



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE
SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS**

JANYNE DOS SANTOS PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E
ESTUDO DA HERANÇA GENÉTICA PARA A COR DO
FRUTO EM *Physalis ixocarpa* Brot.**

Feira de Santana - Bahia
2025

JANYNE DOS SANTOS PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E
ESTUDO DA HERANÇA GENÉTICA PARA A COR DO
FRUTO EM *Physalis ixocarpa* Brot.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio Costa Silva

Feira de Santana - Bahia
2025

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

P492c

Pereira, Janyne dos Santos

Caracterização morfoagronômica e estudo da herança genética para a cor do fruto em *Physalis ixocarpa* Brot. / Janyne dos Santos Pereira. – 2025.
65 f.: il.

Orientadora: Adriana Rodrigues Passos

Coorientador: Luiz Cláudio Costa Silva

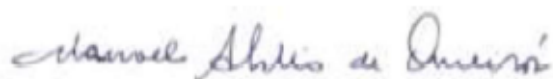
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Feira de Santana, 2025.

1. Botânica. 2. *Physalis* - Propriedades nutricionais e medicinais. 3. Melhoramento genético. 4. Morfologia. 5. Solanaceae. 6. Tomatillo.

I. Passos, Adriana Rodrigues, orient. II. Silva, Luiz Cláudio Costa, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU 582.951.4

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manoel Abílio de Queiroz
(Universidade do Estado da Bahia)



Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira
(Universidade Federal do Recôncavo Baiano)



Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Orientadora e Presidente da Banca

Dedico esta dissertação inicialmente a Deus, por me dar forças e permitir a sua realização e finalização.

A minha família, que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando.

“Os grandes feitos são conseguidos não pela força,
mas pela perseverança.”

(Samuel Johnson)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, sabedoria e direção na construção desta dissertação. Também por ser minha fonte de força diária durante esse processo.

Toda grande jornada é passível de desafios e repleta de encontros e desencontros. Dessa forma, esta não seria diferente, pois foi marcada por aprendizados ímpares e grandes desafios, mas também de conquistas e principalmente, marcada por encontros especiais com pessoas que estiveram ao meu lado como apoio fundamental.

A minha orientadora, Dr^a Adriana Rodrigues, pela confiança, paciência e orientação. Sem dúvidas estes quesitos e o seu comprometimento foram imprescindíveis para que este trabalho fosse realizado. Ao meu co-orientador Dr. Luiz Claudio, pela atenção e orientação, contribuindo para que eu mantivesse o foco.

Aos colegas do laboratório LAGEM do Horto Florestal da UEFS, pela troca de ideias, apoio e incentivos. Aos funcionários do Horto, em especial a André (*in memoriam*), obrigada pela solicitude de sempre, obrigada pelo apoio.

À minha família, em especial, mãe, irmãos, sobrinhos, pelo amor sem medidas, pelas orações incessantes e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava. Essa conquista é nossa!

À Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais – PPGRGV, pela excelente formação.

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

RESUMO

O gênero *Physalis*, pertencente à família Solanaceae, possui espécies de plantas comestíveis. Espécies desse gênero são conhecidas por suas inúmeras propriedades medicinais e nutricionais, além de apresentarem variabilidade genética. Dentre as plantas com tais potenciais, destaca-se a *Physalis ixocarpa*, conhecida popularmente como “tomate de cáscara” ou “tomatillo”, originária do México e amplamente utilizada na culinária e medicina local no tratamento de diversas doenças. A espécie apresenta variabilidade genética para coloração dos seus frutos, que se diferenciam em frutos verdes e frutos roxos, definidos como variedade verde e variedade roxa. Nesse contexto, estudos na área de melhoramento genético, cultivo e caracterização de germoplasmas têm sido de grande importância na área acadêmica, buscando contribuir com a inserção de novas espécies. No capítulo 1, foram selecionadas 10 progênies de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, pertencente ao Horto Florestal da UEFS, sendo cinco progênies de frutos verdes e cinco progênies de frutos roxos, visando sua caracterização morfoagronômica e cruzamento dirigido. Essas progênies foram caracterizadas e identificadas com base em descritores quantitativos e qualitativos e foi comprovada a diversidade genética da espécie. As progênies da variedade roxa (R11, R21, R31, R41 e R51) apresentaram melhor desenvolvimento vegetal nas condições de cultivo propostas. No capítulo 2, as progênies anteriormente obtidas foram utilizadas para realização de cruzamentos entre si e posteriormente obtenção de uma população de retrocruzamento. Com a população de retrocruzamento foi realizado o estudo da herança genética para verificar o tipo de herança, o número de genes e a interação presente na expressão dessa característica. Os frutos obtidos nas gerações F1 e retrocruzamento apresentaram padrão de coloração roxa com diferentes intensidades. As frequências observadas apresentaram um desvio no padrão de segregação do tipo 3:1 e foi possível inferir que a herança para a coloração dos frutos segue uma herança do tipo quantitativa, com a influência de um par de genes complementares, de efeito cumulativo.

Palavras chave: Tomatillo. Diversidade Genética. Morfologia. Melhoramento.

ABSTRACT

The *Physalis* genus, belonging to the Solanaceae family, includes edible plant species. Species within this genus are known for their numerous medicinal and nutritional properties, in addition to exhibiting genetic variability. Among the plants with such potential, *Physalis ixocarpa*, popularly known as "cascara tomato" or "tomatillo," stands out. It originates from Mexico and is widely used in local cuisine and medicine to treat various diseases. The species exhibits genetic variability in the color of its fruits, which are differentiated into green and purple fruits, defined as the green and purple varieties. In this context, studies in genetic improvement, cultivation, and germplasm characterization have been of great importance in academia, seeking to contribute to the inclusion of new species. In Chapter 1, 10 half-sib progenies of *P. ixocarpa*, belonging to the UEFS Forestry Nursery, were selected—five progenies with green fruits and five progenies with purple fruits—for their morphoagronomic characterization and directed breeding. These progenies were characterized and identified based on quantitative and qualitative descriptors, and the genetic diversity of the species was confirmed. The treatments of the purple variety (R11, R21, R31, R41, and R51) showed better plant development under the proposed growing conditions. In Chapter 2, the previously obtained progenies were used for crossbreeding and subsequently obtained a backcross population. The genetic inheritance of the backcross population was studied to determine the type of inheritance, the number of genes, and the interactions involved in the expression of this trait. The fruits obtained in the F1 and backcross generations presented a standard purple coloration with varying intensities. The observed frequencies showed a deviation from the 3:1 segregation pattern, and it was possible to infer that the inheritance of fruit color follows a quantitative inheritance pattern, influenced by a pair of complementary genes with a cumulative effect.

Keywords: Tomatillo. Genetic diversity. Morphology. Breeding.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Gênero <i>Physalis</i>	13
2.2 <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. Ex Hormen	14
2.3 Melhoramento genético de <i>Physalis ixocarpa</i>	17
2.4 Recursos Genéticos Vegetais e Diversidade Genética de <i>Physalis ixocarpa</i>	19
2.5 Caracterização morfoagronômica.....	20
2.6 Estudo da herança genética	21
3 REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA EM PROGÊNIES DE <i>P. IXOCARPA</i> , VARIEDADES VERDE E ROXA.	
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 Área de estudo	35
2.2 Estabelecimento em campo e manejo experimental.....	35
2.3 Descrição dos tratamentos.....	35
2.4 Descritores morfoagronômicos	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4 REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 1 - HERANÇA GENÉTICA PARA COR DO FRUTO EM POPULAÇÃO DE RETROCRUZAMENTO DE <i>PHYSALIS IXOCARPA</i> BROT., VARIEDADE VERDE E ROXA	
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS	61
2.1. Área de estudo.....	61
2.2. Obtenção da geração F1	61
2.3. Obtenção dos retrocruzamento	62
2.4. Estabelecimento em campo e manejo.....	62
2.5. Estudo da herança genética	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4 REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

Em função das grandes mudanças econômicas, sociais e climáticas enfrentadas no mundo, sabe-se que o padrão e a demanda alimentar da sociedade têm enfrentado grandes transformações, não só em quantidade, mas principalmente no que diz respeito à qualidade e funcionalidade dos alimentos (Hoffman et al., 2012).

O comércio de pequenas frutas, atualmente engloba em sua grande maioria espécies que foram introduzidas no Brasil, ou seja, espécies silvestres, sendo seus frutos originários de plantas espontâneas e só após pesquisas se tornam plantas de cultivo comercial (Hoffman et al., 2012). Apesar dessa grande maioria de espécies exóticas, muitas espécies nativas possuem potencial para cultivo nesse mercado, especialmente pela rica diversidade de espécies existente no Brasil com grande potencial nutritivo e que podem contribuir para a diversificação e transformação de pomares comerciais (Antunes, 2012).

Também conhecida pelas expressões “small fruits” ou “berries” (em inglês) e “frutas rojas” ou “frutas finas” (em espanhol), esse comércio engloba frutos de coloração vermelha ou roxa. Esses frutos são pequenos, delicados e ricos em pigmentos naturais e antocianinas e apresentam grande potencial econômico e produtivo (Sousa, 2021). Dentre os frutos que compõem esse grupo estão a Amora-preta (*Morus nigra* L. spp), Amora-vermelha (*Rubus rosifolius*), Mirtilo (*Vaccinium myrtillus*), Morango (*Fragaria* spp), Groselha (*Ribes rubrum*), Fisális (*Physalis peruviana* L.) e Framboesa (*Rubus idaeus*) (Oliveira et al., 2020).

No Brasil, o morango é uma das frutas mais consumidas e exploradas, visto que as demais frutas do grupo possuem menores demandas e consumo. Contudo, algumas dessas frutas vêm ganhando crescimento expressivo em suas áreas cultivadas, como exemplo das amoreiras-pretas e do mirtilo, devido ao aumento da demanda pelos consumidores, suas cores e sabor, além dos benefícios à saúde, proporcionados pela presença de compostos e vitaminas (Oliveira et al., 2020).

As *berries* apresentam altas concentrações de antioxidantes e adstringentes, são ricas em flavonoides, possuem vitaminas A, C e E, antocianinas, ácido fólico, caroteno entre outros compostos de grande importância à saúde humana. Essas frutas além de serem consumidas de forma *in natura*, permitem a elaboração de excelentes produtos industrializados, dentre eles, polpas para iogurtes e sorvetes, geleias e sucos e o seu uso na indústria farmacêutica e de cosméticos (Sousa, 2021).

Ainda de acordo com Sousa (2021), as ofertas desses frutos ocorrem durante todo o ano. Apesar do cultivo dessas frutíferas serem ainda pouco expressivos no Brasil, nota-se grandes avanços no cultivo dessas plantas de pequenas frutas, não só para consumo no mercado interno, mas também para exportações, através de empresas voltadas para cumprir as exigências impostas pelos países importadores a respeito dos níveis de agrotóxicos.

Em expansão, o mercado de pequenas frutas pode apresentar alto retorno econômico mesmo em pequenas áreas, além de ser importante fonte de renda e de alimentos em todos os continentes do globo. Visto a importância econômica dessas espécies e o aumento da demanda pelos consumidores, há um aumento das áreas de cultivo e uma crescente procura por produtos derivados dessas frutas. Essa demanda é diretamente incentivada por pesquisas que indicam as suas qualidades nutricionais e os benefícios à saúde (Antunes, 2012).

O gênero *Physalis* também contribui com frutos de interesse nesse grupo de pequenas frutas, a exemplo da fisális, como é popularmente conhecida no Brasil. O gênero, pertencente a família Solanaceae, possui mais de 100 espécies identificadas conferindo grande variabilidade genética. Essas espécies apresentam frutos comestíveis, de sabor adocicado ao azedo e possuem potencial para exploração agrônômica, pois além das propriedades medicinais, devido aos inúmeros compostos encontrados nos seus frutos, estas espécies possuem riquíssimas propriedades alimentícias. Seus frutos possuem um tipo de cálice inflado que recobre e protege os frutos, o que os tornam de fácil identificação (Muniz et al., 2015; Oliveira et al., 2020).

Dentre as espécies do gênero, se destaca a *Physalis peruviana* L.. Seus frutos são conhecidos como Goldenderry ou Cape gooseberry e são comercializados frescos ou processados como sucos, geleias, molhos e xaropes. Todas as partes da planta, desde raízes, frutos e folhas, possuem propriedades medicinais e são utilizadas pela indústria farmacêutica. No Brasil o consumo desta fruta tem crescido, sendo encontrada em supermercados nacionais na área de frutas importadas e até mesmo podem ser originárias de pequenos produtores locais (Muniz et al., 2015; Oliveira et al., 2020; Silva, 2021).

Também do gênero *Physalis* a espécie *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa, possui grande variabilidade genética e potencial de exploração. Diversos estudos vêm sendo realizados, buscando melhor compreender o seu cultivo, domesticação e a herança de características de importância comercial. Assim, para o desenvolvimento de materiais com potencial de mercado, será necessário entender o comportamento dos genes envolvidos na coloração dos frutos, visando entender o padrão de segregação predominante, além de descobrir os genes

que estão envolvidos com essa característica. Tais trabalhos servirão para nortear futuros trabalhos de melhoramento da espécie, visando obter progênies com melhores atributos agronômicos e com boa aceitação comercial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Gênero *Physalis*

Dentre os gêneros de destaque da família Solanaceae (*Solanum*, *Capsicum*), o gênero *Physalis* tem ganhado visibilidade no comércio nacional, pois apresenta espécies com potencial medicinal e alimentício. Diversas espécies deste gênero são ricas em carotenoides e ferro e são fontes de vitamina A e C, sendo comumente utilizadas na forma *in natura* no preparo de molhos e no preparo de sucos e geleias. O nome *Physalis* deriva do grego “physa” e significa bolha ou bexiga, sendo referência ao cálice que cobre os frutos (Tomassini et al, 2003; Mascarenhas, 2018; Orellana, 2021).

Além do potencial alimentício, essas espécies têm ganhado destaque também no setor farmacêutico e medicinal, devido à presença de metabólitos capazes de fornecer substâncias ativas como os vitaesteróides, vitafisalinas, flavonoides, fisalinas, entre outros (Tomassini et al., 2003; Mascarenhas, 2018). De acordo Lima (2020), estudos realizados com espécies da família retratam seu uso no tratamento de infecção urinária (*Capsicum frutescens*), febre (*Justicia pectoralis*), gastrite (*Solanum tuberosum*) e diabetes, além de apresentar propriedade diurética (*Solanum paniculatum*).

O gênero apresenta grande distribuição geográfica, podendo ser encontrada em todos os continentes e possui mais de 100 espécies já identificadas (Lima et al, 2009; Silva, 2016; Orellana, 2021) (Figura 1). O seu possível centro de origem é o México, representado por mais da metade das espécies nativas da região (Farias, 2020; Rufato et al., 2008). Segundo Orellana (2021) o uso geral das espécies no México está associado em torno de 15 espécies, sendo elas de usos medicinais, industriais, ornamentais, forrageiros e comestíveis, representando um percentual de 24% a 70% das espécies conhecidas, onde todas as partes do vegetal são utilizadas.

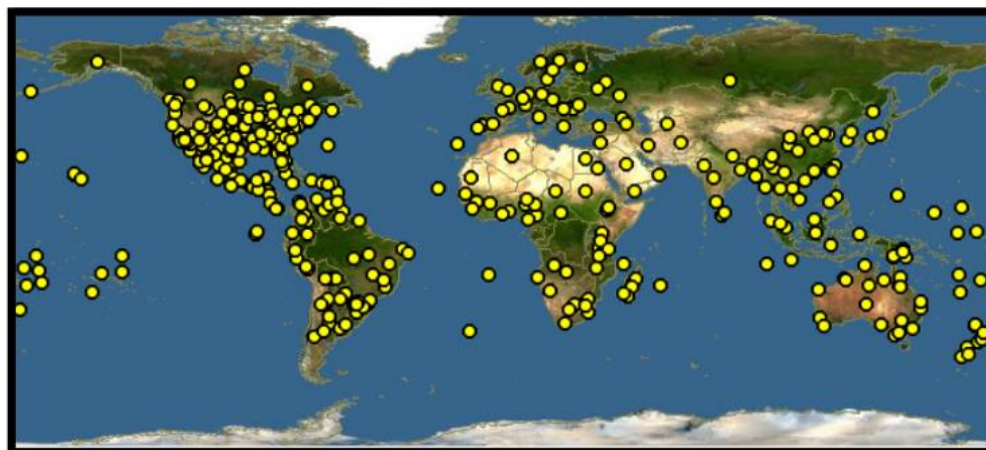
Atualmente a Colômbia é o maior produtor de *Physalis* a nível mundial, ganhando espaço no setor agrícola devido a suas propriedades nutricionais e medicinais (Silva, 2014; Silva, 2016). No Brasil, o cultivo de espécies do gênero ainda é incipiente. Contudo, devido à versatilidade de usos dessas espécies e a escassa rede de pesquisas sobre o potencial de uso e

exploração em nossas condições edafoclimáticas, é emergente a necessidade de maiores conhecimentos a respeito desse gênero, visando à popularização e inserção dessas espécies no mercado interno de pequenas frutas e verduras (Orellana, 2021).

As espécies mais conhecidas e relevantes economicamente do gênero *Physalis* são: *Physalis angulata*, *Physalis peruviana* e *Physalis ixocarpa*, *Physalis pubescens*, *Physalis pruinosa*, sendo a *P. angulata* a que possui ocorrência natural em regiões Norte e Nordeste do Brasil (Silva, 2016). As espécies possuem significativa variabilidade genética, desde o formato e tamanho dos seus frutos, como também na sua coloração, variando do verde, amarelo e roxo. O seu cultivo de forma geral é fácil, não exigindo muitas tecnologias para o seu estabelecimento em campo. Contudo, o conhecimento a respeito das condições de cultivo de espécies do gênero *Physalis* ainda é escasso, principalmente no tocante às condições ambientais brasileiras e como essas espécies se comportam.

Logo, este estudo vai contribuir com informações a respeito do cultivo, caracterização morfoagronômica, padrão genético responsável pela expressão fenotípica da coloração dos frutos e a variabilidade genética existente dentro de uma população de *P. ixocarpa* obtida em condições ambientais de Feira de Santana-Bahia, a partir do estudo de parâmetros genéticos e métodos de agrupamentos.

Figura 1. Distribuição de espécies do gênero *Physalis* no mundo – 2024. Fonte: <http://www.discoverlife.org>



2.2 *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hormen

O “tomate de casca mexicano”, “tomate com casca”, “tomate verde” ou “tomatillo” como é popularmente conhecida a *P. ixocarpa*, é uma espécie do gênero *Physalis* (Ayala-

Armente et al., 2024; Santos et al., 2025) (Figura 2). As plantas apresentam frutos redondos (Figura 2 – C), pequenos e de sabor agradável, cobertos por uma espécie de cálice, o que a torna de fácil identificação. Suas flores são hermafroditas e solitárias (Figura 2 – A) (Pena-Lomelí et al., 2008).

O México e a América Central são considerados o seu centro de origem, diversidade e domesticação, onde a espécie é amplamente difundida e utilizada na culinária local e na medicina popular. O tomate de casca mexicano é uma hortaliça conhecida desde tempos pré-colombianos no México, sendo considerada a espécie de maior importância econômica do gênero *Physalis* para os mexicanos, tendo em vista a diversidade de usos da espécie. Devido a isso, tem crescido a exploração desta cultura em outros países como o Brasil, no tocante a realização de pesquisas voltadas a compreensão das suas propriedades medicinais (Chamroy, 2023; Santos et al., 2025).

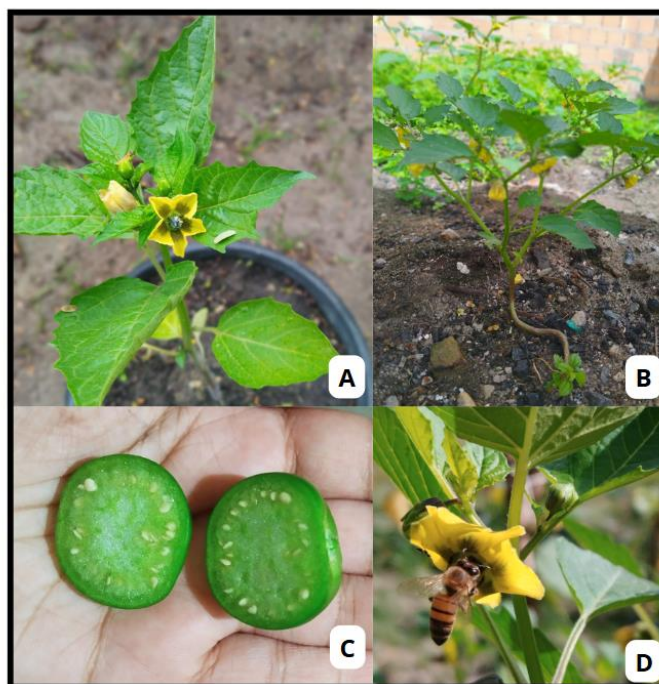


Figura 2. Flor (A), planta (B), fruto (C) e polinização de uma flor de *Physalis ixocarpa* por abelha (D).
Fonte: Autora, 2023.

A hortaliça é bastante utilizada na medicina tradicional mexicana, devido a suas propriedades medicinais, para o tratamento de alguns distúrbios gastrointestinais, como dores estomacais, faringites, cefaleias e amidalites, além do uso de suas folhas e raízes usadas como diuréticos (Hernandez e Yanez, 2009; Silva, 2016). Possui grande importância alimentícia, devido ao seu valor nutricional. A espécie é rica em antioxidantes e contendo 8,24 de °Brix,

0,75-1,06% de proteína, 1,12-2,10% de gordura e 0,77-1,42% de cinzas (Shestone et al., 2020; Guerrero-Romero et al., 2021; Elsayed et al., 2023). Além disso, são utilizadas na fabricação de molhos e pratos populares, como os tacos, enchiladas, sopas e saladas (Silva, 2016). Os seus frutos são apreciados na forma *in natura*, ou frescos, devido à valorização da acidez características desses pequenos frutos. São fonte de proteínas, nutrientes e minerais, como potássio, Mg, Ca, Na, P e diversos compostos bioativos (González-Pérez e Guerrero-Beltrán, 2021; Santos et al., 2025).

O tomatillo possui algumas variações dentro da espécie, sendo a principal característica que as diferencia é a coloração verde e roxa dos seus frutos, que caracterizam as variedades em *P. ixocarpa* “verde” e *P. ixocarpa* “roxa” (Silva, 2016) (Figura 3). A sua propagação ocorre por sementes, através de variedades crioulas (Santiaguillo-Hernández et al., 2005). A espécie possui autoincompatibilidade gametofítica, caracterizada pela incapacidade da planta em formar sementes quando fertilizada pelo seu próprio pólen, sendo obrigatoriamente uma espécie alógama e promovendo a manutenção da variabilidade genética (Wittmann e Agnol, 2002; Alvarado, 2020).



Figura 3. Frutos de *Physalis ixocarpa*, variedade roxa (1) e variedade verde (2). Fonte: Autora, 2024.

De acordo com Lomelí et al., (2018) a autoincompatibilidade na espécie é devido a dois loci independentes que possuem múltiplos alelos. Logo o pólen se torna incompatível na presença de um ou mais alelos, seja no grão de pólen ou no estilete. Dessa forma, a polinização cruzada é facilitada, devido à autoincompatibilidade, visto a não necessidade de emasculação da flor, contudo, alguns autores acreditam que essa autoincompatibilidade em tomatillo não seja completa e que pode ser menor em algumas variedades (Santiaguillo-Hernández et al., 2005) e ainda que existam mutantes autocompatíveis, o que necessitaria da emasculação em plantas dessas populações (Lomelí, 2007).

A *Physalis ixocarpa* é atualmente cultivada em todo o país do México, com uma área total de 40.117 hectares. A cidade de Sinaloa é a que apresenta maior produção de frutos desta espécie, com total de 140.752 toneladas, com área de cultivo de 6.114 ha e rendimento médio de produção de 23t/ha (SIAP, 2020 e 2021). A espécie tem potencial de produção de cerca de 80 t/ha no país do México, contudo essa produção sofre interferência devido a ocorrência de doenças fúngicas como a ferrugem branca (*Entyloma australe*), mancha foliar, *Cercospora physalidis*, oídio *Podosphaera xanthii* e amarelecimento causado por *Fusarium* sp. (Moncayo-Pérez et al., 2020; Ayala-Armenta et al., 2020 e 2024).

No Brasil a cultura ainda é pouco explorada, sobretudo quanto as suas propriedades medicinais e cultivo, sendo ainda muito conhecida como uma fruta exótica, em especial nas Regiões Norte e Nordeste. Diante disso, cresce o interesse acerca das condições de cultivo de espécies do gênero *Physalis*, principalmente nas condições da região Nordeste, onde há o predomínio de altas temperaturas e precipitação irregular, visando compreender a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento fisiológico dessas plantas (Silva, 2016).

De acordo com Muniz (2011), nos últimos anos o cultivo de plantas de pequenas frutas tem despertado o interesse de produtores, comerciantes e consumidores. Apesar de incipiente, o cultivo dessas frutas traz grandes vantagens, devido ao seu baixo custo para produção, implantação e boa adaptação às condições socioeconômicas e ambientais, acessível para os pequenos produtores, necessitando de bastante mão de obra e gerando renda e emprego para o campo.

Neste cenário, a *Physalis ixocarpa* se destaca, apresentando variabilidade genética, podendo ser explorada em programas de melhoramento, visando a sua introdução no comércio nacional de pequenas frutas. Logo, tornam-se necessários maiores estudos a respeito da variabilidade para cor de frutos (verde/roxo) da espécie, compreendendo as características, padrões de herança e interações alélicas envolvidas na expressão desse caráter.

2.3 Melhoramento genético de *Physalis ixocarpa*

No México a demanda pelo tomate de casca tem contribuído para o crescimento da área cultivada, esse crescimento tem sido induzido pela obtenção de variedades melhoradas, com polinização livre e alto rendimento, originadas a partir da grande variabilidade genética da espécie. Contudo, devido à autoincompatibilidade da espécie, o melhoramento genético através da hibridação baseado em linhas endogâmicas se torna limitado, principalmente quando não há técnicas adequadas para a realização da polinização. Apesar disso, alguns estudos

relatam que a hibridação interpopulacional do tomate de casca é promissora, já que foram obtidos altos valores em heterose intravarietal e intervarietal (Lomelí et al., 2018).

Ainda de acordo com Lomelí et al. (2018) para a eficiência do melhoramento genético em *P. ixocarpa* é necessário determinar um momento adequado e local controlado para a realização da polinização manual, buscando obter maiores produções de frutos e sementes. A polinização manual deve ser realizada quando os botões florais ainda estiverem fechados, momento este em que o estigma está mais receptivo e as anteras só irão liberar pólen após a abertura floral, garantindo a pureza dos cruzamentos realizados.

A base para os programas de melhoramento é o conhecimento da diversidade genética das espécies. Essa diversidade tem sido explorada por vários métodos de análises multivariadas e dentre elas estão às análises por métodos de agrupamento, a partir da obtenção de matrizes de dissimilaridades. Como exemplo, a distância de Mahalanobis, aplicada para dados quantitativos, distância de Cole-Rogers para dados qualitativos e o algoritmo de Gower que permite a avaliação de dados qualitativos e quantitativos (Cruz et al., 2012; Nascimento, 2018).

Outros métodos também são empregados nesses estudos, como as variáveis canônicas, métodos de otimização e hierárquico. O método hierárquico organiza os dados em grupos até que se forme um dendrograma, como exemplo do UPGMA. O método de otimização agrupa os dados em grupos exclusivos, a exemplo do Tocher. A escolha do melhor método a ser utilizado é de acordo ao objetivo do pesquisador e levando em consideração como os dados foram obtidos (Cruz et al., 2012; Nascimento, 2018).

Diversos estudos de melhoramento vêm sendo realizados ao longo dos anos destacando o programa de melhoramento que é desenvolvido na Universidade Estadual de Feira Santana, com progênies de meios-irmãos das espécies *P. ixocarpa*, variedades verde e roxa e de materiais provenientes de coletas de *P. angulata*. Os acessos mantidos na coleção permitem a obtenção de conhecimentos agronômicos, como a realização de pesquisas sobre o seu potencial germinativo e medicinal, conhecimento sobre as práticas de manejo cultural, desenvolvimento de estudos de pré-melhoramento, que irão contribuir diretamente para futuros trabalhos e para a obtenção de progênies promissoras (Santos, 2018). Pesquisas com populações segregantes e avanços na condução de populações de autofecundação, com a utilização de método de melhoramento, tem sido conduzido dentro do programa de *Physalis angulata*, e tem como objetivo produzir linhagens que servirão como base para seleção de progênies adaptadas à região semiárida.

Silva (2016) estimou os parâmetros genéticos e a diversidade genética para as espécies *Physalis ixocarpa* e *Physalis philadelphica*, baseado em características físico-químicas dos seus frutos. Os dados foram avaliados quanto à presença de normalidade e homocedasticidade, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett e a existência de variabilidade foi detectada a partir da análise do teste F na análise de variância. As médias também foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Através da estimação dos parâmetros foi verificado variação genética e altos valores de herdabilidade para as características dos frutos (massa média dos frutos, diâmetro longitudinal e transversal e açúcares totais). A partir do método de otimização de Tocher, as duas espécies avaliadas apresentaram distância genética entre si de acordo os caracteres avaliados.

Estudos realizados por Orellana (2021) buscaram a geração de híbridos com características desejáveis e alto rendimento, através da seleção de progênies promissoras de *P. ixocarpa*, dentro de uma população de progênies de meio-irmãos, visando o estabelecimento da cultura na região Nordeste. Através da metodologia “REML-BLUP” dos modelos mistos e do auxílio de algumas técnicas multivariadas, foram selecionadas progênies para a realização de cruzamentos, identificação de híbridos promissores com elevada heterose para descritores de frutos e para a produção, bem como a seleção de progênies promissoras para avançar no programa de melhoramento da espécie.

2.4 Recursos Genéticos Vegetais e Diversidade Genética de *Physalis ixocarpa*

Dentro das populações vegetais existe uma grande variabilidade genética de espécies, o que as tornam atrativas para a realização de estudos por melhoristas que buscam a obtenção de caracteres promissores (Suescún et al., 2011; Junior et al., 2022). Segundo Turchetto (2010) a diversidade genética é imprescindível para a sustentabilidade das populações de plantas, visto que conhecer essa variação intraespecífica contribui para avaliar riscos de extinção, o potencial evolutivo das espécies diante das inúmeras mudanças climáticas, além de servir como base para a elaboração de estratégias de conservação *in situ* e *ex situ*.

De acordo com Sobral et al. (2012), explorar a variabilidade genética existente nas espécies é fundamental para que ocorra o melhoramento genético. Dessa forma, o conhecimento sobre a diversidade genética existente dentro dos bancos de germoplasmas é o impulso necessário para a escolha de progênies com características superiores e que promovam ganhos genéticos em gerações futuras e que permitam a escolha do método adequado para a seleção de plantas superiores (Orellana, 2021).

Lomelí et al. (2014), relatam a existência de pelo menos 11 variedades locais de *P. ixocarpa* (CHF1-Chapingo, Rendidora, Diamante, Tamazula SM3, Milpero Tetela, Yema de Huevo, Manzano Tepetlixpa, Puebla SM3, Tecozautla 04, Salamanca e Potrero) descritas no guia da União para a Proteção de Obtenções Vegetais (UPOV). No México, existem alguns Bancos de Germoplasmas, que visam o resgate de variabilidade vegetal onde espécies são conservadas no modo *ex situ*. Algumas variedades nativas locais utilizadas pelos agricultores são conservadas no modo *on farm*. A variabilidade encontrada na espécie *P. ixocarpa* é encontrada em populações silvestres coletadas e não coletadas e em variedades crioulas e populações melhoradas (Orellana, 2021).

Além da variabilidade genética para coloração dos frutos (verdes e roxos) da *P. ixocarpa*, ela possui compostos bioativos que despertam o interesse dos programas de melhoramento, por serem altamente nutritivas (Silva, 2016). Apesar da variabilidade verificada nas espécies do gênero *Physalis*, os estudos com a espécie ainda são incipientes, principalmente no que diz respeito a conhecer as variações existentes dentro das coleções de germoplasmas, a adaptação da espécie diante das condições de cultivo, o que seria um facilitador no processo de inserção da espécie no cultivo de pequenos produtores (Suescún et al., 2011).

2.5 Caracterização morfoagronômica

A caracterização morfoagronômica é fundamental no processo de determinação da variabilidade genética de germoplasmas e é realizada através de caracteres que são de fácil mensuração, alta herdabilidade e que sofram pouca influência do ambiente (Costa et al., 2009; Galate et al., 2012). A caracterização morfológica diferencia os acessos dentro da coleção, através da avaliação de características específicas que descrevem os acessos individualmente, como caracteres das flores, frutos, folhas e sementes (Costa, 2012). Já a caracterização agrônômica avalia características de interesse para o agricultor e que sejam capazes de satisfazer o mercado consumidor (Lima et al, 2017).

Os descritores podem ser definidos como qualitativos ou quantitativos e permitem o estudo da herança de certas características. Os atributos qualitativos apresentam poucos fenótipos distintos, apresentando pouca variação e segregação descontínua (cor e forma do fruto, textura da semente). Já os atributos quantitativos possuem variação contínua, principalmente ao longo das medições (diâmetro do caule, peso do fruto, número de frutos por planta) (Silva, 2018). Os descritores morfológicos utilizados no processo de caracterização cos-

tumam ser características herdáveis e possíveis de mensurar, como exemplo: altura da planta, diâmetro e comprimento de folhas, peso, diâmetro e comprimento dos frutos, etc. Essas características costumam se expressar em qualquer ambiente, ocorrendo grande interação do genótipo com o ambiente sendo assim de fácil identificação no acesso (Almeida et al., 2020).

Os caracteres qualitativos, que expressam a cor de flores ou cotilédones, são considerados como herança relativamente simples, sendo controlados por um ou poucos genes, sem que haja interferência do ambiente. Essa expressão determinada por poucos genes tem sido de grande valia para programas de melhoramento, visto que essas expressões têm estado relacionadas à resistência de algumas doenças (Nascimento, 2018). Segundo Ramalho et al., (2012) na abordagem qualitativa, suas hipóteses de segregação são avaliadas pelo teste de qui-quadrado (χ^2), onde os desvios entre as frequências observadas e esperadas são significativos para determinado nível de probabilidade.

Segundo Barbieri e Castro (2015), os descritores servem para descrever as características das plantas, diferenciando um acesso do outro, sendo de grande utilidade para a gestão dos bancos de germoplasma, no que diz respeito aos processos de caracterização, avaliação, conservação e o uso dos acessos. Em estudos para verificar a diversidade genética de acessos, o uso de descritores multicategóricos traz inúmeras vantagens, como a coleta rápida e fácil, além de prática e econômica, principalmente para programas de pesquisa onde há pouco investimento financeiro e profissional para a caracterização de germoplasmas (Almeida et al., 2020).

2.6 Estudo da herança genética

Uma das atividades de grande importância para os fitomelhoristas é o estudo da herança de características de importância agrônômica nos vegetais. Este estudo permite o conhecimento acerca de quantos genes estão envolvidos no processo de expressão de determinado caráter, além de ser possível identificar a sua localização no cromossomo e sua forma de interação, contribuindo dessa forma para a construção de mapas cromossômicos, definição do método de condução da população segregante e determinação de plantas com características desejáveis (Maciel e Silva, 2008).

Visto a escassa existência de estudos acerca da herança genética para a espécie, mesmo diante do seu rico potencial de uso e sua variabilidade genética para coloração, tamanho e formato dos frutos, torna-se de suma importância estudos acerca da origem da coloração dos

frutos em *P. ixocarpa*, em híbridos provenientes de cruzamento de linhagens de cor roxa e verde.

De acordo Cruz et al. (2012) o estudo da herança pode ocorrer através da análise simultânea de várias gerações, como as parentais (P1 e P2) e as gerações seguintes (F1, F2, RC1, RC2). Este estudo permite estimar os componentes de médias e variâncias aditivas, dominância, genética e ambiental dessas gerações, sendo possível estimar também a herdabilidade no sentido amplo e restrito. Além disso, permite o cálculo dos efeitos genéticos aditivo, dominantes e epistáticos e qual o melhor modelo para o controle genético da característica.

A partir do estudo da herança de caracteres qualitativos é possível definir os critérios e a intensidade da seleção de progênies, o número e como ocorre a interação dos genes envolvidos em determinada característica. Baseado nas leis mendelianas é possível determinar a herança de caracteres qualitativos, verificando a proporção fenotípica nas gerações F2 e de retrocruzamento. Contudo, não é possível avaliar a herança para caracteres quantitativos, já que estes apresentam valores fenotípicos em distribuição contínua à medida que se obtém populações segregantes (Nascimento 2018).

Os caracteres que apresentam distribuição discreta são analisados quanto à hipótese genética e a partir de uma margem de erro é verificado se o caractere é governado por um ou mais genes e que tipo de interação ocorre. O teste do qui-quadrado (χ^2) tem sido comumente usado para testar hipóteses de padrões de segregação com base em valores esperados e observados. É dada uma determinada hipótese (H_0) de segregação para a característica a ser avaliada e essa é verificada em nível de probabilidade ($\alpha=5\%$) correspondente ao erro do tipo 1. Sendo o valor encontrado para a probabilidade inferior a 5%, a hipótese H_0 é rejeitada, o que indica que o tipo de segregação proposta não ocorre como esperado (Nascimento, 2018).

2.6.1 Estimativas de parâmetros genéticos

A compreensão das estimativas de parâmetros genéticos é base para o desenvolvimento de programas de melhoramento, sendo fundamental para o conhecimento a respeito da magnitude e natureza da ação dos genes envolvidos na herança de determinadas características e se estes são de natureza aditiva, dominante ou epistática (aditiva x aditiva, aditiva x dominante, dominante x dominante). Além disso, possibilita definir qual o melhor método de seleção que se aplica a população de estudo. Dessa forma, é imprescindível o estudo dos valores de médias e variâncias, que vão identificar se a proporção da estimativa obtida é de origem genética ou não genética (Fonseca, 2016).

Conhecer a natureza dos efeitos gênicos que são responsáveis pela expressão de determinado caráter, auxilia na seleção e indicação das progênies com maior efeito heterótico do comportamento de gerações segregantes e híbridas (Cruz et al., 2012). Assim, é possível compreender se a variabilidade existente dentro da população é de causa genética ou não genética e determinar a herdabilidade para determinada característica (Caetano, 2020).

A herdabilidade é um parâmetro genético também conhecido como hereditabilidade ou coeficiente de herança e permite separar as diferenças genéticas e não genéticas entre os indivíduos. A herdabilidade representa a proporção da variação genotípica que é transmitida de pai para filho e indica o quanto essa expressão do fenótipo é válida (Sena, 2011). Sendo assim, esse parâmetro é de grande importância na condução de um programa de melhoramento e na tomada de decisões a respeito do desenvolvimento de variedades vegetais, indicando a resposta potencial de uma população à seleção artificial (Lomelí et al., 2020).

É possível estimar a herdabilidade de duas formas: no sentido amplo, que corresponde à razão da variância genotípica pela variância fenotípica e no sentido restrito que é a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica. A herdabilidade do sentido restrito é considerada a mais útil para os programas de melhoramento genético, visto que ela quantifica a proporção aditiva da variância genética que pode ser herdada pela próxima geração, fornecendo uma resposta mais precisa em relação a seleção (Silveira, 2007; Lomelí et al., 2020).

O coeficiente de herdabilidade pode variar de 0,0 a 1,0 ou de 0 a 100%. Baixos coeficientes de herdabilidade indicam que grande parte da variação existente é ocasionada por diferenças ambientais entre os indivíduos e que a correlação existente entre o genótipo e o fenótipo é pequena. Já os altos valores para herdabilidade indicam que as variações nas características são, em grande parte, devido às diferenças genéticas e a correlação existente entre o genótipo e o indivíduo são altas (Sena, 2011).

Outro parâmetro de fundamental importância para o sucesso de um programa de melhoramento é a estimativa do coeficiente de correlação fenotípica. É uma medida de intensidade que pode ser mensurada a partir da associação existente entre dois caracteres, podendo ser de causas genéticas ou ambientais (Sobreira et al., 2013). Esta correlação de causa genética possui uma natureza herdável, sendo amplamente utilizada em programas de melhoramento (Monteiro, 2009).

As correlações podem ser positivas, indicando aumento de duas variáveis ou pode ser negativa, indicando aumento ou decréscimo de uma das duas variáveis. Os coeficientes de

correlação permitem que os melhoristas compreendam as mudanças de um determinado caráter e como ela se relaciona com outro caráter de interesse no processo de seleção. Dessa forma, o conhecimento dessa interação entre os caracteres de interesse é imprescindível para os programas de melhoramento de espécies vegetais (Silveira, 2007).

3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. M., et al. – PIMENTAS *Capsicum* L.: Conservação dos Recursos Genéticos, caracterização morfológica e citogenética e sequenciamento genômico (parte ii). Novembro de 2020, <https://doi.org/10.22533/at.ed.5252004115>.
- ALVARADO, D. Z. **MORFOGÊNESE in vitro de *Physalis ixocarpa* Brot.. Horm)** **VARIEDADES VERDE E ROXA**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genético Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, BA, 2020.
- AMABILE, R. F. et al., Melhoramento de Plantas – Variabilidade genética, ferramentas e mercado. **Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas**. Brasília, DF, 108 p., 2018.
- ANTUNES, L. E. C.; HOFFMAN, A. Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde – Brasília, DF : **Embrapa**, 2012. 194 p – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), ISBN 978-85-7035-114-2.
- Ayala-Armenta, controle de qualidade; Tovar-Pedraza JM; Apodaca-Sánchez, MA; Correia, KC; Saucedo-Acosta, CP; Camacho-Tapia, M. e Beltrán-Peña, H. 2020. Filogenia e patogenicidade de fungos transmitidos pelo solo associados ao complexo de doenças da murcha de tomatillo (*Physalis ixocarpa*) no norte de Sinaloa, México. EUR. J. Planta Pathol. 157(7):733-749.
- AYALA-ARMENTA, Quintín Armando et al. Cultivares de tomateiro suscetíveis à murcha em Sinaloa. **Rev. Mex. Agríc.** [online]. 2024, vol. 15, n. 1 [citado em 23/07/2025], e3143. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342024000100102&lng=es&nrm=iso>. Epub 25/04/2024. ISSN 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3143> .
- BARBIERI, R.S.; CASTRO, C.M. Recursos Fitogenéticos: A base da agricultura sustentável no Brasil. In: VEIGA; QUEIROZ (Orgs.). **Descritores para Caracterização de Germoplasma** .1.ed. Brasília: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2015. Cap.22, p.269-279.
- CAETANO, A. S. **Herança da resistência de *solanum lycopersicum* a *phytophthora infestans* (mont.) De bary**. Dissertação (*Magister Scientiae*) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais – Viçosa, 2020.
- COSTA, F. R. **Marcadores RAPD e caracteres morfoagronômicos na determinação da diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.3, p.696-704, mai-jun, 2009.
- COSTA, L. V. **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E PRODUTIVA DE PIMENTAS (*Capsicum* spp)**. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.
- CHAMROY, T. **Tecnologia de produção de hortaliças subutilizadas da família Solanaceae**. In: SAVITA; RAWAT, M.; VIMAL, V. (Orgs.). Tecnologia de produção de hortaliças subutilizadas. Cham: Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15385-3_8

CRUZ, Cosme; REGAZZI, Adair; CARNEIRO, Pedro. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.

ELSAYED, A. Y. A. Selection parameters for improvement of yield and quality in tomatillo. **Agricultural Sciences • Ciênc. agrotec.** 47 • 2023. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202347013722>

FARIAS, J. W. S. **ANÁLISE DIALÉLICA PARA DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS DE HÍBRIDOS DE *Physalis angulata* L.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genético Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, BA, 2020.

FONSECA, R. M. **Caracterização morfoagronômica de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense***. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciencias Agrárias da Universidade Federal do Amazonas – Manaus, 2016.

GONZÁLEZ-PEREZ, JE; GUERRERO-BELTRAN, J.A. Tomatillo ou tomate com casca (*Physalis philadelphica* e *Physalis ixocarpa*): Uma revisão. **Horticultural Sciences**, v.288, p.110306.

GUERRERO-ROMERO, F.; SIMENTAL- MENDÍ, LE; ROSAS, MIG; SAYAGO-MONREA, VI; CASTRO, JM; GAMBOA-GÓMEZ, CI Efeitos hipoglicêmicos e antioxidantes dos extratos de cálices de tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista de Bioquímica Alimentar**, v. 45, n. 4, e13678, 2021.

HERNANDEZ M. J. F. S; YANEZ, S. B. Aprovechamiento tradicional de lãs espécies de *Physalis* na Mexico. **Revista de Geografia Agrícola**. Texcoco, v. 43, n.43, p. 81-86, 2009.

HOFFMAN, A. et al. Pequenas frutas : o produtor pergunta, a Embrapa responde – Brasília, DF : Embrapa, 2012. 194 p. : il. Color. ; 16 cm x 22 cm. – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). ISBN 978-85-7035-114-2

JUNIOR, A. D. S. et al. Divergência genética em espécies e híbridos interespecíficos de *Physalis* baseada em caracteres morfoagronômicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e4311225464, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25464>.

KUTZ, T. S. **Caracterização morfológica e molecular de Genótipos de tomateiro do banco ativo de Germoplasma da utfpr – pato branco**. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

LIMA, C. S.; SEVERO, J.; MANICA-BERTO, R.; SILVA, J.A.; RUFATO, L.; RUFATO, A. de R. Características físico-químicas de *Physalis* em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira Fruticultura**. Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1060-1068, 2009.

LIMA, A. P.; PASSOS, A. R.; SILVA, H. K. Caracterização morfoagronômica d e acessos de *Physalis angulata* L. XXI Seminário de Iniciação Científica Ed. N. 21 (2017): DOI: <https://doi.org/10.13102/semic.v0i21.2349>. Feira de Santana – Ba.

LIMA, I. K. F. **Efeito atenuante do óxido nítrico em plantas de *Physalis peruviana* L. sob estresse hídrico.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, BA, 2020.

LOMELÍ, A. P.; CONTRERAS, A. M.; PÉREZ, M. E. R.; CARBALLO, A. C.; PÉREZ, J. E. R.; MALDONADO, M. M. Parámetros genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Variedad Verde Puebla. **Revista Fitotecnia Mexicana**, México, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2004.

LOMELÍ, A. P. **Recursos y mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)**. 2007. 30 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) – UACH, Chapingo, México.

LOMELÍ, A. P. et al. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara na invernadero y campo 27elhor. **Revista Fitotecnia Mexicana**, México, v. 37, n. 4, p. 381- 391, 2014.

LOMELÍ, A. P.; GALÁN, J. D. M.; CASTELLANOS, J. S.; CERECERES, J.O.; SÁNCHEZ, F. M.; SANTANA, T. C.; HERNÁNDEZ, J. F. S. Parámetros genéticos na la 27elhorist CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 14, p. 5-11, 2008.

LOMELÍ, A. P.; LIRA, N. M.; TORRES, A. G.; CELINO, F. Á. M.; GRAJALES, M. P. Polinización manual na dos variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) na invernadero. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, México, v. 24, n. 1, p. 41- 52, 2018.

LOMELÍ, A. P et al. Parâmetros genéticos da população de tomate casca Gemma (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). **Na. Chapingo Ser.Hortic** vol.26 no.2 Chapingo Mai/Ago. 2020 Epub 15 de maio de 2020.

MACIEL, G.M.; SILVA, E.C. 2008. Herança do formato do fruto em tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira** 26: 495-498.

MASCARENHAS, L. M. S. **Micropropagação e análises bioquímicas e Fitoquímicas de *Physalis peruviana* L.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, BA, 2018.

Moncayo-Pérez, CD; Magaña-Lira, N.; Peña-Lomelí, A.; Leyva-Mir, SG; Sahagún-Castellanos, J. e Pérez-Grajales, M. 2020. Resistência à ferrugem branca (*Entyloma australe*) em germoplasma de tomatillo (*Physalis* spp.). **Rev. Chapingo Ser. Hortico.** 26(1):65–77. Doi: 10.5154/r.rchsh.2019.09.016.

MONTEIRO, C. E. S. **ESTUDOS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE ORIUNDA DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM *Capsicum*.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro – UENF. RJ, 2009.

MUNIZ, J. **Sistemas de condução e espaçamentos para o cultivo de *physalis* (*Physalis peruviana* L.) no planalto catarinense.** Dissertação (mestrado). Centro de Ciências Agroveterinárias. Lages – SC: UES, 2011.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira.** DOI – <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200023>. 2015.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura brasileira.** DOI – [10.1590/S0102-053620150000200023](http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200023) – 2015.

NASCIMENTO, A. L. **Herança de caracteres e variabilidade genética de gerações segregantes do cruzamento entre genitores contrastantes de mamoeiro.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – Alegre-ES, 2018.

NEITZKE, R. S. **Caracterização morfológica e distância genética entre variedades de pimentas.** Dissertação (Mestrado em Ciências agrárias-Fitomelhoramento), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

ORELLANA, J. S. T. **Uso de metodologias de modelos mistos no melhoramento genético em progênies de *Physalis ixocarpa* Brot. Visando incrementar a produção de frutos.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, 2021.

OLIVEIRA, J. R.; SILVA, J. V. G.; AMOURIM, M. A. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, A. G. Produção de pequenas frutas no Brasil: um mercado em potencial. Enc. Biosfera. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n.33; p. 362, 2020.

PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Marcadores moleculares no pré-melhoramento de plantas. In: BÓREM, A. E.; CAIXETA, E. T. **Marcadores moleculares.** Viçosa: UFV, 2006. P. 85-106.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; CONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária.** 5 ed. Lavras: UFLA. P.576, 2012.

RUFATO, L.; RUFATO, A.R.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C.S.M.; KRETZSCHMAR, A. A. **Aspectos técnicos da cultura da *physalis*.** Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 2008.

SANTOS, K. S. **ESTUDO GENÉTICO E ASPECTOS REPRODUTIVOS EM ESPÉCIES DO GÊNERO *PHYSALIS*.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

SANTIAGUILLO-HERNÁNDEZ, JF, CERVANTES-SANTANA, T., PEÑA-LOMELÍ, A., MOLINA-GALÁN, JD, & SAHAGÚN-CASTELLANOS, J. (2005). Polinização controlada em casca de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Série Horticultura da Revista Chapingo**, 11 (1), 67-71. Doi: 10.5154/r.rchsh.2003.10.064

SANTOS, F. M.E.; SOARES, J. M.; LÓPEZ, J. E. E.; SANTOS, S. G. F.; SILVA, I. J.; SILVA, L. J.- Mesa de gravidade e imagens de raios X como estratégias para o processamento e controle de qualidade de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem. **Revista de Ciência de Sementes**. J. Seed Sci. 47 • 2025. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v47292999>.

SENA, J. S. S. Parametros genéticos, tendências e resposta a seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazonia Legal. Dissertação (Mestrado em Ciencia Animal) – Núcleo de Ciencias Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. EMBRAPA – Amazonia Oriental. Belém – PA, 2011.

SIAP - SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. Sistema de Informação Agroalimentar e Pesqueira. **Anuário Estatístico da Produção Agrícola**, 2020 <https://www.gob.mx/siap> .

SIAP - SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. **Anuario Estadístico de la producción agrícola**. 2021.

SILVA, W. C.; de CARVALHO, S. I. C.; DUARTE, J. B. Identification of minimum descriptors for characterization of *Capsicum* spp. Germplasm. **Horticultura Brasileira**, v.31, n. 2, p. 190- 202, 2013.

SILVA, D. F das. **Utilização de malhas de sombreamento coloridas na produção de malhas e frutos de espécies do gênero *Physalis* L.** 2014. Dissertação (Mestrado em Botânica aplicada). Universidade de Federal de Lavras. 2014.

SILVA, N. S. **Crescimento e desenvolvimento de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hormen em diferentes condições de luminosidade**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

SILVA, H. K. **SELEÇÃO DE DESCRITORES E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE FISÁLIS (*Physalisangulata* L.)** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

SILVA, A. C. P. **Estimativa de parâmetros genéticos para características de Resistência ao *meloidogyne 29elhorist* em alface**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Pato de Minas – MG, 2021.

SILVEIRA, G. D., **Estimativas de parâmetros genéticos visando seleção de genótipos segregantes de soja**. Tese (Doutorado em Agronomia- Genética de melhoramento de plantas). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL Maio de 2007.

SOBRAL, K. M. B., RAMOS, S. R. R., GONCALVES, L. S. A., AMARAL, J. A. T., & ARAGÃO, W. M. (2012). Variabilidade genética entre acessos de coqueiro-anão utilizando técnicas de análise multivariada. **Magistra**, 24(4), 348 359.

SOBREIRA, F. M. et al. **Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais para qualidade da bebida e dos grãos do cafeeiro arábica**. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 25 a 28 de novembro de 2013, Salvador – BA.

SOUSA, K. A. **Comércio de pequenas frutas vermelhas (amora, framboesa e mirtilo) in natura nos estabelecimentos do distrito federal**. Trabalho de conclusão de curso – TCC (Título de Engenheira Agrônoma). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília, DF, 2021.

SUESCÚN, L., SANCHEZ, E., GÓMEZ, M., GARCIA, A. F. L., & ZARANTES, V. N. (2011). Producción de plantas 30elhoristas30e puras de Uchuva. **Editorial Kimpres Ltda., Bogota**.

TOMASSINI, T. C. B.; BARBI, N. S.; RIBEIRO, I. M.; Xavier, D. C. D. Gênero physalis – uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 47-57, 2000.

TOMASSINI, T. C. B.; SANTOS, J. A. A.; TEIXEIRA, V. L.; LOPES, D. X.; RIBEIRO, I. M. Verification of the Molluscicide Activity of Physalis angulata Extracts on Biomphalaria tenagophila under Laboratory Condictions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

TURCHETTO, C. **Análise da diversidade genética e morfológica De 30elhori axillaris (lam.) Britton, sterns & poggenb (Solanaceae)** Dissertação – (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). UFRGS, Porto Alegre, 2010.

WITTMANN, M. T. S.; AGNOL, M. D. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.1083-1090, 2002 – ISSN 01038478.

VIDAL, M. F., Agropecuária: Fruticultura _ Caderno Setorial Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE – Ano 9, Nº 337, Maio de 2024 https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/2000/1/2024_CDS_337.pdf.

Capítulo 1

Caracterização morfoagronômica em progênies de *P. ixocarpa*, variedades verde e roxa.

2025
RESUMO

O “tomatillo” (*Physalis ixocarpa* Brot) é uma espécie que possui grande diversidade genética, destacando as suas variedades verde e roxa. Apesar do grande potencial de uso da espécie para diversos fins e seu uso na produção de substâncias ativas de importância econômica, ainda são limitadas às informações relacionadas ao seu cultivo e principais características de interesse. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização morfoagronômica de progênies de *Physalis ixocarpa* Brot., obtidas sob polinização livre, buscando identificar e caracterizar as variedades (verde e roxa) existentes na espécie de acordo aos seus principais caracteres quantitativos e qualitativos. O cultivo foi realizado em duas áreas distintas (para cada variedade) e o delineamento foi em blocos casualizados, com 10 tratamentos e cinco repetições e parcela experimental de três plantas. O espaçamento era de 1,0 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas. Foram estimados os parâmetros genéticos, correlações fenotípicas, métodos de agrupamento e otimização e nível de entropia de Renyi. Constatou-se variabilidade genética entre os acessos estudados a partir dos descritores avaliados (altura total da planta, diâmetro do caule, comprimento da lâmina foliar, largura da lâmina foliar, largura do entrenó e número de frutos por planta) e estes se mostraram promissores para o programa de melhoramento da espécie estudada. Os métodos de Tocher e UPGMA se mostraram eficientes ao separar acessos divergentes e agrupar os similares. Mediante o estudo das correlações fenotípicas observou-se que plantas de porte alto tendem a obter galhos mais compridos. Os descritores qualitativos (hábito de crescimento, cor do caule, forma da margem foliar e do ápice foliar e formato do fruto) avaliados, foram eficientes na identificação da diversidade genética da espécie, sendo alvos no programa de melhoramento da espécie.

Palavras chave: Morfologia. Tomate de cascara. Melhoramento genético.

1 INTRODUÇÃO

O “tomatillo” (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) é uma espécie que possui propriedades medicinais antioxidantes, presença de compostos bioativos de efeito farmacológico (Guerrero-Romero et al, 2021) e atividades antitumorais (Yang et al., 2021). Seus frutos (Figura 1) são fontes de vitaminas A e C, e minerais como o potássio, além de possuir sabor ligeiramente agri-doce (Santos, 2018; Santos et al., 2025) (Figura 1).

A espécie pertence à família Solanaceae e é uma hortaliça originária do México, amplamente utilizada na culinária local para a produção de diversos pratos e molhos, sendo cultivada desde os tempos antigos pelos povos astecas e maias (Orellana, 2021; Santos et al., 2025). O seu cultivo tem crescido em escala de produção no País não só pelos inúmeros usos medicinais e alimentícios da espécie, mas também pelo seu fácil manejo, onde não requer muitos cuidados. No ano de 2020, o tomate de casca foi a sexta hortaliça com maior área cultivada no México, com mais de 40 mil hectares cultivos e produção de 766.515 toneladas (Lomelí et al., 2014; Tannan, 2015. SIAP, 2021).



Figura 1. Planta e frutos de *Physalis ixocarpa*, variedade verde e roxa. Fonte: Autora, 2025.

O conhecimento acerca da diversidade genética é importante no processo de caracterização, conservação e uso consciente dos recursos genéticos. A *P. ixocarpa* apresenta ampla diversidade genética em variedades (Lomelí et al., 2014). Assim, é necessário desenvolver estudos voltados ao conhecimento e caracterização dessa diversidade, visando o uso prático e consciente desse recurso. Além disso, esse conhecimento forma uma importante base de dados que pode subsidiar programas de melhoramento genético no tocante a características potenciais na espécie (Silva, 2018).

O uso de descritores morfoagronômicos é comumente utilizado para a determinação de divergência genética (Silva, 2018). A caracterização morfoagronômica é uma prática que fornece informações indispensáveis para verificar a variabilidade existente dentro dos germoplasmas, pois permite compreender as repostas fenológicas da espécie diante das condições de cultivo, além de permitir identificar plantas com características desejáveis para o cultivo (Silva, 2018; Almeida et al., 2020).

A análise de divergência genética pode ser feita a partir de um método específico ou por uma combinação de vários métodos, como exemplo têm-se as técnicas multivariadas que são bastante utilizadas em plantas do gênero *Physalis*. Os métodos mais utilizados são os hierárquicos e os de otimização. Pelo método hierárquico, os acessos se agrupam em níveis, até que se forme um dendrograma, este método não se baseia a partir de um número ótimo de grupos, a exemplo do método UPGMA. Já no método de otimização, os acessos formam grupos mutuamente exclusivos, como exemplo do Tocher. Outros métodos também são comuns, como os obtidos a partir da distância de Mahalanobis, Distância de Cole-Rogers e algoritmo de Gower, o seu uso vai variar de acordo o tipo de dado estudado (Cruz et al., 2012; Silva, 2018).

Nesse sentido, este estudo buscou realizar uma caracterização morfoagronômica em progênies de meio-irmãos de *P. ixocarpa* variedade verde e roxa, obtida sob polinização livre, buscando identificar e caracterizar as variedades existentes, verificando a variabilidade existente dentro da população a partir de caracteres qualitativos e quantitativos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em propriedade de zona rural da cidade de Feira de Santana-BA, no Estado da Bahia (coordenadas -12.232799, -38.977034 e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen). O experimento iniciou-se com uma população de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, variedades verde e roxa, obtidas sob polinização livre e pertencente à coleção do Horto Florestal da UEFS, originária a partir de sementes oriundas de São Paulo, por compra online. A população foi dividida em duas áreas, uma contendo plantas da variedade verde (Área I) e outra com plantas da variedade roxa (Área II).

Cada área possuía cerca de 48m², separadas a pelo menos 40 metros de distância uma da outra, buscando evitar a polinização por abelhas. As plantas foram cultivadas em sistemas de delineamento em blocos casualizados, com 10 tratamentos e cinco repetições e parcela experimental de três plantas. O espaçamento era de 1,0 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas. A área foi inicialmente preparada para receber o experimento, com capina manual e as covas foram preparadas com areia peneirada e substrato comercial.

2.2 Estabelecimento em campo e manejo experimental

As sementes das progênies verdes e roxas foram semeadas em copos de poliestireno com substrato comercial e duas sementes por copo. Os copos foram mantidos em área semi-coberta e recebiam regas manuais diárias, no início da manhã e final da tarde. Após 25 dias de emergência das sementes, as mudas foram transplantadas para a área definitiva em campo aberto, deixando apenas uma planta por cova. Sendo uma área composta por progênies verdes (Área I) e outra pelas progênies roxas (Área II).

As plantas em campo continuaram a receber duas regas manuais diárias e capinas manuais a cada quinze dias, para evitar as ervas daninha. As plantas também receberam tutoramento quando necessário e ao redor das covas foi adicionado cal para afastar formigas e caramujos africanos (*Achatina fulica*). Após 40 dias em campo, foi realizada a adubação fosfatada, potássica e nitrogenada de acordo a recomendação para *Physalis peruviana* (Na, 2000).

2.3 Descrição dos tratamentos

A população estudada foi composta por 10 progênes de meio-irmãos de *Physalis ixocarpa*, obtidas através de polinização livre em condições climáticas brasileiras. Esses acessos foram escolhidos a partir das duas variedades, sendo cinco plantas distintas com frutos de cor roxa (R1, R2, R3, R4 R5) e cinco com frutos de cor verde (V1, V2, V3, V4, V5) (Figura 2).



Figura 2. Frutos de progênes de *Physalis ixocarpa*, variedade verde e variedade roxa. Fonte: Autora, 2023.

2.4 Descritores morfoagronômicos

As avaliações morfoagronômicas foram realizadas 65 dias após o transplântio. Os descritores qualitativos foram selecionados com base em Orellana (2021).

Foram avaliados nove descritores quantitativos: altura da planta (AP), medido em cm com auxílio de uma fita métrica, desde a superfície do solo até o topo do ramo principal; diâmetro do caule (DC), em cm usando paquímetro digital, medindo cinco centímetros acima da superfície do solo; peso médio do fruto (PMF), medido em g com auxílio de uma balança analítica, pesando a quantidade total de frutos sem cálice por planta; número de frutos por planta (NFP), fazendo uma contagem da quantidade total de frutos por planta; comprimento da lâmina foliar (CLF), em cm usando paquímetro digital, medindo o eixo longitudinal de cinco folhas ao acaso por planta; largura da lâmina foliar (LLF), em cm usando paquímetro

digital, medindo o eixo transversal de cinco folhas ao acaso por planta; longitude do entrenó (LE), em cm usando fita métrica, medindo a longitude de três entrenós e dividida por três; número de ramos secundários (NRS), contando a quantidade de ramos secundários por planta.

Foram avaliados oito descritores qualitativos entre binomiais e multicategóricos: hábito de crescimento (HC), associando as notas de 1 a 3, sendo: 1 = ereto; 2 = semi-ereto; 3 = prostrado; cor do caule (CC), associando notas de 1 e 2, sendo: 1 = verde; 2 = roxo; forma da margem foliar (FMF), associando as notas de 1 a 3, sendo: 1 = serrada; 2 = ondulada; 3 = sinuada; forma de o ápice foliar (FAF), associando as notas de 1 a 3, sendo: 1 = agudo; 2 = apiculado; 3 = acuminado; forma do fruto (FF), associando as notas de 1 a 4, sendo: 1 = redondo; 2 = ligeiramente achatado; 3 = achatado; 4 = em forma de coração.

2.6 Análises estatísticas

Foi realizada análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos. Os dados também foram analisados quanto à divergência genética a partir da obtenção da distância euclidiana média e o método de agrupamento UPGMA. Utilizou-se também o método de otimização de Tocher e formação de grupos a partir das medidas de dissimilaridade. E foram estimados os coeficientes de correlação fenotípica através do modelo de Correlação simples de Pearson. Todos os dados obtidos foram analisados com auxílio dos recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados efeitos significativos ($\alpha=0,01$) para seis dos sete descritores quantitativos, apresentando variabilidade genética entre os acessos (variedade verde e roxa) de *P. ixocarpa* (Tabela 1). Os descritores ATP, DC, CLF, LLF, LE e NFP foram significativos pelo teste t a 5% de significância para os tratamentos, apenas o descritor PMF que não foi significativo. Esses dados indicam a variação genética existente entre as variedades de *Physalis ixocarpa*, o que será de interesse para futuros trabalhos de geneticistas e melhoristas e base para o seguimento do programa de melhoramento com a espécie.

As maiores variações observadas dentre os descritores quantitativos foram altura total da planta (ATP), com variação de 32,46 cm a 92,41 cm e a maior média de 66,97 cm; largura do limbo foliar de 3,31 mm a 20,47 mm, com média de 12,66 mm; largura do entrenó de 3,54 mm a 18,66 mm, com média de 18,66 mm; comprimento do limbo foliar de 6,32 mm a 17,88 mm, com média de 11,42 e diâmetro do caule variando de 5,33 a 18,650, com média de 11,27 (Tabela 1).

O intervalo do coeficiente de variação (CV) variou de 13,93% (CLF) a 40,57% (NFP) (Tabela 1). Santos et al. (2021), ao avaliar a divergência genética e estimar os parâmetros genéticos de uma população de *P. ixocarpa*, relataram coeficiente de variação de 63,36% para o descritor NFP, valor superior ao encontrado neste estudo (40,57%). Lomelí et al. (2008), ao estimar os parâmetros genéticos da variedade Chapingo de *P. ixocarpa*, relataram valores de CV inferiores ao do presente estudo (19,3%).

Os valores para o CV refletem que há variação entre os resultados encontrados, sendo possível inferir que há variabilidade e heterogeneidade entre os genótipos de estudo e que estes são passíveis de exploração dentro do programa de melhoramento genético. O coeficiente de variação expressa a variabilidade existente dentro de um conjunto de dados e permite avaliar a precisão de experimentos. Valores de coeficientes de variação maiores que 30% indicam que há alta dispersão dos dados e que estes são heterogêneos (Silva, 2018). Valores de CV altos já eram esperados nesse estudo, visto que a espécie de estudo foi obtida a partir de polinização cruzada e ainda estão em processo de domesticação para as condições climáticas em Feira de Santana-Bahia.

Tabela 1. Análise de variância e valores mínimo e máximo para sete descritores quantitativos utilizados na caracterização de 10 acessos de uma população de meio-irmãos de *P.ixocarpa* sob condições climáticas da cidade de Feira de Santana-BA, 2024.

Fonte de Variação	GL	ATP	DC	CLF	LLF	LE	NFP	PMF
Blocos	4	54,19	5,71	13,13	9,10	5,97	0,48	8,23
Tratamentos	9	1080,62**	47,01**	31,79**	74,83**	34,93**	5,46**	17,11ns
Resíduo	36	138,30	5,30	2,53	7,12	6,40	0,98	8,71
Média		66,97	11,27	11,42	12,66	10,40	2,44	8,46
CV(%)		17,56	20,43	13,93	21,08	24,33	40,57	34,88
Valor mínimo		32,46	5,33	6,32	3,31	3,54	1,0	3,0
Valor máximo		92,41	18,5	17,88	20,47	18,66	6,0	14,0

** e * significativos a 5 e 1% de probabilidade; respectivamente; pelo teste de F ns não-significativo; pelo teste F. ATP= altura total da planta; DC, diâmetro do caule; CLF, comprimento da lâmina foliar; LLF, largura da lâmina foliar, LE, longitude do entrenó, NFP= número de frutos por planta e PMF= peso médio do fruto.

Foi utilizado o teste de Scott-Knott para verificar o agrupamento das médias das seis características quantitativas avaliadas. Para o descritor peso médio dos frutos (PMF), as médias não diferiram entre si agrupando-se em um mesmo grupo (Tabela 2).

Os acessos que apresentaram plantas mais altas (ATP) foram V51, R11, R21, R31 e R41, com alturas entre 72 a 83 cm. As plantas do acesso roxo se destacaram para essa característica, com exceção do acesso R51. As menores alturas de plantas (ATP) foram dos acessos V21 e V31 com alturas inferiores a 50 cm. As médias dos descritores DC, CLF e LLF, dividiram-se em três grupos. Para o descritor DC, apenas o acesso R11 apresentou maior espessura de caule, com quase 17 mm e a menor espessura de caule foram das plantas do acesso V31 (6,53 mm) (Tabela 2). Os descritores ATP e DC são descritores de importância, pois estão relacionados à maior sustentação do vegetal, trazendo benefícios como melhor manejo e condução das plantas e melhor sustentação em períodos de plena frutificação.

Tabela 2. Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott, para sete descritores quantitativos de *Physalis ixocarpa*, variedade verde e roxa.

ACESSOS	ATP (cm)	DC (mm)	LF (cm)	LF (cm)	LE (cm)	NFP(nº)	PMF (g)
V11	59,26 b	10,86 c	12,20 b	5,36 c	7,78 b	2,60 b	7,40 a
V21	42,65 c	13,14 b	9,56 c	12,47 b	9,26 b	4,00 a	6,20 a
V31	49,41 c	6,53 c	15,30 a	14,35 b	7,67 b	1,40 b	5,60 a
V41	57,66 b	10,37 c	12,89 b	8,58 c	10,19 b	2,20 b	11,40 a
V51	81,90 a	9,93 c	11,89 b	11,23 b	11,21 b	1,20 b	9,00 a
R11	81,37 a	16,96 a	12,39 b	12,85 b	9,81 b	3,80 a	10,20 a
R21	83,68 a	13,59 b	8,65 c	14,09 b	16,92 a	1,40 b	10,4 a
R31	78,61 a	13,71 b	14,45 ^a	18,80 a	11,91 b	1,80 b	8,00 a
R41	72,77 a	9,21 c	8,53 c	11,84 b	9,29 b	3,60 a	7,80 a
R51	62,41 b	8,46 c	8,34 c	17,06 a	9,95 b	2,40 b	8,60 a

ATP= altura total da planta; DC= diâmetro do caule; CLF= comprimento da lâmina foliar; LLF= largura da lâmina foliar, LE= longitude do entrenó, NFP= número de frutos por planta e PMF= peso médio do fruto. Letras iguais= médias não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os acessos com os maiores comprimentos de lâmina foliar foram V31 (15,30) e R31(14,45) e os menores comprimentos foliares foram dos acessos V21 (9,56), R21 (8,65), R41 (8,53) e R51 (8,34). Os acessos R31 e R51 tiveram folhas mais largas, com valores de 17,06 a 18,80 mm. Maiores medidas foliares são interessantes na espécie, visto que as folhas são estruturas vegetais de grande importância para a produtividade vegetal, estando diretamente relacionadas à atividade fotossintética (Souza et al., 2014). As médias dos descritores LE e PMF se dividiram em dois grupos. Para o descritor LE, o acesso R21 se destacou com média superior em relação aos demais (16,92 cm) conferindo às plantas desse acesso, galhos mais compridos.

No descritor NFP, as maiores médias foram dos acessos V21, R11 e R41, variando de 3 a 4 frutos por planta. Já as médias do descritor PMF não diferiram estatisticamente entre si de acordo o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, variando de 5,60 a 11,40 g (Tabela

1). Os descritores número de frutos por planta e peso médio do fruto são de grande importância no manejo da espécie (Silva, 2018). Lomelí et al. (2004) e Santos et al. (2021) obtiveram valores superiores para massa de frutos da variedade *P. ixocarpa*, 33,8 g e 74,22 g, respectivamente, sendo superiores aos valores apresentados nesta pesquisa.

Todas as características quantitativas avaliadas apresentaram variação genética superior à variação ambiental. O coeficiente de variação genética variou de 38,79% (NFP) a 20,50 % (ATP) e comprovam a existência de variabilidade genética dentro da população, assim, quanto maior o valor de CVg, maior será a efetividade da seleção e a possibilidade de ganho genético (Santos et al. 2021).

Tabela 3. Parâmetros genéticos e valores mínimos e máximos para caracteres quantitativos e qualitativos de *Physalis ixocarpa*, variedades verde e roxa.

Parâmetro	ATP	DC	LF	LLF	LE	NFP
s ² F	216,13	9,40	6,36	14,97	6,99	1,09
s ² A	27,66	1,06	0,51	1,42	1,28	0,20
s ² G	188,46	8,34	5,85	13,54	5,71	0,89
CVg (%)	20,50	25,62	21,18	29,06	22,97	38,79
CVg/Cve	1,167	1,25	1,52	1,38	0,94	0,96
h ² (%)	87,20	88,72	92,03	90,48	81,66	82,04

Descritores quantitativos: ATP= altura total da planta; DC =diâmetro do caule; CLF = comprimento da lâmina foliar; LLF= largura da lâmina foliar, LE= longitude do entrenó, PMF= peso médio do fruto e NFP= número de frutos por planta. S²F= variância fenotípica; s²A= variância ambiental; s²G= variância genotípica; CVg= coeficiente de variação genética; Cve= coeficiente de variação ambiental; h²(%), herdabilidade no sentido amplo.

Lomelí et al. (2008), ao estimar parâmetros genéticos de uma variedade CHF1 – Chapingo de tomate com casca, obtida após seis ciclos de seleção, relataram coeficiente de variação genética aditiva (Cva) para o descritor ATP de 9,6%. Os autores ainda relatam, que a pouca variabilidade genética aditiva apresentada por este descritor, pode estar relacionada aos consecutivos ciclos de seleção, reduzindo a variância aditiva e o valor do coeficiente. O valor

encontrado para o mesmo descritor nesta pesquisa foi de 20,50%, valor superior ao encontrado por Lomelí et al. (2008), visto que a população de meio-irmãos utilizada nesta pesquisa foi obtida com apenas um ciclo de seleção.

O descritor NFP nesta pesquisa (38,79 %), apresentou valor de CVg superior ao encontrado por Lomelí et al. (2004, 2008), de 29,6 e 14,9%, respectivamente, ao trabalhar com famílias de meio-irmãos de *P. ixocarpa*. O valor de CVg para o descritor número de frutos por planta (NFP) encontrado neste estudo, é mais próximo ao obtido por Maldonado et al., (2002) (32,7%), ao trabalhar com famílias de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, sugerindo que o melhoramento genético a partir deste descritor é favorável e passível para explorar da variância aditiva. Já Orellana (2021), obteve dados bem superiores ao desse estudo, ao avaliar o Cvgi para o descritor NFP (101,573 %), ao trabalhar com progênies de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, visto que a população de estudo é composta por progênies de meio-irmãos e oriunda de vários ciclos de seleção.

Os dados de CVg permite inferir que é possível avançar no melhoramento genético a partir da seleção de famílias de meio-irmãos, possibilitando assim um maior controle ambiental e maior exploração da variância aditiva (Lomelí et al. 2004). Considerando que o estudo de caracterização morfoagronômica com a *P. ixocarpa* em condições climáticas da cidade de Feira de Santana-Bahia ainda são incipientes, torna-se importante a realização de estudos subsequentes visando melhor compreender o comportamento dessas características avaliadas após vários ciclos de seleção.

Os valores de herdabilidade (h^2) estimados foram altos para os caracteres quantitativos avaliados, variando de 81,66 a 92,03 %, sendo o caractere CLF (92,03%) com maior estimativa de herdabilidade (Tabela 3). Esses valores são significativamente altos e capazes de expressar a variabilidade genética dos acessos estudados. Em contrapartida, Caetano (2020) em concordância com outros autores cita que baixas estimativas de herdabilidade são comuns em características quantitativas devido a grande influência ambiental, sendo estas particulares a cada população estudada, levando em consideração as condições do ambiente de cultivo e a base genética dos materiais analisados.

Lomelí et al. (2004) ao estimarem os parâmetros genéticos de famílias de meio-irmãos da variedade Verde Puebla de *P. ixocarpa*, fruto de apenas um ciclo de seleção, obtiveram valor de herdabilidade de 53,6% para o descritor de número de frutos por planta. Ao trabalharem com a mesma espécie, os autores Lomelí et al. (2008) estimaram os parâmetros genéticos para a variedade Chapingo, obtida após seis ciclos de seleção, obtendo valor de

herdabilidade para o descritor de NFP de 46,6%, valor inferior ao encontrado para a variedade Puebla em 2004.

Lomelí et al. (2020) ao avaliarem a continuidade do melhoramento genético em uma população de 200 famílias de meio-irmãos maternos de *P. ixocarpa* da variedade Gema, resultado do cruzamento entre as variedades Puebla e CHF1-Chapingo, encontram valor de herdabilidade para o descritor número de frutos por planta (NFP) de 32,03 %, este valor é inferior ao das duas variedades originárias da variedade Gema.

Ainda de acordo Lomelí et al. (2020) a comparação entre essas diferentes populações está relacionada a origem e as melhorias que estas sofreram em seu processo de melhoramento genético, visto que a variedade Puebla foi avaliada após um ciclo de seleção e a variedade Chapingo foi avaliada após seis ciclos de seleções, o que pode reduzir a variância aditiva destes indivíduos avaliados. Com isso, acredita-se que o fato da variedade Gema apresentar coeficiente de herdabilidade superior às variedades que lhe originaram, é devido ao efeito ambiental, sendo que se esses efeitos se tornarem maiores, o coeficiente de herdabilidade será menor.

Dito isto, os dados de herdabilidade encontrados neste estudo para o mesmo descritor são superiores (82,06%) aos obtidos por outros autores com diferentes variedades da espécie *P. ixocarpa*. Contudo, é relevante comentar que a espécie de estudo é composta por progênes de meio-irmãos e obtidas sob polinização cruzada, a avaliação dessas famílias superestima a variância fenotípica, já que esta pode conter uma proporção de irmãos completos, o que pode refletir em altos valores de CV altos (Lomelí et al., 2008).

Valores significativos de herdabilidade indicam que grande parte dessa variância genética está relacionada aos efeitos genéticos aditivos, sendo refletidos nas subseqüentes gerações de meio-irmãos (Orellana, 2021). Assim, quanto menor o efeito ambiental em determinada característica, maior será o seu coeficiente de herdabilidade, influenciando diretamente na expressão fenotípica no processo de seleção e na obtenção de indivíduos com características superiores. No presente estudo, todos os descritores avaliados (ATP, DC, CLF, LLF, LE, NFP) apresentaram valores acima de 80% para herdabilidade, se mostrando promissores na obtenção de ganhos por seleção.

Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 4), medindo a relação existente entre esses descritores.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Pearson para descritores quantitativos de 10 progênies de *Physalis ixocarpa*, variedades verde e roxa.

Descritores	TP	C	LF	LF	E	FP
ATP	.	4422	.106	2368	6391 *	.2571
DC	.	.	.0441	0836	4112	4045
CLF	.	.	.	.02	.332	.3682
LLF	.	.	.	.	3453	.186
LE	.	.	.	.	.	.4078
PF	.	.	.	.	.	.1278
NFP	.	.	.	.	.	.

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente; caso contrário é não significativo. Altura total da planta (ATP), diâmetro de caule (DC), comprimento da lâmina foliar (CLF), longitude da lâmina foliar (LLF), longitude do entrenó (LE) e número de frutos por planta (NFP).

Nesse estudo, houve correlação alta e significativa entre ATP e LE (0,6391*), indicando que quanto maior a altura da planta, mais compridos serão os galhos, ocasionando na formação de copa (Tabela 4). Lomelí et al. (2020) citam que a obtenção de correlação positiva, alta e significativa entre caracteres, indicam que estes possuem associação entre si, portanto, o melhoramento pode ser direcionado em apenas um destes caracteres e este irá influenciar diretamente na média do outro caractere.

Assim, a correlação positiva e significativa como exemplo da correlação entre ATP e LE, é importante dentro do programa de melhoramento genético da espécie, visto que plantas altas apresentaram galhos comprimidos. Lomelí et al. (2008) relatam que plantas de porte

alto e galhos compridos da variedade CHF1-Chapingo da espécie *P. ixocarpa*, estão relacionadas ao hábito de crescimento do tipo semiereto. Os descritores altura de plantas e comprimento dos ramos foram critério de seleção de plantas, levando a eliminação de indivíduos com porte ereto e ramos longos que se quebravam no período de frutificação. Dito isto, é relevante compreender a relação existente entre esses descritores no presente estudo (ATP e LE), avaliando o seu impacto nessa espécie, principalmente em períodos de plena produção vegetal.

Pelo método de Tocher, cinco grupos de progênies foram formados (Tabela 5). O Grupo I englobou a maioria das progênies (60%) indicando que existe maior similaridade entre os acessos desse grupo. O grupo I foi composto pelas progênies V21, R41, R21, V11, R31 e V41 com características em comum como plantas de estatura média a alta e frutos com os maiores pesos; Grupo II: composto apenas pelo acesso R11 teve plantas com as maiores alturas (69-92 cm) e maior espessura caular (14-18 cm); Grupo III: composto pelo acesso V51 possui plantas altas, com folhas largas e compridas.

Tabela 5 – Grupos de similaridade genética de dez progênies de *P. ixocarpa*, estabelecidas pelo método de Tocher, utilizando as distâncias euclidianas genéticas médias como medida de dissimilaridade e considerando sete caracteres quantitativos.

Grupos	Acessos					
I	21	41	21	11	31	41
II	R11					
III	V51					
IV	R51					
V	V31					

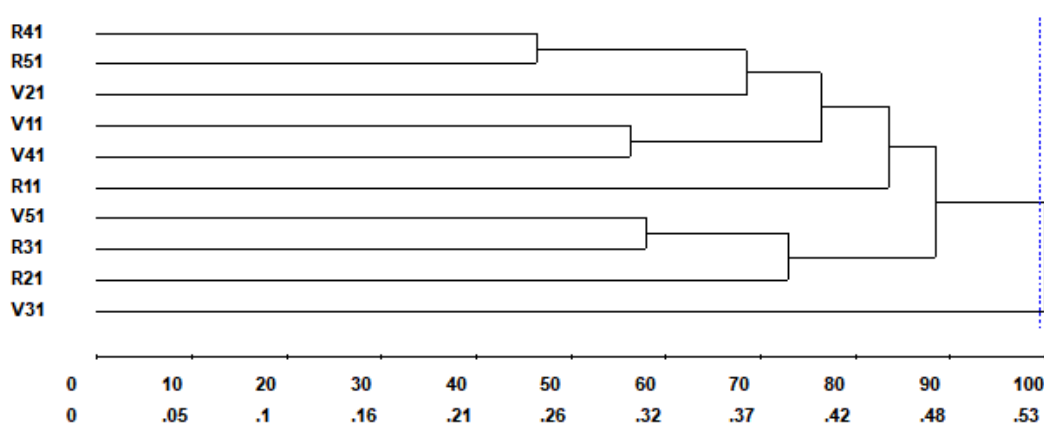
Fonte: Elaborada pela autora

O grupo IV: composto pela progênie R51 tem plantas de porte mediano e folhas pequenas e o grupo V: composto pelo acesso V31 se destaca dos demais por apresentar plantas com as menores alturas (32-64 cm) e frutos de menor peso. De acordo Orellana (2021), com base no objetivo do programa de melhoramento genético de determinada espécie, comumente

é indicado o cruzamento de indivíduos de grupos diferentes, visto que o cruzamento entre indivíduos do mesmo grupo reduzem a variabilidade genética e a obtenção de genótipos superiores.

As dez acessos de meio-irmãos foram agrupadas pelo método hierárquico UPGMA (Figura 3). Foi observada a formação de dois grupos, sendo o Grupo I composto pela maioria dos acessos (R41, R51, V21, V11, V41, R11, V51, R31, R21) e o Grupo II formado por apenas um acesso (V31). As análises com base nos métodos Tocher e UPGMA, apresentam resultados semelhantes no agrupamento e similaridade entre os acessos V21, R41, R21, V11, R31 e V41, como também na separação do acesso V31 em relação aos demais.

Figura 3 – Agrupamento hierárquico de *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa, usando o método de grupo de pares não ponderados com média aritmética (UPGMA), para dez progênes (cinco verdes e cinco roxos).



Fonte: Elaborada pela autora

O método de Tocher foi mais sensível na diferenciação das progênes com maior diversidade, sendo cinco grupos formados através do método Tocher e apenas dois grupos formados através do método UPGMA. Resultados similares foram obtidos por Santos et al. (2021) e Orellana (2021) ao trabalharem com *Physalis ixocarpa*, obtendo maior eficácia na diferenciação entre os acessos através do método Tocher em relação ao método UPGMA. Dessa forma, os dois métodos utilizados são capazes de indicar possíveis cruzamentos prom-

issores, visando à obtenção de híbridos de interesse, destacando o agrupamento apresentado pelo método de Tocher para os acessos R11, V51, R51 e V31, que foram divergentes entre si.

Diante disto, é importante observar a alta diversidade genética apresentada pelo acesso V31 identificada pelos dois métodos (Tocher e UPGMA) e assim sugerir cruzamentos promissores, visando à obtenção de genótipos superiores, como exemplo, o cruzamento com plantas dos acessos R11, V51 e R51 que foram divergentes e colocadas em grupos distintos pelo método de Tocher e os demais acessos (V21, R41, R21, V11, R31 e V41) que foram colocados no mesmo grupo.

Os dados qualitativos foram avaliados quanto o nível de entropia de Renyi. O termo entropia permite avaliar o grau de aleatoriedade existente dentro de um sistema físico, sendo utilizado para avaliar a uniformidade e a diversidade dentro de uma população. Logo, o aumento da desordem em um sistema, o maior número de classes fenotípicas a serem avaliadas em um descritor e quanto mais equilibradas for à proporção entre essas frequências, maior será ao aumento no grau de entropia (Padilha, 2017).

Os descritores qualitativos, suas classes fenotípicas, frequência percentual em cada um dos acessos e o nível de entropia de Renyi são apresentados na Tabela 6. Os cinco descritores qualitativos avaliados neste estudo apresentam altos níveis de entropia, indicando variabilidade genética entre os acessos. Os maiores valores de entropia foram verificados para os descritores hábito de crescimento (0,86), forma da margem foliar (0,86), forma do fruto (0,86), cor do caule (0,84). O descritor de forma do ápice foliar (0,80) foi o que apresentou o menor valor em relação aos demais.

Mais da metade dos acessos (54%) apresentaram hábito de crescimento do tipo prostado, 44% dos acessos têm crescimento do tipo ereto e apenas uma pequena variabilidade nos acessos (2%) possuem crescimento do tipo semiereto. A maioria dos acessos possui forma do ápice foliar agudo (86%) e apenas 14% dos acessos tem ápice foliar do tipo apiculado.

Quanto à cor do caule, a maioria dos acessos apresenta caule de cor roxa (70%) e apenas 30% tiveram caule de cor verde. Carlos (2024) cita que a coloração do caule tem relação com a presença de clorofila, contribuindo para fotossíntese, caules de coloração marrom indicam potencial de lignificação e presença de compostos de defesa. Além disso, essa característica pode estar relacionada à proteção contra herbívoros. Dito isso, é de relevância estudos voltados a melhor compreensão dessas características de coloração de caule em espécies de *Physalis ixocarpa*, variedades verde e roxa.

Descritores como a formato do fruto e forma da margem foliar mostraram uma distribuição equilibrada entre as classes avaliadas. Metade dos acessos tiveram frutos com formato redondo e folhas com margens serradas e a outra metade frutos com formato de coração e margem foliar do tipo ondulada. A característica de formato do fruto é de importância e foco de estudo dos fitomelhoristas, que buscam obter frutos com formato regular visando a melhor aceitação do mercado consumidor (Conceição, 2019).

Silva (2018) obteve resultado diferente ao do presente estudo, ao estudar a diversidade genética e avaliar o nível de entropia para o descritor de forma do ápice foliar (FAF) em acessos de *Physalis angulata*. Foi relatado que este descritor apresentou nível igual à zero para entropia, indicando ser um descritor monomórfico, ou seja, apresentando uma frequência de 100%, onde todos os acessos estudados foram classificados em uma mesma classe para determinado descritor, sendo assim considerado um descritor descartado, não sendo possível de determinar a variabilidade genética da espécie.

Tabela 6 – Descritores qualitativos avaliados, categorias fenotípicas (classes), frequência percentual e nível de entropia dos dez acessos de *P. ixocarpa*, variedades verde e roxa estudados.

Descritores	Sigla	Classes	Frequência Percentual (%)	Nível de Entropia (H)
Habito de crescimento	HC	1-Ereto	44%	0,86
		2-Semiereto	2%	
		3-Prostado	54%	
Cor do caule	CC	1-Verde	30%	0,84
		2-Roxo	70%	
Forma da margem foliar	FMF	1-Serrada	52%	0,86
		2- Ondulada	48%	
		3-Sinuada	-	
Forma do ápice foliar	FAF	1-Agudo	86%	0,80
		2-Apiculado	14%	
		3-Acuminado	-	
Formato do fruto	FF	1 – Redondo	50%	0,86
		2- Ligeiramente achatado	-	
		3-Achatado	-	
		4-Forma de coração	50%	

Fonte: Elaborada pela autora

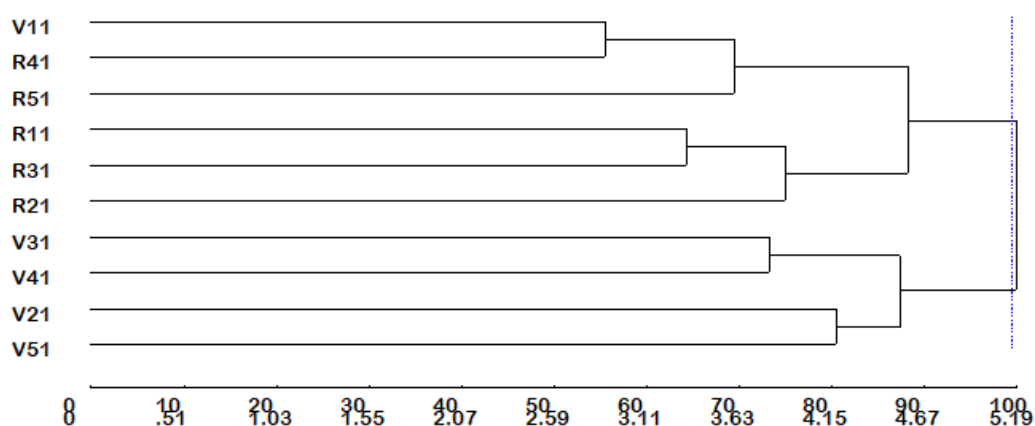
Os descritores hábito de crescimento (0.69), cor do caule (0.69), forma da margem foliar (0.45), forma do fruto (0.64), foram selecionados apresentando bom desempenho na quantificação de divergência genética, com altos valores para o nível de entropia. É possível inferir que os descritores qualitativos utilizados neste estudo foram eficientes e apresentaram bom desempenho, mostrando a existência de divergência genética entre os acessos de *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa.

Conceição (2019) ao estudar a diversidade genética a partir da seleção de descritores quantitativos e qualitativos obteve valores superiores para os descritores formato do fruto ($H=2,14$) e cor do caule ($H=1,12$). Esses altos valores foram diretamente associados a grande quantidade de classes fenotípicas avaliadas e ao equilíbrio entre a frequência dos acessos nessas classes, indicando que há variabilidade genética entre os acessos de mamoeiro.

Padilha (2017) em concordância com outros autores cita que os diferentes valores obtidos ao avaliar o nível de entropia em determinados caracteres, podem estar relacionados aos métodos de seleção dos agricultores ao longo dos anos. Assim, características de interesse eram amplamente selecionadas, refletindo em baixos níveis de entropia para esses descritores. E características que não apresentavam interesse agrônômico, ou que não eram atrativas, eram conscientemente ou inconscientemente descartadas pelos agricultores, refletindo atualmente em altos níveis de entropia e gerando variabilidade genética para as espécies.

Foi observada a formação de dois grandes grupos (Figura 4): grupo I (GI), composto por 60% das progênies, V11, R41, R51, R11, R31 e R21. Subgrupos foram formados dentro do grupo I, os acessos V11, R41 e R51, apresentaram caule com coloração roxa, frutos redondos, folhas com margem foliar ondulada e galhos pequenos, devido as menores medidas entrenós.

Figura 4 – Dendograma de dissimilaridade genética entre dez acessos de *P. ixocarpa* variedade verde e roxa, resultante do agrupamento pelo método UPGMA, com base no algoritmo de Gower (1971), através de sete variáveis quantitativas e cinco qualitativas.



Os acessos R11, R31 e R21 apresentaram em comum ápice foliar do tipo agudo, plantas com crescimento ereto, semiereto e prostrado e altura acima da média para esse descritor ($> 66,00$ cm). O grupo II (GII) foi formado pelos acessos V31, V41, V21 e V51 e também foram formados subgrupos (Figura 4). Os acessos V31 e V41 se agruparam, apresentando como característica em comum o formato redondo dos frutos e caule de coloração roxa, já os acessos V21 e V51, possuíam frutos com formato de coração, caule roxo e plantas com crescimento semiereto.

O agrupamento em conjunto revelou as progênes correspondentes a cada variedade em grupos distintos, com exceção do acesso V11 que apresentou semelhança com os acessos da variedade roxa. De modo geral, os acessos da variedade roxa (R11, R21, R31, R41 e R51) se desenvolveram melhor do que as da variedade verde, considerando o local e condições de cultivo. Os acessos da variedade verde (V11, V21, V31, V41 e V51) apresentam em sua maioria, progênes de média a baixa estatura, principalmente quando comparadas com as da variedade roxa.

Tabela 4 – Agrupamento de dez acessos de *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa pelo método de Tocher, com base na distância de Cole-Rogers, considerando cinco caracteres qualitativos.

Grupo	Acessos				
I	V21	R11	R21	V51	R41
II	V31	R31	R51		
III	V11	V41			

Fonte: Elaborada pela autora

Tomando por base a matriz de distâncias entre os descritores qualitativos, os acessos se agruparam em três grupos distintos pelo método de otimização de Tocher. Dos dez acessos estudados, 50% dos acessos se agruparam no grupo I (V21, R11, R21, V51 e R41) e o restante se agrupou no grupo II (V31, R31 e R51) e grupo III (V11 e V41). Ambos os métodos (UPGMA e Tocher), concordam na similaridade existente entre os acessos V21 e V51 e R11 e R21 que se agrupam em subgrupos. A partir do método de Tocher, é possível obter uma maior discriminação entre os acessos avaliados, pois este método é influenciado

pela distância existente entre os acessos, considerando a maior entre as menores distâncias da matriz de dissimilaridade (Orellana, 2021).

4 CONCLUSÕES

Os descritores ATP, DC, CLF, LLF, LE e NFP apresentaram variabilidade genética e os coeficientes de herdabilidade apresentaram alta magnitude, indicando que os descritores têm altas chances de sucesso na seleção, sendo então alvos para o melhoramento da espécie *P. ixocarpa*.

O método de Tocher e as técnicas multivariadas UPGMA foram eficientes na identificação das progênes com maior similaridade e maior divergência genética.

Os dados qualitativos foram eficazes na comprovação da divergência genética entre os acessos de *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa, apresentando altos níveis de entropia.

4 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. M., et al. – PIMENTAS *Capsicum L.*: Conservação dos Recursos Genéticos, caracterização morfológica e citogenética e sequenciamento genômico (parte ii). Novembro de 2020, <https://doi.org/10.22533/at.ed.5252004115>.
- CAETANO, A. S. Herança da resistência de *Solanum lycopersicum* A. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Dissertação (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2020.
- CARLOS, R. E. S. **Patrimônio genético do inhame (*dioscorea ssp.*) Em angola: avaliação da diversidade genética e multiplicação de túberas-sementes**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias – Fitotecnia) – Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia _ UFRB, Cruz das Almas – BA, 2024.
- CONCEIÇÃO, A. L. S. **Novas estratégias de seleção de descritores e comparação de métodos de agrupamento hierárquicos e não hierárquicos em acessos de mamão (*carica papaya l.*)** Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas – Cruz das Almas, BA, 2019.
- CRUZ, C.D. Genes: um pacote de software para análise em estatística experimental e genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- GOWER, J. C. A general coeficiente of similarity and some of its properties. *Biometrics*, p. 857-871, 1971.
- GUERRERO-ROMERO, F.; SIMENTAL- MENDÍ, LE; ROSAS, MIG; SAYAGO-MONREA, VI; CASTRO, JM; GAMBOA-GÓMEZ, CI Efeitos hipoglicêmicos e antioxidantes dos extratos de cálices de tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista de Bioquímica Alimentar**, v. 45, n. 4, e13678, 2021.
- LOMELÍ, A. P.; CONTRERAS, A. M.; PÉREZ, M. E. R.; CARBALLO, A. C.; PÉREZ, J. E. R.; MALDONADO, M. M. Parâmetros genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Variedad Verde Puebla. **Revista Fitotecnia Mexicana**, México, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2004.
- LOMELÍ, A. P.; GALÁN, J. D. M.; CASTELLANOS, J. S.; CERECERES, J.O.; SÁNCHEZ, F. M.; SANTANA, T. C.; HERNÁNDEZ, J. F. S. Parâmetros genéticos na la 53elhorist CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 14, p. 5-11, 2008.
- LOMELÍ, A. P. et al. Desempenho agronômico de variedades de tomate de cáscara na invernadero y campo 53elhor. **Revista Fitotecnia Mexicana**, México, v. 37, n. 4, p. 381- 391, 2014.
- LOMELÍ, A. P et al. Parâmetros genéticos da população de tomate casca Gemma (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). **Na. Chapingo Ser.Hortic** vol.26 no.2 Chapingo Mai/Ago. 2020 Epub 15 de maio de 2020.

MALDONADO, M. M.; PEÑA-LOMELÍ, A., SAHAGÚN-CASTELLANOS, J., RODRÍGUEZ-PÉREZ, JE, & MORA-AGUILAR, R. (2002). Variância aditiva, herdabilidade e correlações na variedade M1-Fitotécnica de tomate com casca (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25 (3), 231-237. Obtido em <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/25-3/1ª.pdf>

MOJENA R. Hierarquical grouping method and stopping rules: na evaluation. *Computer Journal*, v. 20, p. 359-363, 1977.

NA, R. **Siembra, soporte, poda y fertilización. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2000, p. 41-49.

ORELLANA, J. S. T. **Uso de metodologias de modelos mistos no melhoramento genético em progênes de *Physalis ixocarpa* Brot. Visando incrementar a produção de frutos**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, 2021.

PADILHA, H. K. M. **Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*, Solanaceae): diversidade genética, resistência à antracnose e produção de metabólitos especializados**. Tese (Doutorado) _ Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

SANTOS, K. S. **ESTUDO GENÉTICO E ASPECTOS REPRODUTIVOS EM ESPÉCIES DO GÊNERO *PHYSALIS***. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

SANTOS, K. S. et al. **Diversidade genética de *Physalis ixocarpa* e *P. philadelphica* a partir de características físico-químicas de frutos**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.56, e01534 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01534>.

SANTOS, F. M.E.; SOARES, J. M.; LÓPEZ, J. E. E.; SANTOS, S. G. F.; SILVA, I. J.; SILVA, L. J.-Mesa de gravidade e imagens de raios X como estratégias para o processamento e controle de qualidade de sementes de *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem. *Revista de Ciência de Sementes*. J. Seed Sci. 47 • 2025. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v47292999>.

SIAP - SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. **Anuario Estadístico de la producción agrícola**. 2021.

SILVA, H. K. **SELEÇÃO DE DESCRITORES E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE *FISÁLIS* (*Physalis angulata* L.)** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

SILVA, A. C. P. **Estimativa de parâmetros genéticos para características de Resistência ao *meloidogyne 54elhorist* em alface**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Pato de Minas – MG, 2021.

SOUZA, R. B.; SILVA, J. S.; OLIVEIRA, U. C. S. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de plantas de alecrim cultivadas sob telas coloridas. *Revista Bioscience Journal*. Uberlândia, v. 30, n.1, p. 232-239, 2014.

TOMASSINI, T.C.B.; BARBI NS, Ribeiro IM, Xavier DCD. **Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides**. *Química Nova*. 2000;23:47-57.

TOMASSINI, T. C. B.; SANTOS, J. A. A.; TEIXEIRA, V. L.; LOPES, D. X.; RIBEIRO, I.

M. Verification of the Molluscicide Activity of *Physalis angulata* Extracts on *Biomphalaria tenagophila* under Laboratory Conditions. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, v. 98, n. 3, p. 425-428, 2003.

YANG, Y.; XIANG, K.; SUN, D.; ZHENG, M.; SONG, Z.; LI, M.; WANG, X.; LI, H.; CHEN, L. Withanolides from dietary tomatillo suppress HT1080 cancer cell growth by targeting mutant IDH1. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v. 36, e116095, 2021.

Capítulo 2

Herança Genética para cor do fruto em população de retrocruzamento de *Physalis ixocarpa* Brot., variedade verde e roxa

Feira de Santana – Bahia

2025

RESUMO

Physalis ixocarpa Brot. Hormen é uma frutífera com grande potencial de uso em áreas como a fitoterapia e culinária, devido à presença de compostos fenólicos importantes e presença de inúmeras vitaminas. Conhecida popularmente como “tomatillo”, essa espécie pertence ao gênero *Physalis* e família Solanaceae. Este gênero possui espécies com variabilidade genética, a exemplo da *P. Ixocarpa*, com frutos de coloração roxa e verde. Bastante utilizada no México, onde é o seu centro de origem, é utilizada na culinária no preparo de molhos e pratos típicos e no tratamento de diversas doenças. O presente trabalho tem como objetivo determinar os padrões de herança genética e as interações alélicas existentes para a expressão da coloração dos frutos de *Physalis ixocarpa*, visando melhor compreender características de importância econômica e inserir frutos com características desejáveis no mercado nacional. O estudo ocorreu a partir de cinco progênies verde e cinco progênies roxa de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, obtidas sob polinização livre no Horto Florestal da UEFS e previamente já cultivadas. Foram realizados cruzamentos e retrocruzamentos com as progênies e após a obtenção da população de retrocruzamento foi realizado o estudo da herança genética para coloração dos frutos. Os frutos obtidos nas duas gerações F1 e retrocruzamentos apresentaram padrão de coloração roxa com diferentes intensidades, indicando uma herança do tipo quantitativa com ação de um par de genes. A partir dos resultados obtidos, inferiu-se a herança para coloração roxa dos frutos de *Physalis ixocarpa*, apresentando um desvio no padrão de segregação da geração de retrocruzamento do tipo 3:1.

Palavras-chave: Padrões de segregação. Hortaliças. Incompatibilidade. Variabilidade Genética.

1 INTRODUÇÃO

O “tomatillo” ou “tomate com cáscara” (*Physalis ixocarpa* Brot.) é uma pequena hortaliça originária do México e pertencente à família Solanaceae. A principal característica da espécie são os seus frutos esféricos de coloração verde ou roxa, recobertos por uma espécie de cálice e sabor agri-doce (Silva, 2016). Rica em compostos ativos de interesse farmacêutico, a espécie é bastante utilizada na medicina mexicana como diurético (folhas e raízes) e no tratamento de dores estomacais, faringites e distúrbios gastrointestinais (Hernandez e Yanez, 2009).

Além das suas propriedades farmacológicas, a espécie possui elevado conteúdo nutracêutico, tornando-a atrativa para o mercado alimentício. Ocupando o quarto lugar entre as hortaliças mais cultivadas no México, a *P. ixocarpa* possui grande importância econômica no país, sendo amplamente cultivada e utilizada no preparo de molhos e pratos regionais (Tanan, 2015). A espécie apresenta grande variabilidade genética, visto que o México é considerado como o seu centro de origem, onde são encontradas variedades nativas que são utilizadas e conservadas por produtores locais (Tanan, 2015).

De acordo Muniz et al. (2011), nos últimos anos o cultivo de pequenas frutas tem despertado o interesse de produtores, comerciantes e consumidores. Apesar de incipiente, o cultivo dessas frutas traz grandes vantagens, devido ao seu relativo baixo custo para produção e implantação e boa adaptação às condições socioeconômicas e ambientais, acessível para os pequenos produtores, necessitando de bastante mão de obra e gerando renda e emprego para o campo.

A *P. ixocarpa* Brot. se destaca, apresentando variabilidade genética, podendo ser explorada em programas de melhoramento, visando a sua introdução no comércio nacional de pequenas frutas. A variabilidade encontrada na espécie está presente em populações silvestres coletadas e não coletadas e em variedades crioulas e populações melhoradas (Orellana, 2021).

No México, existem alguns Bancos de Germoplasmas, que visam o resgate de variabilidade vegetal onde espécies são conservadas no modo *ex situ*. Algumas variedades nativas locais utilizadas pelos agricultores são conservadas no modo *on farm*. Nesse sentido, é possível destacar a variabilidade na espécie para a coloração de frutos, podendo apresentar-se nas cores verdes ou roxos, servindo como um marcador fenotípico importante para serem explorados no programa de melhoramento.

O estudo da herança das características de importância agrônômica é fundamental nos programas de melhoramento, tendo os resultados uma grande relevância para a melhoria dos atributos de valor comercial. Maciel e Silva (2008) relatam que estudar características herdáveis e de importância econômica em espécies vegetais é de grande relevância para os fitomelhoristas. O conhecimento acerca dos genes envolvidos na determinação de características, sua interação e localização no cromossomo permite aos melhoristas melhor condução da população de estudo, determinando as plantas que possuem características desejáveis ao mercado. O desenvolvimento e a inserção de novas cultivares no mercado estão estreitamente relacionados à habilidade do melhorista em obter frutos com sabor e pigmentação que sejam de interesse dos consumidores (Costa et al. 2000).

Dentre os alvos dos programas de melhoramento genético de espécies vegetais, a coloração dos frutos é um dos descritores amplamente estudados, onde os melhoristas buscam alcançar maior uniformidade na coloração dos frutos comerciais. Com isso, diversos estudos têm sido direcionados para melhorar a uniformidade de coloração dos frutos em diversas espécies comerciais e potenciais, em especial as do gênero *Solanum* que possuem grande diversidade genética (Costa et al., 2000; Lasmar, 2010; Fonseca, 2016; Lasmar et al., 2022).

Segundo Lomelí et al. (2008) ainda não foi realizado melhoramento genético em larga escala com o tomate de casca, e a seleção massal é considerada um bom método de obter avanços significativos. No entanto, a seleção recorrente pode alterar a variabilidade genética da população e dessa forma é imprescindível estimar os parâmetros genéticos das populações submetidas a melhorias, visando manter ou aumentar o avanço genético sempre que apropriado. De acordo Lomelí et al. (2020), os métodos de melhoramento mais adequados para o tomatillo são a seleção massal, seleção de famílias de meio-irmãos e a seleção combinada de meio-irmãos.

O estudo da herança para a cor do fruto em *P. ixocarpa* é pioneiro no programa de melhoramento da UEFS, e possibilitará avanços no melhoramento da espécie, direcionando estratégias para exploração comercial. Logo, tornam-se necessários maiores estudos sobre a herança genética a respeito da variabilidade para cor de frutos (verde/roxo) da espécie, compreendendo assim as suas características e interações alélicas envolvidas na expressão desse caráter.

Trabalhos de melhoramento já vêm sendo desenvolvidos pela Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, onde estão depositadas progênies de meio-irmãos de *P. ixocarpa*, variedade verde e roxa, oriundos dos Estados Unidos e Brasil. Os acessos armazenados nestes

bancos estão sendo utilizados em pesquisas com o objetivo de explorar o seu potencial alimentício, medicinal e resistência a estresses bióticos e abióticos. Nesse sentido, o estudo da herança será importante para o programa de melhoramento. Essas etapas permitirão avanços no programa de melhoramento da espécie, viabilizando a obtenção de materiais adaptados, fornecendo uma nova alternativa para os produtores da região Semiárida.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar os padrões de herança genética e as interações alélicas existentes para a expressão da coloração dos frutos de *Physalis ixocarpa*, visando melhor compreender características de importância econômica e inserir frutos com características desejáveis no mercado nacional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo ocorreu a partir de uma população de meio-irmãos de *P. ixocarpa* variedades verdes e roxas, oriundas de São Paulo-Brasil, obtidas por compra online. As progênies utilizadas passaram por um ciclo de seleção via polinização livre, originando os acessos utilizados nesta pesquisa e que está em processo de domesticação em condições climáticas da região de Feira de Santana-Bahia. O cultivo das progênies ocorreu em propriedade de zona rural da cidade de Feira de Santana-BA, no Estado da Bahia (coordenadas -12.232799, -38.977034 e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen).

O experimento ocorreu em duas áreas: área 1, com variedades verdes e área 2, com variedades roxas. As áreas de cultivo estavam a 40 metros de distância, buscando evitar a polinização por abelhas, tendo em vista que a espécie apresenta autoincompatibilidade gametofítica não sendo possível a ocorrência de autofecundação.

2.2. Obtenção da geração F1

Foi realizado o cruzamento controlado entre as progênies verde e roxa, além da caracterização dessas progênies. Na área 1, as progênies de frutos verdes eram as receptoras de pólen, vindos das progênies de frutos roxos; na área 2, as progênies de frutos roxos eram as receptoras de pólen das progênies de frutos verdes. A espécie é alógama obrigatória, portanto foram realizadas as polinizações controladas entre as variedades.

Nesses cruzamentos, 10 flores de genitores masculinos foram cobertas para polinizar 10 flores de cada genitor feminino. As flores de cada planta foram isoladas em sacos feitos de TNT, no início da floração, buscando suprimir cruzamentos indesejados. Com o desenvolvimento total das flores, foram iniciados os seguintes cruzamentos: cruzamento A, o pólen das plantas de frutos roxos (pai ♂) foi utilizado para fecundar as plantas de fruto verde (♀); cruzamento B, o pólen das plantas verdes (pai ♂) foi utilizado para fecundar as plantas de fruto roxo (♀).

Após a polinização, a flor foi novamente coberta com os sacos e estes recebiam uma identificação por cor referente à data, horário do cruzamento e quantidade de polinizações que foram realizadas. Os cruzamentos foram devidamente identificados. Após a maturação total

dos frutos, foi realizada a colheita, extração e beneficiamento das sementes e foram obtidas as plantas das gerações F1.

2.3. Obtenção dos retrocruzamento

A população de retrocruzamento foi composta a partir das duas gerações de híbridos F1. A geração F1 da área 1 (Progênie verde♀ x Progênie roxa♂) foi cruzada novamente com genitores verdes, onde as plantas F1 foram às receptoras de pólen verde (pai ♂) e deu origem a população de retrocruzamento RCA. Na área 2, as plantas da geração F1 (Progênie roxa♀ x Progênie verde♂) foram cruzadas com genitores roxos e as plantas F1 foram às receptoras de pólen roxo (pai ♂) e deu origem a população de retrocruzamento RCB.

Esses retrocruzamentos foram realizados no início do florescimento e os frutos obtidos foram avaliados quanto à ocorrência de hibridação genética. Todos os cruzamentos realizados seguiram o mesmo procedimento padrão, quanto à obtenção de mudas, tratos culturais e polinização manual. As plantas híbridas foram selecionadas para compor as populações de retrocruzamento em cada área (RCA e RCB). A colheita ocorreu com as plantas selecionadas e após o amadurecimento dos frutos, as sementes foram extraídas e beneficiadas. As sementes provenientes dos dois retrocruzamentos foram semeadas para produção de mudas e os frutos resultantes foram avaliados quanto à coloração.

2.4. Estabelecimento em campo e manejo

Todas as sementes obtidas a partir de cruzamentos foram extraídas e beneficiadas e recebiam o mesmo manejo. Foram semeadas em copos de poliestireno, com duas sementes por copo e este continha substrato comercial. Duas regas manuais foram realizadas, nos períodos mais frescos do dia, início da manhã e final da tarde. Realizou-se a prática de amontoa e tutoramento das plantas quando necessário. Em todas as gerações de cultivo seguiu-se o mesmo protocolo de transplante das mudas para campo aberto após 25 dias de emergência das sementes. Adubação fosfatada, potássica e nitrogenada foi realizada após 40 dias em campo de acordo a recomendação para *Physalis peruviana* (Angulo, 2000).

Manutenções periódicas eram realizadas sempre que necessário, visando manter a área de experimento livre de plantas daninhas e pragas e doenças. Contudo, diversas plantas ao longo do experimento apresentaram sintomas de doenças, com presença de manchas

esbranquiçadas e amareladas nas folhas, murcha foliar e redução da produção de frutos, sintomas esses que resultavam na perda do vegetal.

2.5. Estudo da herança genética

Foi estabelecida a observação de no mínimo 50 plantas por cruzamento. A população obtida a partir dos retrocruzamentos (RCA e RCB) foi separada e as sementes foram contadas. As avaliações de cor dos frutos foram feitas segundo uma escala visual, que distinguiu dois fenótipos: fruto verde e fruto roxo.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de qui-quadrado ($\alpha=5\%$), para testar os diferentes padrões de segregação (interações alélicas, número de alelos e números de genes). A análise estatística foi realizada através dos recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2016).

A estatística do teste é representada pela fórmula:

$$X^2 = \frac{\sum(O-E)^2}{E}$$

Onde:

χ^2 : Chi quadrado

O: Frequência observada

E: Frequência esperada

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas gerações F1, os frutos obtidos apresentaram a coloração roxa com menor intensidade quando comparado com os genitores roxos, para os dois cruzamentos (Parental verde X Parental roxo e Parental roxo X Parental verde). Nas duas gerações de retrocruzamentos, o mesmo padrão de segregação para coloração roxa foi identificado nos frutos, sendo a intensidade de coloração roxa também menor quando comparado com as plantas genitoras roxas. Os frutos de cada cruzamento foram classificados de acordo o fenótipo roxo e verde, onde todos tiveram a presença de coloração roxa em diferentes intensidades (Figura 1).



Figura 1. Frutos de *Physalis ixocarpa*, geração F1 e retrocruzamento. Fonte: Autora, 2025.

Os dados obtidos se ajustaram a uma proporção de 3:1 e os resultados do retrocruzamento RCA ($\chi^2=0.4102$, com $P=52.1839\%$) e retrocruzamento RCB ($\chi^2=1$ com $P=31.731\%$) (Tabela 1) indicando um qui-quadrado não significativo, aceitando a hipótese de herança quantitativa, com efeito cumulativo. Portanto, os resultados obtidos podem ser interpretados considerando que a herança para a coloração roxa dos frutos do tomate com casca é do tipo quantitativa, sendo controlada por um par de genes complementares com efeito cumulativo, visto que os frutos obtidos apresentaram variações quantitativas na intensidade de coloração roxa.

Estudos realizados por Yoon et al., (2006) corroboram com encontrados nesse estudo. Ao estudar a natureza híbrida, através de marcadores RAPD, de híbridos F1 obtidos através

do cruzamento entre *Capsicum annuum* L. e *Capsicum baccatum* L., observaram que as características morfológicas dos híbridos foram intermediárias quando comparadas as características apresentadas pelos seus genitores. As plantas avaliadas na geração F1 apresentaram flor com corola branca e mancha amarela/amarronzada na base da corola, na geração de RC1, das 253 obtidas, 186 possuíram mancha na base da corola e 67 não possuíram essa coloração. De acordo os autores, os resultados sugerem que a presença da mancha amarelada é determinada por dois genes complementares e que houve variação quantitativa na intensidade da mancha na base da corola de plantas F1 e RC1, sugerindo a existência de genes modificadores.

Tabela 1- Frequências observadas, esperadas e valores de chi-quadrado calculado para duas populações de retrocruzamento (RCA e RCB) de *Physalis ixocarpa*.

RETROCRUZAMENTO RCA			
Fenótipo	Frequência Esperada	Frequência Observada	Desvio
Roxo	39	41	2
Verde	13	11	-2
TOTAL	52	52	X ² = 0.4102
RETROCRUZAMENTO RCB			
Fenótipo	Frequência Esperada	Frequência Observada	Desvio
Verde	12	9	-3
Roxo	36	39	3
TOTAL	48	48	X ² = 1

Fonte: Elaborada pela autora

Ônus e Pickersgill (2000), ao estudarem sobre as possíveis razões que expliquem a distorção de segregação, a partir do uso de marcadores, obtiveram combinações híbridas entre *C. baccatum* (corola branca com manchas amarelo/esverdeadas) com *C. cardenasii* e com *C. eximium* ambas de flor com corola roxa e sem manchas na base da corola. Na primeira geração obtida (Geração F1), as combinações obtidas apresentaram flores de coloração roxa, contudo, em menor intensidade de coloração quando comparada com seus genitores (*C. car-*

denasii e *C. eximium*) e com manchas na base da corola indicando a ação de um gene dominante na expressão dessa característica.

Os autores citados também discutem que ao obter híbridos em uma geração de retrocruzamento a partir do cruzamento entre dois acessos de *C. baccatum* (SA219 e Hawkes 6489) e plantas da geração de retrocruzamento a proporção fenotípica esperada era a de 1:1, contudo foi obtido uma segregação de 3 flores brancas e 1 roxa. Essa distorção na segregação pode ter ocorrido devido à competição dos grãos de pólen no tubo polínico, o que pode ter favorecido o genoma de *C. baccatum*, após a sua fertilização e durante o desenvolvimento do embrião.

Ônus e Pickersgill (2000) trazem uma possível explicação para a distorção do padrão de segregação em gerações de retrocruzamento, distorção também verificada na geração de retrocruzamento de *Physalis ixocarpa* neste presente estudo. Os autores citam diversos estudos direcionados a compreender a ocorrência de segregações monogênicas em algumas espécies da família Solanaceae a partir do uso de isoenzimas e suas possíveis explicações, como a seleção e eliminação dos gametas masculinos durante os estágios de crescimento do tubo polínico (Rick, 1949); ocorrência de fatores antes da fertilização sejam os causadores das proporções distorcidas (Zamir et al., 1982) e fatores ocorridos após a fertilização tenham ocasionado as proporções distorcidas (Vallejos e Tanksley 1983).

Lasmar et al. (2022) citam que caracteres como cor, tamanho e forma dos frutos são os que mais variam entre as espécies cultivadas e selvagens do gênero *Solanum*, pertencente a família Solanaceae, sendo verificado alto nível de plasticidade morfológica para o gênero de forma geral.

Estudos para compreender a herança genética para coloração dos frutos em espécies da família Solanaceae são comumente encontrados na literatura, buscando verificar o gene ou os genes responsáveis por essa característica (Costa et al., 2000; Monteiro, 2009; Lasmar, 2010; Fonseca, 2016; Lasmar et al., 2022).

Neste cenário, considerando que os estudos da herança genética para coloração dos frutos para a espécie *P. ixocarpa* em condições de climáticas brasileiras são ainda pioneiros. Dessa forma, torna-se de grande valia a continuidade desses estudos no sentido de melhor compreender a herança genética para a coloração dos frutos e entender a causa da distorção na segregação encontrada na espécie. Assim, novas técnicas podem ser empregadas como o uso de marcadores moleculares e atrelado a isso avaliar a quantificação de antocianina no processo de maturação dos frutos.

4 CONCLUSÃO

Foi possível inferir que a herança para coloração roxa dos frutos em *Physalis ixocarpa* é do tipo quantitativa. E esta sofre a ação de um par de genes complementares com efeito cumulativo, visto que os frutos obtidos apresentaram variações quantitativas na intensidade de coloração roxa dos frutos e desvio no padrão de segregação da população de retrocruzamento, do tipo 3:1.

4 REFERÊNCIAS

- ANGULO, R.. **Siembra, soporte, poda y fertilización. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L).** Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2000, p. 41-49.
- COSTA R. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J.; GONÇALVES, O.S.; BORTOLETTO, N. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da Seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388, 2000.
- Chaim, A. B., Borovsky, Y., Falise, M., Mazourek, M., Kang, B. C., Paran, I., Jahn, M. (2006) QTL analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theor Appl Genet*, 113:1481-1490.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiae** 38: 547-552, 2016.
- FONSECA, R. M. **Caracterização morfoagronômica de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense*.** Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciencias Agrárias da Universidade Federal do Amazonas – Manaus, 2016.
- LASMAR, A. et al. Herança de caracteres relacionados ao formato e cor de frutos em jiló. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e52211326185, 2022. (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26185>.
- LASMAR, A. Lasmar, André. Herança de caracteres relacionados ao formato e cor de frutos em jiló. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras – Lavras : UFLA,. 40 p.: il., 2010.
- LOMELÍ, A. P.; GALÁN, J. D. M.; CASTELLANOS, J. S.; CERECERES, J.O.; SÁNCHEZ, F. M.; SANTANA, T. C.; HERNÁNDEZ, J. F. S. Parâmetros genéticos en la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 14, p. 5-11, 2008.
- LOMELÍ, A. P et al. Parâmetros genéticos da população de tomate casca Gemma (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). **Rev. Chapingo Ser.Hortic** vol.26 no.2 Chapingo Mai/Ago. 2020 Epub 15 de maio de 2020.
- MACIEL, G.M.; SILVA, E.C. 2008. Herança do formato do fruto em tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira** 26: 495-498.
- MUNIZ, J. et al. Sistemas de condução para o cultivo de *physalis* no planalto catarinense. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 830-838, set., 2011.
- MONTEIRO, C. E. S. **ESTUDOS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE ORIUNDA DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM *Capsicum*.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro – UENF. RJ, 2009.
- ONUÿ, A. NACÿ e PICKERSGILL, BARBARA "Segregações monogênicas em progênies de retro-cruzamento de *Capsicum baccatum* x Dois híbridos F₁ interespecíficos e algumas explicações possíveis para taxas de segregação distorcidas em *Capsicum*". *Jornal Turco de Botânica*. Vol. 24: Nº 6, Artigo 2, (2000).

ORELLANA, J. S. T. **Uso de metodologias de modelos mistos no melhoramento genético em progênies de *Physalis ixocarpa* Brot. Visando incrementar a produção de frutos.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, 2021.

RICK, C.M. Integração controlada de *Solanum pennellii* em *Lycopersicon esculentum*: segregação e recombinação. **Genética**, 62:627-637, 1949.

SILVA, N. S. **Crescimento e desenvolvimento de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hormen em diferentes condições de luminosidade.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

TANAN, T. T. **Fenologia, produtividade e caracterização dos Frutos de espécies de *physalis* cultivadas no Semiárido baiano.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – Ba, 2015.

VALLEJOS C. E.; TANKSLEY, S.D. Segregação de marcadores isoenzimáticos e tolerância ao frio em um retrocruzamento interespecífico de tomate. *Teor. App. Genética*, 66:241-247, 1983.

YOON, J. B., YANG, D. C., WAHHNG, J. D., PARK, H. G. (2006) Overcoming two post fertilization genetic barriers in interspecific hybridization between *C. annuum* L and *C. baccatum* L for introgression of Anthracnose resistance. **Breeding Science** 56:31-38.

ZAMIR, D.; TANKSLEY, S. D.; JONES, A. Seleção de haploides para baixa tolerância à temperatura para pólen de tomate. **Genética**. 101: 129-137, 1982.