotypes. **Scientia Horticulturae**, v. 225, n. March, p. 615–619, 2017.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit : a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3373–3384, 2018.

QUOC, L. P. T. et al. Effect of Xanthan gum Solution on the Preservation of Acerola (*Malpighia glabra* L.). **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 48, n. 3, p. 89-97, 2015.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 260, n. April 2019, p. 108901, 2020.

RITZINGER, R. et al. Advances in the propagation of acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. e928, 2017.

RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia punicifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, v. 38, n. 8–9, p. 1073–1077, 2005.

SANTOS, C. P. et al. Transcriptome analysis of acerola fruit ripening: insights into ascorbate, ethylene, respiration, and softening metabolisms. **Plant Molecular Biology**, v. 101, n. 3, p. 269–296, 2019.

SEMENSATO, L. R.; PEREIRA, A. S. Características de frutos de genótipos de aceroleira cultivados sob elevada altitude. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2529–2536, 2000.

SIQUEIRA, K. B. et al. Custo benefício dos nutrientes dos alimentos consumidos no Brasil. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 1129–1135, 2020.

SOUZA, K. O. et al. Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from cv . Flor Branca, Florida Sweet and BRS 366. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 294–304, 2014.

SOUZA, K. O. et al. Quality of acerola (*Malpighia emarginata*) treated with gibberelic acid and stored under refrigeration. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, p. e574, 2017.

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

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, n. 2, p. 195–198, 2000.

CAPÍTULO 3: CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESPECTRÔMETRO VIS-NIR PORTÁTIL PARA A DETERMINAÇÃO RÁPIDA DA QUALIDADE DE GENÓTIPOS DE ACEROLA PRODUZIDOS NO VALE DO SÃO FRANCISCO

RESUMO: A acerola (*Malpighia emarginata D.C*) é uma fruta originária das américas, a qual vem sendo cultivada também em outras regiões subtropicais do mundo. O fruto possui alta concentração de ácido ascórbico (AA), o que tem estimulando o seu consumo devido as propriedades nutracêuticas relacionadas a sua alta capacidade antioxidante. A espectroscopia NIR é uma técnica utilizada para a determinação da composição física e química de uma amostra, apresentando as vantagens de ser um método rápido, prático, preciso, assim como necessitar de um preparo mínimo da amostra e não utilizar reagentes para as análises. O objetivo deste trabalho foi calibrar e validar um espectrômetro NIR portátil para a avaliação da qualidade de frutos de acerola de diferentes genótipos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido, localizado no Vale do São Francisco. Foram colhidos trinta e seis genótipos em quatro estádios de maturação, sendo 1) verde pequeno, 2) verde grande, 3) como início da pigmentação vermelha e 4) totalmente vermelhos. As amostras utilizadas na calibração e validação foram representadas por 10 frutos de cada genótipo em cada estádio de maturação. Logo após a colheita, cada amostra de 10 frutos foi utilizada para a extração do suco, o qual foi utilizado para coletar dados espectrais com um espectrômetro F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos) que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm. Após a coleta dos dados espectrais, as amostras de suco foram submetidas as análises de referência para os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico. Os dados espectrais e de referência foram então utilizados para desenvolver modelos de calibração multivariada por regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS, do inglês "*Partial Least Squares*"). De acordo com os resultados obtidos, os modelos desenvolvidos para determinar parâmetros de qualidade nos trinta e seis genótipos resultaram em baixa performance e precisão. Entretanto, modelos de calibração desenvolvidos para grupos de genótipos com similaridades espectrais apresentaram maior precisão na avaliação dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico. Logo, recomenda-se o desenvolvimento de modelos de calibração com base em grupos de genótipos com semelhanças espectrais, para que seja possível obter modelos de calibração mais precisos, e assim, podendo ser utilizados para o monitoramento da qualidade de diferentes genótipos de acerola. Modelos com maior precisão podem ser obtidos com a inclusão de mais genótipos e amostras de frutos em cada grupo de calibração.

Palavras chaves: *Malpighia emarginata D.C*; qualidade; espectroscopia.

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C) é uma fruta originária das américas, a qual vem sendo cultivada também em outras regiões subtropicais do mundo. As maiores áreas cultivadas encontram-se no Brasil, sendo o nordeste brasileiro a principal região produtora da fruta. Na região nordeste, a produção da acerola ocorre principalmente no Vale do São Francisco, a qual é responsável por 64% da produção nacional apresentando um rendimento de 6 mil toneladas por ano (MENDES et al., 2012; IBGE, 2019).

A acerola é uma fruta com alta concentração de ácido ascórbico (AA), o que tem estimulando o seu consumo devido as propriedades nutracêuticas relacionadas a sua alta capacidade antioxidante e combate a radicais livres no organismo humano (HANAMURA e AOKI, 2008; SILVA et al., 2016). Esta fruta também é uma importante fonte de proteínas, carotenoides, tiamina, riboflavina, niacina, e nutrientes minerais (RITZINGER e RITZINGER, 2004). Estudos indicam que o consumo de duas acerolas pode suprir as necessidades diárias recomendadas de AA para o indivíduo adulto, prevenindo contra uma diversidade de doenças como certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, cataratas, bem como na cicatrização de feridas e modulação imune (LEE e KADER, 2000; CAVALARI e SANCHES, 2018; SERAGLIO et al., 2018).

A análise de AA em frutos como acerolas é realizada por meio de métodos que demandam muita mão de obra e reagentes químicos (STROHECKER e HENNING, 1967), resultando em um processo demorado e com altos custos financeiros e ambientais. Nesse sentido, a agroindústria necessita de novos métodos rápido, práticos e precisos para monitorar em tempo real a qualidade de frutas destinadas ao mercado *in natura* ou ao processamento. Em acerolas, os principais parâmetros utilizados para determinar a qualidade dos frutos destinados ao consumo *in natura* ou processamento são os teores de AA, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT). Estudos anteriores mostram que estes parâmetros de qualidade podem ser monitorados de forma rápida, prática e precisa com o uso da espectroscopia de infravermelho próximo (*Near Infrared Spectroscopy*, NIR) (MALEGORI et al., 2016; AMARAL et al., 2017; MALEGORI et al., 2017).

A espectroscopia NIR é uma técnica utilizada para a determinação da composição física e química de uma determinada amostra, apresentando as vantagens de ser um método rápido, prático, preciso, assim como necessitar de um

preparo mínimo de amostra e não utilizar reagentes para as análises (ALAMAR, 2016; KLJUSURIC et al., 2020). Nesse contexto, essa tecnologia vem sendo recomendada para a análise de diversos frutos, como manga, pera, maçãs, acerola entre outros (RAGHAVENDRA et al., 2021; MALEGORI et al., 2017; PISSARD et al., 2021). A aplicação desta tecnologia para o monitoramento dos teores de AA, SS e AT em acerolas trará grandes vantagens para um monitoramento mais eficiente da qualidade dos frutos destinados ao consumo *in natura* ou processamento, bem como em programas de melhoramento genético desta espécie, pois possibilitará uma análise rápida e precisa da qualidade dos frutos (GARCIA et al., 2013). Entretanto, o uso desta tecnologia requer a calibração e validação do uso de espectrômetros NIR para esta finalidade, garantindo assim a alta precisão destes equipamentos na avaliação da qualidade dos frutos.

Estudos têm sido realizados no Programa de Melhoramento Genético de Aceroleira da Embrapa Semiárido com intuito de entender mais sobre a viabilidade genética dos acessos dessa espécie, que são conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG). Nessa perspectiva está sendo realizado a seleção de genótipos que serão destinados para uso na indústria de processamento ou para o consumo *in natura* (SOUZA et al., 2017). Dessa forma, o desenvolvimento de métodos confiáveis, rápidos, práticos e precisos para monitorar os teores de AA, SS e AT será importante para a avaliação de uma grande quantidade de genótipos com frutos em diferentes estádios de maturação, visando a seleção de genótipos superiores para produção comercial, bem como para cruzamentos destinados a obtenção de novos genótipos (GARCIA et al., 2013; MORAES et al., 2019).

O objetivo deste trabalho foi calibrar e validar um espectrômetro NIR portátil para a avaliação da qualidade de genótipos de acerola produzidos no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido, localizado no Vale do São Francisco.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Genótipos de acerola e condições de cultivo

Os genótipos de acerola utilizados neste trabalho foram produzidos no Banco Ativo de Germoplasma de Acerola (BAG) da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil (09°09' S, 40°22' O e 365 m de altitude). O clima da região é classificado como Bsh, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 26 °C,

precipitação de 500 mm e umidade relativa de 66%. As plantas foram irrigadas diariamente, e a quantidade de água aplicada foi determinada de acordo com a evapotranspiração da cultura. A adubação e o tratamento fitossanitário foram conduzidos de acordo com as recomendações técnicas (RITZINGER et al., 2003). Neste trabalho, foram utilizados trinta e seis genótipos, os quais foram colhidos em dois ciclos de produção, em 2019 e 2020. Cada genótipo foi colhido em quatro estádios de maturação, sendo 1) fruto verde pequeno, 2) fruto verde grande, 3) fruto com início de pigmentação vermelha e 4) fruto totalmente vermelho. Após a colheita, os frutos foram levados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde foram utilizados para a coleta dos espectros NIR e posteriormente submetidos as análises de referência, conforme descrito abaixo.

2.2 Análises de referência

Apenas frutos saudáveis, sem danos, foram selecionados para os processos de calibração e validação do espectrômetro NIR. As amostras utilizadas na calibração e validação foram representadas por 10 frutos de cada genótipo, em cada estágio de maturação. Após a colheita, foi realizada a extração do suco de cada amostra com um processador modelo All In One (Philco, Brasil). O suco extraído foi adicionado em uma cubeta de acrílico contendo um volume de 5 ml. A cubeta de acrílico contendo o suco foi então adicionada em um acessório de teflon (100%) para a coleta dos espectros Vis-NIR no modo transfectância, utilizando o espectrômetro F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos) (Figura 1). Neste trabalho, foi utilizado o suco devido ao fato deste representar a média de uma amostra composta por diferentes frutos, aumentando a praticidade e precisão na análise da qualidade de diferentes genótipos em diferentes estádios de maturação, comparado com a avaliação individual de cada fruto, conforme outros trabalhos (MALEGORI et al., 2016; MALEGORI et al., 2017). Estudos anteriores indicaram que a coleta dos dados espectrais no suco é significativamente mais precisa que a coleta de dados espectrais por refletância nos frutos (CARAMÊS, 2016).

2.2.1 Sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT)

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados na amostra de suco usando um refratômetro digital PAL-1 (Atago, Brasil) com compensação automática de

temperatura. Os resultados foram expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi avaliada através da titulação de 1 mL de suco diluído em 50 mL de água destilada com uma solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os resultados foram expressos em g de ácido málico por 100 g de suco.

2.2.2 Ácido ascórbico (AA)

O conteúdo de ácido ascórbico (AA) foi quantificado pela titulação do suco com solução de Tillman (DFI - 2,6-diclorofenol indofenol) 0,02%. Um total de 1 mL de suco de acerola foi diluído em 100 mL de ácido oxálico 0,5%. Por fim, 1 mL desta solução foi diluído em 50 mL de água destilada e titulado com a solução de Tillman até o desenvolvimento da coloração rosa claro permanente (STROHECKER e HENNING, 1967). Os resultados foram expressos em g de AA por 100 g de suco.

2.3 Instrumentação e aquisição espectral

Os espectros NIR foram coletados com o espectrômetro portátil F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1100 nm. Parâmetros como o intervalo de aquisição de dados, tempo de integração e tempo de medida foram definidos de acordo com a configuração do equipamento. Imediatamente após a coleta dos dados espectrais, o suco de cada amostra foi submetido às análises de referência para os parâmetros descritos anteriormente. A Figura 1 apresenta como foi realizada a coleta dos espectros Vis-NIR nos sucos de acerolas utilizando o espectrômetro Felix F-750.



Figura 1: Espectrômetro Félix F-750 Produce Quality Meter. Fonte: Autor

Os dados espectrais obtidos na região do infravermelho próximo foram submetidos a técnicas de pré-processamento para eliminação de informação espúria.

Foram testadas diferentes técnicas, incluindo correção do efeito de espalhamento multiplicativo (MSC), variação normal padrão (SNV) e derivadas utilizando filtros Savitzky-Golay. As técnicas MSC e SNV são usadas com a finalidade corrigir as variações do espalhamento de luz no infravermelho próximo, porém, essas técnicas não foram aplicadas devido ao menor número de outliers presentes nos dados espectrais originais. As derivadas são utilizadas para que mudanças na linha de base sejam minimizadas e as pequenas diferenças espectrais sejam realçadas. Após o pré-tratamento dos dados, o método de regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS, do inglês "*Partial Least Squares*") foi utilizado para desenvolver os modelos de calibração (MARQUES et al., 2016).

Para a distribuição dos trinta e seis genótipos em sete grupos com similaridades espectrais (Apêndice 8), foi aplicada uma análise de componentes principais (PCA). A PCA é uma técnica matemática que emprega uma transformação ortogonal linear para converter o grupo das variáveis originais, que são correlacionadas, em um grupo menor de novas variáveis linearmente (MARQUES, 2017). O software Unscrambler® (CAMO, Oslo, Noruega) foi utilizado para pré-processamento dos dados e construção dos modelos de calibração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos espectros de genótipos de acerola

Os dados espectrais obtidos foram submetidos ao pré-processamento com segunda derivada, o qual tem como objetivos melhorar a resolução de sinais analíticos, eliminando desvios de linha-base aditivos e efeitos multiplicativos nos dados espectrais (CHRISTY, 2010; MELO et al., 2010; SOUZA e POOPI, 2012). Após o pré-processamento, verificou-se que os dados espectrais abaixo de 750nm, assim como acima de 1020 nm apresentavam alto ruído, sendo então utilizada apenas a faixa espectral de 750nm a 1020 nm para obter os modelos de calibração (Figura 2). Na análise dos espectros obtidos para todos os genótipos foi observado uma grande variação no perfil espectral das amostras de diferentes genótipos (Figura 2). Desta forma, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para agrupar genótipos com perfis espectrais semelhantes, visando a obtenção de modelos de calibração mais precisos e menos influenciados por características espectrais não relacionadas aos parâmetros de qualidade de interesse (Figuras 3, 4,5 e 6).

De acordo com a análise de componentes principais, os trinta e seis genótipos foram agrupados em sete grupos ao longo do componente principal 1 (PC1), o qual representa 96% da variação dos dados. Ao longo do PC1, os grupos 1, 2, 3 e 4 apresentam vetores negativos, enquanto que os grupos 5, 6, e 7 apresentaram vetores positivos (Figura 3). Dessa forma, a separação de genótipos em grupos com similaridades espectrais torna-se mais adequado para evitar que características espectrais não relacionadas aos parâmetros de qualidade de interesse influenciem negativamente a precisão dos modelos de calibração. Outros trabalhos evidenciam que a PCA é uma ferramenta importante para obter modelos de calibração mais precisos, quando há grande variação nos padrões amostrais (ARAUJO e COELHO, 2009; MENDES, 2014; LARAA, 2017; MARQUES, 2017; SPOLADORE, 2019).

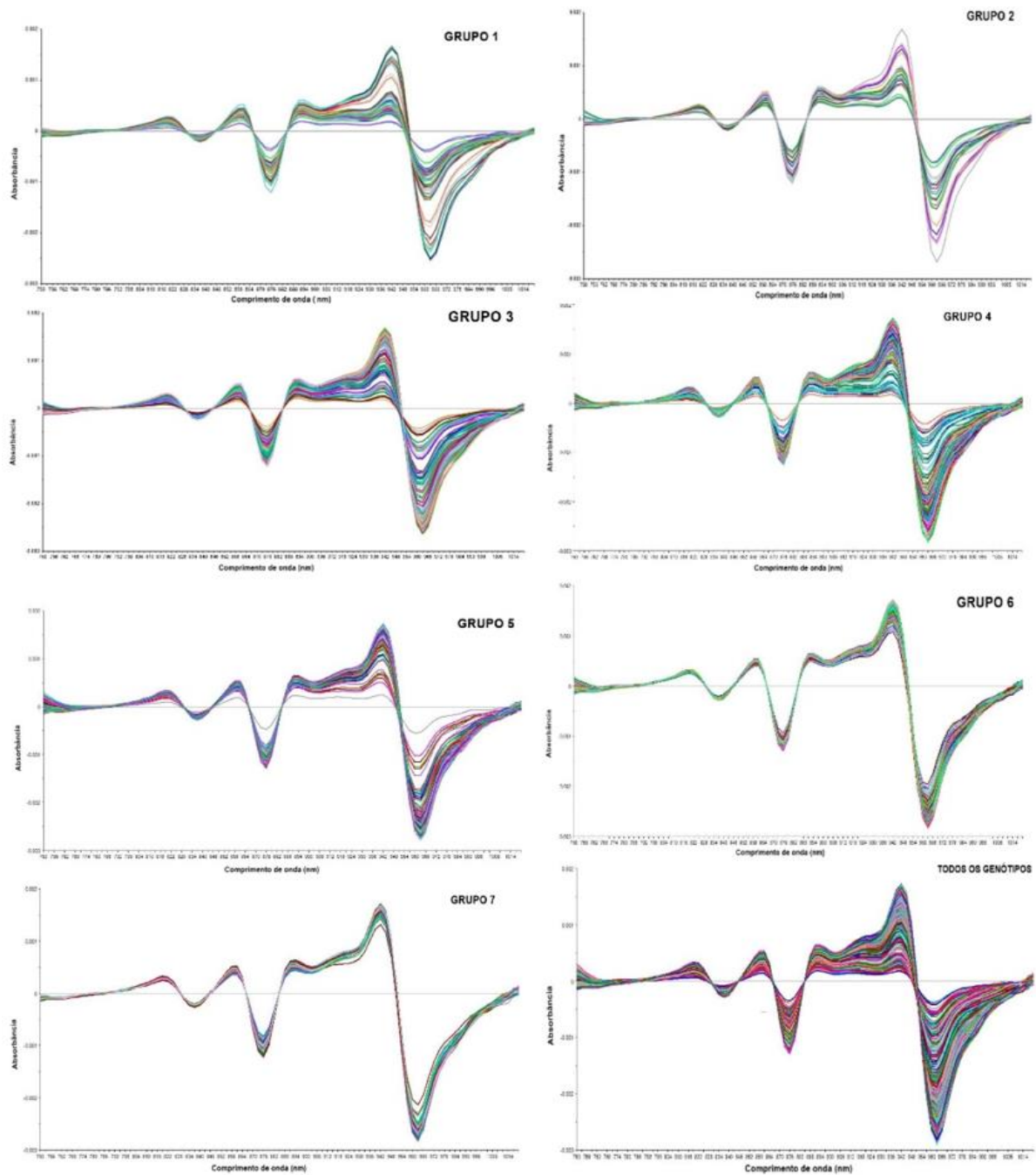


Figura 2. Perfil espectral de diferentes genótipos de acerola agrupados por similaridade em sete grupos de acordo com a análise de componentes principais. Dados espectrais coletados com o espectrômetro F-750 e pre-processados com segunda derivada na faixa espectral de 750nm a 1020 nm.

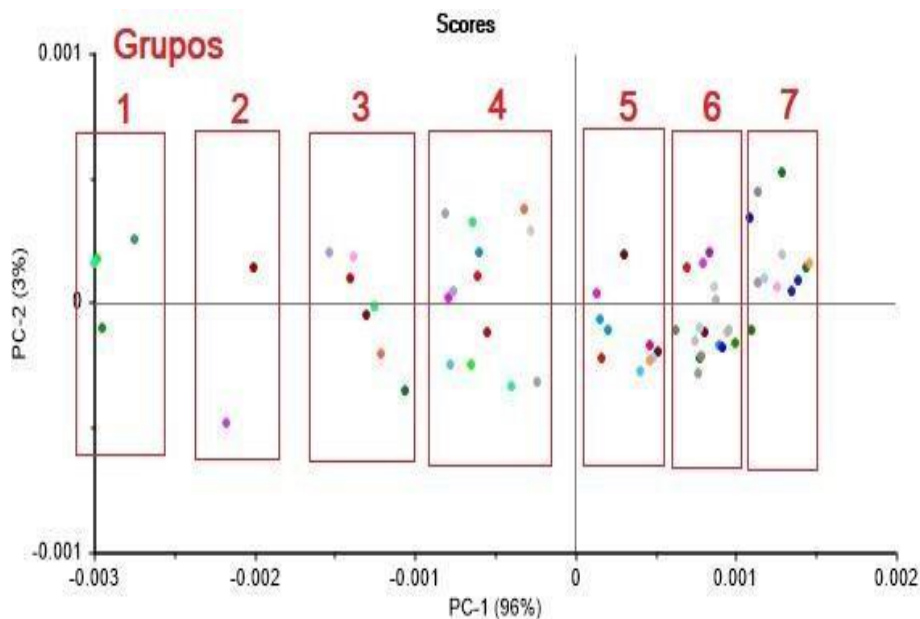


Figura 3. Análise de componentes principais de trinta e seis genótipos de acerola, agrupados em sete grupos por similaridade espectral na faixa de 750 a 1020 nm. PC1 e PC2 representam 96% e 3% da variação total dos dados, respectivamente.

3.2 Análises de referência

De acordo com os resultados obtidos para as análises de referência dos genótipos de acerola utilizados neste estudo, os teores de SS apresentaram valores médios, mínimo e máximo de 8,43%, 6,0% e 14,0%, respectivamente (Tabela 1). A acidez titulável apresentou valores médios, mínimo e máximo de 1,52%, 0,8% e 2,1%, respectivamente (Tabela 1). Os teores de ácido ascórbico apresentaram valores médios, mínimo e máximo de 2,35%, 1,0% e 5,0%, respectivamente (Tabela 1). Após a análise de componentes principais e identificação dos grupos de genótipos com perfis espectrais similares, observou-se que genótipos dos grupos (1 a 7) apresentaram teores de SS médios entre (8,03% e 8,96%), mínimos entre (4% e 6%) e máximos entre (11% e 14%) (Tabela 1). Para a AT, os grupos de genótipos (1 a 7) apresentaram valores médios entre (1,25% e 1,58%), mínimos entre (0,8% e 1,5%) e máximos entre (1,5% e 2,4%) (Tabela 1). Para os teores de AA, os grupos de genótipos (1 a 7) apresentaram valores médios entre (2,05% e 2,51%), mínimos entre (1,0% e 1,6%) e máximos entre (3% e 5%) de AA (Tabela 1). Esses resultados evidenciam a variação nos parâmetros de qualidade utilizados no desenvolvimento de modelos de calibração, a qual é importante para obter modelos de calibração robustos e precisos (MALEGORI et al., 2017).

Tabela 1. Parâmetros estatísticos relacionados aos dados de referência de genótipos de acerola do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido.

Grupos de genótipos	Sólidos Solúveis (%)		Acidez titulável (%)		Ácido Ascórbico (%)	
	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa
Todos genótipos	8,43	6-14	1,52	0,8-2,1	2,35	1,0-5,0
1	8,51	4-14	1,40	1,0-1,7	2,05	1,0-4,5
2	8,28	5-12	1,25	1,0-1,5	2,15	1,0-4,0
3	8,96	6-14	1,55	0,8-2,4	2,25	1,0-3,5
4	8,31	6-12	1,50	1,0-1,9	2,34	1,0-4,0
5	8,03	6-11	1,56	1,0-2,4	2,51	1,0-5,0
6	8,78	5-13	1,58	1,5-1,9	2,30	1,6-3,0
7	8,21	5-12	1,51	0,8-2,2	2,46	1,0-5,0

*Faixa e média de concentração das amostras analisadas. Avaliação de grupos de Genótipos de acerola.

3.3. Modelos de calibração desenvolvidos para todos os genótipos ou para grupos de genótipos com características espectrais semelhantes

3.3.1 Modelos de calibração para teores de sólidos solúveis

Neste trabalho buscou-se desenvolver um modelo de calibração multivariada por regressão PLS como observado nas Figuras (4 e 5 e 6). O desenvolvimento de calibração multivariada para os grupos de genótipos de acerolas sucedeu a partir da leitura de faixas espectral entre 750- 1020nm (Figura 6). Regiões espectrais que apresentam muito ruído não foram utilizadas nos modelos de calibração. O modelo de calibração desenvolvido para todos os trinta e seis genótipos resultou em baixo R^2 (0,54) e alto RMSEVr (12%), o que caracteriza baixa precisão para a determinação de SS em acerolas (Tabela 2). Entretanto, os modelos desenvolvidos para os grupos de genótipos com características espectrais semelhantes resultou em modelos com precisão adequada para determinados grupos, e baixa para outros. Os modelos obtidos apresentaram resultados aceitáveis para grupos de genótipos 1 e 6, com alto valores para R^2 (0,71 e 0,72), e baixos valores para e RMSEVr (9% e 10%), respectivamente (Tabela 2). E ainda para os resultados de SS os grupo de genótipos 2 e 7 apresentaram alto R^2 , (0,75 e 0,65), porém o RMSEVr ficaram altos (14% e 11%), respectivamente. Recomenda-se que modelos de calibração tenham um RMSECVr $\leq 10\%$ para garantir alta precisão na análise da qualidade de frutos (AMARAL et al., 2017; MARQUES, 2017; SILVA NETA, 2019). Este resultados mostram que o agrupamento de genótipos com características espectrais similares pode melhorar a precisão dos modelos para determinados grupos, enquanto que para outros grupos é

necessário aumentar o número de genótipos e amostras de frutos para obter modelos mais precisos na determinação dos SS.

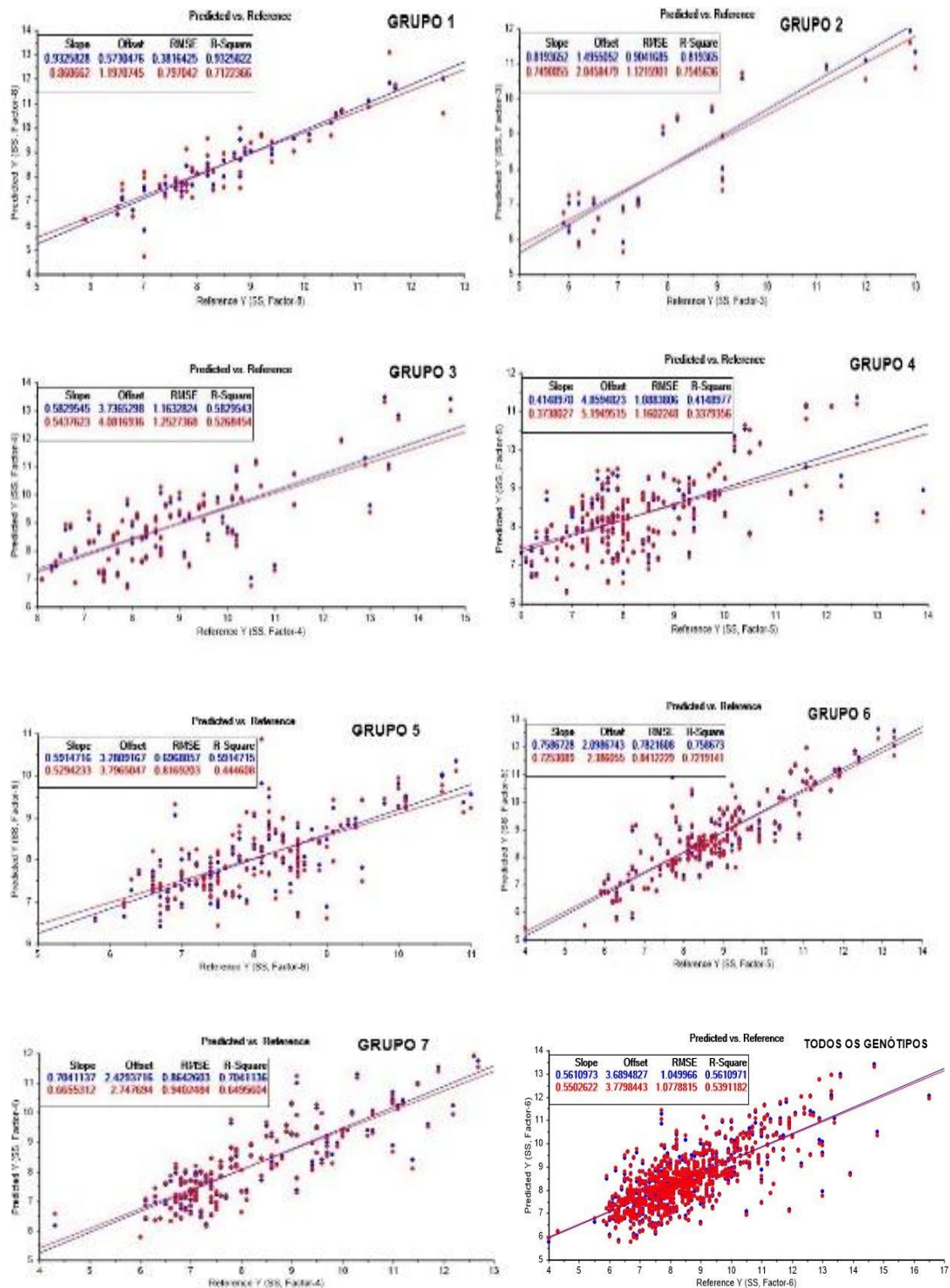


Figura 4. Valores de sólidos solúveis (SS) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).

3.3.2 Modelos de calibração para acidez titulável

O modelo de calibração desenvolvido para determinar AT em todos os genótipos de acerola, bem como para cada grupo de genótipos apresentaram baixa precisão (Tabela 2). Observou-se no modelo obtidos para os trinta e seis genótipos baixa capacidade preditiva com alto valor do erro médio relativo de validação cruzada ($RMSECVr = 21\%$) e baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,13$). Para os grupos de genótipos (1 a 7) foi observado que os modelos apresentaram altos valores de $RMSECVr$ entre (12% e 22%) e baixo R^2 com valores entre (0,02 e 0,39). Isso mostra que é necessário incluir mais genótipos ou amostras de frutos nos mesmos genótipos em cada grupo. Geralmente, modelos de calibração para determinar AT em frutos apresentam baixa precisão, sendo necessário fazer um ajustamento das faixas expectais para obter modelos mais precisos (GALIO, 2008). Entretanto, de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, torna-se necessário aumentar o número de amostras em cada grupo de genótipos para aumentar a faixa de AT e melhorar o desempenho preditivos dos modelos de calibração obtidos para cada grupo de genótipos. Isto possibilitará o uso destes modelos para a avaliação da AT em diferentes genótipos de acerola produzidos no Vale do São Francisco. Segundo Malegori et al. (2017) e Marques et al. (2016), a AT é um parâmetro importante para avaliar a qualidade, tendo em vista a oferta de frutos com alta qualidade no mercado. Apesar de estudos mostrarem que existe dificuldade de obter modelos precisos para determinar a AT em frutos, outros estudos mostram que isso é possível, utilizando um grande numero de amostras com uma grande variação nos valores de AT (BETEMPS; FACHINELLO; GALARÇA 2011; MALEGORI et al., 2016; MARQUES, 2017; SILVA, 2020).

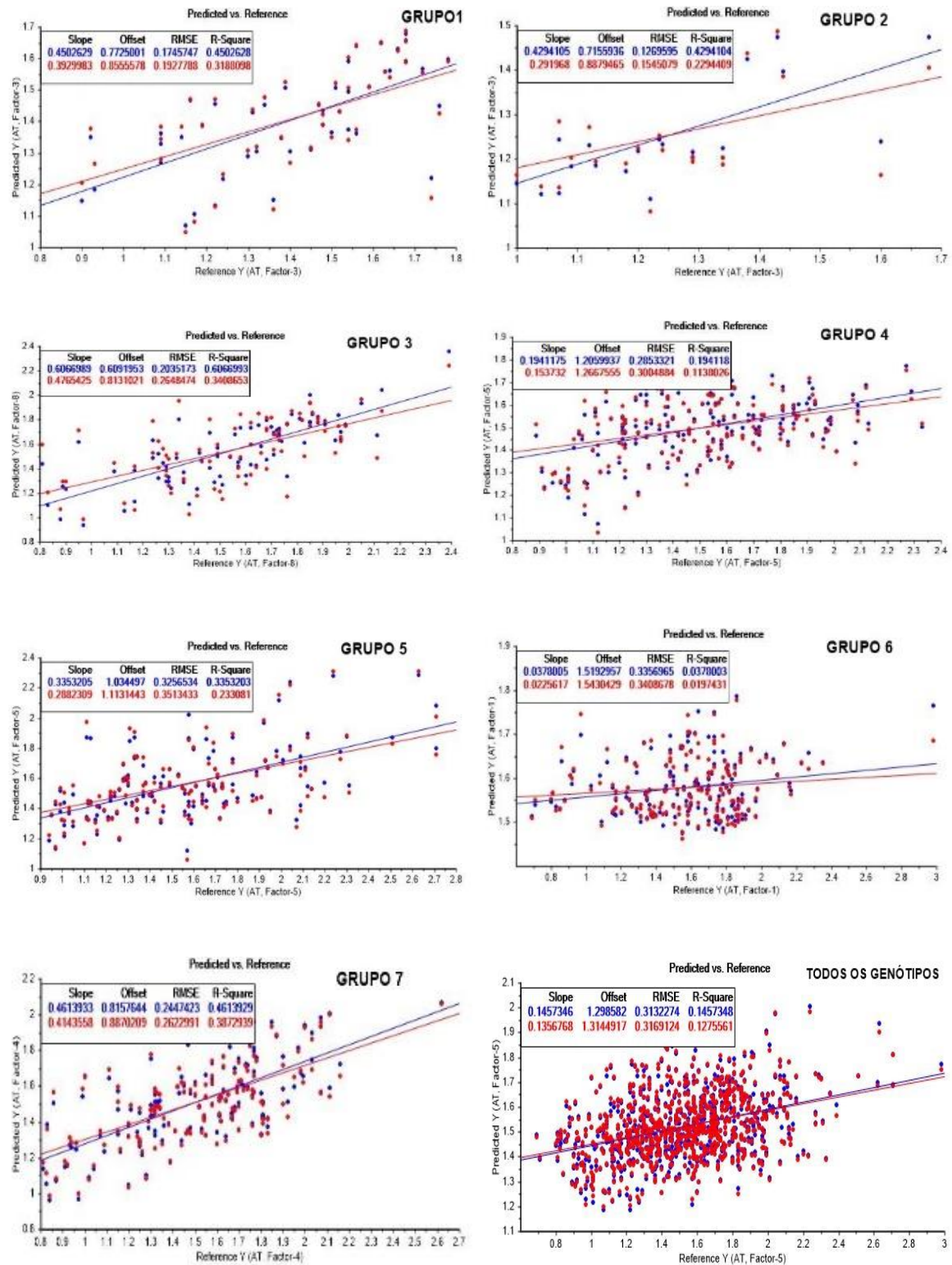


Figura 5. Valores de acidez titulável (AT) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).

3.3.3 Modelos de calibração para teores de ácido ascórbico

O modelo de calibração obtido para determinar os teores de AA nos trinta e seis genótipos de acerola (Tabela 2) apresentou baixa precisão, visto que foi obtido um alto valor para o erro médio relativo de validação cruzada (RMSECVr = 31%) e baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,25$). O teor AA tem relação com a AT dos frutos, o que pode justificar o fato destas duas variáveis não terem apresentado modelos preditivos robustos e precisos (SANTOS, 2015). Os modelos de calibração obtidos para os genótipos agrupados (1 a 7) apresentaram uma grande variação no nível de precisão dos modelos, com valores de RMSEVr variando de 15% a 35%. Desta forma, o agrupamento de genótipos possibilitou obter modelos de calibração para AA mais precisos para determinados grupos, comparados com o modelo único desenvolvido para todos os genótipos (Tabela 2). Neste contexto, o grupo 2 apresentou um modelo de calibração para determinação dos teores de AA nos frutos com um alto valor de R^2 (0,79) e alto valor de RMSECVr (15%). Este resultado indica que é possível utilizar a espectroscopia Vis-NIR para determinar teores de AA em diferentes genótipos de acerola, conforme observado em trabalhos anteriores (MALEGORI et al., 2017). Entretanto, modelos de calibração mais robustos e precisos necessitam de um maior número de genótipos e amostras de frutos em cada grupo. Outros estudos também mostram o potencial de uso da espectroscopia Vis-NIR na determinação dos teores de AA em laranjas, onde os modelos de calibração apresentaram alta precisão com baixos valores de RMSEVr (9,49) e altos de R^2 (0,71) (BORBA, 2016). A obtenção de modelos de calibração robustos e precisos para determinar os teores de AA em acerola será importante para monitorar a qualidade de frutos destinados ao mercado *in natura*, bem como a indústria de extração deste composto, garantindo assim a qualidade necessária dos frutos para cada finalidade (SANTANA; FERREIRA; PALLONE, 2020).

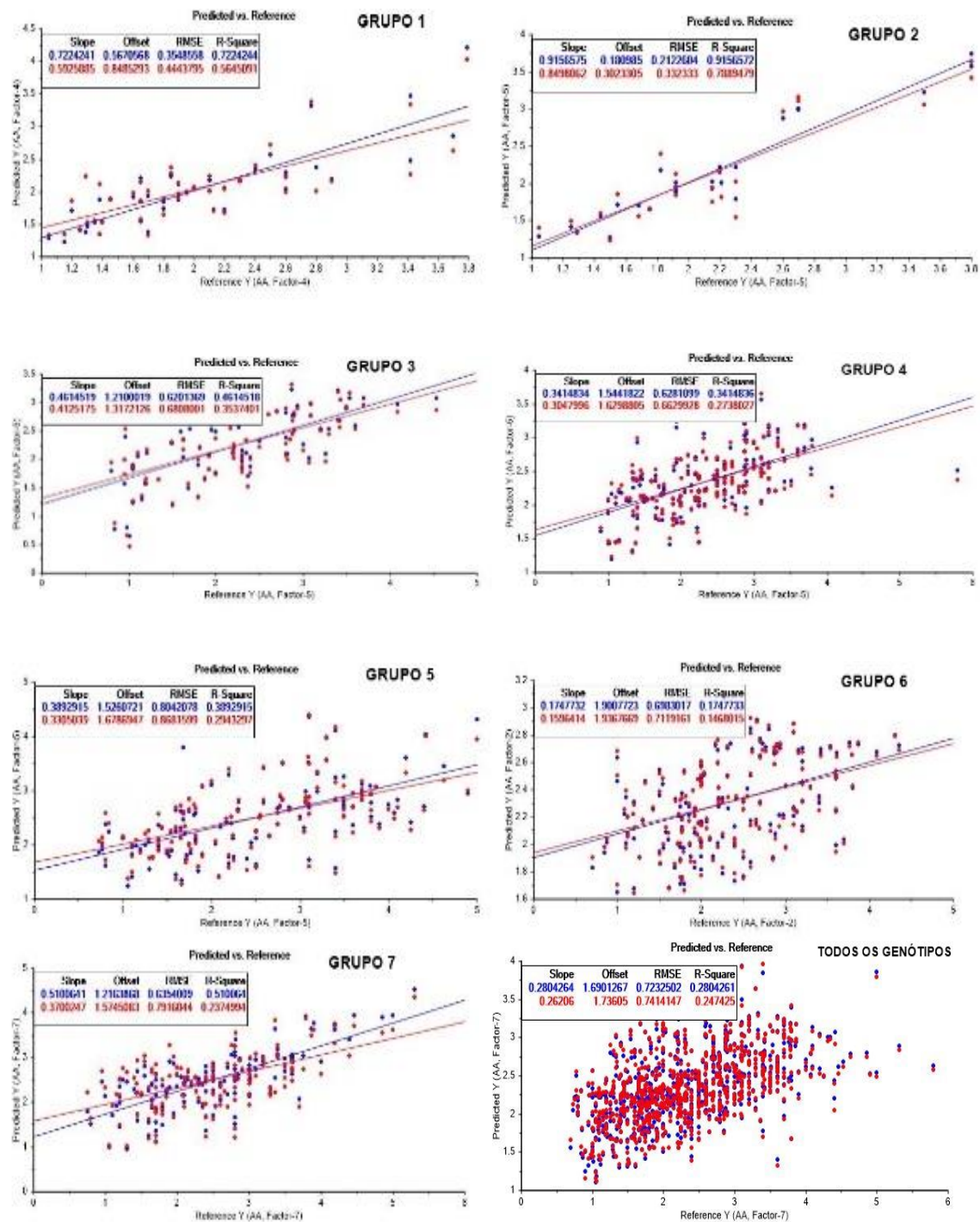


Figura 6. Valores de ácido ascórbico (AA) obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos (1 a 7) e para todos os genótipos. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS. Para a determinação de Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Ácido ascórbico (AA) utilizando o espectrômetro portátil F-750. Modelos desenvolvidos para todos ou grupos de genótipos.

Grupos de genótipos	Sólidos Solúveis (SS%)			Acidez titulável (AT%)			Ácido ascórbico (AA%)		
	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)
Todos genótipos	6	0,54	1,01 (12%)	5	0,13	0,32 (21%)	7	0,25	0,74 (31%)
1	8	0,71	0,80 (9%)	3	0,32	0,19 (14%)	4	0,56	0,44 (21%)
2	3	0,75	1,12 (14%)	3	0,23	0,15 (12%)	5	0,79	0,33 (15%)
3	4	0,53	1,25 (14%)	8	0,34	0,26 (17%)	5	0,35	0,68 (30%)
4	5	0,34	1,16 (14%)	5	0,11	0,30 (20%)	5	0,27	0,66 (28%)
5	6	0,44	0,82 (10%)	5	0,23	0,35 (22%)	5	0,29	0,87 (35%)
6	5	0,72	0,84 (10%)	1	0,02	0,34 (22%)	2	0,15	0,71 (31%)
7	4	0,65	0,94 (11%)	4	0,39	0,26 (17%)	7	0,24	0,79 (32%)

VL =Número de fatores ou variáveis latentes. RMSECVr (%)= Erro quadrático médio da validação cruzada relativa. RMSECV = Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

3.3.4 Modelos de calibração desenvolvidos para maturações diferentes

Considerando que os modelos desenvolvidos nas etapas anteriores apresentaram baixa precisão (Tabela 2), novos modelos foram desenvolvidos nesta etapa para acerolas nas diferentes maturações 1-2 e 3-4, visando obter modelos de calibração mais precisos para a determinação dos teores de SS, AT e AA. Os modelos de calibração obtidos para determinar os teores de SS, AT e AA em todas as maturações de acerolas (Tabela 3) apresentaram baixa precisão, visto que foram obtidos valores altos para o erro médio relativo de validação cruzada (RMSECVr = 12%, 21% e 31%) e baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,13, 0,13$ e $0,25$), respectivamente. O modelo de calibração desenvolvido para determinar SS em acerolas colhidas nas maturações 1 e 2 foi o único que apresentou baixo erro com RMSECVr = 10%, porém também apresentou baixo coeficiente de determinação de $R^2 = 0,10$. Nas maturações 3 e 4 foi observado que para SS, AT e AA os modelos apresentaram baixa precisão com RMSECVr de 13%, 21% e 33%, assim como R^2 de 0,54, 0,10 e 0,64, respectivamente (Tabela 3). De acordo com estes resultados, os modelos de calibração desenvolvidos para maturações de acerola também apresentaram alto erro e baixa precisão na determinação dos teores de SS, AT e AA. A inclusão de mais amostras dentro de cada grupo de maturação pode auxiliar na redução do erro e aumento na precisão dos modelos de calibração. Estudos anteriores sugerem que para construir modelos de calibração é necessário incluir

amostras que representem todas as possíveis fontes de variação, aumentando assim a robustez dos modelos (SÁNCHEZ et al., 2011).

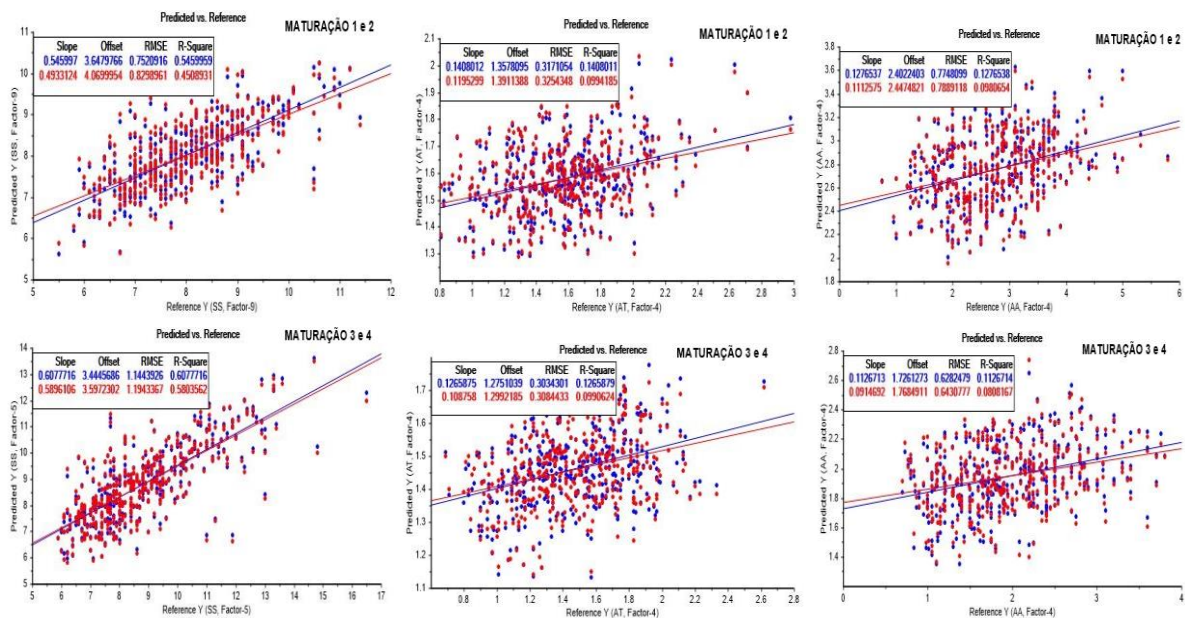


Figura 7. Valores de SS, AT e AA obtidos pelo método de referência versus valores previstos pelo modelo de calibração nas etapas de calibração e validação externa para grupos de genótipos separados por maturação. Modelos desenvolvidos por calibração multivariada por regressão por PLS. Dados de calibração (cor azul) e dados de validação (cor vermelha).

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de calibração multivariadas desenvolvidos por regressão PLS. Para a determinação de Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Ácido ascórbico (AA) utilizando o espectrômetro portátil F-750. Modelos desenvolvidos para todos os genótipos ou para maturações.

Grupos de maturação	Sólidos Solúveis (%)			Acidez titulável (%)			Ácido ascórbico (%)		
	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)	VL	R ²	RMSECV (RMSECVr %)
Todos genótipos	6	0,54	1,01(12%)	5	0,13	0,32(21%)	7	0,25	0,74(31%)
Maturação 1 e 2	9	0,45	0,83(10%)	4	0,10	0,31(20%)	4	0,10	0,79(29%)
Maturação 3 e 4	5	0,58	1,19(13%)	4	0,10	0,31(21%)	5	0,08	0,64(33%)

VL =Número de fatores ou variáveis latentes. RMSECVr (%)= Erro quadrático médio da validação cruzada relativa. RMSECV = Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros de qualidade (usados para calcular os valores de RMSECVr%).

Grupos de maturação	Parâmetros de qualidade		
	Sólidos solúveis (%)	Acidez titulável (%)	Ácidos ascórbico (%)
Todos (1 a 4)	8.43	1.52	2.35
Maturação 1 e 2	8.02	1.58	2.75
Maturação 3 e 4	8.80	1.46	1.95

*Médias das amostras analisadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos de calibração obtidos para determinar os teores de SS, AT e AA nos trinta e seis genótipos apresentaram baixa performance e precisão com valores altos de RMSECVr (≥ 10) e baixos de R^2 . Entretanto, o agrupamento de genótipos em grupos com perfis espectrais semelhantes, resultou na obtenção de modelos de calibração para SS, AT e AA mais precisos para determinados grupos. Logo, recomenda-se o desenvolvimento de modelos de calibração com base em grupos de genótipos com semelhanças espectrais, para que seja possível obter modelos de calibração mais precisos, e assim, podendo ser utilizados para o monitoramento da qualidade de diferentes genótipos de acerola. Modelos com maior precisão podem ser obtidos com a inclusão de mais genótipos e amostras de frutos em cada grupo de calibração.

Os modelos de calibração obtidos para determinar os teores de SS, AT e AA nos frutos de acerolas separados por maturações 3 e 4 apresentaram baixa precisão. Contudo o modelo para SS nas maturações 1 e 2 demonstrou boa precisão com valor de RMSECVr = 10%. Ainda assim, modelos com maior precisão podem ser obtidos com a adição de mais amostras de frutos em cada grupo de calibração.

5 REFERÊNCIAS

ALAMAR, P. D. et al. Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by NIR spectroscopy and Chemometric. **Food Research International**, v. 85, p. 209-214, 2016.

AMARAL P.A. et al. Espectroscopia do visível e infravermelho próximo (vis/nir), na avaliação da maturação e qualidade de mamões. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa- Congrega**, v.14, n, 14. 2017.

ANDERSSON, M. **Stabilizing predicted values from NIR using REP files. A WhitePaperfromNirperformance.com.** 2013. Disponível em: <http://nirperformance.com/resources/stabilizing-predicted-values-from-nir-using-rep-files>. Acesso em: 05. Abr.2019.

ARAÚJO, W. O; COELHO, C. J. Análise de componentes principais (PCA) 2009. Disponível em <http://www.unievangelica.edu.br/gc/imagens/file/mestrados/artigos/RTI_NF_003092.pdf>. Acesso em 22 mar.2021.

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, p.306-313, 2011.

BORBA, K. R. Determinação de parâmetros físico-químicos em laranjas Valência por métodos não-destrutivos. 2016. 93f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Araraquara, São Paulo.

CARAMÊS, E.T.S. **Avaliação da qualidade e potencial bioativo de bebidas de fruta= aplicação da espectroscopia no infravermelho e quimiometria.** 2016. 69f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, 2016.

CAVALARI, T. G. F; SANCHES, R. A. Os efeitos da vitamina c. 2018. Disponível em: http://portal.unisepe.com.br/unifia/wpcontent/uploads/sites/10001/2018/09/086_Os_efeitos_da_vitamina_C.pdf. Acesso em mar. 2021.

CORRÊA, C V. et al. Influência dos estádios de maturação nas características físico-químicas de frutos de acerola. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p.130-139, 2017.

CHRISTY, A. A. New insights into the surface functionalities and adsorption evolution of water molecules on silica gel surface: A study by second derivative near infrared spectroscopy. **Vibrational Spectroscopy**, v. 54, n. 1, p. 42-49, 2010.

DHAULANIYA, A. S. et al. Qualitative and quantitative evaluation of corn syrup as a potential added sweetener in apple fruit juices using mid-infrared spectroscopy assisted chemometric modeling. **LWT**, v. 131, p. 109749, 2020.

GALLO, L. V. Determinação de parâmetros de qualidade em bananas utilizando espectroscopia no infravermelho e calibração multivariada. 2008. 63f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2008.

GARCIA, V.A. S; SILVA, M. R; SEIXAS, F. A. V. Rapid analysis of vitamin-c content in acerola extract by ft–nir spectroscopy. **Revista Tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 13-21, 2013.

HANAMURA, T; UCHIDA, E; AOKI, H. Changes of the composition in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit in relation to cultivar, growing region and maturity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 10, p. 1813-1820, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Condição do produtor. Rio de Janeiro.2019. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=2&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>. Acesso em: 25 de Jan.2021.

KLJUSURIĆ, J G et al. NIR spectroscopy and management of bioactive components, antioxidant activity, and macronutrients in fruits. **Fruit Crops Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**, p. 95-108.

LARAA, D. M. et al. Avaliação de fragmentos de lenhos carbonizados de araucariaceae por meio de termogravimetria e infravermelho associadas à análise multivariada. **Química Nova**, n 40, n. 8, p. 895-901. 2017.

MARQUES, E.J.N. et al. 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.

MARQUES, E. J. N. **Desenvolvimento de métodos analíticos não destrutivos para avaliação da qualidade de frutas utilizando espectroscopia e imagem hiperespectral na região do infravermelho próximo**. 2017. 185 f. (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MALEGORI, C. et al. Vitamin C distribution in acerola fruit by near infrared hyperspectral imaging. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1061202>. Acesso 01. Mar.2021.

MALEGORI, C. et al. Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Talanta**, v. 165, p. 112-116, 2017.

MELO, W. L. B; LÓIO, D. A.; VIANA, J. H. M. Aplicação da espectroscopia fotoacústica na identificação de componentes do solo. **Embrapa Instrumentação-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2010.

MENDES, S.M.A et al. Coleção plantar: acerola. Embrapa. Brasília, v. 3, p. 13-15, 2012.

MENDES, R.A. G. Utilização da espectroscopia em reflectância no infravermelho próximo para discriminação de espécies da família Myrtaceae. 2014. 83f. (Dissertação de mestrado) - Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

MORAES, F. P. et al. Estimation of ascorbic acid in intact Acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit by NIRS and Chemometric analysis. **Horticulturae**,v. 5, n. 1, p. 12, 2019.

PISSARD, A. et al. Evaluation of a handheld ultra-compact NIR spectrometer for rapid and non-destructive determination of apple fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 172, p. 111-375, 2021.

RAGHAVENDRA, A. et al. Detecção de defeito interno com base no método de seleção de comprimento de onda ideal usando espectroscopia NIR. **Artificial Intelligence in Agriculture**. v.5, p. 43-55, 2021.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C.H.S.P. Acerola: aspectos gerais da cultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 2p. (Boletim Técnico).

SÁNCHEZ, M.T. et al. Teste de uma abordagem local para a previsão de parâmetros de qualidade em nectarinas intactas usando um instrumento NIRS portátil. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 2, p. 130-135, 2011.

SANTANA, M. C; FERREIRA, M. M. C; PALLONE, J. A L. Controle do ácido ascórbico em refrigerantes em pó fortificados usando espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) e análise multivariada. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 1233-1241, 2020.

SANTOS, D. A. **Desenvolvimento de modelo de calibração multivariada multiproduto para quantificação de acidez e vitamina C em néctar de frutas e bebidas industrializadas a base de soja**. 65f. 2015. (Dissertação de mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SERAGLIO, S. K. T et al. Determinação de compostos fenólicos por LC-MS/MS e capacidade antioxidante de acerola em três estádios de maturação comestíveis. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**. v.4, n.1, p.96-110. 2018.

SILVA, P. B.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. AS. Dehydration of acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue in a new designed rotary dryer: Effect of process variables on main bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 62-70, 2016.

SOUZA, F. F. et al. Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira. 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1088295>. Acesso em: 12mar. 2021.

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. **Química nova**, v.35, n. 1, p. 223-229, 2012.

SILVA, L. M. H. **Estudo do processamento e armazenamento de acerolas para quantificação e monitoramento da vitamina C**. 2020. 73 f (Tese de doutorado) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2020.

SILVA NETA, M.L. **Recomendação de espectrômetros NIR portáteis para monitoramento da qualidade de mangas 'keitt' produzidas no submédio do vale do são francisco**. 2019. 76f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, Petrolina, 2019

SPOLADORE, S.F. **Classificação de genótipos de trigo usando espectroscopia de infravermelho próximo e quimiometria**. 2019. 54 f (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

APÊNDICES

Apêndice 1. Origem dos 35 genótipos de acerola produzidos no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

Numero	Genótipos	Origem	Numero	Genótipos	Origem
1	PROG 195	Petrolina, Pernambuco, Brasil	18	PROG 081	Petrolina, Pernambuco, Brasil
2	ACO 17	Petrolina, Pernambuco, Brasil	19	PROG 233	Petrolina, Pernambuco, Brasil
3	ACO 35	Petrolina, Pernambuco, Brasil	20	PROG 135	Petrolina, Pernambuco, Brasil
4	ACO 10	Petrolina, Pernambuco, Brasil	21	PROG 215	Petrolina, Pernambuco, Brasil
5	ALHA 06	Alhandra, Paraíba, Brasil	22	Camta	Tomé Açu, Pará, Brasil
6	Barbados	Unknown	23	CARP 01	Carpina, Pernambuco, Brasil
7	BRS Rubra	Cruz das Almas, Bahia, Brasil	24	PROG 046	Petrolina, Pernambuco, Brasil
8	BV 07	Cerá, Brasil	25	PROG 188	Petrolina, Pernambuco, Brasil
9	Costa Rica	Petrolina, Pernambuco, Brasil	26	PROG 216	Petrolina, Pernambuco, Brasil
10	Dominga	Londrina, Paraná, Brasil	27	Valéria	Londrina, Paraná, Brasil
11	Okinawa	Okinawa, Japão	28	UEL 03	Londrina, Paraná, Brasil
12	Olivier	São Paulo, Brasil	29	ACO 03	Petrolina, Pernambuco, Brasil
13	PROG 102	Petrolina, Pernambuco, Brasil	30	ACO 18	Petrolina, Pernambuco, Brasil
14	PROG 122	Petrolina, Pernambuco, Brasil	31	PROG 142	Petrolina, Pernambuco, Brasil
15	PROG 123	Petrolina, Pernambuco, Brasil	32	PROG 052	Petrolina, Pernambuco, Brasil
16	PROG 244	Petrolina, Pernambuco, Brasil	33	RECI 02	Recife, Pernambuco, Brasil
17	PROG 069	Petrolina, Pernambuco, Brasil	34	PROG 023	Petrolina, Pernambuco, Brasil
			35	BRS Cabocla	Cruz das Almas, Bahia, Brasil

Apêndice 2. Diâmetro, massa e firmeza de polpa de 35 genótipos de acerola colhidos nos três primeiros estádios de maturação. Todos os genótipos foram produzidos em 2019 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

Genótipos	Diâmetro(cm)			Massa (g)			Firmeza (N)			
	Estádio 1	Estádio 1	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	
1	ACO 03	1,33	1,89	2,19	1,41	4,11	5,87	22,76	62,11	13,65
2	ACO 10	1,34	1,80	1,79	1,47	3,27	3,41	29,91	35,57	18,12
3	ACO 17	1,70	1,96	2,00	2,90	4,20	4,30	50,53	47,30	16,73
4	ACO 18	1,55	1,92	1,96	2,27	4,20	4,07	39,75	55,16	29,18
5	ACO 35	1,22	1,58	1,69	0,96	1,83	2,17	20,93	22,36	11,99
6	ALHA 06	1,50	2,10	2,09	2,21	5,04	5,24	32,08	49,95	18,96
7	Barbados	1,16	1,54	1,70	0,88	1,90	2,34	27,81	36,52	14,93
8	BRS Rubra	1,64	2,03	2,15	2,24	3,79	4,48	34,48	33,81	16,27
9	BV 07	1,43	1,80	1,65	1,58	3,37	2,45	21,34	30,99	16,33
10	Cabocla	1,54	2,05	2,20	2,07	4,40	5,19	41,43	60,80	17,92
11	Camta	1,15	1,37	1,49	1,02	1,72	1,89	17,98	14,82	7,27
12	CARP 01	1,47	2,06	2,40	1,76	4,71	7,06	23,37	52,84	12,43
13	Costa Rica	1,31	2,10	2,36	1,43	4,85	6,08	22,07	45,35	16,15
14	Dominga	1,33	1,49	1,65	1,43	2,12	2,57	36,66	39,70	17,45
15	Okinawa	1,45	2,12	2,28	1,89	5,42	6,51	38,43	61,17	25,19
16	Olivier	1,39	1,69	1,85	1,72	2,90	3,53	40,26	48,18	18,46
17	PROG 023	1,53	1,77	1,77	2,06	2,97	3,03	42,13	43,92	26,21
18	PROG 046	1,51	1,74	1,79	2,06	3,06	3,18	41,12	52,70	16,50
19	PROG 052	1,81	2,29	2,52	3,29	6,48	8,60	51,22	66,04	31,22
20	PROG 069	1,59	1,81	2,05	1,89	3,03	4,31	41,32	45,70	31,60
21	PROG 081	1,75	2,10	2,37	2,98	4,98	6,68	50,88	59,48	27,13
22	PROG 102	1,50	1,79	1,89	1,50	1,79	1,89	48,51	31,80	19,37
23	PROG 122	1,41	1,68	1,90	1,71	2,61	3,56	35,40	45,12	26,91
24	PROG 123	1,52	1,87	2,00	2,03	3,53	4,23	39,43	38,51	13,83
25	PROG 135	1,52	1,88	1,88	1,99	3,61	4,21	56,01	61,42	25,59
26	PROG 142	1,30	1,65	1,75	1,76	2,75	3,21	29,54	37,26	13,31

27	PROG 188	1,52	1,99	2,15	2,02	4,38	5,09	34,55	63,24	30,94
28	PROG 195	1,41	1,93	1,94	1,89	3,77	3,64	33,51	69,49	19,08
29	PROG 215	1,49	1,86	1,99	1,97	3,43	4,06	37,59	32,98	13,44
30	PROG 216	1,30	1,64	1,64	1,27	1,86	2,27	23,85	28,49	14,62
31	PROG 233	1,37	1,69	1,71	1,36	2,53	2,62	25,21	24,89	9,17
32	PROG 244	1,47	1,81	1,87	1,67	2,88	3,17	33,48	37,13	22,42
33	RECI 02	1,57	2,07	2,23	2,06	4,67	5,86	42,82	31,35	12,90
34	UEL 03	1,50	1,81	2,08	2,13	3,72	5,46	42,06	50,70	26,02
35	Valéria	1,34	1,84	2,08	1,22	3,06	4,70	23,6	31,34	15,93
Média		1,45	1,85	1,97	1,83	3,51	4,20	35,20	44,23	19,06
Mínimo		1,15	1,37	1,49	0,88	1,72	1,89	17,98	14,82	7,27
Máximo		1,81	2,29	2,52	3,29	6,48	8,60	56,01	69,49	31,60
CV (%)		10,3	10,9	12,7	29,1	32,7	38,6	28,2	31,0	34,2

Apêndice 3. Parâmetros de cor de 35 genótipos de acerola colhidos nos quatros estádios de maturação. Todos os genótipos foram produzidos em 2019, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

Genótipos	Luminosidade				Croma				Ângulo hue			
	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4
1 ACO 03	60,66	47,58	57,56	42,84	43,92	32,30	47,22	52,80	116,37	118,59	63,75	33,08
2 ACO 10	58,18	56,73	54,79	39,33	42,84	41,89	39,98	43,30	117,04	116,37	65,43	29,36
3 ACO 17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4 ACO 18	59,75	56,98	51,91	42,45	40,43	40,29	34,31	39,00	120,49	123,49	66,02	32,33
5 ACO 35	63,47	66,48	58,00	37,70	42,93	43,71	42,89	44,74	116,37	114,52	42,64	25,47
6 ALHA 06	56,62	52,57	54,61	40,94	37,23	27,04	29,42	32,71	120,45	122,33	80,91	27,88
7 Barbados	68,26	62,74	58,06	39,17	46,64	42,60	37,55	42,50	116,26	117,93	65,06	24,69
8 BRS Rubra	66,93	65,53	57,97	43,65	43,44	42,36	37,43	47,07	116,52	116,14	61,12	31,86
9 BV 07	73,17	68,29	69,58	44,15	42,67	43,96	43,31	53,29	110,45	112,97	73,70	32,50
10 Cabocla	59,97	60,08	62,27	42,49	35,69	36,29	47,73	52,53	98,65	101,63	58,85	30,35
11 Camta	60,03	58,93	53,63	41,28	44,18	42,43	48,75	49,99	115,69	116,20	51,19	31,69
12 CARP 01	57,95	57,87	56,61	39,23	42,93	41,45	49,61	44,57	115,87	114,44	55,07	28,89
13 Costa Rica	57,53	61,75	60,13	43,09	41,42	39,65	41,47	50,73	117,70	113,16	65,37	32,57
14 Dominga	58,29	58,45	52,42	41,12	39,25	38,55	42,72	48,51	117,05	116,70	45,10	29,03
15 Okinawa	68,05	62,82	56,36	39,87	42,21	39,56	42,47	43,10	112,26	114,77	58,45	28,56
16 Olivier	62,87	59,33	55,63	36,39	43,67	41,49	36,99	39,28	116,97	118,70	69,06	26,00
17 PROG 023	63,27	62,79	57,34	33,44	41,17	41,07	39,22	32,64	113,87	110,99	70,24	19,45
18 PROG 046	59,00	57,97	56,63	43,83	39,33	38,45	37,72	51,49	113,59	115,70	72,35	31,73
19 PROG 052	50,85	46,70	43,87	35,92	36,41	32,75	34,52	41,11	121,13	120,85	57,00	36,43
20 PROG 069	57,70	52,83	44,59	35,06	44,10	38,11	33,31	36,23	116,80	117,46	47,86	23,25
21 PROG 081	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
22 PROG 102	55,03	63,39	47,96	34,29	38,67	40,75	45,31	39,76	118,90	110,35	41,01	21,49
23 PROG 122	55,56	51,61	42,54	32,67	37,01	33,46	23,76	30,84	119,94	121,60	64,55	21,13
24 PROG 123	57,21	60,37	54,45	39,48	40,49	43,72	44,55	42,24	117,91	113,74	59,63	30,46
25 PROG 135	59,06	61,13	55,76	39,78	40,26	41,37	41,05	41,67	115,68	114,89	54,04	27,09
26 PROG 142	63,17	58,75	56,47	40,64	47,05	43,31	45,80	48,02	112,98	113,16	62,35	31,20
27 PROG 188	62,73	55,37	58,96	37,31	43,56	37,95	36,25	38,25	117,66	119,53	81,14	26,22
28 PROG 195	53,03	48,41	50,86	38,41	32,00	26,70	41,99	42,97	100,93	100,04	47,08	31,05
29 PROG 215	68,23	67,62	56,37	41,57	45,86	47,38	48,61	48,38	109,37	107,86	55,76	30,72

30	PROG 216	61,63	60,60	57,58	37,39	43,10	41,26	42,26	46,79	118,26	116,26	58,91	25,66
31	PROG 233	64,26	66,26	59,24	40,52	48,86	44,76	42,36	46,67	110,32	109,78	60,61	31,09
32	PROG 244	31,43	28,88	31,73	41,90	44,69	43,63	43,79	49,92	116,12	111,34	70,36	33,17
33	RECI 02	53,40	61,26	58,57	41,02	39,64	43,57	47,79	45,87	119,02	114,41	68,66	32,40
34	UEL 03	49,09	47,15	52,73	38,48	34,18	32,89	43,50	44,20	121,89	121,24	67,53	30,36
35	Valéria	54,08	58,31	54,05	34,66	36,61	35,87	48,21	40,12	116,68	108,71	48,02	21,68
Média		59,10	57,74	54,52	39,40	41,29	39,41	41,27	43,98	115,43	114,72	60,87	28,75
Mínimo		31,43	28,88	31,73	32,67	32,00	26,70	23,76	30,84	98,65	100,04	41,01	19,45
Máximo		73,17	68,29	69,58	44,15	48,86	47,38	49,61	53,29	121,89	123,49	81,14	36,43
CV (%)		12,33	13,51	12,17	7,94	9,31	12,45	14,30	13,44	4,36	4,61	16,68	14,29

*Dados não coletados.

Apêndice 4. Ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT de 35 genótipos de acerola colhidos nos três primeiros estádios de maturação. Todos os genótipos foram produzidos em 2019, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

	Genótipos	Sólidos solúveis (° Brix)			Acidez titulável (AT%)			Relação SS/AT			Ácido ascórbico (AA%)		
		Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3
1	ACO 03	7,27	7,30	8,37	1,92	2,18	1,85	3,80	3,36	4,58	3,17	3,40	1,80
2	ACO 10	9,23	9,30	10,10	1,61	2,03	2,15	5,77	4,58	4,79	2,43	2,33	1,87
3	ACO 17	6,73	7,10	7,77	1,29	1,55	1,36	5,22	4,64	5,71	2,05	2,27	1,89
4	ACO 18	6,43	6,83	6,43	1,24	1,29	1,13	5,39	5,45	5,81	1,92	2,27	1,65
5	ACO 35	8,97	9,93	10,53	1,35	1,58	1,69	6,79	6,47	6,33	2,28	2,36	1,94
6	ALHA 06	7,57	8,13	8,90	1,30	1,87	1,72	5,88	4,44	5,19	2,56	2,69	1,93
7	Barbados	6,80	6,63	6,47	1,41	1,44	1,23	4,85	4,59	5,26	2,97	2,81	1,72
8	BRS Rubra	7,47	7,27	8,37	1,01	1,07	0,98	7,42	6,81	8,51	1,97	1,90	1,33
9	BV 07	6,57	6,50	6,50	1,50	1,46	1,44	4,46	4,51	4,50	1,72	1,57	1,30
10	Cabocla	7,27	7,33	9,90	1,48	1,30	1,27	5,05	5,65	7,89	2,47	2,33	1,58
11	Camta	8,37	8,60	8,77	1,90	1,78	1,68	4,40	4,83	5,21	2,98	2,39	1,76
12	CARP 01	6,97	7,33	7,10	1,47	1,61	1,23	4,75	4,55	5,76	2,93	2,90	1,63
13	Costa Rica	7,07	7,73	9,03	0,95	1,31	1,24	7,53	5,90	7,28	2,17	2,33	1,68
14	Dominga	6,87	6,90	6,70	1,50	1,51	1,33	4,61	4,56	5,10	2,70	2,43	2,20
15	Okinawa	8,70	8,50	9,30	1,45	1,68	1,70	5,99	5,08	5,48	3,57	3,70	2,73
16	Olivier	6,77	7,20	7,90	0,83	1,05	0,97	8,61	6,91	8,12	1,60	1,67	1,15
17	PROG 023	9,30	9,03	9,03	1,59	1,60	1,52	5,88	5,67	5,94	3,58	3,56	2,40
18	PROG 046	7,77	7,90	7,47	1,55	1,59	1,48	5,04	4,98	5,04	2,60	2,67	2,22
19	PROG 052	6,53	7,17	7,53	1,32	1,75	1,68	4,94	4,11	4,50	2,63	2,67	2,07
20	PROG 069	6,67	6,63	6,47	1,62	1,70	1,55	4,12	3,90	4,25	2,53	2,53	1,96
21	PROG 081	6,17	6,47	6,33	1,54	1,76	1,80	4,05	3,67	3,51	2,02	2,27	1,99
22	PROG 102	6,97	7,77	7,43	1,52	1,77	1,72	4,59	4,38	4,33	3,50	3,80	2,77
23	PROG 122	7,07	7,17	7,23	1,67	1,90	1,77	4,25	3,80	4,09	3,43	3,53	2,45
24	PROG 123	8,70	7,17	6,57	1,25	1,34	1,03	7,00	5,37	6,38	3,07	2,81	1,80
25	PROG 135	7,57	7,47	7,97	1,82	1,95	2,01	4,27	3,83	3,97	3,20	3,07	2,87
26	PROG 142	7,67	7,80	7,77	1,45	1,61	1,39	5,32	4,84	5,58	2,90	2,77	2,82
27	PROG 188	7,57	7,87	8,47	1,52	1,90	1,88	4,99	4,13	4,52	3,30	3,53	2,60

28	PROG 195	6,70	6,63	7,63	1,12	1,34	1,57	6,01	4,97	4,87	2,73	2,80	2,20
29	PROG 215	7,63	7,07	7,30	1,39	1,41	1,10	5,47	5,00	6,66	3,07	2,45	1,84
30	PROG 216	9,17	8,00	8,77	1,72	1,98	1,76	5,43	3,38	4,99	2,82	2,98	1,80
31	PROG 233	8,57	8,90	10,17	1,19	1,16	1,25	7,23	7,71	8,67	1,83	1,60	1,35
32	PROG 244	7,63	7,33	7,20	1,56	1,63	1,69	4,90	4,48	4,27	2,70	2,33	2,03
33	RECI 02	6,80	7,87	8,20	1,37	1,54	1,43	4,98	5,12	5,76	2,57	2,20	1,73
34	UEL 03	6,87	7,30	8,20	1,36	1,53	1,50	5,05	4,76	5,49	3,70	3,60	2,30
35	Valéria	6,67	6,43	7,13	1,61	1,71	1,83	4,16	3,77	3,90	2,61	2,39	1,84
Média		7,46	7,56	7,97	1,44	1,60	1,51	5,38	4,86	5,49	2,69	2,65	1,98
Mínimo		6,17	6,43	6,33	0,83	1,05	0,97	3,80	3,36	3,51	1,60	1,57	1,15
Máximo		9,30	9,93	10,53	1,92	2,18	2,15	8,61	7,71	8,67	3,70	3,80	2,87
CV (%)		11,89	11,14	14,56	16,88	16,86	19,75	21,00	20,61	23,98	20,82	22,25	22,16

Apêndice 5. Diâmetro, massa e firmeza de polpa de 35 genótipos de acerola colhidos nos três primeiros estádios de maturação. Todos os genótipos foram produzidos em 2020 no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

	Genótipos	Diâmetro (cm)			Massa (g)			Firmeza (N)		
		Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3
1	ACO 03	1,43	1,71	1,78	1,68	2,64	3,10	97,96	102,25	18,32
2	ACO 10	1,43	1,73	1,66	1,66	2,70	2,64	32,68	32,02	17,25
3	ACO 17	1,39	1,84	1,90	1,56	3,33	3,45	94,92	138,05	23,58
4	ACO 18	1,48	1,94	1,82	1,80	3,82	3,38	27,26	52,29	18,68
5	ACO 35	1,27	1,58	1,81	1,33	2,27	3,15	92,46	51,23	20,87
6	ALHA 06	1,62	1,94	2,04	2,28	4,10	4,22	30,54	34,86	12,06
7	Barbados	1,19	1,67	1,75	0,93	2,43	2,79	72,97	87,20	27,79
8	BRS Rubra	1,57	1,99	2,17	2,16	3,99	4,75	113,80	79,08	25,68
9	BV 07	1,39	2,01	2,02	1,57	4,42	4,58	95,02	98,18	19,52
10	Cabocla	1,56	1,93	2,26	1,92	3,42	5,45	75,05	77,96	40,43
11	Camta	1,36	1,53	1,64	1,45	2,39	2,90	90,41	48,53	14,29
12	CARP 01	1,56	1,88	1,99	2,60	3,76	4,51	37,04	27,40	12,51
13	Costa Rica	1,54	2,08	2,23	2,13	4,54	5,68	40,21	36,66	15,93
14	Dominga	1,50	1,77	1,84	1,72	2,90	3,20	30,59	35,88	15,24
15	Okinawa	1,66	2,25	2,35	2,69	6,08	6,59	145,44	179,27	62,01
16	Olivier	1,54	1,93	2,10	2,00	3,98	4,73	36,33	35,74	23,08
17	PROG 023	1,21	1,76	1,88	1,40	3,17	3,44	104,40	136,88	55,76
18	PROG 046	0,92	1,50	1,98	1,52	1,73	4,01	60,81	67,04	25,48
19	PROG 052	1,65	1,97	2,13	2,50	4,20	5,54	26,22	42,53	20,56
20	PROG 069	1,39	1,71	1,96	1,50	2,75	3,99	34,51	34,95	22,65
21	PROG 081	1,46	2,10	2,28	1,65	4,51	5,87	24,72	52,08	20,29
22	PROG 102	1,57	1,85	2,08	1,96	3,46	4,79	111,49	117,03	45,79
23	PROG 122	1,42	1,72	1,85	1,46	2,50	3,00	33,50	39,55	26,46
24	PROG 123	1,34	1,77	1,92	1,25	2,70	3,56	34,12	32,63	18,11
25	PROG 135	1,32	1,70	1,70	1,38	2,41	2,51	33,59	33,24	18,63

26	PROG 142	1,23	1,67	1,76	1,13	2,74	2,86	26,65	32,03	15,48
27	PROG 188	1,33	1,92	2,14	1,31	3,65	4,65	24,99	47,57	24,95
28	PROG 195	1,55	1,91	2,21	2,06	3,64	5,19	41,28	41,00	24,99
29	PROG 215	1,53	1,96	2,13	2,20	3,85	5,19	151,38	73,97	32,82
30	PROG 216	1,50	1,72	1,75	1,82	3,22	3,24	29,59	25,73	9,97
31	PROG 233	1,50	2,07	2,15	1,91	4,43	5,18	35,06	38,54	22,23
32	PROG 244	1,37	1,62	1,62	1,37	2,12	2,19	30,81	37,51	17,90
33	RECI 02	1,42	1,76	1,90	1,39	2,60	3,26	29,60	26,68	13,43
34	UEL 03	1,40	1,46	1,58	1,36	1,86	2,15	88,90	93,14	24,57
35	Valéria	1,51	1,96	2,09	1,70	3,56	3,97	110,52	141,78	56,58
Average		1,43	1,83	1,96	1,73	3,31	3,99	61,28	63,73	24,68
Minimo		0,92	1,46	1,58	0,93	1,73	2,15	24,72	25,73	9,97
Máximo		1,66	2,25	2,35	2,69	6,08	6,59	151,38	179,27	62,01
CV (%)		10,42	9,97	10,63	24,26	28,01	28,75	61,89	62,29	51,57

Apêndice 6. Parâmetros de cor de 35 genótipos de acerola colhidos nos quatros estádios de maturação, Todos os genótipos foram produzidos em 2020, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

	Genótipos	Luminosidade				Croma				Agulo hue			
		Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4	Estádio1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4	Estádio 1	Estádio 2	Estádio 3	Estádio 4
1	ACO 03	65,29	57,62	57,99	44,30	45,84	39,96	44,82	52,13	114,47	116,00	63,87	34,64
2	ACO 10	58,96	61,91	47,81	35,67	44,41	45,13	36,80	36,77	116,24	113,47	64,50	25,65
3	ACO 17	57,93	52,26	53,95	34,63	40,51	36,83	43,93	38,02	117,77	120,45	57,66	23,65
4	ACO 18	57,33	52,65	48,35	39,14	40,17	36,01	36,61	45,33	119,68	120,88	63,37	29,37
5	ACO 35	64,01	70,64	64,97	40,56	43,26	46,29	42,92	46,70	117,39	113,24	58,89	26,47
6	ALHA 06	58,10	58,58	53,28	43,55	37,78	37,15	34,49	38,85	119,95	119,97	59,01	31,81
7	Barbados	59,58	61,69	52,95	35,27	42,54	42,56	34,29	37,77	116,06	116,78	66,67	23,68
8	BRS Rubra	67,06	69,88	66,46	45,03	47,17	47,66	39,60	48,28	117,24	114,25	79,73	35,70
9	BV 07	61,78	62,25	53,30	37,31	41,98	43,10	42,82	42,78	116,72	116,06	57,37	28,27
10	Cabocla	71,24	73,90	63,18	33,23	64,21	62,82	56,35	34,93	108,47	104,99	63,41	22,25
11	Camta	48,50	53,89	54,72	49,57	35,39	38,11	40,77	49,25	120,49	117,18	61,61	45,82
12	CARP 01	68,71	73,02	63,21	43,19	44,68	43,19	48,32	50,20	109,53	104,77	60,48	33,43
13	Costa Rica	63,19	63,10	59,90	39,98	44,07	41,58	47,73	47,73	112,82	108,72	60,14	30,38
14	Dominga	62,18	66,92	62,32	45,79	39,87	39,82	39,83	52,59	116,16	115,10	62,70	36,73
15	Okinawa	68,02	60,71	54,00	43,78	43,14	37,46	37,13	46,54	116,81	118,74	56,54	31,32
16	Olivier	61,33	60,45	45,87	36,26	42,28	42,30	29,94	35,50	118,13	116,47	65,91	29,77
17	PROG 023	62,64	59,50	54,20	34,63	46,12	41,41	38,68	38,02	116,18	116,01	72,23	23,65
18	PROG 046	33,48	15,27	40,12	51,83	45,67	43,31	45,81	38,64	109,07	104,70	58,90	21,66
19	PROG 052	58,27	60,37	49,22	36,82	43,86	43,78	36,43	41,08	142,11	116,76	61,29	28,18
20	PROG 069	52,23	54,72	49,94	33,14	38,27	40,21	39,28	38,47	119,48	116,35	57,37	25,76
21	PROG 081	63,93	60,53	50,20	33,39	48,77	46,08	42,52	31,45	113,42	80,35	56,01	23,56
22	PROG 102	60,29	56,45	51,81	37,71	41,20	38,70	38,23	43,45	115,57	117,35	56,81	27,61
23	PROG 122	53,88	50,54	38,91	32,47	42,37	31,77	19,55	27,66	120,52	121,57	51,94	22,07
24	PROG 123	54,07	55,18	50,80	35,61	41,02	41,79	37,67	39,95	120,03	117,64	67,52	27,63
25	PROG 135	53,74	55,66	53,18	33,30	38,94	39,60	37,83	35,62	119,59	116,97	66,83	21,92
26	PROG 142	62,65	62,55	54,90	35,69	46,86	43,63	45,10	38,33	116,77	114,81	50,03	25,17
27	PROG 188	61,46	61,22	51,76	32,60	44,77	42,54	42,10	37,95	118,16	116,60	53,06	21,89
28	PROG 195	58,37	62,39	53,41	39,27	39,57	37,61	36,30	41,76	116,97	108,76	54,55	31,03

29	PROG 215	65,84	70,00	65,59	40,35	44,63	44,87	43,45	49,67	111,56	106,27	71,54	34,98
30	PROG 216	63,44	65,62	56,10	37,92	45,78	43,10	46,01	45,78	111,89	113,68	56,14	27,82
31	PROG 233	60,41	61,53	56,30	41,59	40,69	41,14	36,87	46,47	116,34	113,99	69,95	33,92
32	PROG 244	57,77	56,26	57,52	38,15	43,62	40,45	41,99	44,93	117,11	117,43	71,67	24,22
33	RECI 02	60,22	66,10	58,97	35,34	45,72	48,29	46,52	39,10	116,18	112,78	66,96	24,38
34	UEL 03	61,36	56,82	57,27	34,15	45,22	41,73	46,08	40,20	116,71	118,38	62,34	20,50
35	Valéria	55,53	53,94	59,61	40,31	37,95	35,20	37,88	49,73	118,84	118,53	75,71	28,21
Average		59,79	59,55	54,63	38,62	43,38	41,86	40,42	42,05	116,98	113,89	62,36	28,09
Mínimo		33,48	15,27	38,91	32,47	35,39	31,77	19,55	27,66	108,47	80,35	50,03	20,50
Máximo		71,24	73,90	66,46	51,83	64,21	62,82	56,35	52,59	142,11	121,57	79,73	45,82
CV (%)		11,16	16,33	11,78	12,66	10,96	12,25	15,40	14,32	4,61	6,48	10,94	19,49

Apêndice 7. Ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT de 35 genótipos de acerola colhidos nos três primeiros estádios de maturação. Todos os genótipos foram produzidos em 2020, no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

Genótipos	sólidos solúveis (° Brix)			Acidez titulável (AT%)			Relação SS/TA			Ácido ascórbico (AA%)			
	Estádio 1	Estádio2	Estádio3	Estádio 1	Estádio2	Estádio3	Estádio 1	Estádio2	Estádio3	Estádio 1	Estádio2	Estádio3	
1	ACO 03	7,60	8,40	11,30	2,09	2,11	2,09	3,67	3,98	5,36	3,27	3,85	1,80
2	ACO 10	8,30	6,47	10,20	2,10	1,76	1,69	3,97	3,69	6,11	1,63	1,94	1,89
3	ACO 17	8,17	8,20	8,87	1,51	1,41	1,30	5,42	6,05	6,83	3,30	3,48	1,60
4	ACO 18	7,90	7,57	7,60	1,27	1,27	1,25	6,22	6,05	6,08	2,51	2,52	1,38
5	ACO 35	8,57	8,80	8,77	1,27	1,18	1,04	6,78	7,59	8,41	3,50	3,53	2,23
6	ALHA 06	7,47	7,60	8,23	1,70	1,56	1,51	4,56	4,86	5,46	2,80	2,63	2,38
7	Barbados	9,67	7,90	7,33	2,55	2,37	1,84	3,79	3,36	4,24	4,05	3,08	2,11
8	BRS Rubra	9,70	9,57	9,20	1,01	0,90	0,82	9,57	10,58	11,22	2,00	1,73	1,20
9	BV 07	7,17	7,35	7,50	1,39	1,41	1,34	5,14	5,21	5,64	1,75	1,70	0,76
10	Cabocla	9,30	9,40	9,50	1,87	1,86	1,76	4,94	5,06	5,39	4,13	4,00	2,30
11	Camta	8,87	8,87	8,93	2,47	2,13	2,00	3,61	4,17	4,46	3,45	4,23	2,70
12	CARP 01	8,47	9,40	9,43	1,37	1,45	1,29	6,12	6,46	7,29	3,50	3,64	2,21
13	Costa Rica	8,97	8,57	9,67	1,62	1,51	1,42	5,57	5,69	6,84	4,05	2,98	1,24
14	Dominga	8,33	8,77	8,67	1,73	1,77	1,63	4,83	4,94	5,31	3,39	3,69	2,71
15	Okinawa	8,43	8,07	7,53	1,77	1,77	1,70	4,98	4,56	4,45	3,56	3,11	2,34
16	Olivier	7,80	8,37	9,13	1,45	1,31	1,20	6,03	6,41	7,64	2,27	2,20	1,88
17	PROG 023	7,47	7,17	6,90	1,67	1,66	1,51	4,53	4,32	4,58	3,82	2,96	1,79
18	PROG 046	9,97	7,10	9,20	1,76	1,85	1,66	5,66	3,90	5,68	3,34	2,90	2,20
19	PROG 052	8,17	8,37	8,70	1,90	1,67	1,62	4,48	5,02	5,37	2,50	2,83	2,18
20	PROG 069	8,63	8,50	8,63	1,85	1,79	1,49	4,68	4,76	5,81	3,47	3,27	2,23
21	PROG 081	9,20	9,17	9,28	2,20	1,77	1,69	4,50	5,19	5,51	3,98	3,50	3,11
22	PROG 102	7,37	7,50	7,20	1,63	1,51	1,35	4,51	4,99	5,38	3,14	3,42	2,02
23	PROG 122	8,17	8,10	8,30	1,98	2,00	1,87	4,12	4,08	4,46	4,00	3,57	2,23
24	PROG 123	9,10	8,33	9,87	1,52	1,28	1,25	6,03	6,51	8,01	3,70	2,67	2,17
25	PROG 135	7,93	7,03	8,50	1,55	1,46	1,77	5,14	4,82	4,85	2,61	2,26	1,72
26	PROG 142	7,00	9,27	9,43	1,72	1,85	1,72	4,06	5,01	5,48	3,43	4,88	3,11
27	PROG 188	8,37	7,47	9,87	1,76	1,55	1,69	4,75	4,83	5,97	2,99	2,52	1,73
28	PROG 195	9,80	9,27	9,80	2,02	1,99	1,84	4,92	4,66	5,32	3,47	3,90	2,72

29	PROG 215	8,47	8,60	8,97	1,70	1,48	1,32	4,99	5,83	6,79	2,97	2,33	1,20
30	PROG 216	10,10	8,80	10,63	1,95	1,89	1,89	5,27	4,67	5,63	3,39	3,69	2,71
31	PROG 233	7,60	7,77	7,73	1,37	1,59	1,24	5,61	4,93	6,21	3,10	3,07	1,88
32	PROG 244	8,67	7,57	7,50	1,89	2,00	1,81	4,65	3,79	4,19	3,63	3,73	2,23
33	RECI 02	8,83	7,93	10,97	1,73	1,49	1,61	5,11	5,32	6,83	3,13	2,97	2,48
34	UEL 03	9,77	9,53	10,10	1,82	1,58	1,49	5,38	6,18	6,88	2,68	2,01	1,73
35	Valéria	8,77	8,40	7,80	1,58	1,74	1,50	5,54	4,96	5,20	3,52	3,63	2,49
Média		8,52	8,26	8,89	1,74	1,65	1,55	5,12	5,21	5,97	3,20	3,10	2,08
Mínimo		7,00	6,47	6,90	1,01	0,90	0,82	3,61	3,36	4,19	1,63	1,70	0,76
Máximo		10,10	9,57	11,30	2,55	2,37	2,09	9,57	10,58	11,22	4,13	4,88	3,11
CV (%)		9,77	9,64	12,39	18,62	18,17	18,09	21,13	25,13	23,38	19,96	23,92	25,81

Apêndice 8. Trinta e seis genótipos do Banco Ativo de Germoplasma agrupados em sete grupos por similaridade espectral (Vis-NIR).

Nº	Genótipos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1	PROG 052			PROG 052 (2C**)				PROG 052 (1C)
2	BRS RUBRA				BRS RUBRA (1C)		BRS RUBRA (2C)	
3	CABOCLA							CABOCLA (2C)
4	PROG 069				PROG 069 (1C e 2C)			
5	CARP 01							CARP 01 (1C)
6	OLIVIER				OLIVIER (2C)			OLIVIER (1C)
7	PROG 233	PROG 233(1C*)				PROG 233(2C)		
8	UEL 03			UEL 03(2C)			UEL 03(1C)	
9	PROG 123		PROG 123(1C)			PROG 123(1C)		
10	COSTA RICA						COSTA RICA (2C)	COSTA RICA (1C)
11	PROG 215			PROG 215(1C e 2C)				
12	ACO 17	ACO 17(2C)		ACO 17 (1C)				
13	PROG 081						PROG 081(1C e 2C)	
14	ACO 18		ACO 18(1C)		ACO 18(2C)			
15	ACO 10						ACO 10 (2C)	ACO 10(1C)
16	RECI 02	RECI 02(1C)					RECI 02 (2C)	
17	PROG 023					PROG 023 (2C)		
18	PROG 195				PROG 195(2C)			

19	PROG 122					PROG 122(2C)		PROG 122(1C)
20	OKINAWA				OKINAWA (2C)			OKINAWA (1C)
21	BV 07					BV 07 (2C)		
22	ACO 35				ACO 35(1C)	ACO 35(2C)		
23	ALHA 06						ALHA 06(1C e 2C)	
24	PROG 188			PROG 188 (1C)			PROG 188(2C)	
25	ACO 03					ACO 03(1C)	ACO 03 (2C)	
26	PROG 031				PROG 031(2C)			PROG 031 (1C)
27	PROG 216			PROG 216(2C)				
28	VALÉRIA					VALÉRIA (2C)		
29	PROG 102				PROG 102 (2C)	PROG 102(1C)		
30	BARBADOS					BARBADOS (2C)		BARBADOS (1C)
31	PROG 244	PROG 244(1C)				PROG 244(2C)		
32	PROG 046				PROG 046 (1C)			PROG 046(2C)
33	DOMINGA						DOMINGA (2C)	
34	PROG 135				PROG 135(1C)		PROG 135(2C)	
35	PROG 142				PROG 142(1C)			PROG 142(2C)
36	CAMTA						CAMTA (1C)	

*1C = primeira colheita, **2C = segunda colheita. Os ciclos de produção que estiverem faltando não foram utilizados na PCA.