

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**SELEÇÃO DE DESCRITORES INFORMATIVOS E AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE
MARACUJAZEIRO PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS COM CASCA ROXA**

Mateus Araujo dos Santos

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

SELEÇÃO DE DESCRITORES INFORMATIVOS E AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS COM CASCA ROXA

MATEUS ARAUJO DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2019

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Dr. Onildo Nunes de Jesus

Coorientador: Dr. Lucas Kennedy Silva Lima

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

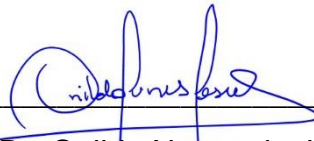
| | |
|-------|--|
| S237s | <p>Santos, Mateus Araújo dos.</p> <p>Seleção de descritores informativos e avaliação de híbridos de maracujazeiro para seleção de genótipos com casca roxa / Mateus Araújo dos Santos. _ Cruz das Almas, BA, 2022.</p> <p>88f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em</p> <p>1.Maracujá – Passifloraceae. 2.Maracujá – Melhoramento genético – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 634.425</p> |
|-------|--|

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela
Elaboração Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Mateus Araujo dos Santos

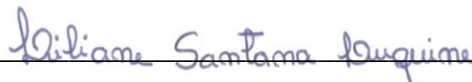
Aprovada em: 13 / 10 / 2022



Dr. Onildo Nunes de Jesus
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Orientador)



Dr. Everton Hilo de Souza
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Examinador interno)



Drª Liliane Santana Luquine
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Examinador externo)

DEDICATÓRIA

A Deus, por se fazer presente em todos os meus momentos. A minha família (Mãe, Pai (In memoriam), irmã, avó e demais parentes), que tanto me apoiaram nos meus sonhos. A minha noiva por todo amor, companheirismo e paciência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter permitido que tudo isso fosse possível. Sempre estive comigo não somente durante o período do mestrado, mas em todos os momentos da minha vida.

A minha família que sempre me apoiou nos estudos, minha mãe Rosa que incentiva as minhas escolhas e mesmo convivendo com a distância e a saudade, proporcionou a realização desse sonho. A minha querida irmã Karina, que sempre acreditou no meu potencial e que a tenho como exemplo de vida, muito do que sou agradeço a você e a nossa mãe. Agradeço a meu pai Antônio (In memoriam) que ao longo do tempo entendeu a importância do estudo em busca de objetivos maiores, onde estiver sintia-se feliz com essa conquista. A minha noiva Flávia que me encorajou a continuar com esse sonho, sempre presente e incentivando a manter o foco nos estudos.

Agradeço a meu orientador, Dr. Onildo Nunes, por ter proporcionado a minha inserção no mestrado e contribuído na minha formação profissional. A sua dedicação a pesquisa com amor e profissionalismo é um exemplo a ser compartilhado. Obrigado pela paciência, ensinamentos e orientações ao longo do trabalho.

Ao meu coorientador Dr. Lucas Kennedy, por ter contribuído em todos os momentos desse projeto, sempre oferecendo o seu melhor. Por ter incentivado e acreditado que iria dar certo.

A todos da equipe do Maracujá por ter me acolhido em todos os momentos e compartilhado os conhecimentos da cultura, em especial a Sidnara, pois além do seu conhecimento das *Passifloras* que são de grande importância, a prestatividade em ajudar o outro faz parte da sua essência de ser humano.

A todos os pesquisadores e funcionários da Embrapa Mandioca e Fruticultura, cada um de vocês foram importantes para que esse trabalho acontecesse. Em especial a Vinícius, João e Amós que sempre estiveram dispostos a ajudar quando solicitados.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura por disponibilizar um campo de pesquisa com qualidade e materiais necessários para um trabalho com seriedade.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, por ter grande contribuição na minha vida acadêmica e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente estiveram presentes de alguma forma nesse momento importante da minha vida, toda ajuda foi bem vinda e será lembrada.

EPÍGRAFE

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

A família Passifloraceae possui mais de 600 espécies. Uma parcela considerável dessa diversidade é conservada nos Bancos de Germoplasma. Para uso efetivo dessa variabilidade é necessário realizar a caracterização morfoagronômica dos acessos. No entanto, o processo de caracterização é lento devido ao elevado número de descritores. Uma estratégia utilizada é a identificação e seleção de descritores mínimos, com maior capacidade de discriminar genótipos sem comprometer a qualidade das informações. Outra vertente é o desenvolvimento de cultivares de maracujá de casca roxa, que apresentem maior teor de sólidos solúveis e menor acidez. Assim, este trabalho teve por objetivo *i)* avaliar as propriedades físico e químicas de híbridos de maracujazeiro de frutos roxos; *ii)* aplicar o uso do NIR em polpa de maracujá de casca roxa e amarela; *iii)* empregar metodologia alternativa para caracterização da cor de frutos; *iv)* avaliar a variabilidade fenotípica dos genótipos de *Passiflora* por meio da caracterização morfológica e *v)* selecionar descritores informativos. Na avaliação dos genótipos de maracujá de casca roxa foi observado que os híbridos H09-125 e H09-163 apresentaram os melhores valores para o ratio comparado ao maracujá de cor de casca amarela. A análise de colorimetria de frutos via $CIE-L^*a^*b^*$ foi eficiente para determinar a cor com maior precisão dos dados, tanto para a cor de casca como a cor de polpa. O uso do NIR - Espectroscopia de infravermelho próximo possibilitou discriminar os genótipos nos espectros de 350 e 2500 nm. Na seleção de descritores mínimos foi possível identificar ampla variabilidade fenotípica nos 51 genótipos avaliados com base em descritores qualitativos e quantitativos. Com base nas análises multivariada foi possível o descarte de 25 descritores qualitativos (44%) e nove descritores quantitativos (50%) sem comprometer os resultados. Os resultados obtidos permitirão direcionar a caracterização de *Passiflora* utilizados os descritores selecionados. Os melhores híbridos de maracujá com casca roxa poderão ser validados polos de produção.

Palavras-chave: Caracterização de germoplasma, Descritores mínimos, Maracujá de casca roxa, *Passiflora*.

ABSTRACT

The Passifloraceae family has more than 600 species. A considerable portion of this diversity is conserved in Germplasm Banks. For effective use of this variability it is necessary to carry out the morphoagronomic characterization of the accessions. However, the characterization process is slow due to the high number of descriptors. One strategy used is the identification and selection of minimum descriptors, with greater capacity to discriminate genotypes without compromising the quality of the information. Another aspect is the development of passion fruit cultivars with purple skin, which have a higher content of soluble solids and lower acidity. Thus, this work aimed to i) evaluate the physical and chemical properties of passion fruit hybrids with purple fruits; ii) apply the use of NIR in passion fruit pulp with purple and yellow skin; iii) employ an alternative methodology for the characterization of fruit color; iv) evaluate the phenotypic variability of *Passiflora* genotypes through morphological characterization and v) select informative descriptors. In the evaluation of the passion fruit genotypes with purple skin, it was observed that the hybrids H09-125 and H09-163 presented the best values for the ratio compared to the passion fruit with yellow skin. The fruit colorimetry analysis via CIE-L*a*b* was efficient to determine the color with greater precision of the data, both for the skin color and the pulp color. The use of NIR - Near Infrared Spectroscopy made it possible to discriminate the genotypes in the spectra of 350 and 2500 nm. In the selection of minimum descriptors, it was possible to identify wide phenotypic variability in the 51 genotypes evaluated based on qualitative and quantitative descriptors. Based on the multivariate analysis, it was possible to discard 25 qualitative descriptors (44%) and nine quantitative descriptors (50%) without compromising the results. The results obtained will allow directing the characterization of *Passiflora* using the selected descriptors. The best passion fruit hybrids with purple peel can be validated production centers.

Keywords: Characterization of germplasm, Minimum descriptors, Purple passion fruit, *Passiflora*.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. Lista de Figuras | 11 |
| 2. Lista de Tabelas | 14 |
| 3. Introdução geral | 15 |
| 4. Revisão de literatura | 17 |
| 4.1 Diversidade do gênero <i>Passiflora</i> | 17 |
| 4.2 Caracterização de germoplasma | 19 |
| 4.3 Métodos estatísticos para a caracterização | 20 |
| 4.4 Melhoramento genético e o maracujá de casca roxa | 20 |
| 5. Referências | 22 |

Capítulo I: SELEÇÃO DE DESCRITORES INFORMATIVOS

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 29 |
| 2. Materiais e Métodos | 31 |
| 2.1 Localização do experimento | 31 |
| 2.2 Material vegetal | 32 |
| 2.3 Análise físico e química | 32 |
| 2.4 Análise colorimétrica | 33 |
| 2.5 Uso do NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) | 33 |
| 2.6 Análise estatística | 33 |
| 3. Resultados | 34 |
| 4. Discussão | 43 |
| 4.1 Avaliação físico e química dos genótipos | 43 |
| 4.2 Avaliação via cor de casca e polpa | 45 |
| 4.3 Avaliação da uniformidade de cor dos genótipos | 47 |
| 4.4 Avaliação do NIR | 48 |
| 5. Conclusão | 49 |
| 6. Referências | 50 |

Capítulo II: AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS COM CASCA ROXA

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Introdução | 58 |
| 2. Materiais e Métodos | 60 |
| 2.1 Localização do experimento | 60 |
| 2.2 Material vegetal | 60 |
| 2.3 Avaliação morfológica | 62 |
| 2.4 Análise estatística | 67 |
| 3. Resultados e Discussão | 68 |
| 4. Conclusão | 81 |
| 5. Considerações finais | 82 |
| 6. Referências | 83 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. A) Dendrograma dos dados de espaço de cor CIE-Lab da cor de casca via aplicativo; B) Dendrograma com classificação de cor de casca via classes de descritor para *Passiflora*, sendo 1. Verde; 2. Amarelo-esverdeada; 3. Amarela; 4. Alaranjada; 5. Rosada; 6. Vermelho-alaranjada; 7. Vermelha e 8. Roxa. C-F) Box-plots dos grupos formados no dendrograma com base no aplicativo para os caracteres; C) Sólidos solúveis; D) Acidez total; E) Sólidos solúveis/acidez total e F) pH. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H06: H09-164.

Figura 2. A) Dendrograma com base na análise colorimétrica da polpa via aplicativo; B) Dendrograma com classificação de cor de polpa via descritor para *Passiflora*; C-F) Box-plots dos grupos formados no dendrograma com base no aplicativo para os caracteres; C) Sólidos solúveis; D) Acidez total; E) Sólidos solúveis/acidez total e F) pH. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H06: H09-164.

Figura 3. Dendrograma para cor de casca em frutos de maracujá de casca amarela e roxa com leitura utilizando metodologia alternativa via CIE-Lab. A) BGP418; B) H09-165; C) H09-166; D) H09-125; E) H09-163; F) H09-164.

Figura 4. A-B) Dendrograma com base nos espectros dos espectrômetros de infravermelho próximo (NIR) da polpa de maracujá de casca amarela e roxa. A) Dendrograma dos dados do NIR da polpa em relação ao padrão de cores da casca obtidos pelo aplicativo em CIE-Lab; B) Dendrograma dos dados do NIR da polpa em relação ao padrão de cores da polpa obtidos pelo aplicativo em CIE-Lab; C) Gráfico de linhas dos espectros obtidos (350 a 2500 nm) por genótipo avaliado; D) Gráfico de linhas dos espectros médios obtidos (350 a 2500 nm) por coloração de casca; E) Dendrograma com base nos dados médios do NIR da polpa para os genótipos avaliados. Os círculos preenchidos no dendrograma indicam os padrões de cores da casca e ou da polpa obtidos por meio de aplicativos no espaço CIE-Lab. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H06: H09-164.

CAPÍTULO 2

Figura 1. Caracterização da diversidade fenotípica com base em descritores qualitativos e quantitativos em 51 genótipos de *Passiflora* spp. utilizando a distância de Gower e métodos de agrupamento UPGMA. A) Dendrograma elaborado com todos os descritores qualitativos. B) Dendrograma elaborado com todos os descritores quantitativos. C) Gráfico de densidade dos descritores qualitativos e quantitativos. As cores que identificam os genótipos dentro dos grupos na Figura 1b foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 1a. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de genótipos de mesma espécie antes da eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo, CC: coeficiente de correlação cofenética.

Figura 2. Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 56 descritores qualitativos (A) e após a seleção de 31 (B) e 39 (C) descritores qualitativos. Gráfico de densidade com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores qualitativos (QL 56) e os descritores selecionados com 31 (D) e 39 (E). As cores que identificam os genótipos dentro dos grupos na Figura 2b-c foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 2a. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de genótipos de mesma espécie antes e após a eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo, CC: coeficiente de correlação cofenética.

Figura 3. A) Componentes principais considerando todos os 18 descritores quantitativos; B) Análise de correlação de dissimilaridade entre os 18 caracteres quantitativos; C) Análise de componentes principais com os nove descritores quantitativos selecionados. As setas representam a direção da característica e suas cores de gradiente representam a contribuição, azul (baixo) para vermelho (alto), de cada característica para os dois componentes. Nas figuras A e B, à direita possui a contribuição dos genótipos representada pelo tamanho dos círculos. Retângulos em vermelho identificam (Figura 3a, b) os caracteres sugeridos para descarte pelo PCA e análise de correlação. Valores em negrito (Figura 3b) mostram as correlações acima de 0,70.

Figura 4. A) Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 18 descritores quantitativos. B) Dendrograma elaborado após a seleção de 9 descritores quantitativos. C). Gráfico de densidade

com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores quantitativos (QN-18) e os nove descritores quantitativos selecionados QN-9. As cores que identificam os genótipos dentro dos grupos na Figura 1b foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 1a. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de genótipos de mesma espécie antes e após a eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo. CC: coeficiente de correlação cofenética.

Figura 5. A) Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 56 descritores qualitativos e os 18 quantitativos. B) Dendrograma elaborado após a seleção de 31 descritores qualitativos mais 9 descritores quantitativos C) Gráfico de densidade com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores qualitativos e quantitativos (QL56 + QN18) e os selecionados (QL31 + QN9). QL: Qualitativo; QN: Quantitativo, CC: Coeficiente de correlação.

Figura 6. Correlação entre as matrizes de dissimilaridade dos caracteres qualitativos e quantitativos dos dados completos e após a seleção. QL-56: descritores qualitativos antes da seleção para 56 caracteres avaliados; QN 18: descritores quantitativos antes da seleção para 18 caracteres avaliados; QL 44: descritores qualitativos após a seleção 44 caracteres; QL 39: descritores qualitativos após a seleção 39 caracteres; QL 31: descritores qualitativos após a seleção 31 caracteres e QN 9: descritores quantitativos após a seleção nove caracteres. QL+QN: análise conjunta para dados completos (QL-56+QN-18) ou selecionados (QL-44+QN-9; QL-39+QN-9 e QL-31+QN-9).

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Caracteres físicos e químicos avaliados em genótipos de maracujá de casca roxa e amarelo, Dom Basílio, BA.

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Lista de Genótipos/Acessos caracterizados com base em 56 descritores qualitativos e 18 descritores quantitativos pertencentes ao Banco de Germoplasma de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia.

Tabela 2. Descritores morfológicos qualitativos e quantitativos utilizado na caracterização dos 51 genótipos de *Passiflora* spp..

INTRODUÇÃO GERAL

A família Passifloraceae ocorre predominantemente em regiões tropicais e subtropicais, apresentando cerca de 20 gêneros e mais de 600 espécies (Mader et al., 2009; Cauz-Santos et al., 2017). O gênero *Passiflora* L. é o mais representativo, possuindo no Brasil 157 espécies conhecidas, dessas, 87 são endêmicas e estão distribuídas nos diversos biomas do Brasil (Flora do Brasil, 2020). Esse gênero é o mais explorado comercialmente no mundo devido a qualidade que os frutos oferecem, sendo usado para fins alimentares, industriais e farmacológicos (Zeraik, 2010). Algumas espécies também são utilizadas na ornamentação paisagística, por apresentarem flores vistosas e exóticas (Mezzonato-Pires et al. 2013).

O maracujá azedo ou amarelo (*Passiflora edulis* Sims) se destaca no cenário nacional entre as principais frutas produzidas, sendo o Brasil quem domina a produção mundial desta fruta com mais de 690 mil toneladas produzidas no ano de 2020. Cerca de 28% da quantidade produzida está concentrada no estado do Ceará, seguida da Bahia que juntas somam quase 60% da produção nacional (IBGE, 2021).

Entre os materiais que podem atender o mercado interno e externo na forma de fruta fresca, além do maracujá de casca amarela, estão as cultivares de maracujá de casca roxa, que são frutas que expõem boa qualidade, pois diversos estudos reportam que genótipos de casca roxa apresentam maior teor de sólidos solúveis e menor acidez em sua polpa, o que dispensam o uso de açúcares quando consumidos (Medeiros et al., 2009a), além de apresentar maior teor de antioxidantes e carotenoides em sua polpa e casca, pigmento presente em frutos de coloração escura e que combate os radicais livres (Yepes et al., 2021). O maracujá de casca roxa tende a possuir maior quantidade de polpa quando comparado ao maracujá de casca amarela, pois a sua cavidade ovariana é maior evidenciando menor valor de espessura de casca (Medeiros, 2009b).

A passicultura exerce forte impacto social e econômico no país, sobretudo para a agricultura familiar que contribui com a maior parte da produção nacional, pois é uma cultura que proporciona ao produtor um retorno rápido e bem distribuído ao longo do ano (Meletti, 2011).

Embora haja ampla adaptação as condições tropicais e subtropicais do Brasil o cultivo do maracujá azedo está sujeito a ocorrência de problemas fitossanitários que são grandes obstáculos para manter uma boa produção, com redução de

produtividade e consequente perda dos ganhos econômicos o que leva ao abandono do cultivo por diversos passicultores. Algumas doenças podem acometer o maracujá, entre elas podemos citar a murcha do *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*) e virose do endurecimento dos frutos (*Cowpea aphid-borne mosaic virus*, CABMV), que são consideradas as principais doenças nos polos de produção. A baixa eficiência nas técnicas químicas, físicas e biológicas para o controle dessas doenças exige a necessidade de cultivares resistentes (Preisigke, 2017).

O controle de algumas doenças exige esforços dos produtores, sobretudo por não existir cultivar de *P. edulis* resistente as principais pragas e doenças que acometem o maracujá e o uso de defensivos agrícolas nem sempre mostram eficiência ou não há registro para o maracujá. Dessa forma, o desenvolvimento de variedades resistentes é interessante tanto nos aspectos econômico e ambientais, como também para o produtor e o consumidor.

A obtenção de cultivares resistentes como porta-enxertos provenientes de espécies silvestres para o controle de doenças e pragas seriam a melhor forma de conter o avanço dessas patologias, sendo essencial para a qualidade de produção, trazendo a diminuição do uso de agentes químicos na tentativa de controle e redução dos custos (Junqueira et al., 2003).

A utilização de espécies silvestres estão vinculadas ao Banco de Germoplasma que só é possível mediante um processo de conservação de diferentes genótipos e espécies, as caracterizações detalhadas dos acessos são realizadas para posterior identificação de caracteres de relevância, cujo genes podem ser introgridos em cultivares de interesse. O Banco Ativo de Germoplasma do Maracujá (BAG-Maracujá) da Embrapa Mandioca e Fruticultura conta com uma ampla variabilidade de acessos cujo potencial e uso tem sido registrado por diferentes pesquisas (Pereira et al., 2019; Gonçalves et al., 2021; Santos et al., 2021a; Jesus et al., 2021a; Jesus et al., 2022).

O Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro (PMGM) da Embrapa Mandioca e Fruticultura vem desenvolvendo ao longo dos últimos anos uma série de estudos buscando identificar genótipos que confirmam resistências a doenças, através da caracterização de espécies silvestres para subsidiar as ações dos programas de melhoramento e desenvolvimento de estratégias para o convívio com as doenças (Lima et al., 2018a; Jesus et al., 2021a; Jesus et al., 2021b).

A caracterização do BAG-Maracujá é feita com uso de descritores mínimos para *Passiflora*, sendo este um importante avanço que foi obtido através da criação

de livros para a caracterização de germoplasma de *Passiflora* por meio de lista de descritores ilustrados (Jesus et al., 2017). No entanto, são previstos cerca de 74 descritores (Jesus et al., 2017) entre qualitativos e quantitativos, o que torna o processo de caracterização muito trabalhoso, principalmente quando aplicada em grande número de acessos. Assim, com o uso de metodologias alternativas para a identificação de espécies, o tempo de caracterização pode diminuir e aumentar o rendimento dos avaliadores. Alternativas com o uso de colorimetria de frutos e avaliação via NIR tem apresentado resultados em diversas culturas para a identificação de espécies e atributos físico e químicos (Kayesh et al., 2013; Kaiser et al., 2016; Anderson e Walsh, 2022).

O PMGM tem concentrado também em outras linhas de pesquisa com cultivares mais produtivas, precoces e que possibilite diversificação dos plantios com novas cultivares com atributos diferenciados para o fortalecimento da passicultura nacional e incentivar o mercado de exportações, a exemplo do lançamento do BRS Pérola do Cerrado e das ações de pesquisa voltado para o desenvolvimento de maracujá com casca roxa (Jesus et al., 2016; Araújo et al., 2017) visando o mercado de fruta de mesa para o consumo fresco.

Diante das informações apresentadas, essa pesquisa teve como objetivo caracterizar espécies e genótipos com intuito de identificar novos materiais do Banco Ativo de Germoplasma do Maracujá (BAG-Maracujá) da Embrapa Mandioca e Fruticultura através de levantamentos de caracterização com uso de descritores, visando selecionar os que são mais informativos. Também teve como objetivo avaliar genótipos de maracujá de casca roxa com uso de nova metodologia alternativa de avaliação de frutos via aplicativo de cor e uso do NIR, e correlacionar com a caracterização físico-química com o método comum, visando a comparação entre os métodos para validação dos métodos alternativos.

REVISÃO DE LITERATURA

Diversidade do Gênero *Passiflora*

A família Passifloraceae *sensu stricto*, possui cerca de 20 gêneros e aproximadamente 600 espécies, com distribuição em regiões tropicais e subtropicais (Mader et al., 2009; Cauz-Santos et al., 2017).

No Brasil, a família é composta por quatro gêneros, todos pertencentes à tribo Passiflorieae (*Ancisthrothyrus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L.), sendo que o gênero *Passiflora* compreende um total de 157 espécies, com 87 endêmicas do país, o que caracteriza este gênero como o mais diversificado (Bernacci et al., 2020). O grupo *Passiflora* é dividido em quatro subgêneros, sendo eles, *Astrophea* (DC.) Mast., *Deidamioides* (Harms) Killip, *Decaloba* (DC.) Rchb. e *Passiflora* (Feuillet & MacDougal, 2003). Na Bahia, o gênero *Passiflora* é representada por 44 espécies, com vasta distribuição nos diversos biomas (Flora do Brasil, 2022).

As espécies de *Passiflora* têm sido estudadas com o objetivo de fornecer materiais genéticos resistentes a doenças e pragas, além de características que permitam adaptação as mudanças climáticas e frutos com características físicas e organolépticas interessantes (Araújo et al., 2008).

Visando a importância dessa família, a Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas, Bahia, possui diversas espécies oriundas de diferentes regiões do Brasil que compõe o Banco Ativo de Germoplasma de Maracujá (BAG-maracujá), onde são conservados e caracterizados os acessos que são utilizadas em grande parte pelo programa de melhoramento genético da Embrapa (Oliveira et al., 2017a).

O Banco de Germoplasma (BAG) é o principal método de manter as espécies silvestres próximas ao ambiente de estudo, o BAG-Maracujá da CNPMF conta com mais de 300 acessos de *Passiflora* spp., sendo estes conservados “*ex situ*” em casa de vegetação, campo e banco de sementes. No entanto, para seu uso é imprescindível a caracterização dos acessos presentes no germoplasma de *Passiflora* (Dutra et al., 2019).

As espécies de maracujá estão distribuídas em diversas regiões do Brasil e o BAG é composto por uma parte dessa diversidade. *Passiflora* tem maior representatividade em dois biomas, Mata Atlântica com cerca de 84 espécies, seguido da Amazônia com 77 espécies (Flora do Brasil, 2022). Dessa forma é importante a preservação *ex situ* e *in situ* das *Passifloras*, dada a relevância para o setor de fruticultura como a *P. edulis* (maracujá de casca amarela ou azedo) que vem representando maior parte da produção de maracujá do mundo, além das espécies para usos farmacológicos como a *Passiflora incarnata* L. (Santos et al., 2020), e para uso ornamental como a *Passiflora coccinea* Aubl. que é utilizada para obtenção de híbridos para uso paisagístico (Faleiro et al., 2007).

Caracterização de germoplasma

Diante da grande diversidade genética existente no gênero *Passiflora* a caracterização dessas espécies é de extrema importância para identificar materiais genéticos que possam subsidiar o desenvolvimento de novas cultivares visando a obtenção de benefícios agronômicos e econômicos para o produtor, além de promover qualidade para o consumidor (Faleiro et al., 2012).

Para o desenvolvimento de novas cultivares é necessário estudos que envolva espécies com potenciais produtivos, ornamentais, farmacêuticos e que sejam resistentes a doenças, variações climáticas ou outra característica favorável para a necessidade que o pesquisador esteja almejando. O Brasil é um centro de diversidade de espécies de maracujá de grande importância, tendo a *P. edulis* como destaque no cultivo comercial (Faleiro et al., 2012), sendo assim, o Brasil tem um grande potencial para subsidiar novas espécies que irão compor a diversidade de *Passiflora*.

A caracterização consiste em descrever caracteres morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares, além dos potenciais agronômicos presentes na planta (Crochemore et al., 2003). Apesar da importância da caracterização, a maioria dos acessos pertencentes aos Bancos de Germoplasma ainda não foram completamente caracterizados. Entre os fatores dessa falta de dados completos, estão os custos envolvidos, quantidade de descritores e acessos a serem caracterizados.

Para o gênero *Passiflora* estão previstos cerca de 25 descritores da espécie *P. edulis* e 33 descritores para outras espécies silvestres e híbridos interespecíficos, (planta, folhas, flores, frutos e para às doenças) cada um com suas diferentes classes, além das classes para cada descritor qualitativo (Jesus et al., 2017). O BAG-maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura conta com 343 acessos (Da Silva Junior et al., 2021), assim o processo de caracterização torna-se demorado e oneroso.

Dessa forma, o uso de metodologias alternativas para essa avaliação é de extrema importância por ampliar a quantidade de identificação em menos tempo, permitindo encontrar espécies promissoras com mais agilidade (Oliveira et al., 2017b; Jesus et al., 2017).

O processo de caracterização morfoagronômica tem demonstrado avanço através do emprego de metodologias por imagens (Machado Junior, 2017; Lima et al 2018b), uso de aplicativos para captura de cor (Jesus et al., 2022) e com emprego de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS, do inglês *Near Infrared Spectroscopy*). Ribeiro et al. (2016) avaliaram os parâmetros de qualidade interna do

caju com uso do NIR, observando os atributos de forma não destrutiva e que tornou a avaliação com maior celeridade e menos perdas, embora ainda precise de ajustes quanto a seus modelos de predição.

Betemps et al. (2011) observaram a maturidade dos frutos em um centro de abastecimento com uso do NIR para avaliação de qualidade de mangas Tommy Atkins. Com isso, foi possível realizar a separação de grupos de acordo com o grau de maturação e observar que a alteração de cor de casca evidenciou que o amadurecimento do fruto está associado a algumas mudanças químicas como perda de acidez, o que é esperado em boa parte das produções frutíferas.

Métodos estatísticos para a caracterização

A análise de agrupamento é uma das técnicas mais utilizadas para a caracterização de germoplasma, pois através dos grupos formados é possível inferir sobre o grau de similaridade dos materiais, o dendrograma é a representação gráfica em formato que apresenta melhor compreensão dos resultados (Martel et al., 2003).

Metodologias visando selecionar os descritores mais informativos são realizadas por diversos autores, a utilização da análise de componentes principais tem mostrado resultados eficientes por apresentarem os dados que mais se destacaram no primeiro componente, sendo possível identificar os descritores menos informativos com o decréscimo dos componentes e a diminuição da informação agregada por tal característica que poderá ser eliminada sem causar danos a avaliação (Strapasson et al., 2000).

Melhoramento genético e o maracujá de casca roxa

No Brasil, segundo Meletti, (2005) cerca de 95% dos pomares são cultivados com o maracujá de casca amarela *P. edulis*, sendo o país com maior produção mundial dessa fruta. *P. edulis* é uma espécie que também produz frutos de casca roxa, e devido a essa característica tem sido almejada para o consumo interno, principalmente para exportação em função das propriedades organolépticas e funcionais dos frutos.

As características do maracujá de casca roxa vão além do tamanho de fruto e qualidade. De acordo com Lozano-Montaña et al., (2021), as propriedades organolépticas e os potenciais medicinais presentes no maracujá de casca roxa são fatores de desejo no mercado mundial. O consumo do maracujá de casca roxa em

países europeus tem sido utilizado por apresentar a relação açúcar/acidez mais elevada, com isso o uso da fruta *in natura* se torna apreciável, enquanto o maracujá de casca amarela é usado para confecção de sucos naturais ou industrializados (Medeiros et al., 2009b). No entanto, tanto para ao mercado interno como de exportação são requeridos uniformidade dos frutos quanto ao peso e cor da casca além de características organolépticas desejáveis.

O maracujá de casca roxa ainda é desconhecido pela maioria dos consumidores que não tiveram ainda a possibilidade de avaliar suas qualidades organolépticas. Sabe-se que progênies desse maracujá apresentam sabor mais adocicado e características externas bem atraentes. O mercado internacional tem grande aceitação ao maracujá de casca roxa, o que torna as ações do PMGM para este tipo de maracujá o marco interessante em especial pela possibilidade de destinar um fruto com aroma de maracujá de casca amarela , mas com propriedades organolépticas mais suaves resultante da menor acidez.

Os estudos do PMGM desenvolvem e selecionam genótipos que obtenham máxima qualidade, uniformidade dos frutos e alta produtividade. Ainda de acordo com os estudos de Medeiros (2009a), a produção de maracujá de casca roxa no Brasil está pouco acima de 5 toneladas/hectare/ano, quantidade ainda insuficiente para manter o mercado consumidor interno.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, N. T., & WALSH, K. B. Review: The evolution of chemometrics coupled with near infrared spectroscopy for fruit quality evaluation. **Journal Of Near Infrared Spectroscopy**, v. 30, n. 1, p. 3-17, 2022.

ARAÚJO, F. P. D., SILVA, N. D., & QUEIROZ, M. A. D. Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast com base em descritores morfoagronômicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 723-730, 2008.

ARAUJO, L. D. S., COSTA, E. M. R., SOARES, T. L., SANTOS, I. S. D., & JESUS, O. N. D. Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 500-506, 2017.

BERNACCI, L.C.; NUNES, T.S.; MEZZONATO, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; D.C. IMIG; CERVI, A.C, 2020. **Passiflora in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>. Acesso em: 08 nov. 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.

BFG (THE BRAZILIAN FLORA GROUP). Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, v. 69, p. 1513-1527, 2021.

CAUZ-SANTOS, L. A., MUNHOZ, C. F., RODDE, N., CAUET, S., SANTOS, A. A., PENHA, H. A., VARANI, A.M., OLIVEIRA, G. C. X., BERGÈS, H. & VIEIRA, M. L. C. The Chloroplast Genome of *Passiflora edulis* (Passifloraceae) Assembled from Long Sequence Reads: Structural Organization and Phylogenomic Studies in Malpighiales. **Front. Plant Sci.** V. 8, p. 334, 2017.

CROCHEMORE, M. L., MOLINARI, H. B., & STENZEL, N. M. C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 5-10, 2003.

DA SILVA JUNIOR, J. F.; SOUZA, F. V. D.; PÁDUA, J. G. A arca de Noé das frutas nativas brasileiras. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Livro científico (ALICE)**, 2021.

DUTRA, J. A., OLIVEIRA, A. C. D., PORTO, A. C. M., & MATHIAS, J. L. M. Characterization and selection of "Maracujá-do-mato" (*Passiflora cincinnata* mast) morphoagronomic descriptors. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, P. 60, 2019.

FALEIRO F.G, N.T.V JUNQUEIRA, M.F. BRAGA & A.M. COSTA. Conservação e caracterização de espécies silvestres de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) e utilização potencial no melhoramento genético, como porta-enxertos, alimentos funcionais, plantas ornamentais e medicinais. **Planaltina**, DF. V. 34, p. 1517-5111, 2012.

FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V., JUNQUEIRA, K. P., BRAGA, M. F., SOARES-SCOTT, M. D., SOUZA, L. S., & CASTIGLIONI, G. L. BRS Rubiflora: Híbrido de *Passiflora* para uso como planta ornamental. **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 426-428, 2007.

Flora do Brasil. 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

GONÇALVES, Z. S., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., DE SOUZA, E. H., & DE JESUS, O. N. Leaf anatomical aspects of CABMV infection in *Passiflora* spp. by light and fluorescence microscopy. **AUSTRALASIAN PLANT PATHOLOGY**, p. 1-13, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em 19 de janeiro de 2021.

JESUS, O. N., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., DA SILVA, L. N., DOS SANTOS, I. S., SAMPAIO, S. R., & DE OLIVEIRA, E. J. Phenotypic diversity and alternative methods for characterization and prediction of pulp yield in passion fruit (*Passiflora* spp.) germplasm. **Scientia Horticulturae**, p. 292,2022.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R.C.C.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, V. T.; OLIVEIRA, J.R.P. Evaluation of intraspecific hybrids of yellow passion fruit in organic farming. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2129-2138, 2016.

JESUS, O. N., DE OLIVEIRA, E. J., FALEIRO, F. G., TL, S., & GIRARDI, E. A. Illustrated morpho-agronomic descriptors for *Passiflora* spp. Brasília: **Embrapa**, p. 126, 2017.

JESUS, O. N., DOS SANTOS, I. S., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., & DE OLIVEIRA, E. J. Field assessment of a second generation backcross (BC1 x *Passiflora edulis*) of passion fruit for agronomic performance and resistance to CABMV. **PLANT BREEDING**, v. 1, p. 1-17, 2021a.

JESUS, O. N., DOS SANTOS, I. S., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., & DE OLIVEIRA, E. J. Field assessment of a second generation backcross (BC1 x *Passiflora edulis*) of passion fruit for agronomic performance and resistance to CABMV. **PLANT BREEDING**, v. 1, p. 1-17, 2021b.

JUNQUEIRA, N. T. V., ANJOS, J. R. N. D., SILVA, A. P. D. O., CHAVES, R. D. C., & GOMES, A. C. Reação às doenças e produtividade de onze cultivares de maracujá-azedo cultivadas sem agrotóxicos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, n. 8, p. 1005-1010, 2003.

KAISER, D. K., MALAVASI, M. D. M., MALAVASI, U. C., DRANSKI, J. A. L., FREITAS, L. C. N. D., KOSMANN, C. R., & ANDRIOLI, K. K. Maturidade fisiológica de sementes e colorimetria dos frutos de *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 02, p. 92-100, 2016.

KAYESH, E., SHANGGUAN, L., KORIR, N. K., SUN, X., BILKISH, N., ZHANG, Y., ... & FANG, J. Fruit skin color and the role of anthocyanin. *Acta physiologiae plantarum*, **Acta Physiol Plant**, v. 35, p. 2879-2890, 2013.

LIMA, J. M. E., SMIDERLE, O. J., OLIVEIRA, J. A., & CARVALHO, M. L. M. D. Técnicas de análise de imagem para caracterização da qualidade de sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1202-1216, 2018b.

LIMA, L. K. S., SANTOS, I. S., GONCALVES, Z. S., SOARES, T. L., JESUS, O. N., & GIRARDI, E. A. Grafting height does not affect Fusarium wilt control or horticultural performance of *Passiflora gibertii* N.E.Br. rootstock. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 2018, v. 90, n. 04, p. 3525-3539, 2018a.

LOZANO-MONTAÑA, P. A., SARMIENTO, F., MEJÍA-SEQUERA, L. M., ÁLVAREZ-FLÓREZ, F., & MELGAREJO, L. M. Physiological, biochemical and transcriptional responses of *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* under progressive drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 275, p. 109655, 2021.

MACHADO JUNIOR, R. Fenômica aplicada à caracterização de frutos em germoplasma de abóbora, **Universidade Federal de Viçosa**, Dissertação, 2017.

MADER, G., A.P. LORENZ, A.C. CERVI, & L.B. Freitas. Novas ocorrências e distribuição do gênero *Passiflora* L. no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 364-367, 2009.

MADER, G., A.P. LORENZ, A.C. CERVI, & L.B. Freitas. Novas ocorrências e distribuição do gênero *Passiflora* L. no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 364-367, 2009.

MARTEL, J. H. I., FERRAUDO, A. S., MÔRO, J. R., & PERECIN, D. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) em Manaus (Brasil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 115-118, 2003.

MEDEIROS, S. A. F. D., YAMANISHI, O. K., PEIXOTO, J. R., PIRES, M. C., JUNQUEIRA, N. T. V., & RIBEIRO, J. G. B. L. Caracterização físico-química de progênies de maracujá-roxo e maracujá-azedo cultivados no Distrito Federal. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 492-499, jun. 2009a.

MEDEIROS, S. A. F. D., PIRES, M. C., YAMANISHI, O. K., PEIXOTO, J. R., JUNQUEIRA, N. T. V., & RIBEIRO, J. G. B. L. Desempenho agrônômico de progênies de maracujazeiro-roxo e maracujazeiro-azedo no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 778-783, 2009b.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L. M. M., SOARES-SCOTT, M. D., & BERNACCI, L. C. Caracterização fenotípica de três seleções de maracujazeiro-roxo (*Passiflora edulis* Sims). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 268-272, 2005.

MEZZONATO-PIRES, A. C., SALIMENA, F. R. G., & BERNACCI, L. C. Passifloraceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, V. 64, p. 123-136, 2013.

OLIVEIRA, J. D. S., FALEIRO, F., JUNQUEIRA, N., DOS SANTOS, R. S., HIRAGI, G. D. O., & COSTA, I. Gestão e Caracterização do BAG-*Passiflora* spp. através do Portal Alelo RG da Embrapa. **RG News**, V. 3, P. 3, 2017a.

OLIVEIRA, J. D. S., FALEIRO, F., JUNQUEIRA, N., & VIANA, M. Estimativas de parâmetros genéticos e caracterização morfoagronômica de espécies do gênero *passiflora*. **Agrotrópica**, v. 29, n. 3, p. 219-226, 2017b.

PEREIRA, P. P. A.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N. DE; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and survival analysis for the assessment of Fusarium wilt resistance in Passiflora spp. **Crop Protection**, v. 121, p. 195-203, jul. 2019.

PREISIGKE, S. D. C., SILVA, L. P. D., SERAFIM, M. E., BRUCKNER, C. H., ARAÚJO, K. L., & NEVES, L. G. Seleção precoce de espécies de *Passiflora* resistente a fusariose. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 321-325. 2017.

RIBEIRO, L. P. D., DA SILVA, A. P. M., DE LIMA, A. A., DE OLIVEIRA SILVA, E., RINNAN, Å., & PASQUINI, C. Non-Destructive Determination of Quality Traits of Cashew Apples (*Anacardium Occidentale*, L.) Using a Portable near Infrared Spectrophotometer. **Journal Of Near Infrared Spectroscopy**, v. 24, n. 1, p. 77-82, 2016.

SANTOS, A. P. M., GALINDO, A. S., & DE SOUZA QUEIROZ, E. Propriedades neuropsicofarmacológicas, compostos quimicamente ativos e uso medicinal da passiflora incarnata / neuropsycharmacological properties, chemically active compounds and medical use of passiflora incarnata. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 12, p. 94823-94836, 2020.

SANTOS, I. S., LIMA, L. K. S., SAMPAIO, S. R., SOARES, T. L., & DE JESUS, O. N. Phenological precocity and resistance to CABMV in passion fruit progenies of the third generation backcross [(*P. edulis* × *P. cincinnata*) × *P. edulis*]. **Euphytica**, v. 217, p. 112, 2021a.

STRAPASSON, E., VENCOVSKY, R., & BATISTA, L. A. R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 373-381, 2000.

YEPES, A., OCHOA-BAUTISTA, D., MURILLO-ARANGO, W., QUINTERO-SAUMETH, J., BRAVO, K., & OSORIO, E. Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies. **Arabian Journal Of Chemistry**, v. 14, n. 1, p. 102905, jan. 2021.

ZERAIK, M. L., PEREIRA, C. A., ZUIN, V. G., & YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 459-471, 2010.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS COM CASCA ROXA

RESUMO

O presente estudo propõe-se investigar as propriedades físico e químicas de frutos roxos de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims), bem como empregar métodos alternativos para avaliar a coloração dos frutos e da polpa por meio do espaço de cores CIE-L*a*b* de imagens digitais, bem como empregar a espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS - *Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) visando verificar associação dos espectros como atributos químicos dos frutos e com a coloração da polpa e casca. Foram coletados aleatoriamente 230 frutos provenientes de cinco híbridos de maracujazeiro azedo, quatro com casca roxa (H09-163, H09-164, H09-166 e H09-125) e um de casca amarela (H09-165), além do BGP418 - controle. Para caracterização físico e química dos frutos, utilizou-se quinze descritores morfológicos e colorimetria via espaço CIE-L*a*b*. Todos os caracteres foram submetidos a análise de variância. Os dados de colorimetria da casca e da polpa foram analisados por agrupamento hierárquico a partir da distância Euclidiana e pelo método UPGMA e os caracteres químicos foram representados na forma de Box-plot. Com base na ANOVA, observou-se diferenças significativas para todos os caracteres avaliados. Constatou que o genótipo BGP418 obteve destaque para peso dos frutos (224,67g) e da polpa com semente (112,77g), no entanto, o rendimento de polpa foi alto para os genótipos de casca roxa a exemplo de H09-164 (62,99%) e H09-165 (66,36%). A análise de *cluster* a partir da coloração de casca e da polpa com espaço CIE-L*a*b* demonstrou maior variação de cor comparado ao método convencional com as classes dos descritores. Quanto às análises químicas em função dos grupos formados em relação a cor da casca e da polpa, observou-se diferenças significativas apenas para o teor de sólidos solúveis. De maneira geral, o uso da metodologia de avaliação via NIR foi possível discriminar os genótipos nos espectros de 350 e 2500 nm.

Palavras-chave: Caracterização de germoplasma, maracujá de casca roxa, Near Infrared Reflectance Spectroscopy.

EVALUATION OF PASSION FRUIT HYBRIDS FOR GENOTYPE SELECTION WITH PURPLE BARK

ABSTRACT

The present study proposes to investigate the physical and chemical properties of purple fruits of sour passion fruit (*Passiflora edulis* Sims), as well as to employ alternative methods to evaluate the color of fruits and pulp through the CIE-L*a* color space. b* of digital images, as well as employing near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS - Near Infrared Reflectance Spectroscopy) in order to verify the association of the spectra with the chemical attributes of the fruits and with the color of the pulp and skin. A total of 230 fruits were randomly collected from five sour passion fruit hybrids, four with purple skin (H09-163, H09-164, H09-166 and H09-125) and one with yellow skin (H09-165), in addition to BGP418 - control . For physical and chemical characterization of the fruits, fifteen morphological descriptors and colorimetry via CIE-L*a*b* space were used. All characters were submitted to analysis of variance. The skin and pulp colorimetry data were analyzed by hierarchical grouping from the Euclidean distance and by the UPGMA method and the chemical characters were represented in the form of a Box-plot. Based on ANOVA, significant differences were observed for all characters evaluated. It was found that the BGP418 genotype was highlighted for fruit weight (224.67g) and pulp with seed (112.77g), however, the pulp yield was high for the purple skin genotypes, such as H09-164 (62.99%) and H09-165 (66.36%). Cluster analysis based on skin and pulp color with CIE-L*a*b* space showed greater color variation compared to the conventional method with the descriptor classes. As for the chemical analyzes according to the groups formed in relation to the color of the skin and pulp, significant differences were observed only for the soluble solids content. In general, the use of the evaluation methodology via NIR was possible to discriminate the genotypes in the spectra of 350 and 2500 nm.

Keywords: Characterization of germplasm, purple-skinned passion fruit, Near Infrared Reflectance Spectroscopy.

INTRODUÇÃO

No Brasil o maracujá azedo ou amarelo (*Passiflora edulis* Sims) é amplamente cultivado em mais de 90% dos pomares devido à qualidade dos frutos e teores de vitaminas, principalmente A e C (Zeraik et al., 2010; Meletti, 2011). No ano de 2020, a produção nacional dessa fruta foi maior que 690 mil toneladas, o que caracteriza o país como o principal produtor de maracujá, sendo a região Nordeste responsável por 71% da produção (IBGE, 2021). Apesar da produção de maracujá no Brasil ser majoritariamente do maracujá de casca amarela, *P. edulis* é uma espécie que também produz frutos com coloração de casca arroxeadas (Thokchom e Mandal, 2017), esses genótipos diferem quanto aos atributos físicos e químicos, principalmente por apresentar menor acidez e sabor mais adocicado (Araujo et al., 2017).

Países como África do Sul, Quênia, Estados Unidos e Nova Zelândia estão em expansão na produção de frutos de maracujá de casca roxa, e na Austrália já são cultivados híbridos no cultivo de maracujá de casca roxa e também no de maracujá de casca amarela, visando o mercado internacional de frutos *in natura* (Meletti e Bruckner, 2001; Meletti et al., 2005b). Em 2019 a Colômbia que é um dos países de maior cultivo do maracujá, chegou a produzir mais de 23 mil hectares destinados ao maracujá, com produção de aproximadamente 242 mil toneladas (Ministério da Agricultura, 2019; Cleves-Leguizamo, 2021), no entanto não se sabe a estimativa de quanto dessa produção é destinada ao maracujá de casca roxa.

Os pigmentos encontrados em frutos que possuem coloração arroxeadas são de grandes benefícios à saúde humana (Vagula et al., 2021). A antocianina pertencente ao grupo dos flavonoides, é um importante composto fenólico natural que proporciona cor roxa ao fruto, possui característica antioxidante e atua como mecanismo de proteção de várias doenças (Laguerre et al., 2007; Pereira et al., 2020). Em maracujá de casca roxa foi observado altos teores de antocianinas (pelargonidina 3-diglicosídeo), enquanto no maracujá de casca amarela os valores foram desprezíveis (Reis et al., 2018).

Quanto às propriedades organolépticas, frutos de coloração arroxeadas possuem maiores teores de açúcares (Aramwit et al., 2010) e apresentam sabor mais adocicado dado pelos maiores valores de ratio quando comparado a frutos de coloração amarelada (Medeiros et al., 2009; Jesus et al., 2016; Araújo et al., 2017; Silva et al., 2021). Devido a esse fato o maracujá azedo é consumido principalmente

na forma de derivados da polpa, por apresentar acidez elevada e menor teor de sólidos solúveis (Marchi et al., 2000). É importante destacar que fatores como nutrição das plantas, condições climáticas e manejo produtivo podem afetar as características organolépticas dos frutos, tornando-os mais atrativos ao consumo *in natura* (Aular e Natale, 2013).

O Programa de Melhoramento de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura vem avaliando o potencial produtivo e pós-colheita de híbridos de maracujá de casca roxa voltados para o consumo *in natura*, principalmente devido aos atributos nutricionais, organolépticos e funcionais presentes nesse maracujá. No entanto, em função do elevado número de progênies as avaliações pós-colheita utilizando metodologias convencionais são trabalhosas e dispendiosas, além da geração de resíduos e do uso de substâncias químicas ou solventes (Cayuela e Weiland, 2010).

Entre as técnicas que podem ser utilizada, destaca-se o uso da espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS - *Near Infrared Reflectance Spectroscopy*), pois pode ser utilizado em diversos fins como determinação dos teores de sólidos solúveis, acidez em frutos, possibilitando assim avaliar maior número de progênies e dessa forma antecipar o processo de seleção (Ventura et al., 1998; de Oliveira et al., 2014). A técnica também tem sido utilizada para identificação de cultivares (Seregely et al., 2004); compostos voláteis (Genisheva et al., 2018); composição de endosperma de feijão (Plans et al., 2013); qualidades químicas de polpas de frutos de maracujá (Almar et al., 2016; Oliveira-Folador et al., 2018).

O espectro gerado no infravermelho apresenta diversas bandas, que podem ser caracterizadas pela frequência ou comprimento de onda, fornecendo informações que por meio do uso de modelos preditivos é possível correlacionar as análises obtidas por métodos convencionais com os dados obtidos pelo NIR na amostra (Barneveld et al., 1999; Viegas et al., 2016).

A cor de um fruto representa um dos fatores externos de maior importância que expressa a qualidade do produto (Francis, 1995). Para processamentos de várias amostras, o uso da colorimetria via instrumentos de medição de cor é um método que supera a leitura visual humana, pois emite um valor único representando cada amostra, visto que a leitura humana pode haver divergência entre os avaliadores (Ruslan e Roslan, 2016).

O uso de metodologias alternativas para a caracterização de cor com o emprego de aplicativos de celulares ou computadores é interessante pela facilidade de aplicação, rapidez na tomada de informação, maior precisão de leitura e diminuição a subjetividade que ocorre com emprego de escala de notas, principalmente porque esse método tradicional não abrange a todas as variações de cores existentes (Jesus et al., 2022b) e pode ter efeito da percepção de cada avaliador. No entanto, a leitura deve ser feita com padronização de leitura, pois fatores como plano de fundo, fonte de luz e equipamento podem interferir na tomada dos dados (Ruslan e Roslan, 2016).

O uso da colorimetria para avaliar a qualidade de um produto tem sido aplicada em diversos setores, como na hortifruticultura para o tomate, (Andreuccetti et al., 2007; Darrigues et al., 2008; Cruz et al., 2012), avaliação de amadurecimento do mamão (Motta et al., 2015; Ruslan e Roslan, 2016), laranja (Spósito et al., 2006), berinjela e pera (Scolforo et al., 2014), qualidade da goiaba (Moro et al., 2017) e biomassa de banana (Silva et al., 2018).

A avaliação de uma ampla variabilidade de genótipos e para coloração de casca com a possibilidade de associar essas informações a coloração da polpa empregando essas duas metodologias (colorimetria x NIRS) abre perspectivas interessantes no presente estudo visando selecionar metodologias para uso na caracterização de genótipos, bem como para uso futuro na validação de modelos de predição para determinação de componentes químicos da polpa do maracujá via NIRS.

Portanto os objetivos desse estudo foram *i)* avaliar as propriedades físico e químicas de híbridos de maracujazeiro de frutos roxos provenientes de cruzamentos do Programa de Melhoramento Genético do Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura, *ii)* aplicar o uso do NIR em polpa de maracujá de casca roxa e amarela visando seu uso em associação quanto as características químicas e de cor e *iii)* empregar metodologia alternativa para caracterização da cor de frutos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi realizado em Dom Basílio, Bahia, Brasil (13° 45' 36" S, 41° 46' 15" O, 440 m) com clima predominante quente e seco, temperatura mínima de 15

°C e máxima de 30 °C, solo caracterizado como Cambissolo eutrófico com textura argilosa, umidade do ar em torno de 60% e precipitação média anual de 741,0 mm.

As plantas foram mantidas em condição de campo e a área cultivada teve espaçamento de 3,0 x 3,0 m entre plantas e fileiras. Quanto a estrutura para sustentação da planta foi utilizada espaldeiras verticais a 2,0 m de altura. Os tratamentos culturais foram realizados conforme indicado para cultura do maracujá (Lima et al., 2011).

Material vegetal

Foram utilizadas sementes de polinização aberta (meios-irmãos) de cinco genótipos (H09-125; H09-163; H09-164; H09-165; H09-166), apesar de serem provenientes de cruzamentos das espécies de *Passiflora edulis* Sims do Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura de frutos com casca roxa, o genótipo H09-165 segregou para cor de casca amarela. Como genótipo controle foi utilizado um acesso *P. edulis* de casca amarela (BGP418) pertencente ao Banco Ativo de Germoplasma de Maracujá. Foram coletados aleatoriamente na área de plantio: 50 frutos dos genótipos H09-163, H09-164 e H09-166; 42 frutos do H09-165; 18 frutos do H09-125 e 20 frutos do BGP418.

Análise Físico e Química

As análises físico e química dos frutos foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, conforme proposto no descritor ilustrado para *Passiflora* (Jesus et al., 2017). Os atributos avaliados foram: peso de fruto (PF), peso de casca (PC), peso de polpa com semente (PPCS) e peso de polpa sem semente (PPSS) em gramas (g). Espessura da casca (EC), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) em milímetros (mm). Sólidos solúveis (SS) em °Brix. Acidez total (AT) em %, potencial hidrogeniônico (pH) e as proporções de rendimento de polpa com semente (REN), comprimento do fruto pelo diâmetro do fruto (CF/DF) e ratio dado pela razão do SS/AT. Para avaliação da coloração da casca (CC) seguindo a metodologia convencional foram utilizadas oito classes: 1. Verde; 2. Amarelo-esverdeada; 3. Amarela; 4. Alaranjada; 5. Rosada; 6. Vermelho-alaranjada; 7. Vermelha e 8. Roxa. Para coloração da polpa (CP) foram utilizadas sete classes: 1. Esbranquiçada; 2. Amarelo-esverdeada; 3. Amarela; 4. Alaranjado-clara; 5. Alaranjado-escuro; 6. Vermelho-alaranjada e 7. Roxa (Jesus et al., 2017).

Análise colorimétrica

Os frutos antes da análise físico-química e a polpa após análise foram fotografados com fundo branco em condições laboratoriais. Para registro das imagens foi utilizada câmera digital (Canon SX-30IS). As imagens (frutos e polpa) foram carregadas e lidas a partir do aplicativo androide Colorímetro (*App Colorímetro*[®]) onde efetuou-se a leitura capturando a cor em áreas de maior uniformidade de cor e que predomina a representação da cor de casca (CC) e de polpa (CP) no espaço de cor CIE*Lab.

Uso do NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*)

A análise foi realizada por fruto, sendo a polpa separada da semente e acondicionada em cacinho com volume médio de 45mL. A leitura foi realizada com um espectrômetro de infravermelho próximo portátil [NIR ASD (Analytical Spectral Devices) QualitySpec, Reino Unido], a quantidade de polpa por fruto variou entre 40 e 50 mL. Em cada amostra foram realizadas duas leituras com intuito de aumentar a confiabilidade dos dados obtidos. Para coletar dados espectrais foi utilizado o modo de refletância difusa com resolução de 8 cm^{-1} na faixa de onda de 12.500 a 4.000 cm^{-1} (350-2.500 nm). Cada espectro coletado correspondeu a uma média de 20 espectros coletados ao longo de um período de cinco segundos.

Após a obtenção dos espectros, os dados foram pré-processados pela segunda derivada de Savitzky-Golay (Savitzky e Golay, 1964) seguida pela transformação da variação normal padrão (SNV), e centralizados para remoção do ruído do espectro e correção da dispersão dos dados. O pré-processamento foi realizado usando o pacote *Prospectr* (Stevens e Ramirez-Lopez, 2013) no software R v 3.5 (R Development Core Team, 2018).

Análise estatística

Os dados físico e químico de frutos foram submetidos a análise de variância. O colorímetro da casca e da polpa foram analisados por meio de estatística multivariada, com uso de análise de agrupamento (*clusters*) utilizando a distância Euclidiana e o método de grupo de pares não ponderados com média aritmética (UPGMA - *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). Os grupos foram definidos visualmente nos pontos de grande mudança nas ramificações dos *clusters* de cada

análise. Com base nos grupos formados os dados químicos foram submetidos a uma análise de variância e um teste de comparação de média de Scott-knott ($p \leq 0,05$) e os resultados foram apresentados na forma de box-plots.

Com os dados de NIR foi gerado gráficos de linhas para cada genótipo e entre média dos genótipos de casca amarela e roxa, visando verificar qual região do espectro tem maior variação e se havia relação desses espectros com os agrupamentos de cor da casca e ou polpa, bem como com as características químicas SS, AT, SS/AT e pH.

RESULTADOS

A análise de variância realizada em quatro genótipos de casca roxa (H09-125; H09-166; H09-163; H09-164) e dois de casca amarela sendo um o BGP418 (controle) e outro o híbrido H09-165 proveniente de parentais roxos, mas que segregou para amarelo, demonstrou diferença significativa para todas as características físicas e químicas avaliadas, com destaque nos atributos físicos do BGP418, que apresentou amostras com maior peso de fruto (224,67 g) e de polpa (112,77 g), além das dimensões comprimento de fruto (103,52 mm) e diâmetro do fruto (83,48 mm), maiores que os outros genótipos, sendo bem atrativos para o mercado de frutas frescas e processadas (Tabela 1). No entanto, o rendimento de polpa com semente foi o menor (50,20%) entre os genótipos avaliados. Os genótipos de casca roxa de maneira geral são menores que o BGP418, tem polpa mais alaranjada (exceto H09-163) mas com alto rendimento de polpa, variando de 59,34 a 62,99% (Tabela 1).

Entre os híbridos com frutos arroxeados, o destaque é dado para os H09-163 e H09-164 que evidenciaram melhores valores para os caracteres físicos e químicos (Tabela 1). Para a característica de doçura do maracujá dada pelo ratio, houve destaque para dois híbridos de casa roxa (H09-125 e H09-163) com média de 3,92 e 3,93 respectivamente, comparado ao controle (BGP418) que obteve média de 3,85 de ratio (Tabela 1).

Tabela 1: Caracteres físicos e químicos avaliados em genótipos de maracujá de casca roxa e amarela, Dom Basílio, BA.

| Caracteres ¹ | BGP418 | H09-165 | H09-125 | H09-166 | H09-163 | H09-164 | Média Geral | CV (%) |
|-------------------------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|-------------|--------|
| PF (g) | 224,67a | 91,44 c | 92,39 c | 79,20 c | 115,94 b | 128,93 b | 114,07 | 25,66 |
| CC | 2,45 c | 3,00 b | 5,00 a | 5,00 a | 5,00 a | 5,00 a | 4,41 | 3,38 |
| CF (mm) | 103,52 a | 67,72 c | 63,80 d | 63,13 d | 73,57 b | 74,62 b | 72,34 | 10,38 |
| DF (mm) | 83,48 a | 62,75 c | 67,66 b | 63,74 c | 69,41 b | 71,22 b | 68,46 | 8,65 |
| CF/DF | 1,24 a | 1,08 b | 0,94 d | 0,98 c | 1,06 b | 1,04 b | 1,05 | 8,07 |
| PC (g) | 105,34 a | 26,86 c | 31,81 c | 29,79 c | 42,38 b | 42,16 b | 41,40 | 28,61 |
| EC (mm) | 6,16 a | 3,23 d | 5,38 b | 4,83 c | 4,40 c | 4,48 c | 4,53 | 24,87 |
| PPCS (g) | 112,77 a | 61,17 d | 56,92 d | 46,86 e | 70,25 c | 81,86 b | 68,78 | 28,12 |
| PPSS (g) | 76,93 a | 33,38 c | 28,83 d | 25,12 d | 39,46 c | 52,53 b | 40,57 | 34,23 |
| CP | 3,20 c | 3,64 b | 3,77 a | 3,91 a | 3,22 c | 3,64 b | 3,58 | 12,65 |
| REN (%) | 50,20 c | 66,36 a | 61,37 b | 59,34 b | 59,77 b | 62,99 a | 60,88 | 12,19 |
| SS (°Brix) | 13,68 b | 14,85 a | 14,38 a | 12,44 c | 13,73 b | 12,89 c | 13,52 | 10,51 |
| AT (%) | 3,67 b | 3,90 a | 3,72 b | 3,97 a | 3,61 b | 4,02 a | 3,84 | 15,74 |
| pH | 2,96 b | 2,96 b | 3,07 a | 2,91 b | 2,99 b | 2,96 b | 2,96 | 3,61 |
| SS/AT | 3,85 a | 3,85 a | 3,92 a | 3,21 b | 3,93 a | 3,26 b | 3,61 | 18,55 |

ANOVA. ¹ PF: Peso de fruto; CC: Cor de casca; CF: Comprimento de fruto; DF: Diâmetro do fruto; CF/DF: Relação comprimento de fruto/ Diâmetro do fruto; PC: Peso da casca; EC: Espessura de casca; PPCS: Peso de polpa com semente; PPSS: Peso de polpa sem semente; CP: Cor de polpa; REN: Rendimento de polpa com semente; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez total; pH: potencial hidrogeniônico; SS/AT: Relação sólidos solúveis/acidez total.

A análise de agrupamento das amostras dos seis genótipos de maracujá de casca roxa e amarela utilizando a classificação de cor de casca por meio de descritores convencionais e através de aplicativo de colorimetria para captura de cor, revelou distinção entre os agrupamentos gerados por meio da identificação da cor por aplicativo e a atribuição de cor através de metodologia convencional. Foi observada a formação de seis grandes grupos (G1 a G6) de cor de casca utilizando o espaço de cor CIE*Lab (Figura 1A), sendo que G1 a G3 formado por frutos com coloração de casca avermelhada, e o G4 e G5 por frutos com coloração vermelho escuro ao arroxeado, enquanto o G6 foi formado por frutos amarelos (Figura 1A). Para o método convencional houve a formação de 3 grupos, correspondendo as classes observada no descritor para coloração da casca (Figura 1B).

Nas condições deste estudo os frutos que possuem cor de casca roxa, amarela e suas variações não apresentaram relação com a composição química, com ressalva para o teor de sólidos solúveis que foi 16% maior nos frutos que formaram o G3 (14,73 °Brix) na comparação com o G5 que obteve o menor valor de sólidos solúveis 12,32 °Brix (Figura 1C-F).

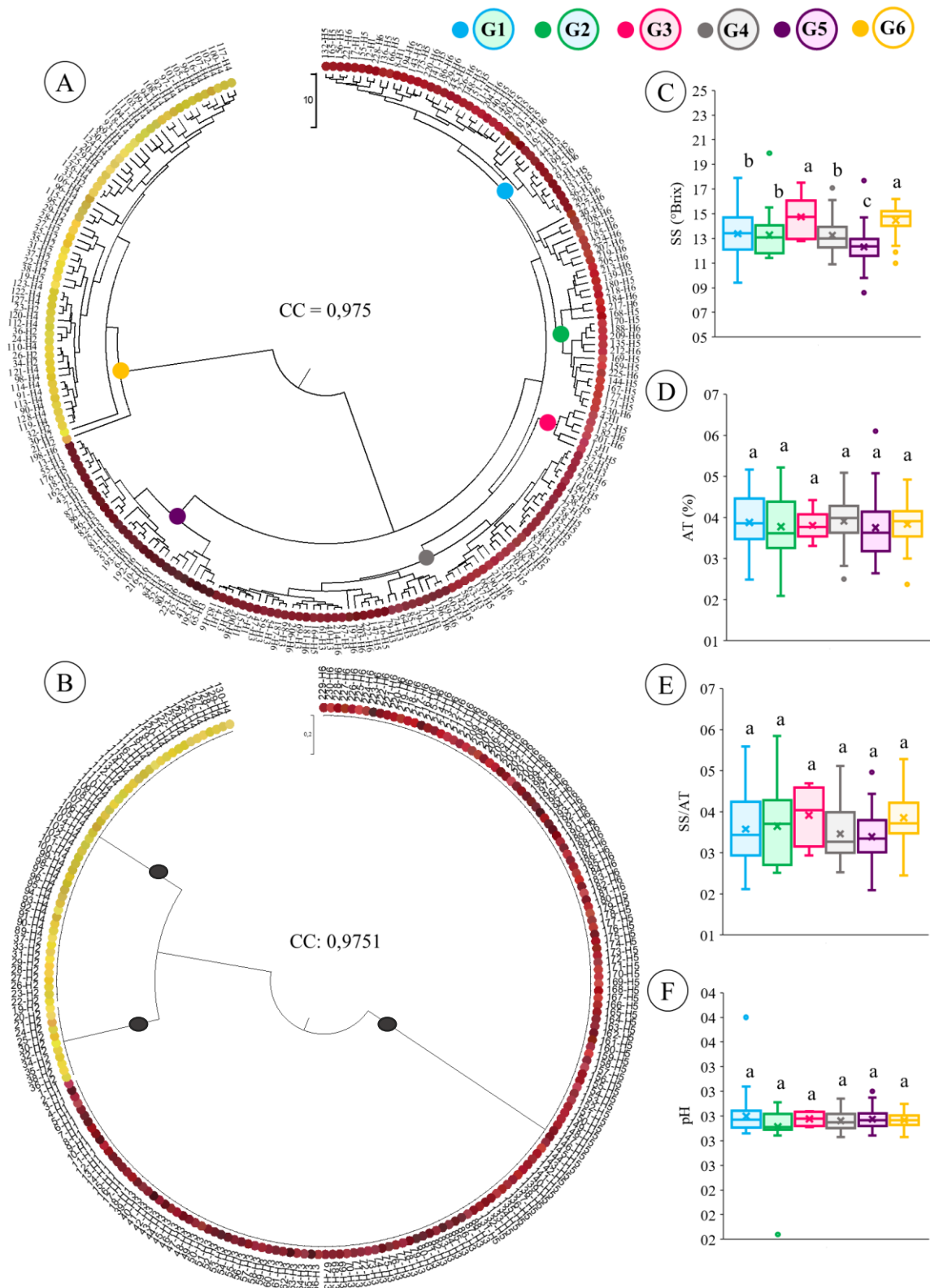


Figura 1. A) Dendrograma dos dados de espaço de cor CIELab da cor de casca via aplicativo; B) Dendrograma com classificação de cor de casca via classes de descritor para *Passiflora* (Jesus et al., 2017) 1. Verde; 2. Amarelo-esverdeada; 3. Amarela; 4. Alaranjada; 5. Rosada; 6. Vermelho-alaranjada; 7. Vermelha e 8. Roxa. C-F) Box-plots dos grupos formados no

dendrograma com base no aplicativo para os caracteres: C) Sólidos solúveis; D) Acidez total; E) Relação sólidos solúveis/acidez total e F) pH. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H06: H09-164.

A mesma tendência foi observada para a cor de polpa, com maior distinção entre grupos quando utilizado aplicativo, além de apresentar maior amplitude de cor formando subgrupos com coloração de polpa, visto que com a utilização de descritores para *Passiflora* formou-se apenas três grupos (Figura 2A, B). Na análise colorimétrica pelo aplicativo, foi possível verificar que a coloração das polpas mais claras ficou agrupadas entre os grupos G1 a G3, e as polpas mais alaranjadas escuras ficaram agrupadas nos grupos G4 e G5 (Figura 2A). Quanto às análises das características químicas em função dos grupos de cor de polpa via CIE-Lab, foi observado variação apenas para o teor de sólidos solúveis que foi maior nos frutos com polpa de cor amarelo claro (G3) em relação aos demais grupos (Figura 2C). Para os outros atributos químicos não houve diferenças estatísticas (Figura 2D-F).

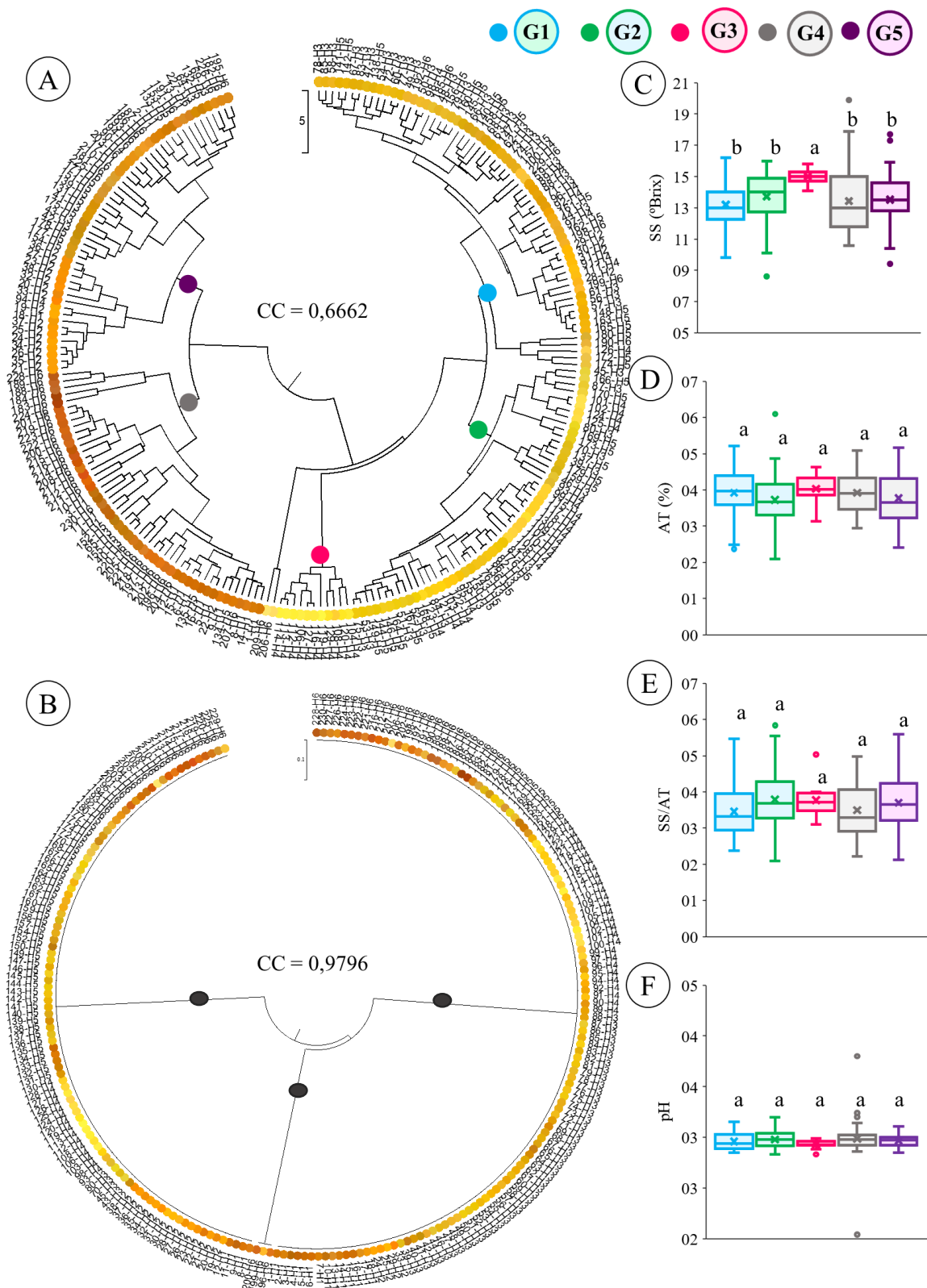


Figura 2. A) Dendrograma com base na análise colorimétrica da polpa via aplicativo; B) Dendrograma com classificação de cor de polpa via descritor para *Passiflora*; C-F) Box-plots dos grupos formados no dendrograma com base no aplicativo para os caracteres; C) Sólidos

solúveis; D) Acidez total; E) Relação sólidos solúveis/acidez total e F) pH. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H06: H09-164.

Em relação a análise da amplitude da cor de casca dentro dos genótipos, houve ampla variação nos seis híbridos avaliados (Figura 3A-F). Os genótipos BGP418, H09-166 e H09-125 (Figura 3A, C, D) evidenciaram pelo menos 50% de uniformidade em cor de casca dos seus frutos, no entanto somente H09-166 e H09-125 apresentaram pouca variação, com três grupos de cores, diferenciando dos demais que apresentaram pelo menos quatro grupos. Além disso, o genótipo H09-166 apresentou maior homogeneidade entre os 50 frutos avaliados. Já os genótipos H09-165, H09-163 e H09-164 (Figura 3b, e-f) foram bastante heterogêneos quanto a sua cor de casca, não sendo observado um padrão maior que 38% para uma mesma cor entre os frutos avaliados.

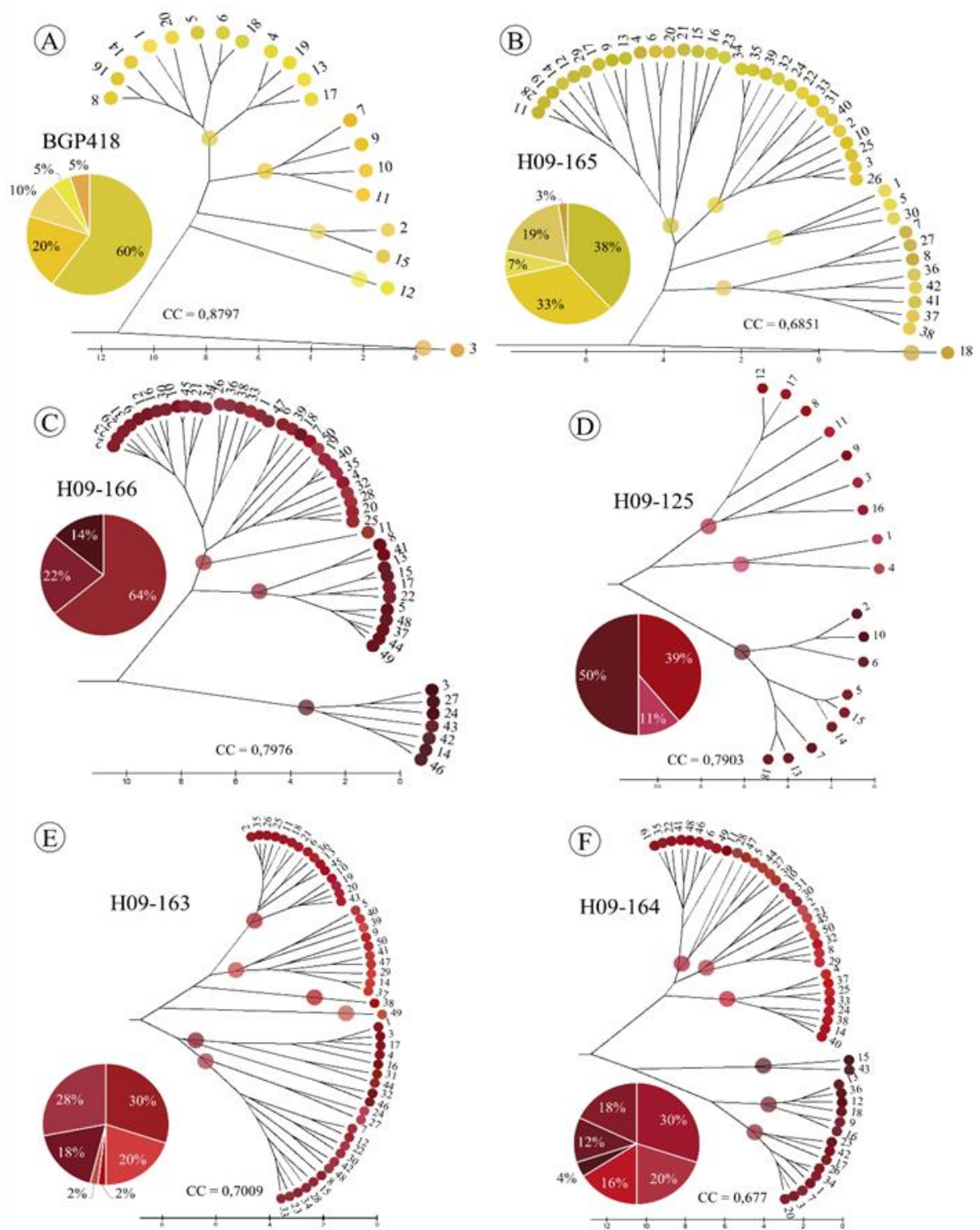


Figura 3. Dendrograma para coloração de casca em frutos de maracujá de casca amarela e roxa com leitura utilizando metodologia alternativa via CIE-Lab. A) BGP418; B) H09-165; C) H09-166; D) H09-125; E) H09-163; F) H09-164.

As análises de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIR), entre 350 a 2500 nm que foi realizada nas polpas dos seis genótipos evidenciou consistência entre os grupos formados a partir da absorbância com a coloração da casca, no entanto, em algumas situações houve mistura de frutos de coloração roxa e amarela, embora o H4 (H09-165) tenha como parentais genótipos de cor de casca roxa (Figura 4A). Quando analisado os grupos formados e a cor de polpa não houve uma associação direta entre a absorbância do NIR e a coloração da polpa, dos frutos (Figura 4B). No gráfico de linhas de cada genótipo identificou-se que houve variação no espectro em todas as amostras, porém houve no intervalo do espectro entre 654 a 958 nm maior discriminação desses materiais (Figura 4C). Já para o gráfico de linhas dos genótipos de cor de casca amarela e cor de casca roxa, foi possível verificar maior distância entre as curvas do espectro entre o intervalo de 566 a 782 e locais onde não houve distinção entre o espectro da polpa de frutos de cor amarela dos materiais de cor de casca roxa (Figura 4D). A análise de *cluster* considerando a média da absorbância dos genótipos permitiu distinguir todos os híbridos avaliados (Figura 4E).

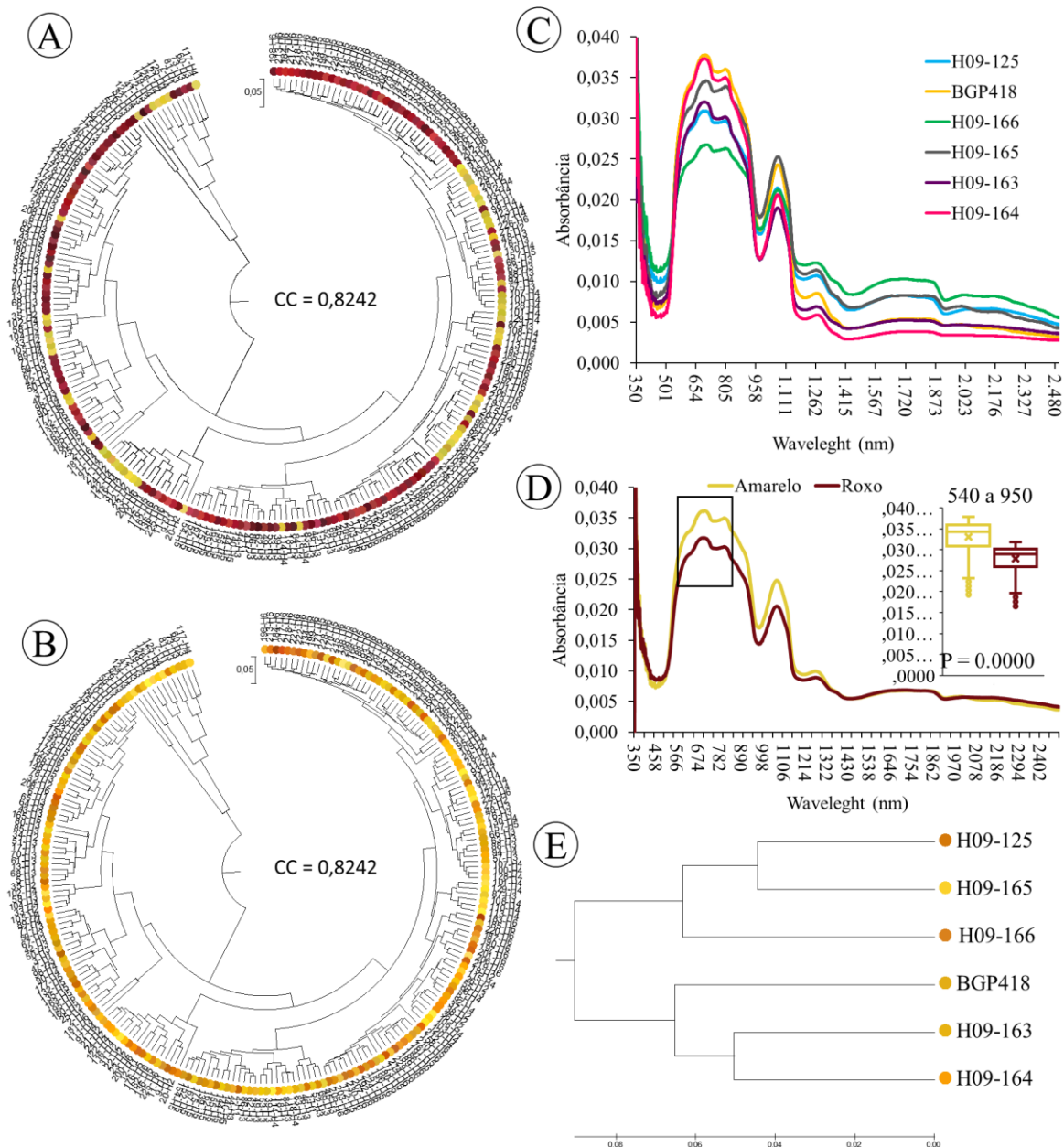


Figura 4. A-B) Dendrograma com base nos resultados dos espectrômetros de *infravermelho* próximo (*NIR*) da polpa de maracujá de casca amarela e roxa. A) Dendrograma dos dados do *NIR* da polpa em relação ao padrão de cores da casca obtidos pelo aplicativo em CIE-Lab; B) Dendrograma dos dados do *NIR* da polpa em relação ao padrão de cores de polpa obtidos pelo aplicativo em CIE-Lab; C) Gráfico de linhas dos espectros obtidos (350 a 2500 nm) por genótipo avaliado; D) Gráfico de linhas dos espectros médios obtidos (350 a 2500 nm) por coloração de casca; E) Dendrograma com base dos dados médios do *NIR* da polpa para os genótipos avaliados. Os círculos preenchidos no dendrograma indicam os padrões de cores da casca e ou da polpa obtidos por meio de aplicativos no espaço CIE-Lab. *H1: H09-125; H2: BGP418; H3: H09-166; H4: H09-165; H5: H09-163; H6: H09-164.

DISCUSSÃO

Avaliação físico e química dos genótipos

O maracujá de casca roxa se destaca no mercado internacional, principalmente por apresentar menos acidez e sabor mais adocicado (Meletti, 2005). Para o conhecimento dos possíveis potenciais que o maracujá de casca roxa pode oferecer, estudos envolvendo análises de pós-colheita e caracterização física e química dos frutos são de grande importância.

Dentre os estudos, foram observados para os genótipos quanto ao teor de sólidos solúveis (SS) valores entre 12,44 e 14,85 °Brix, obtendo uma média de 13,52 °Brix (Tabela 1). Segundo Meletti (2005) o teor de SS encontrado no maracujá de casca roxa varia entre 13 e 18 °Brix, valores superiores são esperados para consumo do fruto “*in natura*”. Jimenez et al. (2011) observaram teor de SS entre 13,5 e 17,4 °Brix para frutos de maracujá de casca roxa gulupa (*Passiflora edulis* Sims. f. *edulis*).

Apesar do maracujá de casca roxa ser considerado com maior teor de sólidos solúveis, Nascimento et al. (2003) registraram uma média de 16,2 °Brix para maracujá de casca amarela, sendo este um dado importante para o setor industrial de fabricação de derivados do maracujá, pois quanto maior o teor de SS menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada.

Com relação ao consumo industrial do maracujá, ainda de acordo com Nascimento et al. (2003) a indústria deseja obter frutos com maior teor de sólidos solúveis, pois será utilizado menos frutos para fabricação do suco concentrado de maracujá com aproximadamente 50 °Brix. É importante sinalizar que a época de colheita, irrigação, clima e adubação também tem influência na qualidade organoléptica dos frutos, principalmente quando relacionado aos caracteres químicos (Santos et al., 2013).

Observou-se que o ratio no maracujá de casca roxa variou de 3,21 a 3,93, sendo que alguns desses híbridos não diferiram do controle BGP418 (3,85). Araújo et al. (2017) obtiveram valor de 2,47 para SS/AT em maracujá de casca amarela, já para o maracujá de casca roxa foi observado um valor de 2,88. Campos et al. (2013) observaram média de 3,53 para ratio de frutos de maracujá de casca amarela comercializados em Macapá-AP. No entanto, Jimenez et al. (2011) encontraram para o maracujá de casca roxa (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis* – gulupa) o ratio entre 2,88 e 6,9.

Observou-se também que os genótipos de casca roxa apresentaram peso de fruto (PF) com média de 104,10 g e rendimento médio acima de 60%, essas características são desejáveis pelo mercado, principalmente de exportação.

É importante destacar que essa variação do maracujá de casca roxa avaliado neste estudo pode estar relacionada ao *background* genético dos materiais, já que os híbridos avaliados são progênies de meios irmãos com ampla variabilidade para muitos dos caracteres físicos e químicos avaliados (Tabela 1). Assim, a ideia principal é seleção de plantas dentro de cada híbrido e seu intercruzamento para obtenção de plantas mais uniformes para os caracteres de coloração de frutos, peso de frutos, maiores °Brix e menor teor de acidez.

Quanto ao maracujá de casca amarela, o BGP418 apresentou médias dentro dos padrões conhecidos para uso industrial para frutos de casca amarela (Tabela 1). Nascimento et al. (2003) obtiveram peso de fruto (PF) variando de 118,8 a 226,7g para maracujá azedo, onde também relataram que pesos maiores são esperados para uso em programas de melhoramento genético do maracujazeiro.

Para o rendimento de polpa, houve destaque nos genótipos H09-165 (casca amarela) e H09-164 (casca roxa) que apresentaram mais de 62% de rendimento, valor superior à média de todos os genótipos, esse resultado representa que mais da metade do peso do fruto é devido ao peso da polpa, sendo essa uma vantagem sobre os demais genótipos, principalmente por ser uma característica muito favorável a indústria (Negreiros et al., 2008). O fato do maracujá de casca roxa apresentar menor peso de fruto e maior rendimento está associado a espessura do fruto do maracujá de casca roxa que são menores do que a espessura de casca do maracujá de casca amarela (Tabela 1), e como consequência a quantidade de polpa pode aumentar (Medeiros et al., 2009), desde que haja maior eficiência na polinização e consequentemente maior número de óvulos fertilizados. De fato, o H09-165 apresentou cerca de 48% menor espessura de casca do que o BGP418.

Percebe-se que o genótipo H09-165 apresentou alguns atributos como o rendimento e o teor de sólidos solúveis com valores dentro da média exigida para comercialização (Coelho et al., 2010), se destacando entre os outros genótipos para essas características. Além disso, esse é um material de cor de casca amarela oriundo de um cruzamento com um dos parentais de cor de casca roxa e que pode ter maior aceitabilidade de comercialização devido a cor de casca amarela já ser conhecida no mercado consumidor.

Em relação aos percentuais encontrados para pH e acidez total (AT), as médias foram de 2,96 e 3,84, respectivamente. O genótipo H09-125 se destacou por apresentar pH de 3,07, maior valor observado entre os genótipos avaliados (Tabela 1). No entanto, os genótipos também apresentaram pH dentro do intervalo estabelecido pelo Ministério da Agricultura do Brasil (MAPA, 2022), que é entre 2,70 a 3,80. Esse trabalho apresentou resultados similares ao de Abreu et al. (2009) onde observaram média de pH de 3,05 para maracujá de casca amarela e o de Silva et al. (2021) que encontraram média de pH de 2,56 para maracujá de casca roxa.

Os valores de acidez total apresentaram melhores médias nos genótipos H09-164, H09-165 e H09-166 (4,02; 3,90 e 3,97, respectivamente) valores superiores ao material controle BGP418 que apresentou valor de 3,67 (Tabela 1).

Jimenez et al. (2011) observaram para maracujá de casca roxa “gulupa” acidez entre 2,51 e 4,68. Já Araújo et al. (2017) obtiveram média de acidez total de 5,26 para maracujá de casca roxa escura, 6,31 para maracujá de casca roxa clara e 5,38 para maracujá de casca amarela, todos pertencentes a *P. edulis*.

Avaliação via cor de casca e polpa

Os agrupamento dos frutos que apresentaram cores de casca semelhantes através da leitura de colorimetria via CIELab (Figura 1A), formaram cinco grupos de cor de casca roxa (G1, G2, G3, G4 e G5) e um de cor de casca amarela (G6), e para todos os agrupamentos formados apenas os G3 e G6 apresentaram variação para o teor de sólidos solúveis (Figura 1C), os demais grupos não diferiram significativamente para nenhum atributo (Figura 1D-F).

O método de caracterização via descritor de *Passiflora* (Jesus et al., 2017) só conseguiu discriminar três grupos, G1 para casca roxa e o G2 e G3 para casca amarela (Figura 1b).

Os genótipos que apresentaram diferenças significativas para o teor de SS foram o G3 e G6 em relação a todos os grupos avaliados (Figura 1C), o grupo G3 é formado por genótipos de cor de casca roxa e teve média de 14,73 °Brix e o grupo G6 é formado por genótipos de cor de casca amarela com média de 14,48 °Brix, no entanto não foi possível associar a cor de casca com o teor de sólidos solúveis. Embora, os valores foram maiores que os observados para maracujá de casca roxa por Silva et al. (2021) (13,86 °Brix) para o teor de sólidos solúveis, já para o teor de sólidos solúveis do maracujá de casca amarela, Cavichioli et al., (2008) observaram

valor de 14,3 °Brix, valor próximo ao encontrado neste trabalho. Além disso, o G3 é formado por frutos de cor de casca roxa clara, contrastando com os demais grupos que apresentaram cores de casca mais escuras e médias de SS menores que o G3. Apesar dos valores encontrados para o teor de sólidos solúveis não serem possíveis de relacionar com a cor de casca do fruto, Borges et al. (2003) relatam que o teor de SS está associado aos tratos culturais, nutrição das plantas e fatores edafoclimáticos.

Meletti et al. (2005) obtiveram teor de sólidos solúveis em uma seleção de maracujá de casca roxa (roxinho miúdo) acima de 21 °Brix, mas ainda não é usado em escala comercial. Já Silva et al. (2021) reportaram frutos de maracujá de casca roxa apresentando teor de sólidos solúveis com média de 13,86 °Brix para o mesmo método de cultivo desse estudo.

O teor de sólidos solúveis é uma característica importante que representa a qualidade do fruto, sendo responsável pela quantidade de doçura (Braga et al., 2020). O G3 e G6 apresentaram médias acima dos demais, evidenciando destaque para esse atributo.

Observa-se que o dendrograma elaborado a partir da classificação de cor via descritor (Figura 1B) não foi suficiente para separar os subgrupos de cor de casca roxa, fazendo a distinção somente do maracujá de casca amarela e maracujá de casca roxa. Com isso, a metodologia alternativa de leitura via aplicativo (Figura 1A) mostrou maior eficiência na amplitude de discriminação de cor comparado ao método convencional, além de ser uma análise com mais agilidade, podendo trazer maior precisão dos dados e proporcionando melhor avaliação de frutos além de ter custos menores e a utilização de forma portátil.

Porto et al. (2019) avaliaram o uso da colorimetria para análise da concentração de ácido ascórbico em sucos naturais de frutas, os resultados evidenciaram que não houve diferença significativa com a análise realizada via metodologia convencional para teor de ácido ascórbico em frutas. Com isso é possível observar que há eficácia na utilização do método de leitura como metodologia alternativa para determinados atributos em produtos. Nesse estudo, não houve avaliação do teor de vitamina C, no entanto Zeraik et al. (2010) descreveram que o ácido ascórbico possui em maior quantidade em maracujá de casca roxa do que em maracujá de casca amarela.

Na avaliação de cor de polpa com uso de metodologia alternativa via aplicativo, foram observados cinco grupos (G1, G2, G3, G4 e G5), divergindo entre variações de cores de polpa amarela a alaranjada (Figura 2A). Os grupos foram avaliados quanto

a seus atributos químicos e somente o teor de sólidos solúveis apresentou diferença significativa para o G3 (Figura 2C-F).

O G3 é formado por genótipos de cor de casca amarela, proveniente de cruzamento com material de cor de casca roxa. A sua polpa possui coloração amarela clara (Figura 2A). Por ter apresentado maior teor de sólidos solúveis entre os genótipos e a cor de casca amarela, esse genótipo apresentou fixação da característica de cor de casca de fruto amarelo proveniente de um parental de cor de casca amarela e o teor de sólidos solúveis proveniente do parental de cor de casca roxa.

Para a cor de polpa com o uso da classificação via descritor para *Passiflora* (Jesus et al., 2017), foram observados somente três grupos (G1, G2 e G3), entre polpas de coloração amarela e polpa alaranjada (Figura 2B). Esse método evidenciou que não obteve a mesma eficiência de classificação do método via aplicativo.

No entanto, apesar do dendrograma com uso do descritor para *Passiflora* não ter mostrado eficiência na discriminação de cores de casca e polpa, a aferição do analista torna a metodologia divergente entre os avaliadores, não mantendo um padrão de classificação.

Medeiros et al., (2009) obtiveram variação de cores de polpa com predominância de amarelo, seguida de amarelo clara, alaranjada e avermelhada. Já de acordo com Brasil (2016), maracujá tem variação da coloração de polpa entre esbranquiçada, amarelo esverdeada, amarelo, amarelo alaranjada, alaranjado escuro, vermelha e roxa.

Avaliação da uniformidade de cor dos genótipos

Todas as amostras avaliadas individualmente quanto a uniformidade da cor de casca dentro do genótipo utilizando metodologia de leitura de cor via aplicativo, apresentaram variações nas cores dos frutos, observando-se que há heterogeneidade na fixação da cor de casca (Figura 3a-F). No entanto, ainda pôde-se observar que alguns genótipos tiveram destaque por agruparem frutos com cores mais similares (Figura 3A-C-D).

O genótipo H09-166 (Figura 3C) apresentou 64% de uniformidade de cor de casca roxa, maior que o BGP418 (Figura 3A) que chegou a ter 60% de cores dentro de um grupo de casca amarela, sendo este um material já em uso comercial. Isso mostra que esse material (H09-166) já está com fixação de cor acima dos materiais

comerciais, sendo uma das características importantes para implementar esse material para comercialização. Porém, os híbridos testados ainda estão no processo de fixação de diversos atributos. Para isso, os híbridos estudados ainda necessitam de novos ciclos de seleção, cruzamentos e avaliações para fixar os atributos físicos e químicos que tornam de interesse comercial.

A aparência externa de um fruto é um importante atributo para a escolha pelo consumidor, principalmente se houver boa aparência e uniformidade de tamanho e cor nos frutos (Matsuura et al., 2004). Os genótipos que apresentaram maior quantidade de grupos de coloração de casca (H09-165, H09-125, H09-163 e H09-164) evidenciam alta heterogeneidade entre os frutos, mostrando que não estão definidos para se tornar um material promissor para o cultivo e comercialização, ainda sendo necessária a seleção de cruzamentos de plantas com avaliação posterior das progênes para selecionar os genótipos com maior estabilidade de cor e com caracteres de frutos desejáveis.

Dessa forma, a partir da fixação das características é possível selecionar um genótipo superior para exploração do seu material genético ou incorporar em sistemas de produção de larga escala.

Avaliação do NIRS

A análise apresentou informações através da leitura com uso da espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIR), entre 350 a 2500 nm realizada nas polpas dos seis genótipos (Figura 4A-E). Os grupos formados no dendrograma com os dados do NIR evidenciaram a formação de agrupamentos com frutos de cor de casca entre amarelos, roxos e amarelos com roxos no mesmo grupo (Figura 4A), mostrando que alguns grupos possuem características de cor de casca não definidas, embora os parentais do genótipo H09-165 estão entre frutos de casca roxa e frutos de casca amarela. O agrupamento plotado com a cor de polpa não evidenciou relação entre a absorvância do NIR com as cores de polpa coletadas via CIELab (Figura 4A). A falta de agrupamento dos frutos com mesma cor de polpa (Figura 4B) inviabilizou a associação da cor com as propriedades química pH, SS, AT e ratio. No entanto, os estudos de Maniwaru et al. (2019) conseguiram prever os atributos teor de sólidos solúveis e acidez total com base na avaliação de NIRS.

No gráfico de dispersão, os espectros entre 350 a 2500 nm dos NIRS que foram avaliados das polpas dos genótipos mostraram capacidade de discriminação de todos

os genótipos, especialmente no intervalo entre 654 e 958 nm onde houve maior discriminação dos materiais (Figura 4C). No gráfico de dispersão dos materiais agrupados entre cor de casca roxa e amarela, foi verificado maior discriminação das curvas do espectro entre 566 e 782 nm (Figura 4D). Os estudos de Betemps et al., (2011) conseguiram discriminar a qualidade dos genótipos de manga por meio do NIRS. Zude et al. (2006) observaram picos da curva do espectro em 530 nm e 680 nm e relacionaram aos pigmentos da fruta da macieira, e que também apresentou pico a 960 nm sendo associado a sobretons de água e carboidratos. Na análise de *cluster* foi possível determinar a discriminação entre os genótipos e as similaridades e distâncias entre os materiais avaliados (Figura 4E).

CONCLUSÃO

1. Os genótipos H09-125 e H09-163 apresentaram os melhores valores para o ratio, sendo esses materiais de cor de casca roxa, evidenciando qualidade superior para este atributo quando comparado ao maracujá de cor de casca amarela. No entanto, cada genótipo ainda precisa de retrocruzamentos visando a fixação de determinados atributos para posterior avaliações;
2. A análise de colorimetria de frutos via aplicativo foi eficiente para determinar a cor com maior precisão dos dados, tanto para a cor de casca como a cor de polpa, além de ser uma metodologia de baixo custo, portátil e que fornece agilidade para a avaliação. No entanto, não foi encontrado relação dos grupos formados com a cor de casca ou polpa correlacionados aos atributos químicos do fruto;
3. A colorimetria para a variação de cor de casca dentro dos genótipos evidenciou que há a necessidade de proporcionar retrocruzamentos para os genótipos visando aumentar a fixação da cor de casca para os híbridos H09-165, H09-163 e H09-164, já o híbrido H09-166 está com homogeneidade de cor de casca com valor superior ao BGP418 que é um material já utilizado comercialmente;
4. Observou-se que com o uso da metodologia de avaliação via NIR foi possível discriminar os genótipos com leitura entre 350 e 2500 nm, além de ter evidenciado discriminação entre os materiais de casca roxa e casca amarela. No entanto, não foi possível correlacionar a cor da casca e da polpa com o espectro de leitura.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. D. P. M., PEIXOTO, J. R., JUNQUEIRA, N. T. V., & SOUSA, M. A. D. F. Características físico-químicas de cinco genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 487-491. 2009.
- ALAMAR, P. D., CARAMÊS, E. T., POPPI, R. J., & PALLONE, J. A. Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by NIR spectroscopy and chemometrics. **Food Research International**, v. 85, p. 209-214. 2016.
- ANDREUCETTI, C., FERREIRA, M. D., MORETTI, C. L., & HONÓRIO, S. L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 122-126, 2007.
- ARAMWIT, P., BANG, N., & SRICHANA, T. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. **Food Research International**, v. 43, n. 4, p. 1093-1097. 2010.
- ARAUJO, L. D. S., COSTA, E. M. R., SOARES, T. L., SANTOS, I. S. D., & JESUS, O. N. D. Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 500-506. 2017.
- AULAR, J., & NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BARNEVELD, R. J., NUTTALL, J. D., FLINN, P. C., & OSBORNE, B. G. Near infrared reflectance measurement of the digestible energy content of cereals for growing pigs. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 1999.
- 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. spe1, pp. 306-313. 2011.
- BORGES, A. L., RODRIGUES, M. G. V., LIMA, A. D. A., ALMEIDA, I. E. D., & CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujá-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 259-262, 2003.
- BRAGA, A. C. C., DA ROCHA PELAIS, D., RAMOS, M. V. E., BRAGA, L. A. C., RODRIGUES, E. C. N., & DE SOUZA, J. H. P. Efeito do teor de sólidos solúveis totais e do binômio tempo/temperatura de tratamento térmico sobre as características sensoriais de suco tropical de muruci (*Byrsonima verbascifolia*)/Effect of total soluble solids content and time/temperature binomium of heat treatment in sensory characteristics of muruci tropical juice. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 32937-32949, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. Formulário 3 - Espécies em regime de proteção: instruções de DHE e Tabela de Descritores Mínimos. In: Frutíferas : Maracujá (*Passiflora edulis* Sims). Proteção de cultivares, Formulários para proteção de cultivares, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protexao-de-cultivar/frutiferas>. 2016.

CAMPOS, V. B., FOGAÇA, T. D. S., ALMEIDA, W. D., BARBOSA, J., OLIVEIRA, M. D., GONDIM, S. C., & CAVALCANTE, L. Caracterização física e química de frutos de maracujá-amarelo comercializados em Macapá, Amapá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 1, p. 27-33, 2013.

CAVICHIOLO, J. C., RUGGIERO, C., & VOLPE, C. A. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro-amarelo submetidos à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 649-656, 2008.

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

CLEVES-LEGUÍZAMO, J. A. Análise funcional de sistemas de condução e seu impacto na qualidade e produtividade de cultivares de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa* e f. *Pupurea*, Degener) na Colômbia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, p. 886, 2021.

COELHO, A. A., CENCI, S. A., & RESENDE, E. D. D. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 722-729, 2010.

CRUZ, P. M. F., BRAGA, G. C., & DE GRANDI, A. M. Composição química, cor e qualidade sensorial do tomate seco a diferentes temperatura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1475-1486, 2012.

DARRIGUES, A., HALL, J., VAN DER KNAAP, E., FRANCIS, D. M., DUJMOVIC, N., & GRAY, S. Tomato analyzer-color test: a new tool for efficient digital phenotyping. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 4, p. 579-586, 2008.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food quality and preference**, v. 6, n. 3, p. 149-155, 1995.

GENISHEVA, Z., QUINTELAS, C., MESQUITA, D. P., FERREIRA, E. C., OLIVEIRA, J. M., & AMARAL, A. L. New PLS analysis approach to wine volatile compounds characterization by near infrared spectroscopy (NIR). **Food chemistry**, v. 246, p. 172-178, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em 19 de janeiro de 2021.

DE JESUS, O. N., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., DA SILVA, L. N., DOS SANTOS, I. S., SAMPAIO, S. R., & DE OLIVEIRA, E. J. Phenotypic diversity and alternative methods for characterization and prediction of pulp yield in passion fruit (*Passiflora* spp.) germplasm. **Scientia Horticulturae**, v. 292, p. 110573, 2022b.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R.C.C.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, V. T. ; OLIVEIRA, J.R.P. Evaluation of intraspecific hybrids of yellow passion fruit in organic farming. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 24, p. 2129-2138, 2016.

JESUS, O. N., DE OLIVEIRA, E. J., FALEIRO, F. G., TL, S., & GIRARDI, E. A. **Illustrated morpho-agronomic descriptors for Passiflora spp.** Brasília: Embrapa, p. 126, 2017.

JIMÉNEZ, A. M., SIERRA, C. A., RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J., GONZÁLEZ-MIRET, M. L., HEREDIA, F. J., & OSORIO, C. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1912-1918, 2011.

LAGUERRE, M., LECOMTE, J., & VILLENEUVE, P. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. **Progress in lipid research**, v. 46, n. 5, p. 244-282, 2007.

LIMA, A. D. A., BORGES, A. L., FANCELLI, M., & CARDOSO, C. E. L. Maracujá: sistema de produção convencional. Maracujá: Avanços Tecnológicos e Sustentabilidade, Editus, Ilhéus, p. 203-237, 2011.

MANIWARA, P., NAKANO, K., OHASHI, S., BOONYAKIAT, D., SEEHANAM, P., THEANJUMPOL, P., & POONLARP, P. Evaluation of NIRS as non-destructive test to evaluate quality traits of purple passion fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108712, 2019.

MARCHI, R., MONTEIRO, M., BENATO, E. A., & SILVA, C. A. R. D. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá de casca amarela (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. **Food Science and Technology**, v. 20, p. 381-387, 2000.

MATSUURA, F. C. A. U., COSTA, J. I. P. D., & FOLEGATTI, M. I. D. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 48-52, 2004.

MEDEIROS, S. A. F. D., YAMANISHI, O. K., PEIXOTO, J. R., PIRES, M. C., JUNQUEIRA, N. T. V., & RIBEIRO, J. G. B. L. Caracterização físico-química de progênies de maracujá-roxo e maracujá-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 492-499, 2009.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L.M.M. & BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H. & PIKANÇO, M. C. Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado. Porto Alegre: **Cinco Continentes**, p. 345-385, 2001.

MELETTI, L. M. M., SOARES-SCOTT, M. D., & BERNACCI, L. C. Caracterização fenotípica de três seleções de maracujazeiro-roxo (*Passiflora edulis* Sims). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, pp. 268-272. 2005b.

MELETTI, L. M. M. Maracujá-roxo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, 2005.

Ministério De Agricultura. **Cadena de Passifloras**. Bogotá, 2019. Disponível em: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Passifloras/Documentos/2019-06-20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MORO, G. L. J., BEVILAQUA, J. P., PENA, A. T. C., CANAL, G. B., DA SILVA FERREIRA, M. F., FERREIRA, A., & DOS SANTOS, L. G. INDICE DE COR E FIRMEZA DE FRUTOS DE GOIABA PÓS-COLHEITA. **Anais da 30ª Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES-SEAGRO**, 2017.

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

NASCIMENTO, W. M. O. D., TOMÉ, A. T., OLIVEIRA, M. D. S. P. D., MÜLLER, C. H., & CARVALHO, J. E. U. D. Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2003, v. 25, n. 1, pp. 186-188. 2003.

NEGREIROS, J. R. D. S., ARAÚJO NETO, S. E. D., ÁLVARES, V. D. S., LIMA, V. A. D., & OLIVEIRA, T. K. D. Caracterização de frutos de progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco - Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 431-437, 2008.

OLIVEIRA, G. A., BUREAU, S., RENARD, C. M. G. C., PEREIRA-NETTO, A. B., & DE CASTILHOS, F. Comparison of NIRS approach for prediction of internal quality traits in three fruit species. **Food Chemistry**, v. 143, p. 223-230, 2014.

OLIVEIRA-FOLADOR, G., DE OLIVEIRA BICUDO, M., DE ANDRADE, E. F., RENARD, C. M. G. C., BUREAU, S., & DE CASTILHOS, F. Quality traits prediction of the passion fruit pulp using NIR and MIR spectroscopy. **Lwt**, v. 95, p. 172-178, 2018.

PEREIRA, D. M., DE OLIVEIRA, K. Á. R., CHANTELE, L., DA SILVA SANT'ANA, A. M., DE SOUSA GUEDES, J. P., DE CARVALHO, C. T., ... & DE LIMA BRITO, I. Caracterização da composição nutricional e do teor de pigmentos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) nas variedades vermelha e roxa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58026-58038, 2020.

PLANS, M., SIMÓ, J., CASAÑAS, F., SABATÉ, J., & RODRIGUEZ-SAONA, L. Characterization of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by infrared spectroscopy: comparison of MIR, FT-NIR and dispersive NIR using portable and benchtop instruments. **Food research international**, v. 54, n. 2, p. 1643-1651, 2013.

PORTO, I. S., NETO, J. H. S., DOS SANTOS, L. O., GOMES, A. A., & FERREIRA, S. L. (2019). Determination of ascorbic acid in natural fruit juices using digital image colorimetry. **Microchemical Journal**, v. 149, p. 104031, 2019.

R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

DOS REIS, L. C. R., FACCO, E. M. P., SALVADOR, M., FLÔRES, S. H., & DE OLIVEIRA RIOS, A. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2679-2691, 2018.

RUSLAN, R., & ROSLAN, N. Assessment on the skin color changes of *Carica papaya* L. cv. Sekaki based on CIE L* a* b* and CIE L* C* h color space. **International Food Research Journal**, v. 23, 2016.

SANTOS, J. L., RESENDE, E. D. D., MARTINS, D. R., GRAVINA, G. D. A., CENCI, S. A., & MALDONADO, J. F. Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 750-755, 2013.

SAVITZKY, A., & GOLAY, M. J. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical chemistry**, v. 36, n. 8, p. 1627-1639, 1964.

SCOLFORO, C. Z., GAZOLLA, G. T., ROSA, N. A. B., PASSAMAI, J. J., PINHEIRO, C. G., & DELLA LUCIA, S. M. Análise Colorimétrica de Berinjela e Pera Irradiadas com Fonte de Co-60 em Atmosfera com e sem a Presença de Oxigênio. **Blucher Physics Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 37-38, 2014.

SEREGELY, Z., DEAK, T., & BISZTRAY, G. D. Distinguishing melon genotypes using NIR spectroscopy. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 72, n. 2, p. 195-203, 2004.

SILVA, I., CHAVES, R., CRUZ, L. D. S., VIANA, E. D. S., & SOARES, S. Análise colorimétrica das biomassas de Banana Verde das variedades Prata e BRS SCS Belluna. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

SILVA NÓBREGA, D., MENDES, A. C. N., PEIXOTO, J. R., VILELA, M. S., FALEIRO, F. G., ALENCAR, E. R., ... & DE DEUS SOUSA, R. M. (2021). Fruit quality of wild, sweet and yellow passion fruit genotypes in Distrito Federal, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 37, p. 37064-37064, 2021.

SILVA, L. R., DE FIGUEIREDO, A. R., DA CUNHA JÚNIOR, P. C., BARBOSA, M. I. M. J., DE OLIVEIRA, M. M. T., ROSA, R. C. C., & DE MORAIS, L. A. S. Caracterização

pós-colheita de frutos de maracujá-roxo cultivados em sistema convencional e orgânico. **Nativa**, v. 9, n. 5, p. 551-557, 2021.

SPÓSITO, M. B., JULIANETTI, A., & BARBASSO, D. V. Determinação do índice de cor mínimo necessário para a colheita de laranja doce Valência a ser submetida ao processo de desverdecimento. **Citrus Research & Technology**, v. 27, n. 2, p. 373-379, 2006.

STEVENS, A., NOCITA, M., TÓTH, G., MONTANARELLA, L., & VAN WESEMAEL, B. Prediction of soil organic carbon at the European scale by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **PloS one**, v. 8, n. 6, p. e66409, 2013.

THOKCHOM, R., & MANDAL, G. Production preference and importance of passion fruit (*Passiflora edulis*): A review. **J. Agric. Eng. Food Technol**, v. 4, p. 27-30, 2017.

VAGULA, J. M., DA CRUZ, V. H. M., PONHOZI, I. B., & VISENTAINER, J. V. Constituintes bioquímicos dos frutos de *Solanum americanum* Mill., uma PANC em potencial Biochemical constituents of the fruits of *Solanum americanum* Mill., a potential non-conventional edible plant. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 78698-78705, 2021.

VENTURA, M., DE JAGER, A., DE PUTTER, H., & ROELOFS, F. P. Non-destructive determination of soluble solids in apple fruit by near infrared spectroscopy (NIRS). **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, n. 1, p. 21-27, 1998.

VIEGAS, T. R., MATA, A. L., DUARTE, M. M., & LIMA, K. M. Determination of quality attributes in wax jambu fruit using NIRS and PLS. **Food Chemistry**, v. 190, p. 1-4, 2016.

ZERAIK, M. L., PEREIRA, C. A., ZUIN, V. G., & YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de farmacognosia**, v. 20, p. 459-471, 2010.

ZUDE, M., HEROLD, B., ROGER, J. M., BELLON-MAUREL, V., & LANDAHL, S. Non-destructive tests on the prediction of apple fruit flesh firmness and soluble solids content on tree and in shelf life. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 2, p. 254-260, 2006.

CAPÍTULO II

SELEÇÃO DE DESCRITORES INFORMATIVOS

RESUMO

A quantificação da variabilidade genética e divergência das espécies de *Passiflora* tornam útil a caracterização do germoplasma, devido ao seu valor de uso frutífero, ornamental e medicinal. O objetivo deste trabalho foi avaliar em 51 genótipos de maracujazeiro, a variação de 74 marcadores morfológicos relacionados à planta, folhas, flores, frutos, bem como definir uma lista de descritores mínimos para caracterização do germoplasma. Os 18 caracteres quantitativos (morfométricos) foram submetidos à análise de componentes principais, sendo descartadas as características com baixa contribuição ($\leq 6,0\%$) para os dois primeiros componentes (CP1 e CP2), mas que tivesse correlação acima de 70% com outra. Já os 56 descritores qualitativos (multicategóricos) foram analisados pela entropia de *Shannon*; sendo utilizados duas estratégias: uma descarte dos descritores que apresentavam entropia acima de 0,95 e a outra descarte dos descritores com entropia acima de 0,70. O critério foi consistente nos agrupamentos antes e após o descarte das variáveis. A análise foi feita a partir da distância de Gower e agrupamento pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages*). Com base nos resultados foram selecionados 31 descritores com entropia acima de 0,95 e 39 descritores com entropia acima de 0,70. A seleção dos descritores quantitativos com base na contribuição do caractere para os CP1 e CP2 e análise de correlação possibilitou a exclusão de nove descritores. Assim para fins de caracterização foram selecionados nove caracteres quantitativos e 31 qualitativos. O descarte dos descritores não ocasionou perda de informação, especialmente nos agrupamentos formados entre genótipos da mesma espécie de maracujazeiro.

Palavras-chave: Maracujazeiro, variabilidade genética, análise multivariada, componentes principais, melhoramento genético.

SELECTION OF INFORMATIONAL DESCRIPTORS

ABSTRACT

The quantification of the genetic variability and divergence of *Passiflora* species makes germplasm characterization useful, due to its fruitful, ornamental and medicinal use value. The objective of this work was to evaluate, in 51 passion fruit genotypes, the variation of 74 morphological markers related to the plant, leaves, flowers, fruits, as well as to define a list of minimum descriptors for germplasm characterization. The 18 quantitative (morphometric) characters were submitted to principal component analysis, discarding the characteristics with a low contribution ($\leq 6.0\%$) to the first two components (CP1 and CP2), but which had a correlation above 70% with another. The 56 qualitative (multicategorical) descriptors were analyzed using Shannon entropy; two strategies were used, one discarding the descriptors that presented entropy above 0.95 and the other discarding the descriptors with entropy above 0.70. The criterion was consistent in the groupings before and after the variables were discarded. The analysis was performed using the Gower distance and grouping using the UPGMA method (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages). Based on the results, 31 descriptors were selected, with entropy above 0.95; 39 descriptors with entropy above 0.70. The selection of quantitative descriptors based on the character's contribution to CP1 and CP2 and correlation analysis made it possible to exclude nine descriptors. Thus, for characterization purposes, nine quantitative and 31 qualitative characters were selected. The discarding of the descriptors did not cause loss of information, especially in the clusters formed between genotypes of the same passion fruit species.

Keywords: Passion fruit, genetic variability, multivariate analysis, principal components, genetic improvement.

INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* é o mais representativo da família Passifloraceae, com mais de 600 espécies (Ocampo et al., 2021), distribuídas amplamente nos trópicos, principalmente no Brasil que detém pelo menos um terço dessas espécies. Esse gênero tem atraído considerável atenção devido ao seu valor econômico, associada à qualidade dos frutos para a produção de suco concentrado (Souza et al., 2022) e para o consumo “*in natura*” (Nogueira et al., 2021; Ramyashree et al., 2019) e também por suas propriedades medicinais, já que são fontes de minerais, vitaminas A, C e D, flavonoides e carotenoides, que são benéficos para a saúde humana (Santos-Tierno et al., 2022; Viera et al., 2022). Além disso, algumas espécies são de grande valor ornamental (He et al., 2020; Souza et al., 2020).

O Brasil se destaca na produção de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims), com uma produção de mais de 690 mil toneladas em 2020. A região Nordeste responde por 73% dessa produção total e o estado da Bahia e o estado do Ceará são os principais produtores nacional da fruta, com cerca de 60% (IBGE, 2022). Embora apresente essa liderança no cenário internacional, a produção nacional é considerada baixa devido as práticas inadequadas de manejo, falta de cultivares melhoradas e diversos problemas fitossanitários (Jesus et al., 2021).

O programa de melhoramento genético de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PGMG Maracujá) mantém um Banco de Germoplasma de Maracujá (BAG-maracujá) representado por cerca de 343 acessos de *Passiflora* com grande variabilidade fenotípica (Alelo Vegetal/Embrapa, 2022). A diversidade genética no germoplasma da espécie, permite a indicação e seleção de potenciais genitores, a exemplo das passifloras silvestres que reúnem caracteres de importância econômica para uso em programas de hibridação. Algumas espécies de *Passiflora* apresentam, fontes de resistência a fatores abióticos, como boa tolerância ao estresse hídrico e salino, resistência a doenças e qualidade dos frutos, fornecendo bons materiais para o melhoramento (Souza et al., 2018; Lima et al., 2020; Correia et al., 2022).

O germoplasma de maracujazeiro pode ser explorado usando descritores morfológicos, a exemplo de caracteres de folhas, flores e frutos (Bernardes et al., 2020; Jesus et al., 2022), marcadores bioquímicos (Daza et al., 2021; McCullagh et al., 2021; Viera et al., 2022) e moleculares (Castillo et al., 2021; Zhao et al., 2022). Convencionalmente, vários estudos tenham sido publicados sobre a caracterização

de *Passiflora* utilizando os descritores morfoagronômicos (Castro et al., 2012; Dutra et al., 2019; Jesus et al., 2022), pois as avaliações são simples, relativamente rápidas comparadas aos outros métodos. Existem pelo menos 74 descritores dessa natureza registrados para a caracterização de acessos de maracujazeiro (Jesus et al., 2017). No entanto, o grande número de recursos genéticos disponíveis no BAG-Maracujá, bem como o elevado número de atributos avaliados, além das observações e mensurações em cada descritor, podem ocasionar maior indução ao erro na tomada de informações e tornar o processo mais laborioso e lento, além de incrementar os custos de avaliação para descrição do germoplasma. Descritores mínimos refere-se a um conjunto de características estabelecida a partir do conjunto original de descritores que possibilite seu uso na caracterização sem ocasionar redução na precisão da caracterização. Portanto, o uso de descritores mínimos é altamente informativo e necessário para a caracterização dos genótipos, reduzindo o tempo e os custos durante a avaliação, sem perda considerável de informações (Castro et al., 2012).

A diversidade genética baseia-se nas diferenças entre os indivíduos e pode ser estimada pela análise multivariada. Métodos estatísticos multivariados, como o algoritmo de Gower (1971), análise de componentes principais (Pearson, 1901), entropia de Shannon (1948) e seleção direta (Jolliffe, 1973) tem sido utilizados em diversos estudos (Grigolo et al., 2018; Souza, 2018; Melo et al., 2019; Junior et al., 2021) de divergência genética e para identificar características altamente discriminantes para uso na caracterização.

Considerando a importância do maracujazeiro no contexto nacional e internacional; a ampla variabilidade no gênero e a elaboração do primeiro descritor ilustrado para caracterização do gênero *Passiflora* (Jesus et al., 2017) em que ainda há escassez de informações quanto a eficiência desses descritores na discriminação dos acessos. Assim, a indicação de descritores mínimos eficazes para avaliar a diversidade genética do germoplasma de *Passiflora* por meio de descritores morfológicos (Castro et al., 2012; Dutra et al., 2019), que auxiliem de forma célere e com precisão dos dados, diminuindo o tempo de avaliação e obtendo mais informações sobre os genótipos. Dessa forma, é possível obter e avaliar novos materiais que possam subsidiar os estudos genéticos com uso de espécies introduzidas no banco de germoplasma do maracujá.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade fenotípica dos genótipos de *Passiflora* por meio da caracterização morfológica bem como selecionar de forma precisa aqueles mais informativos para avaliação do germoplasma da espécie a partir da análise multivariada, envolvendo componente principal, entropia de Shannon e dissimilaridade de Gower.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização do experimento

O trabalho foi conduzido no campo experimental e em telado, localizados na Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas, BA, Brasil (12° 39' 25" S, 39° 07' 27" W, 226 m), com clima predominante tropical subúmido a seco, temperatura média de 25,5 °C e umidade relativa média anual em torno de 77,20% (INMET, 2022).

Material vegetal

Foram utilizados um total de 51 genótipos de maracujazeiro pertencentes ao Banco de Germoplasma de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura, entre materiais silvestres, comerciais e híbridos interespecíficos (Tabela 1). Outras informações sobre os genótipos podem ser consultadas no sistema Alelo Vegetal (<https://alelo.cenargen.embrapa.br/>) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (*Embrapa*).

Tabela 1. Lista de Genótipos/Acessos caracterizados com base em 56 descritores qualitativos e 18 descritores quantitativos pertencentes ao Banco de Germoplasma de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia.

| Nº | Genótipos/Acessos | Espécie/Genealogia |
|----|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | BGP008 | <i>Passiflora gibertii</i> N.E.Br. |
| 2 | BGP046 | <i>Passiflora edmundoi</i> Sacco |
| 3 | BGP085 | <i>Passiflora gibertii</i> N.E.Br. |
| 4 | BGP105 | <i>Passiflora tenuifila</i> Killip |
| 5 | BGP107 | <i>Passiflora morifolia</i> Mast. |
| 6 | BGP125 | <i>Passiflora rubra</i> L. |
| 7 | BGP318 | <i>Passiflora morifolia</i> Mast. |
| 8 | BGP396 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 9 | BGP402 | <i>Passiflora</i> sp. |
| 10 | BGP408 | <i>Passiflora coccinea</i> Aubl. |
| 11 | BGP417 | <i>Passiflora bahiensis</i> klotzsch |

| | | |
|----|--------|---|
| 12 | BGP418 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 13 | BGP424 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 14 | BGP438 | <i>Passiflora alata</i> Curtis |
| 15 | BGP440 | <i>Passiflora foetida</i> L. |
| 16 | BGP449 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 17 | BGP452 | <i>Passiflora kermesina</i> Link & Otto |
| 18 | BGP453 | <i>Passiflora miersii</i> Mast. |
| 19 | BGP454 | <i>Passiflora biflora</i> Lam. |
| 20 | BGP455 | <i>Passiflora contracta</i> Vitta |
| 21 | BGP460 | <i>Passiflora misera</i> Kunth |
| 22 | BGP466 | <i>Passiflora actinia</i> Hook. |
| 23 | BGP471 | <i>Passiflora cincinnata</i> Mast. |
| 24 | BGP479 | <i>Passiflora mucronata</i> Lam. |
| 25 | BGP484 | <i>Passiflora caerulea</i> L. |
| 26 | BGP485 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 27 | BGP486 | <i>Passiflora coriacea</i> Juss. |
| 28 | BGP488 | <i>Passiflora nitida</i> Kunth |
| 29 | BGP489 | <i>Passiflora foetida</i> L. |
| 30 | BGP490 | <i>Passiflora faleiroi</i> Imig |
| 31 | BGP491 | <i>Passiflora edmundoi</i> Sacco |
| 32 | BGP492 | <i>Passiflora mucronata</i> Lam. |
| 33 | BGP494 | <i>Passiflora watsoniana</i> Mast. |
| 34 | BGP495 | <i>Passiflora misera</i> Kunth |
| 35 | HRI12 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 36 | HRI17 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 37 | HRI24 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 38 | HRI26 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 39 | HRI30 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 40 | H09121 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 41 | H09125 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 42 | H09127 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 43 | H09132 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 44 | H09135 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 45 | H09142 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 46 | H09143 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 47 | H09166 | <i>Passiflora edulis</i> Sims |
| 48 | OTH110 | BGP172 (<i>P. racemosa</i> Brot.) x BGP294 (<i>P. cincinnata</i> Mast.) |
| 49 | OTH141 | BGP452 (<i>P. kermesina</i> Link & Otto) x BGP453 (<i>P. miersii</i> Mast.) |
| 50 | G1 | <i>Passiflora foetida</i> L. |
| 51 | G2 | <i>Passiflora foetida</i> L. |

Avaliação morfológica

Para avaliar os 51 genótipos de *Passiflora* utilizou-se 74 caracteres morfológicos que fazem parte da lista dos descritores ilustrados para *Passiflora* spp. (Jesus et al., 2017). Foram avaliados 56 descritores qualitativos e 18 quantitativos, incluindo atributos relacionados à planta, folha e flor (Tabela 2). Para cada genótipo foram selecionados aleatoriamente três plantas para representar o acesso.

Tabela 2. Descritores morfológicos qualitativos e quantitativos utilizado na caracterização dos 51 genótipos de *Passiflora* spp..

| Descritores para <i>Passiflora</i> spp. | | | | |
|---|-----------------------------------|--|-----------|---------------------|
| Código | Descritores avaliados | Classes dos descritores | Freq. (%) | Entropia de Shannon |
| Descritores da Planta | | | | |
| CRA | Coloração do ramo | 1. Verde-clara; | 29,41 | 1,04 |
| | | 2. Verde-escura; | 9,80 | |
| | | 3. Verde-arroxeadada; | 56,86 | |
| | | 4. Roxo-avermelhada. | 3,92 | |
| PAR | Presença de antocianina nos ramos | 1. Ausente (sem antocianina); | 31,37 | 1,11 |
| | | 2. Pouca (mais verde que roxo); | 50,98 | |
| | | 3. Média (mais roxo que verde, verde-arroxeadada); | 13,73 | |
| | | 4. Alta (totalmente roxo-avermelhada). | 3,92 | |
| PHE | Presença de heterofilia | 1. Ausente; | 64,71 | 0,65 |
| | | 2. Presente. | 35,29 | |
| PES | Presença de estípula | 1. Ausente; | 7,84 | 0,27 |
| | | 2. Presente. | 92,16 | |
| FES | Formato das estípulas | 1. Ausente; | 7,84 | 0,96 |
| | | 2. Linear; | 56,86 | |
| | | 3. Reniforme; | 33,33 | |
| | | 4. Outros. | 1,96 | |
| Descritores da Folha | | | | |
| CLF* | Comprimento do limbo foliar | 1. Muito curto (< 4 cm); | 3,92 | 1,27 |
| | | 2. Curto (4-8 cm); | 33,33 | |
| | | 3. Médio (> 8-12 cm); | 43,14 | |
| | | 4. Longo (> 12-16 cm); | 15,69 | |
| | | 5. Muito longo (> 16 cm). | 3,92 | |
| LMF* | Largura máxima da folha | 1. Muito estreita (< 4 cm); | 1,96 | 1,43 |
| | | 2. Estreita (4-8 cm); | 29,41 | |

| | | | | |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------|-------|------|
| | | 3. Média (> 8-12 cm); | 23,53 | |
| | | 4. Larga (> 12-16 cm); | 29,41 | |
| | | 5. Muito larga (>16 cm). | 15,69 | |
| PRS | Profundidade dos sinus | 1. Ausente; | 25,49 | 1,14 |
| | | 2. Rasa; | 19,61 | |
| | | 3. Média; | 50,98 | |
| | | 4. Profunda. | 3,92 | |
| FOF | Formato da folha | 1. Lanceolada; | 5,88 | 1,57 |
| | | 2. Ovada; | 5,88 | |
| | | 3. Cordada; | 1,96 | |
| | | 4. Oblonga; | 3,92 | |
| | | 5. Elíptica; | 1,96 | |
| | | 6. Fendida; | 50,98 | |
| | | 7. Partida; | 19,61 | |
| | | 8. Seccionada; | 3,92 | |
| | | 9. Outros. | 5,88 | |
| MFO | Mancha na folha | 1. Ausente; | 96,08 | 0,17 |
| | | 2. Presente. | 3,92 | |
| BLF | Bordas do limbo foliar | 1. Inteiras; | 29,41 | 1,40 |
| | | 2. Ondulada; | 0,00 | |
| | | 3. Denteada; | 19,61 | |
| | | 4. Repanda; | 13,73 | |
| | | 5. Serreada; | 35,29 | |
| | | 6. Duplamente serreada; | 1,96 | |
| | | 7. Crenada. | 0,00 | |
| PPF | Presença de pilosidade na folha | 1. Ausente; | 78,43 | 0,52 |
| | | 2. Presente. | 21,57 | |
| DLF | Divisão do limbo foliar | 1. Inteiras; | 21,57 | 0,88 |
| | | 2. Bilobada; | 5,88 | |
| | | 3. Trilobada; | 68,63 | |
| | | 4. Pentalobada; | 3,92 | |
| | | 5. Hexalobada; | 0,00 | |
| | | 6. Heptalobada. | 0,00 | |
| FBLF | Forma bulada do limbo foliar | 1. Ausente; | 58,82 | 0,68 |
| | | 2. Presente. | 41,18 | |
| COF | Coloração da folha | 1. Verde-clara; | 21,57 | 0,61 |
| | | 2. Verde; | 76,47 | |
| | | 3. Verde-escura. | 1,96 | |
| FBF | Forma da base foliar | 1. Arredondada; | 7,84 | 1,44 |
| | | 2. Truncada; | 1,96 | |
| | | 3. Atenuada; | 1,96 | |
| | | 4. Subcordada; | 17,65 | |
| | | 5. Cordada; | 50,98 | |
| | | 6. Hastada; | 13,73 | |
| | | 7. Digitiforme; | 5,88 | |
| | | 8. Aguda. | 0,00 | |
| FAF | Forma do ápice foliar | 1. Arredondado; | 23,53 | 1,61 |
| | | 2. Atenuado; | 7,84 | |
| | | 3. Cuspidado; | 17,65 | |
| | | 4. Acuminado; | 21,57 | |
| | | 5. Agudo; | 27,45 | |
| | | 6. Subcordado. | 1,96 | |
| PNE | Presença de nectários no limbo foliar | 1. Ausente; | 25,49 | 0,57 |
| | | 2. Presente. | 74,51 | |
| NNE | Número de nectários | 1. Ausente (0); | 25,49 | 1,14 |
| | | 2. Pouco (1-2); | 1,96 | |

| | | | | |
|----------------------------|--|--|-------|------|
| | | 3. Mediano (> 2-4); | 45,10 | |
| | | 4. Elevado (> 4). | 27,45 | |
| PON | Posição dos nectários no limbo foliar | 1. Ausente; | 25,49 | 0,92 |
| | | 2. Basilaminar; | 0,00 | |
| | | 3. Laminar; | 13,73 | |
| | | 4. Marginal; | 60,78 | |
| | | 5. Nerviáxilar; | 0,00 | |
| | | 6. Apical. | 0,00 | |
| COP* | Comprimento do pecíolo | 1. Muito curto (< 2 cm); | 11,77 | 1,22 |
| | | 2. Curto (2-3 cm); | 47,06 | |
| | | 3. Médio (> 3-4 cm); | 29,41 | |
| | | 4. Longo (> 4 cm). | 11,77 | |
| NNP | Número de nectários no pecíolo | 1. Ausente (0); | 7,84 | 1,02 |
| | | 2. Poucos (1-2); | 64,06 | |
| | | 3. Medianos (> 2-4); | 17,65 | |
| | | 4. Elevado (> 4). | 9,80 | |
| PNP | Posição dos nectários no pecíolo | 1. Ausente; | 7,84 | 1,27 |
| | | 2. Adjacente ao limbo foliar; | 52,94 | |
| | | 3. Próximo ao meio do pecíolo; | 21,57 | |
| | | 4. Adjacente à inserção da folha no ramo; | 3,92 | |
| | | 5. Distribuídos ao longo do pecíolo. | 13,73 | |
| PAPAF | Presença/ausência parte abaxial folha | 1. Ausente; | 84,31 | 0,49 |
| | | 2. Presente. | 15,68 | |
| Descritores da Flor | | | | |
| FP | Flor pendente | 1. Ausente; | 90,20 | 0,32 |
| | | 2. Presente. | 9,80 | |
| PAB | Presença de antocianina nas brácteas do botão floral | 1. Ausente (sem antocianina); | 62,75 | 1,00 |
| | | 2. Pouca (mais verde que roxa); | 21,57 | |
| | | 3. Média (mais roxa que verde); | 11,76 | |
| | | 4. Alta (totalmente roxa). | 3,92 | |
| PAS | Presença de antocianina nas sépalas dos botões florais | 1. Ausente (sem antocianina); | 64,71 | 0,98 |
| | | 2. Pouca (pequenos pontos de antocianina); | 21,57 | |
| | | 3. Média (antocianina dispersa); | 5,88 | |
| | | 4. Alta (antocianina bem distribuída). | 7,84 | |
| FHP | Formato do hipanto | 1. Aplanada; | 41,18 | 1,04 |
| | | 2. Campanulada; | 41,18 | |
| | | 3. Cilíndrica. | 17,65 | |
| NFN | Número de flor por nó | 1. Reduzido (1 flor); | 90,20 | 0,39 |
| | | 2. Médio (2-4 flores); | 5,88 | |
| | | 3. Grande (> 4 flores). | 3,92 | |
| CBR* | Comprimento da bráctea | 1. Curto (< 2 cm); | 37,25 | 0,81 |
| | | 2. Médio (2-4 cm); | 58,82 | |
| | | 3. Longo (> 4 cm). | 3,92 | |

| | | | | |
|--------------|--|---|---|------|
| PNB | Presença de nectários na bráctea | 1. Ausente; 2. Presente. | 58,82 41,18 | 0,68 |
| NNB | Número de nectários na bráctea | 1. Ausente (0); 2. Pouco (1); 3. Mediano (2-4); 4. Elevado (> 4). | 56,86 23,53 3,92 15,69 | 1,08 |
| CSE* | Comprimento da sépala | 1. Curto (< 3 cm); 2. Médio (3-6 cm); 3. Longo (> 6 cm). | 27,45 72,55 0,00 | 0,59 |
| LSE* | Largura da sépala | 1. Estreita (< 1 cm); 2. Média (1-2 cm); 3. Larga (> 2 cm). | 45,10 52,94 1,96 | 0,77 |
| PNS | Presença de nectários na sépala | 1. Ausente; 2. Presente. | 64,71 35,29 | 0,65 |
| NNS | Número de nectários na sépala | 1. Ausente (0); 2. Pouco (1); 3. Mediano (2-4); 4. Elevado (> 4). | 66,67 29,41 0,00 3,92 | 0,76 |
| CAD* | Comprimento do androginóforo | 1. Muito curto (< 0,5 cm); 2. Curto (0,5-1 cm); 3. Médio (> 1-2 cm); 4. Longo (> 2-3 cm); 5. Muito longo (> 3 cm). | 0,00 66,67 15,69 13,73 3,92 | 0,96 |
| DEC* | Diâmetro da extremidade da coroa (fimbrias) | 1. Muito pequeno (<3 cm); 2. Pequeno (3-6 cm); 3. Médio (> 6-9 cm); 4. Grande (> 9-12 cm); 5. Muito grande (> 12 cm). | 25,49 47,06 25,49 1,96 0,00 | 1,13 |
| BFC | Bandeamento (anéis de cores diferente entre si, inclusive brancos) nos filamentos mais longos da coroa | 1. Ausente; 2. Presente. | 19,61 80,39 | 0,49 |
| NAC | Números de anéis coloridos (excluindo brancos) nos filamentos da coroa | 1. Ausente; 2. Um; 3. Mais de um. | 19,61 62,75 17,65 | 0,92 |
| CAC | Coloração predominante dos filamentos da coroa (exceto a cor branca) | 1. Branca; 2. Rosa; 3. Roxa; 4. Verde; 5. Amarela; 6. Vermelha. | 17,65 17,65 60,78 0,00 1,96 1,96 | 1,07 |
| LAC* | Comprimento dos anéis do filamento da coroa | 1. Ausente (coroa com única cor em toda sua extensão); 2. Estreita (< 1 cm); 3. Média (1-1,5 cm); 4. Larga (> 1,5 cm). | 23,53 25,49 27,45 23,53 | 1,38 |
| DEEC* | Diâmetro externo da cavidade da coroa | Sem classe (somente medida em cm) | - | - |
| DIC* | Diâmetro interno da coroa | Sem classe (somente medida em cm) | - | - |
| CPE* | Comprimento da pétala | 1. Curto (< 3 cm); 2. Médio (3-6 cm); 3. Longo (> 6cm). | 31,37 68,63 0,00 | 0,62 |

| LPE* | Largura da pétala | Sem classe (somente medida em cm) | - | - |
|-------------|---|-----------------------------------|-------|------|
| CFO | Coloração dos filamentos erectos (da corona e/ou opérculo) | 1. Ausente; | 41,18 | 1,58 |
| | | 2. Branca; | 17,65 | |
| | | 3. Branca + rosa; | 13,73 | |
| | | 4. Branca + roxo; | 13,73 | |
| | | 5. Roxa; | 5,88 | |
| | | 6. Outro. | 7,84 | |
| FLC | Filamentos mais longos da corona | 1. Lisos; | 50,98 | 0,69 |
| | | 2. Ondulados. | 49,02 | |
| PPA | Período predominante da antese | 1. Matutino; | 50,98 | 0,98 |
| | | 2. Vespertino; | 35,29 | |
| | | 3. Noturno. | 13,73 | |
| CPP | Coloração predominante no perianto (pétalas e sépalas) região interna | 1. Branca; | 74,51 | 0,96 |
| | | 2. Rosada; | 1,96 | |
| | | 3. Vermelha; | 5,88 | |
| | | 4. Vermelho-arroxeadada; | 3,92 | |
| | | 5. Roxa; | 5,88 | |
| | | 6. Azul-arroxeadada; | 0,00 | |
| | | 7. Azul; | 0,00 | |
| | | 8. Outro. | 7,84 | |
| CPD* | Comprimento do pedicelo | 1. Curto (< 2 cm); | 13,73 | 0,97 |
| | | 2. Médio (2-4 cm); | 31,37 | |
| | | 3. Longo (> 4 cm). | 54,90 | |
| CAN* | Comprimento da antera | 1. Curto (< 0,5 cm); | 19,61 | 1,05 |
| | | 2. Médio (0,5-1 cm); | 39,22 | |
| | | 3. Longo (> 1 cm). | 41,18 | |
| LAN* | Largura da antera | 1. Estreita (< 1,5 mm); | 11,76 | 0,97 |
| | | 2. Média (1,5-3 mm); | 41,18 | |
| | | 3. Larga (> 3 mm). | 47,06 | |
| COV* | Comprimento do ovário | 1. Curto (< 4 mm); | 17,65 | 0,72 |
| | | 2. Médio (4-8 mm); | 74,51 | |
| | | 3. Longo (> 8 mm). | 7,84 | |
| DOV* | Diâmetro do ovário | 1. Estreita (< 1,5 mm); | 0,00 | 0,68 |
| | | 2. Média (1,5-3 mm); | 43,14 | |
| | | 3. Larga (> 3 mm). | 56,86 | |
| PAF | Presença de antocianina no filete | 1. Ausente; | 31,37 | 1,05 |
| | | 2. Poucos pontos; | 47,06 | |
| | | 3. Muitos pontos. | 21,57 | |
| PAE | Presença de antocianina estilete | 1. Ausente; | 58,82 | 0,95 |
| | | 2. Poucos pontos; | 25,49 | |
| | | 3. Muitos pontos. | 15,69 | |
| PADA | Presença de antocianina no dorso da antera | 1. Ausente; | 94,12 | 0,26 |
| | | 2. Poucos pontos; | 3,92 | |
| | | 3. Muitos pontos. | 1,96 | |
| PAA | Presença de antocianina: androginóforo | 1. Ausente; | 54,90 | 1,00 |
| | | 2. Poucos pontos; | 25,49 | |
| | | 3. Muitos pontos. | 19,61 | |

**Também utilizado como descritores quantitativos.*

Em relação aos caracteres quantitativos foram avaliados: comprimento do limbo foliar (CLF) em cm; largura máxima da folha (LMF) em cm; comprimento do pecíolo (COP) em cm; comprimento da bráctea (CBR) em cm; comprimento da sépala

(CSE) em cm; largura da sépala (LSE) em cm; comprimento do androginóforo (CAD) em cm; diâmetro das extremidades da coroa (DEC) em cm; largura dos anéis do filamento da coroa (LAC) em cm; diâmetro externo da cavidade da coroa (DEEC) em cm; diâmetro interno da cavidade da coroa (DIC) em cm; comprimento da pétala (CPE) em cm; largura da pétala (LPE) em cm; comprimento do pedicelo (CPD) em cm; comprimento da antera (CAN) em cm; largura da antera (LAN) em mm; comprimento do ovário (COV) em mm; diâmetro do ovário (DOV) em mm (Tabela 1).

Análise estatística

Foram utilizadas cinco repetições de cada acesso para caracterização dos ramos, folhas e flores. Para os dados qualitativos foi realizada a obtenção da moda do conjunto de classes para cada descritor e genótipo. Para seleção dos descritores mínimos para os caracteres qualitativos também foi realizada utilizando a entropia de Shannon (Shannon, 1948) utilizando a seguinte equação:

$$H = - \sum_{k \geq 1} Pk \ln(Pk)$$

Em que k é o número de classes para cada descritor qualitativo, pk é a frequência relativa da classe k e $\ln(pk)$ é o logaritmo neperiano de pk .

Foram utilizados os seguintes critérios para seleção dos descritores qualitativos (QL): *i*) entropia acima de 0,95; *ii*) acima de 0,70 (Tabela 1). Os agrupamentos hierárquicos dos acessos considerando os dados completos (sem eliminação) dos descritores qualitativos QL(56), quantitativos QN(18) e qualitativos mais quantitativos QL(56) + QN(18) e o conjunto após a eliminação dos descritores QL(31) e QL(39); e QN(9) foram submetidos a análise multivariada utilizando índice de Gower (1971) e método de agrupamento de UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average*). A validação dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (cc) (SOKAL; ROHLF, 1962). Os dados quantitativos foram submetidos a análise de componentes principais (PCA) e foram descartadas as características com baixa contribuição ($\leq 6,0\%$) para os dois primeiros componentes e características com correlação positiva forte ($\geq 0,70$) entre os caracteres avaliados. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team, 2018). Para identificar variação na distribuição entre as matrizes de dissimilaridade genética, considerando todos os descritores qualitativos e os

selecionados em cada entropia foi elaborado gráficos de densidade e as médias foram comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 51 genótipos de *Passiflora* evidenciou uma ampla diversidade com base nos 56 descritores qualitativos e 18 quantitativos (Figura 1A-C). Os descritores qualitativos variaram de 0,02 a 0,56 (média de 0,31), enquanto os quantitativos variaram de 0,03 a 0,64 (média de 0,25) de dissimilaridade (Figura 1C).

Para os descritores qualitativos houve a formação de quatro grupos (G1, G2, G3 e G4) com coeficiente de correlação cofenética de 88,09% (Figura 1A). Todos os genótipos de *P. edulis* alocaram-se no G4, enquanto os acessos que tinham entre dois ou mais genótipos da mesma espécie, como *P. gibertii*, *P. foetida*, *P. edmundoi*, *P. morifolia*, *P. misera* e *P. mucronata* foram alocados no mesmo subgrupo (Figura 1A). Para os descritores quantitativos (Figura 1B), de maneira geral, houve tendência similar aos descritores qualitativos com formação de agrupamentos com os mesmos genótipos, ($r = 0,77$) (Figura 6), embora com diferenças significativas em relação a matriz de dissimilaridade (Figura 1A-C). Entre as distorções observadas, destaca-se a fusão de seis genótipos (laranja) do G1 dos qualitativos (Figura 1A) com o G2 dos quantitativos (Figura 1B) e separação do acesso BGP408 do G3 (Figura 1A) para o G1 (Figura 1B).

Machado et al., (2015) avaliaram 22 acessos de *Passiflora* e destacaram que os descritores qualitativos apresentaram coeficiente de correlação cofenética (cc) de 93%, enquanto os descritores quantitativos apresentaram cc = 91%. No presente estudo também foi observado maior valor de coeficiente de variação para as variáveis qualitativas (cc= 0,88) comparados as quantitativas (cc= 0,78).

Para esse estudo, foi observado que as variáveis quantitativas foram menos eficientes no agrupamento dos acessos da mesma espécie, desagrupando por exemplo os acessos BGP460 e BGP495 (Figura 1B). Neitzke et al. (2010) empregando os descritores mínimos em 17 acessos de pimenteira com potencial ornamental verificaram que os dados qualitativos formaram oito grupos e os quantitativos formaram quatro grupos, baseado somente nas variáveis quantitativas não foi possível realizar a separação intraespecífica dos acessos, já os dados qualitativos mostraram eficiência na discriminação.

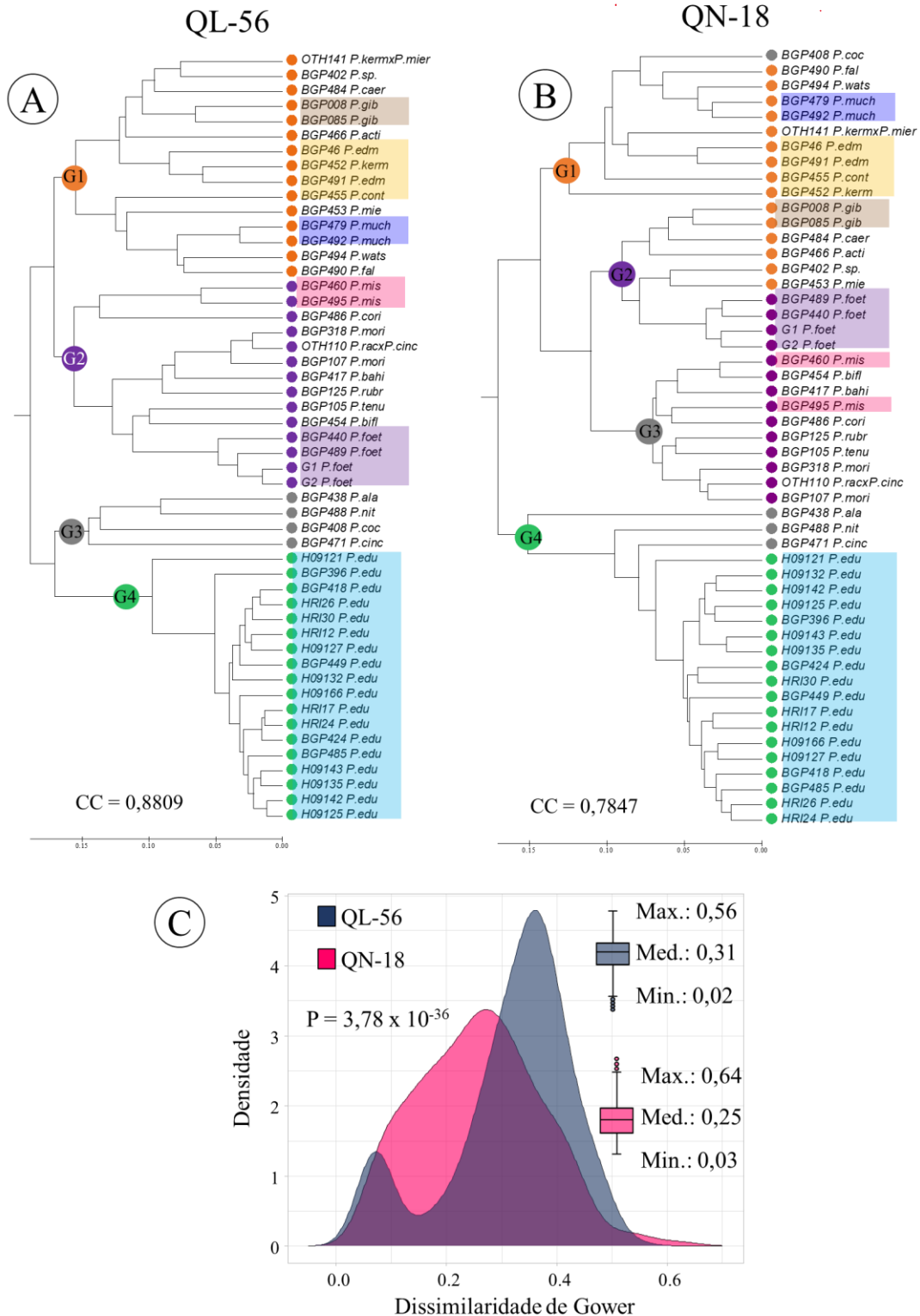


Figura 1. Diversidade fenotípica com base em descritores qualitativos e quantitativos em 51 genótipos de *Passiflora* spp. utilizando a distância de Gower e métodos de agrupamento UPGMA. A) Dendrograma elaborado com 56 descritores qualitativos. B) Dendrograma elaborado com 18 descritores quantitativos. C) Gráfico de densidade dos descritores qualitativos e quantitativos. As cores que identificam os genótipos

dentro dos grupos na Figura 1B foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 1A. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de genótipos de mesma espécie antes da eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo, CC: coeficiente de correlação cofenética.

Foi utilizado uma lista de descritores para caracterização morfológica e agrônômica do gênero *Passiflora* (Jesus et al., 2017). Entre os caracteres estão os atributos morfológicos dos ramos, folhas, flores e frutos, além de caracteres agrônômicos e de resistência a doenças (Jesus et al., 2017). Para os descritores morfológicos da planta são previstos mais de 56 descritores e suas classes. Apesar de uma lista padronizada e ilustrada representar um avanço na caracterização de *Passiflora* spp. (Jesus et al., 2017), no caso dessa lista ainda não foi validada em um conjunto de genótipos contrastantes.

O estabelecimento de descritores mínimos para uso na caracterização de germoplasma de recursos genéticos de *Passiflora* é importante, visto que muitos descritores podem ser redundantes, pouco informativos e acarretam aumento nos custos e tempo gasto na caracterização. Para selecionar os descritores mínimos qualitativos que mais contribuiriam na caracterização, um dos critérios de seleção mais utilizado é a entropia de *Shannon*. A entropia baseia-se na distribuição dos genótipos nas classes de cada descritor usado na caracterização. Assim, a entropia será alta quando os genótipos distribuírem de forma equilibrada nas diferentes classes fenotípicas (Silva et al., 2018) e esses valores da entropia podem ser utilizados para quantificar a variabilidade presente nos descritores (Araújo et al., 2012).

Foram selecionados 31 descritores, considerando a seleção de descritores que apresentavam entropia acima de 0,95 (QL-31); 39 descritores para entropia acima de 0,70 (QL-39) (Tabela 2).

Independentemente do número de descritores descartados foi possível observar forte semelhança na disposição dos grupos formados por genótipos de *P. edulis* e nos subgrupos compostos por 2 ou mais genótipos da mesma espécie (Figura 2A-C). Não houve diferença significativa entre as matrizes com todos os descritores (QL-56) e os 31 (QL-31) e 39 (QL-39) previamente selecionados (Figura 2D, E). Além disso, os coeficientes cofenético de 0,891 (QL-31) e 0,897 (QL-39) foram similares (Figura 2B, C). Nos dois métodos de descarte (QL-31 e QL-39) foram registrados uma dissimilaridade média de 0,32 e 0,31, respectivamente contra 0,31 considerando todos

os caracteres do QL-56 (Figura 2D, E). Nesse estudo, os descartes sugeridos foram eficientes, pois apresentam uma correlação alta com os dados completos ($r= 0,93$ e $0,96$) quando mantidos 31 ou 39 descritores qualitativos, respectivamente (Figura 6). Assim, pensando na possibilidade de redução máxima de características optou-se pela seleção de 31 características qualitativas (25 descartadas), já que essa seleção teve correlação elevada com os de QL-39 ($r= 0,97$) (Figura 6). Além disso, foi verificado que o *bootstrapping* apresentou valores consistentes (maiores que 50%) para os agrupamentos onde existiam dois ou mais genótipos por espécie (Figura 2A-D).

O uso de descritores morfológicos para caracterização de espécies é relatado na literatura por Santos et al. (2011), Paiva et al. (2014), Fonseca et al. (2017) e Dutra et al. (2019). Nesse estudo, a seleção dos descritores mínimos qualitativos com a aplicação da entropia de Shannon permitiu identificar as características que mais discriminam as espécies sem grandes distorções no agrupamento. Essa seleção é interessante, pois permite identificar as características mais importantes no conjunto de amostras avaliadas que podem ser utilizadas em futuros trabalhos de caracterização.

De fato, alguns estudos têm utilizado a seleção de descritores mínimos mais informativos para caracterização de espécies e contribuído para quantificar a divergência genética. Souza et al. (2012) caracterizaram acessos de *Passiflora* do banco de germoplasma da Universidade Estadual Paulista (UEP) visando quantificar a divergência genética entre os acessos, esse descritores evidenciaram alta variabilidade para a maioria das características estudadas, comprovando que os estudos de caracterização são importantes para distinguir as espécies.

Oliveira et al., (2014) caracterizaram 95 acessos de mandioca (*Manihot esculenta*) visando selecionar os descritores mais informativos com diferentes métodos de seleção. Dos 51 descritores morfoagronômicos utilizados, 37% (19) foram descartados sem que houvesse perdas de eficiência na caracterização dos acessos.

Nascimento (2019) avaliou 85 linhagens de tomateiro visando identificar os descritores mínimos mais representativos. Dos 39 descritores aplicados, 43,6% foram descartados sem perdas de informações dos dados, sendo importante para reduzir o tempo de avaliação e diminuição dos custos.

Em maracujá, Castro (2012) avaliou 24 genótipos do BAG-Embrapa Mandioca e Fruticultura, utilizando 20 descritores quantitativos e oito qualitativos, sendo

descartados quatro (20%) descritores quantitativos e dois (25%) qualitativos com base nos métodos de análise de componentes principais e correlação de Pearson. Para a autora, essa redução pode dinamizar a caracterização de germoplasma de maracujá, além de aperfeiçoar os trabalhos de avaliação de híbridos de maracujazeiro.

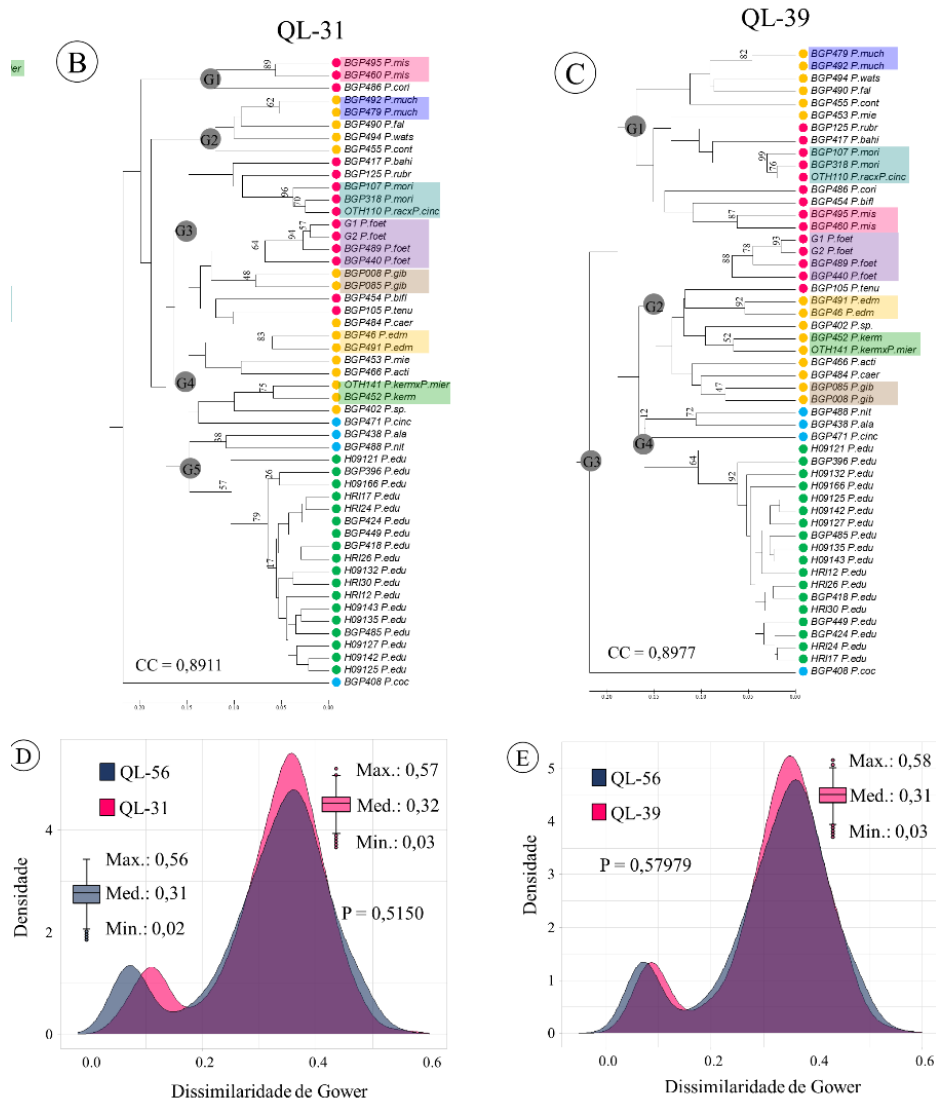


Figura 2. Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 56 descritores qualitativos (A) e após a seleção de 31 (B) e 39 (C) descritores qualitativos. Gráfico de densidade com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores qualitativos (QL 56) e os descritores selecionados com 31 (D) e 39 (E). As cores que identificam os genótipos dentro dos grupos na Figura 2B-C foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 2A. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de

genótipos de mesma espécie antes e após a eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo, CC: coeficiente de correlação cofenética.

Em relação aos 18 descritores quantitativos foi utilizada a metodologia de análise multivariada por componentes principais e análise de correlação para seleção e eliminação de descritores. Os dois componentes principais (CP1 e CP2) contribuíram com 67,3% na variação dos dados (Figura 3A). Para o primeiro componente (CP1) foram identificados sete descritores que menos contribuíram na variação dos dados CAD (0,15%); DIC (0,37%); COP (0,38%); CPD (1,14%); LMF (2,05%); CBR (5,64%) e LAC (5,97%) (Figura 3a). Enquanto para o segundo componente (CP2) foram os 12 caracteres CAN (8,29%); COP (0,38%); LPE (8,31%); DIC (0,37%); DEEC (8,68%); CBR (5,64%); CLF (6,09%); LAC (5,97%); LSE (8,65%); LAN (9,03%); COV (7,73%) e DOV (7,88%) que menos contribuíram (Figura 3A). Dessa forma, são passíveis de descarte as variáveis DIC, COP, CBR e LAC (Figura 3A).

Para reforçar a seleção dos caracteres, também foi utilizado análise de correlação em que os pares apresentavam correlação alta ($\geq 0,70$), mas com baixa contribuições nos CP1 e CP2. Assim, pela análise de correlação entre esses caracteres passíveis de descarte, mostrou que os caracteres LPE, CAN, LAN, COV e DOV podem também ser descartados por apresentarem correlação alta ($\geq 0,70$) com DEEC (Figura 3B).

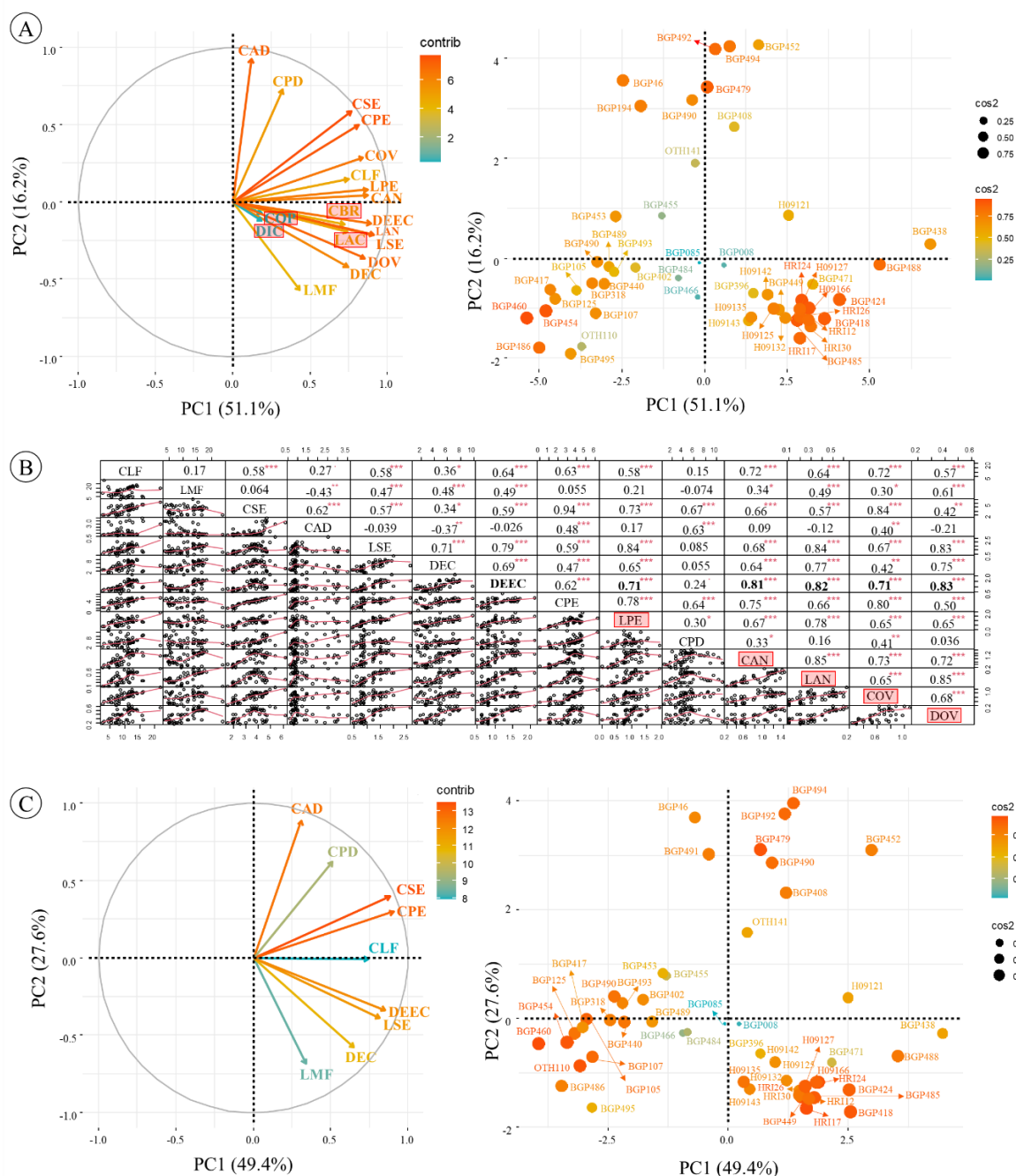
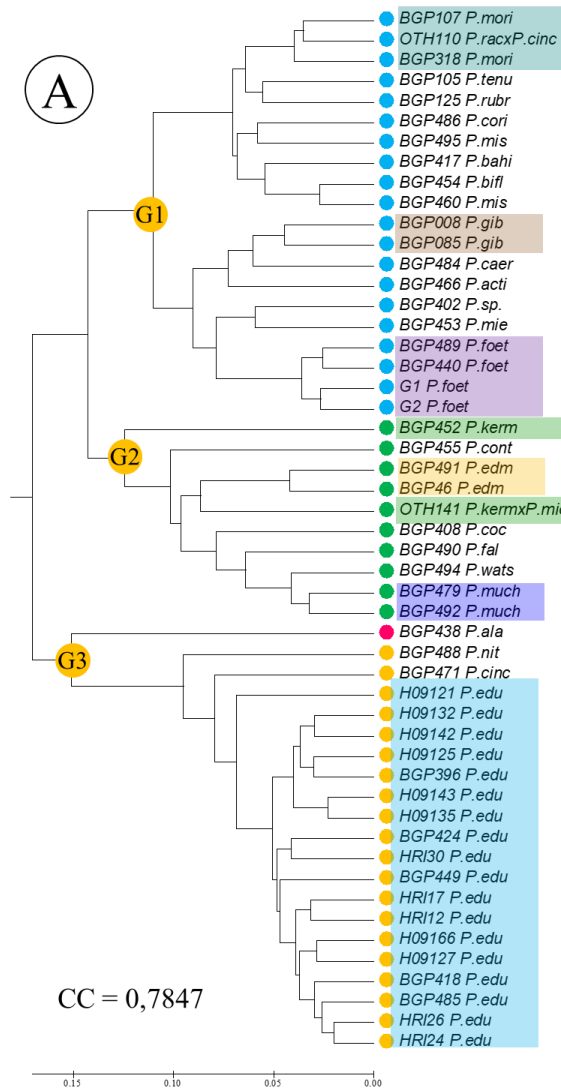


Figura 3. A) Componentes principais considerando todos os 18 descritores quantitativos; B) Análise de correlação de dissimilaridade entre os 18 caracteres quantitativos; C) Análise de componentes principais com os nove descritores quantitativos selecionados. As setas representam a direção da característica e suas cores de gradiente representam a contribuição, azul (baixo) para vermelho (alto), de cada característica para os dois componentes. Nas figuras A e B, à direita possui a contribuição dos genótipos representada pelo tamanho dos círculos. Retângulos em vermelho identificam (Figura 3a, b) os caracteres sugeridos para descarte pelo PCA e

análise de correlação. Valores em negrito (Figura 3B) mostram as correlações acima de 0,70.

Para os 18 descritores quantitativos (QN-18) foi observada a formação de três grupos (G1, G2 e G3). Acessos que são da mesma espécie ficaram no mesmo agrupamento, no entanto, também foi observado que no agrupamento formado por acessos de *P. edulis*, também agrupo os acessos BGP488 (*P. cincinnata*) e o BGP471 (*P. nitida*) (Figura 4A). A seleção dos descritores quantitativos com base na contribuição do caractere para os CP1 e CP2 e análise de correlação possibilitou a exclusão de nove (QN-9) descritores (CLF, LMF, CSE, CAD, LSE, DEC, DEEC, CPE e CPD) sem haver alterações expressivas na conformação dos grupos (Figura 4A, B). Por outro lado, a dissimilaridade fenotípica média foi de 0,25 para QN-18 e de 0,24 para o QN-9, sem, contudo, causar uma distorção elevada entre *cluster* (Figura 4C).

QN-18



QN-9

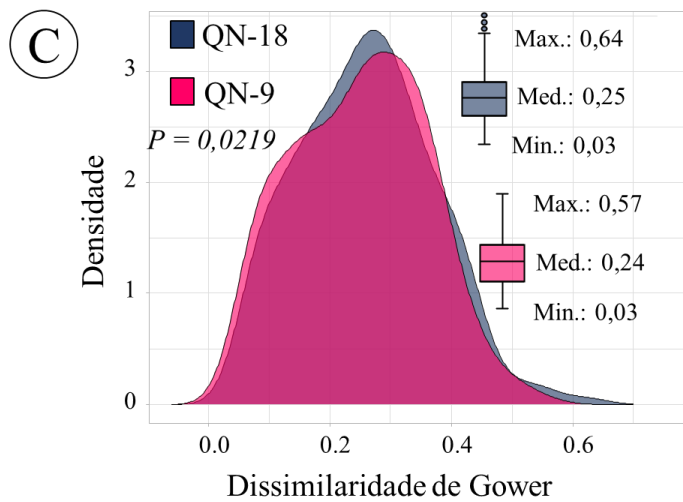
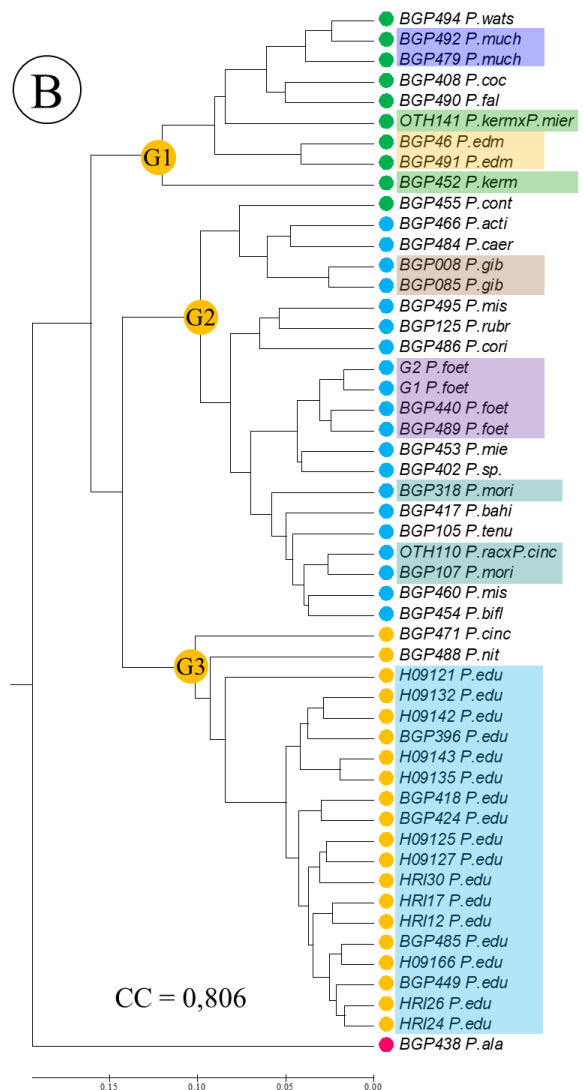


Figura 4. A) Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 18 descritores quantitativos. B) Dendrograma elaborado após a seleção de 9 descritores quantitativos. C). Gráfico de densidade com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores quantitativos (QN-18) e os nove descritores quantitativos selecionados QN-9. As cores que identificam os genótipos dentro dos grupos na Figura 1B foram feitas em função dos genótipos/grupos da Figura 1a. As cores dos retângulos nos dendrogramas mostram a consistência de agrupamento de genótipos de mesma espécie antes e após a eliminação de descritores. QL: qualitativo, QN: quantitativo. CC: coeficiente de correlação cofenética.

A eliminação dos caracteres com baixa contribuição nos CP e com correlação alta com outros caracteres, permitiu melhor cobertura da variação dos dados de 77,5% com base no CP1 e CP2 dos QN-9 (Figura 4B), mesmo com efeito significativo nos valores da matriz de dissimilaridade de QN-18 e QN-9 (Figura 4C). Isso reforça a participação maior das variáveis na discriminação dos 51 genótipos, indicando que a eliminação além de não alterar substancialmente o agrupamento dos acessos, permitiu uma melhor cobertura da variação dos dados (Figuras 3, 4). Esse estudo mostrou que existe descritores que são passíveis de descartes, pois a sua eliminação não alterou de forma considerável os grandes grupos formados.

Brandão (2011) empregou procedimentos semelhantes ao utilizado nesse trabalho e reduziu 50% dos descritores de bananeiras, compostos por 27 descritores quantitativos e 65 qualitativos. No presente estudo foram eliminados 54% dos descritores sem perda significativa de informação (Figura 5).

A análise conjunta (Figura 5a-c), com as variáveis qualitativa e quantitativa (QL-31+QN-9), permitiu reforçar as observações com base nos dendrogramas analisados separadamente para os dois modelos de descritores (Figuras 2-4). Isso também pode ser observado nos altos valores da correlação de 0,98 para (QL-31+QN-9 *vs* QL-31) e 0,82 de (QL-31+QN-9 *vs* QN-9) das matrizes de dissimilaridade de Gower (Figura 6).

Em todos os métodos de seleção dos descritores foi possível discriminar um agrupamento com espécies predominante de *P. edulis* e pequenos subgrupos com espécies de *P. gibertii*, *P. foetida*, *P. mucronata*, *P. morifolia*, *P. edmundoi* e *P. misera* (Figura 3-5). As informações obtidas neste estudo são provenientes da caracterização

de 51 genótipos com 74 descritores. No entanto, apesar de um avanço do conhecimento a partir dos dados obtidos neste estudo, há uma necessidade do grupo de pesquisa usar esses descritores em um universo bem maior de acessos. De fato, o banco ativo de germoplasma de maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura tem mais de 343 acessos e 45 espécies (Junior et al., 2021). Essa avaliação futura é necessária para reforçar as informações aqui obtidas, isso porque a baixa representação intraespecífica ou interespecífica pode comprometer os arranjos dentro de *clusters*, já que a ampla variabilidade pode resultar em agrupamento pouco consistente. Certamente, a presença de alta variabilidade, como na avaliação de diferentes espécies representadas por apenas um acesso, pode dificultar o estabelecimento de relações entre os diferentes genótipos na análise de agrupamento, fato esse verificado pelo diferente posicionamento e pelo *bootstrapping* das espécies com uma única espécie avaliada (Figura 2, 3 e 4). Assim, novos acessos estão sendo caracterizados visando ampliar a variabilidade tanto intra como interespecífica.

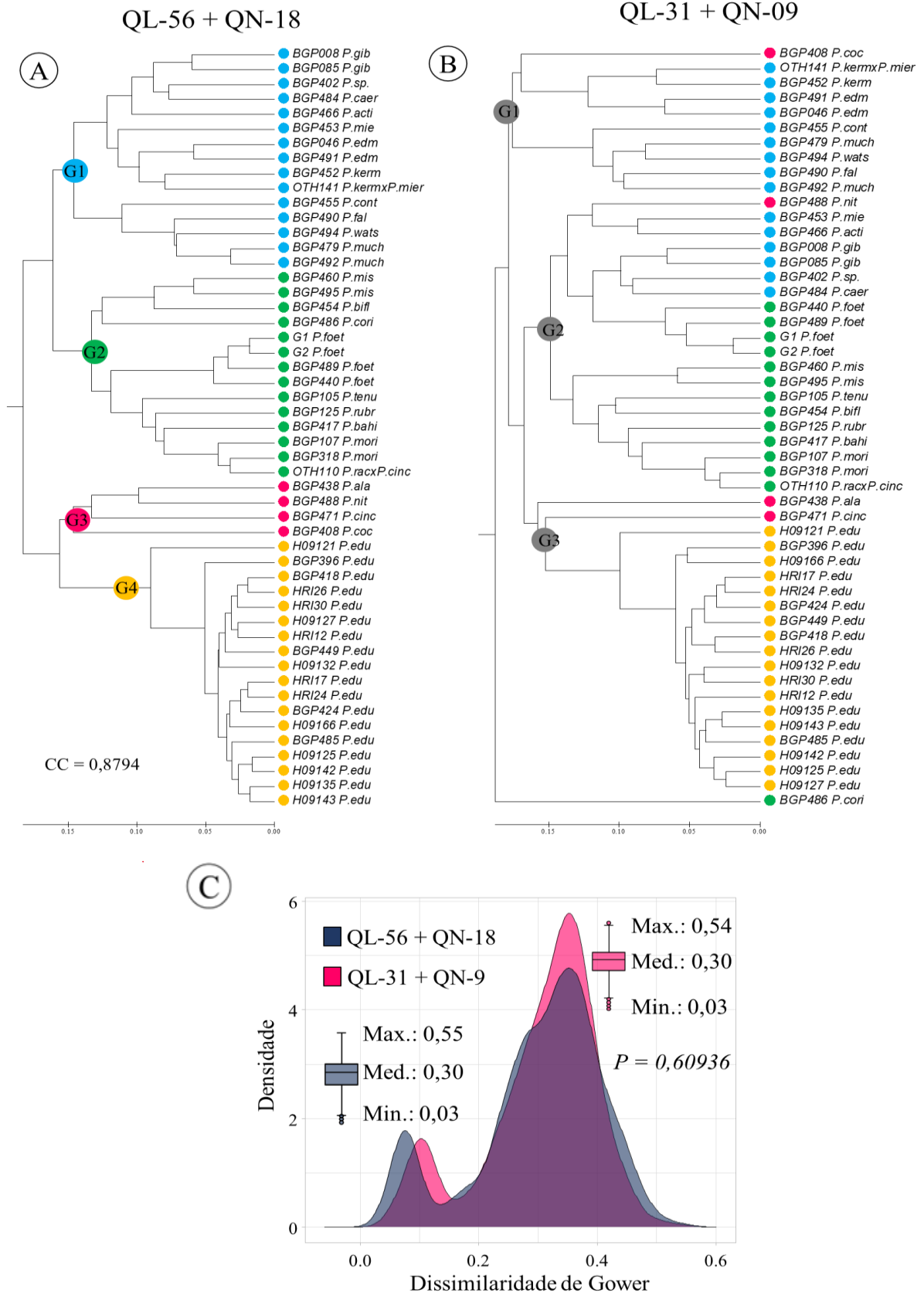


Figura 5. A) Dendrograma elaborado a partir da matriz de dissimilaridade, utilizando a distância de Gower com todos os 56 descritores qualitativos e os 18 quantitativos. B) Dendrograma elaborado após a seleção de 31 descritores qualitativos mais 9

descritores quantitativos C) Gráfico de densidade com base na matriz de dissimilaridade de todos os descritores qualitativos e quantitativos (QL56 + QN18) e os selecionados (QL31 + QN9). QL: Qualitativo; QN: Quantitativo, CC: Coeficiente de correlação.

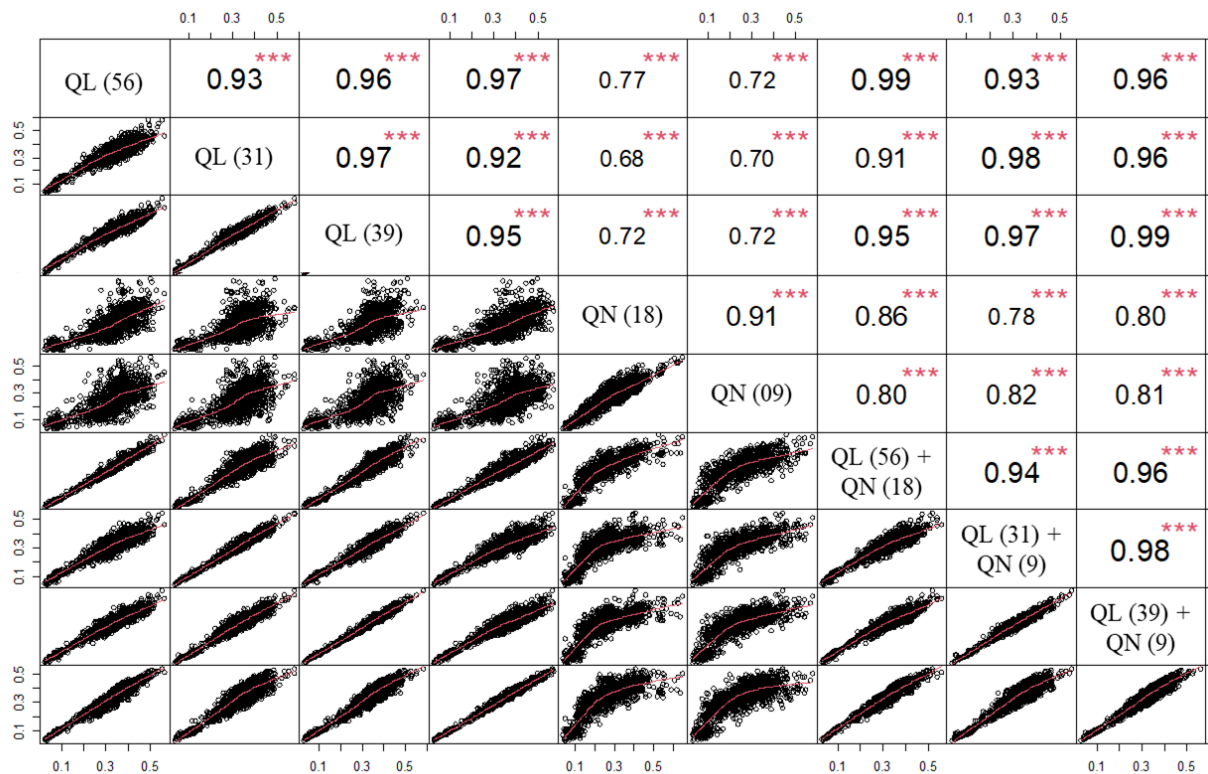


Figura 6. Correlação entre as matrizes de dissimilaridade dos caracteres qualitativos e quantitativos dos dados completos e após a seleção. QL-56: descritores qualitativos antes da seleção para 56 caracteres avaliados; QN 18: descritores quantitativos antes da seleção para 18 caracteres avaliados; QL 44: descritores qualitativos após a seleção 44 caracteres; QL 39: descritores qualitativos após a seleção 39 caracteres; QL 31: descritores qualitativos após a seleção 31 caracteres e QN 9: descritores quantitativos após a seleção nove caracteres. QL+QN: análise conjunta para dados completos (QL-56+QN-18) ou selecionados (QL-44+QN-9; QL-39+QN-9 e QL-31+QN-9).

CONCLUSÃO

- 1) Uma ampla variabilidade fenotípica foi observada nos 51 genótipos avaliados com base em descritores qualitativos e quantitativos.
- 2) Nos 51 genótipos analisadas com 56 descritores é passível de descarte 25 (44%) descritores qualitativos e nove (50%) descritores quantitativos na caracterização de genótipos de *Passiflora*.
- 3) O descarte das características não comprometeu significativamente os agrupamentos formados em especial entre genótipos da mesma espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Capítulo 1

As avaliações com uso de metodologia alternativa com aplicativo de colorimetria e espectroscopia de infravermelho próximo foram eficientes para distinguir os genótipos, no entanto ainda necessitam de novas avaliações afim de aumentar a confiabilidade dos dados.

Capítulo 2

O descarte dos 34 descritores não afetaram os agrupamentos formados com todos os descritores propostos. No entanto, apesar de um avanço do conhecimento a partir dos dados obtidos neste estudo, há uma necessidade do grupo de pesquisa usar esses descritores em um universo bem maior de acessos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. S., LEDO, C. D. S., MARTINS, M. L. L., & SANTOS, A. S. Diversidade genética em acessos de espécies silvestres de *Manihot*, mediante caracterização morfológica. **CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS**, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012.
- BERNARDES, P. M., NICOLI, C. F., ALEXANDRE, R. S., GUILHEN, J. H. S., PRAÇA-FONTES, M. M., FERREIRA, A., & DA SILVA FERREIRA, M. F. Vegetative and reproductive performance of species of the genus *Passiflora*. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109193, 2020.
- BRANDÃO, L. P. **Seleção de descritores morfoagronômicos em bananeira por meio de procedimentos uni e multivariados**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo Da Bahia. 2013.
- CASTILLO, N. C. R., WU, X., CHACÓN, M. I., MELGAREJO, L. M., & BLAIR, M. W. Genetic diversity of purple passion fruit, *Passiflora edulis* f. *edulis*, based on single-nucleotide polymorphism markers discovered through genotyping by sequencing. **Diversity**, v. 13, n. 4, p. 144, 2021.
- CASTRO, J. A., NEVES, C. G., DE JESUS, O. N., & DE OLIVEIRA, E. J. Definition of morpho-agronomic descriptors for the characterization of yellow passion fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 145, p. 17-22, 2012.
- CORREIA, A., ALEXANDRE, R. S., PFENNING, L. H., CABANEZ, P. A., FERREIRA, A., DA SILVA FERREIRA, M. F., ... & LOPES, J. C. *Passiflora mucronata*, a passion fruit wild species resistant to fusariosis and a potential rootstock for commercial varieties. **Scientia Horticulturae**, v. 302, p. 111174, 2022.
- DAZA, G. M, MENESES MACIAS, C., FORERO, A. M., RODRÍGUEZ, J., ARAGÓN, M., JIMÉNEZ, C., ... & CASTELLANOS, L. Identification of α -amylase and α -glucosidase inhibitors and Ligularoside A, a new triterpenoid saponin from *Passiflora ligularis* Juss (Sweet Granadilla) leaves, by a nuclear magnetic resonance-based metabolomic study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 9, p. 2919-2931, 2021.

DUTRA, J. A., OLIVEIRA, A. C. D., PORTO, A. C. M., & MATHIAS, J. L. M. Characterization and selection of " Maracujá-do-mato"(*Passiflora cincinnata* mast) morphoagronomic descriptors. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019.

FONSECA, K. G. D. **Validação de descritores, caracterização e diversidade genética de cultivares de espécies comerciais e silvestres de maracujazeiro**. 2017.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, p. 857-871, 1971.

GRIGOLO, S., FIOREZE, A. C. D. C. L., DENARDI, S., & VACARI, J. Implicações da análise univariada e multivariada na dissimilaridade de acessos de feijão comum. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 351-360, 2018.

HE, X., LUAN, F., YANG, Y., WANG, Z., ZHAO, Z., FANG, J., ... & LI, Y. *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Frontiers in pharmacology**, v. 11, p. 617, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em 19 de maio de 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações convencionais (Gráficos). Estação 83222 – Cruz das Almas-Ba. Período: 2020-2022. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 12 de julho de 2022.

JESUS, O. N., DE OLIVEIRA, E. J., FALEIRO, F. G., TL, S., & GIRARDI, E. A. Illustrated morpho-agronomic descriptors for *Passiflora* spp. 2017.

JESUS, O. N., DOS SANTOS, I. S., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., & DE OLIVEIRA, E. J. Field assessment of a second generation backcross (BC1x *Passiflora edulis*) of passion fruit for agronomic performance and resistance to CABMV. **Plant Breeding**, v. 140, n. 1, p. 150-166, 2021.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 22, n. 1, p. 21-31, 1973.

JUNIOR, J. C. C., RODRIGUES, V. A. P., SOARES, I. F. G., DE ALMEIDA, R., MAURICIO, L. S., PAULA, F. C., ... & MOULIN, M. M. AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE

GENÉTICA DE CAPSICUM SPP. COM BASE EM DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS. **Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 1, p. 01-11, 2021.

MACHADO, C. D. F., JESUS, F. N. D., & LEDO, C. A. D. S. Divergência genética de acessos de maracujá utilizando descritores quantitativos e qualitativos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 442-449, 2015.

MCCULLAGH, M., GOSHAWK, J., EATOUGH, D., MORTISHIRE-SMITH, R. J., PEREIRA, C. A., YARIWAKE, J. H., & VISSERS, J. P. Profiling of the known-unknown *Passiflora* variant complement by liquid chromatography-Ion mobility-Mass spectrometry. **Talanta**, v. 221, p. 121311, 2021.

MELO, A. V., DOS SANTOS, V. M., LOPES, T. M., DIAS, M. A. R., & NUNES, H. V. Divergência genética entre híbridos de milho em condições de deficiência hídrica. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 3, p. 66-75, 2019.

NASCIMENTO, M. V. Seleção de descritores morfoagronômicos e potencial genético de linhagens de tomate de crescimento determinado. 2019.

NEITZKE, R. S., BARBIERI, R. L., RODRIGUES, W. F., CORRÊA, I. V., & DE CARVALHO, F. I. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 47-53, 2010.

NOGUEIRA, M. S., MATIAS, S. S. R., EVANGELISTA, T. Y. L., BARROS, B. A. A., PEREIRA, G. A., & DE SOUSA, G. B. Growth and initial development of passion fruit plants in different concentrations of biostimulants. **Comunicata Scientiae**, v. 12, p. e3525-e3525, 2021.

OCAMPO, J., HURTADO-SALAZAR, A., & LÓPEZ, W. R. Genetic resources and breeding prospects in *Passiflora* species. *Passiflora: Genetic, grafting and biotechnology approaches*. **Nova Science Publisher**, New York, p. 1-76, 2021.

OLIVEIRA, E. J. D., OLIVEIRA FILHO, O. S. D., & SANTOS, V. D. S. Selection of the most informative morphoagronomic descriptors for cassava germplasm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 891-900, 2014.

PAIVA, C. L., VIANA, A. P., SANTOS, E. A., SILVA, R. N. O., & OLIVEIRA, E. J. D. Diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 381-390, 2014.

PEASON, K. On lines and planes of closest fit to systems of point in space. **Philosophical Magazine**, v. 2, n. 11, p. 559-572, 1901.

R CORE TEAM (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RAMYASHREE, S.R., MOUNASHREE, S., VENKATACHALAPATHI, V. A Profile of passion fruit (*Passiflora edulis*). *Int J Appl Biol*7. n. 2, p. 140–144. 2019

SANTOS, E. A., SOUZA, M. M., VIANA, A. P., ALMEIDA, A. A. F., FREITAS, J. C. O., & LAWINSCKY, P. R. Multivariate analysis of morphological characteristics of two species of passion flower with ornamental potential and of hybrids between them. **Genetics and molecular research**, v. 10, n. 4, p. 2457-2471, 2011.

SANTOS-TIERNO, R., GARCIA, R., FONSECA, E., FALEIRO, F. A., MOREIRA, D., PACHECO, G., & MANSUR, E. Flavonoid content and antioxidant potential of leaf extracts of *Passiflora setacea* cv BRS Prola do Cerrado, a new wild passion fruit cultivar. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 16, n. 2, p. 26-34, 2022.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **The Bell system technical journal**, v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.

SILVA JUNIOR, J. F., SOUZA, F. V. D., & PÁDUA, J. G. A arca de Noé das frutas nativas brasileiras. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Livro científico (ALICE)**, 2021.

SILVA LIMA, L. K., DE JESUS, O. N., SOARES, T. L., DOS SANTOS, I. S., DE OLIVEIRA, E. J., & COELHO FILHO, M. A. Growth, physiological, anatomical and nutritional responses of two phenotypically distinct passion fruit species (*Passiflora* L.) and their hybrid under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109037, 2020.

SILVA, I. D. M. Propriedades termodinâmicas da atmosfera e estudo da entropia próximo à superfície nas capitais do Nordeste do Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOKAL, R. R., & ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, p. 33-40, 1962.

SOUSA, L. B. D., SILVA, E. M., GOMES, R. L. F., LOPES, Â. C. D. A., & SILVA, I. C. V. Caracterização e divergência genética de acessos de *Passiflora edulis* e *P. cincinnata* com base em características físicas e químicas de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 832-839, 2012.

SOUZA, E. D. C. Caracterização morfológica, seleção de descritores e diversidade genética entre acessos de mangueira do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido. 2018.

SOUZA, M. L., DOURADO, D., LÔBO, I. P., PIRES, V. C., DE OLIVEIRA ARAÚJO, S. N., DE SOUZA REBOUÇAS, J., ... & FORMIGA, F. R. Wild *Passiflora* (*Passiflora* spp.) seed oils and their nanoemulsions induce proliferation in HaCaT keratinocytes cells. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 67, p. 102803, 2022.

SOUZA, P. U., LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., DE JESUS, O. N., COELHO FILHO, M. A., & GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 77-90, 2018.

SOUZA, V. D. O., SOUZA, M. M., SILVA, G. S., MELO, C. A. F. D., FREITAS, J. C. D. O., & SOUZA, A. C. Morphological and cytogenetic characterization of new ornamental *Passiflora* hybrids (P.'Vivis' and P.'Jhovi'). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, 2020.

VIERA, W., SHINOHARA, T., SAMANIEGO, I., SANADA, A., TERADA, N., RON, L., ... & KOSHIO, K. Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of *Passiflora* spp. Germplasm Grown in Ecuador. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 328, 2022.

ZHAO, M., FAN, H., TU, Z., CAI, G., ZHANG, L., LI, A., & XU, M. Stable reference gene selection for quantitative real-time PCR normalization in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). **Molecular Biology Reports**, p. 1-11, 2022.