



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais



**JOSÉ WILLIANO DE SOUZA FARIAS**

**ANÁLISE DIALÉLICA PARA DESCRIPTORES MORFOAGRONÔMICOS DE  
HÍBRIDOS DE *Physalis angulata* L.**

Feira de Santana - BA

2020

**JOSÉ WILLIANO DE SOUZA FARIAS**

**ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICOS DE  
HÍBRIDOS DE *Physalis angulata* L.**

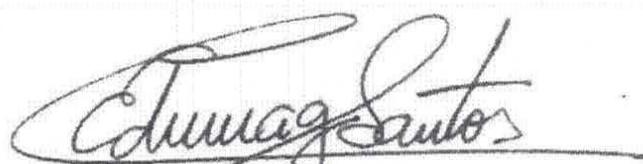
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio Costa Silva  
Co-orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Adriana Rodrigues Passos

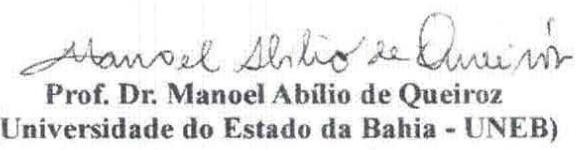
Feira de Santana - BA

2020

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos  
(Universidade Federal de Viçosa - UFV)**



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



**Prof. Dr. Luiz Cláudio Costa Silva  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)  
Orientador e Presidente da Banca**

**Feira de Santana – BA  
2020**

**Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS**

Farias, José Williano de Souza  
F238a Análise dialética para descriptores morfoagronômicos de híbridos de  
*Physalis angulata L.* / José Williano de Souza Farias. - 2020.  
50f. : il.

Orientador: Luiz Cláudio Costa Silva  
Coorientadora: Adriana Rodrigues Passos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2020.

1. Camapu. 2. Melhoramento genético. 3. Dialelo completo. 4.  
Heterose. 5. Heterobeltiose. 6. *Physalis angulata L.* – Cruzamentos.  
I. Silva, Luiz Cláudio Costa, orient. II. Passos, Adriana Rodrigues,  
coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 582.951.4

**Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695**



Aos meus amados pais, Josicleide e Alberto por todo esforço e incentivo para com meus estudos, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre se fazer sempre presente em minha vida me guiando e não me deixar desaninar diante as dificuldades, e por ter sempre me dado força para seguir firme no objetivo de concluir mais esta etapa em minha vida acadêmica.

Agradeço os meus pais Josicleide e Alberto e aos meus irmãos Clarice e Wemisson que sempre se fizeram presentes durante esta caminhada, e com muito esforço e amor nunca mediram esforços para contribuir para o meu crescimento pessoal e acadêmico, fazendo sempre o máximo a fim de me proporcionar o melhor para que os meus objetivos fossem alcançados.

Grato a família Vicente dos Anjos em Petrolina - PE, por serem um dos meus pilares na vida acadêmica e por me terem como membro familiar, me tratando com muito respeito, carinho e afeto, onde sempre me incentivaram e confiaram em mim e no meu potencial. Neide, Mazé, Paulinho, Sr. Henrique e Lurdinha (*in memoriam*).

A todos os amigos (as) e companheiros (as) que contribuíram durante esta caminhada, Maydara, Rafael, Ianna, Vânia, Davi, Neto, Daniel, Ariane, Viviane, Deisy, Alanne, Éverton e de igual forma, agradeço aos demais colegas que fizeram presentes nessa trajetória.

Ao amigo Jonathan, pelo companheirismo e por toda ajuda prestada para a realização do experimento juto aos bolsistas Rafael, Edgar e Jainara.

A todos os Professores e Doutores do Curso de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade do Estado de Feira de Santana (UEFS), em especial aos professores Dr<sup>a</sup> Adriana Passos e Dr. Luiz Cláudio por terem me orientado em todas as etapas do desenvolvimento do trabalho e por terem confiado em mim e no meu potencial, dando-me a oportunidade para mostrar que eu era capaz de recomeçar, com responsabilidade e competência na paz que eu tanto buscava, fazendo isso junto de verdadeiros professores, os quais têm o prazer em passar o conhecimento. O meu muito obrigado!

À FAPESB – Fundação de Amparo à Pesquisa na Bahia, pela concessão da bolsa de estudo e com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Filosofia do Sucesso

Se você pensa que é um derrotado,  
você será derrotado.

Se não pensar “quero a qualquer custo!”  
Não conseguirá nada.

Mesmo que você queira vencer,  
mas pensa que não vai conseguir,  
a vitória não sorrirá para você.

Se você fizer as coisas pela metade,  
você será fracassado.

Nós descobrimos neste mundo  
que o sucesso começa pela intenção da gente  
e tudo se determina pelo nosso espírito.

Se você pensa que é um malogrado,  
você se torna como tal.

Se almeja atingir uma posição mais elevada,  
deve, antes de obter a vitória,  
dotar-se da convicção de que  
conseguirá infalivelmente.

A luta pela vida nem sempre é vantajosa  
aos fortes nem aos espertos.

Mais cedo ou mais tarde, quem cativa a vitória  
é aquele que crê plenamente  
Eu conseguirei !

Napoleon Hill

**Resumo** - A família *Solanaceae* tem grande importância econômica, e muitas espécies são empregadas na alimentação humana. A espécie *Physalis angulata* L., pertencente à essa família, é conhecida porque, além de contribuir para beleza em trabalhos artesanais e culinários, possui alto valor nutricional e farmacêutico. Diante da importância da espécie, este estudo teve por objetivo realizar uma análise de dialelo completo para avaliar características da planta e do fruto a partir de cinco acessos de *P. angulata*, visando ao melhoramento genético da espécie. As sementes dos acessos de *P. angulata* foram semeadas em sacos de polietileno e mantidos em casa de vegetação, e, após o desenvolvimento, foram realizados os cruzamentos para formação do dialelo completo. O experimento foi instalado em DBC, e avaliado para 20 características, onde nove delas foram descartadas por não apresentarem variabilidade. Dentre os descriptores dias para florescimento, altura da planta, diâmetro do caule, fruto por planta, peso do fruto, eixo longitudinal do fruto, eixo transversal do fruto, teor de sólidos solúveis, peso das sementes por fruto, quantidade de sementes por fruto e cor do fruto, avaliadas para 23 genótipos de *P. angulata*, altura da planta e teor de sólidos solúveis apresentaram variabilidade genética significativa. A seleção dos híbridos foi baseada no modelo 36 do software Selegen, onde foi verificado a expressão da heterose e da heterobeltiose no sentido esperado, onde para a característica TSS os melhores híbridos foram Pi x G 53 e Can x LG e heterose para os híbridos Can x LG, Pi x LG e LG x G 53. Para o desritor altura da planta, os genótipos que obtiveram os resultados esperados para heterobeltiose foram Pi x Laj e Can x Laj e para heterose foram Can x Laj, Pi x Laj, G 53 x LG, Can x G 53 e Can x Laj. Com base no índice de seleção dos modelos Aditivo e Mulamba-Rank, os melhores híbridos para os descriptores altura da planta e teor de sólidos solúveis foram Can x G53, Can x Pi, Can x LG, Pi x G53 e G53 x Pi, expressando menor porte e maior teor de açúcares em seus frutos.

**Palavras chaves:** Camapu, Melhoramento Genético, Cruzamentos, Dialelo completo, Heterose, Heterobeltiose.

**Abstract** - The Solanaceae family has great economic importance, and many species are used in human food. The species *Physalis angulata* L., belonging to this family, is known because, in addition to contributing to beauty in crafts and culinary works, it has high nutritional and pharmaceutical value. Given the importance of the species, this study aimed to carry out an analysis of the complete diallel to evaluate the characteristics of the plant and fruit from five accessions of *P. angulata*, to the genetic improvement of the species. The seeds of the accessions of *P. angulata* were sown in polyethylene and collective bags in a greenhouse, and, after development, crosses were performed to form the complete diallel. The experiment was installed in DBC, and evaluated for 20 characteristics, where nine of them were discarded because they did not present variability. Among the descriptors days to flowering, plant height, stem diameter, fruit per plant, fruit weight, longitudinal axis of the fruit, transversal axis of the fruit, soluble solids content, weight of seeds per fruit, quantity of seeds per fruit and fruit color, evaluated for 23 genotypes of *P. angulata*, AP and TSS golf summarized genetic variability. The selection of hybrids was based on Selegen model 36, where the expression of heterobeltiosis in the TSS characteristic was verified for the hybrids Pi x G 53 and Can x LG and heterosis for the hybrids Can x LG, Pi x LG and LG x G 53. For the plant height descriptor, the genotypes that heterobeltiosis were Pi x Laj and Can x Laj and for heterosis were Can x Laj, Pi x Laj, G 53 x LG, Can x G 53 and Can x Laj. Based on the selection index of the Aditivo and Mulamba-Rank models, the best hybrids for the descriptors plant height and soluble solids content were Can x G53, Can x Pi, Can x LG, Pi x G53 and G53 x Pi, expressing less size and higher sugar content in its fruits.

**Key words:** Camapu, Plant Breeding, Crossbreedings, Complete diallel, Heterosis, Heterobeltiosis.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Coordenadas geográficas do local de coleta dos cinco acessos de <i>P. angulata</i> .....	23
<b>Tabela 02:</b> Relação de todos os híbridos e recíprocos gerados no dialelo completo.....	24
<b>Tabela 03:</b> Descritores morfoagronômicos avaliados em dialelo completo em <i>P. angulata</i> .....	26
<b>Tabela 04:</b> Estimativas de máxima verossimilhança restrita (REML) dos componentes de variância para os descritores dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), frutos por planta (FPP), peso dos frutos (PF), eixo longitudinal do fruto (ELF), eixo transversal do fruto (ETF), teor de sólidos solúveis (TSS), peso das sementes por fruto (PSF), quantidade de sementes por fruto e cor do fruto (CF), de <i>P. angulata</i> em Feira de Santana-BA.....	30
<b>Tabela 05:</b> Agrupamento dos cruzamentos e genitores de <i>P. angulata</i> pelo método Tocher utilizando a matriz de médias de distâncias genética euclidiana.....	31
<b>Tabela 06:</b> Agrupamento dos cruzamentos com as progêniés de <i>P. angulata</i> pelo método Tocher utilizando as distâncias genéticas de Mahalanobis.....	32
<b>Tabela 07:</b> Correlações genotípicas e fenotípicas para 11 descritores de <i>P. angulata</i> L.....	35
<b>Tabela 08:</b> Estimativa de heterose e heterobeltiose em híbridos de <i>P. angulata</i> para AP e TSS.....	38
<b>Tabela 09:</b> Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) com cinco genitores para os descritores; altura da planta (AP) e Sólidos Solúveis Totais (TSS) em <i>P. angulata</i> na Unidade Experimental do Horto Florestal, UEFS, 2019.....	39
<b>Tabela 10:</b> Índice de seleção dos modelos Aditivo e Mulamba-Rank para cruzamentos e genitores de <i>P. angulata</i> considerando os descritores AP e TSS.....	41



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Emasculação do botão floral e cruzamento entre progênieis de <i>P. angulata</i> . São mostradas o botão floral (A), botão floral sendo emasculado (B), cruzamento manual entre acessos de <i>P. angulata</i> (C), proteção do botão floral com sacos de algodão (D) .....	24
<b>Figura 2.</b> Germinação das sementes <i>P. angulata</i> . São mostradas a Germinação das sementes de <i>P. angulata</i> em placas de petri com água destilada (A), Emissão de radícola de <i>P. angulata</i> (B) e Desenvolvimento das mudas casa de vegetação (C) .....	25
<b>Figura 3.</b> Dendrograma gerado a partir das dissimilaridades médias genéticas euclidianas entre cruzamentos de genitores de <i>P. angulata</i> , obtidos pelo método UPGMA, baseado nos valores genéticos.....	33
<b>Figura 4.</b> Dendrograma a partir das dissimilaridades genéticas de Mahalanobis entre cruzamentos e genitores, obtidos pelo método UPGMA, baseado nas matrizes de dissimilaridade de <i>P. angulata</i> .....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1 Características gerais da espécie <i>Physalis angulata</i> L.....	3
2.2 Reprodução da espécie <i>P. angulata</i> .....	6
2.3 Melhoramento genético da <i>P. angulata</i> .....	8
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
3.1 Objetivo geral.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
4.1 Realização dos cruzamentos.....	11
4.2 Condução do dialelo.....	13
4.3 Obtenção das mudas.....	13
4.4 Plantio definitivo.....	13
4.5 Avaliação dos descritores.....	14
4.6 Análises estatísticas.....	16
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
5.1 Análise de deviance (REML).....	17
5.2 Divergência genética.....	19
5.3 Correlações.....	22
5.4 CEC, CGC e heterose.....	25
5.5 Índice de seleção.....	28
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A família Solanaceae possui grande importância econômica, pois algumas espécies desta família são empregadas na alimentação humana, tais como o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), a batata (*S. tuberosum* L.), as pimentas e o pimentão (*Capsicum* L. spp.). Outras são utilizadas como plantas medicinais, pois são produtoras de substâncias de uso farmacêutico, como a jurubeba (*S. paniculatum* L.), e algumas são cultivadas para fins ornamentais, tais como *Petunia*, *Brugmansia*, entre outras (AGRA, 2000). De acordo com Palomino (2010), o gênero *Physalis* faz parte da família Solanaceae e apresenta cerca de 80 espécies (herbáceas, perenes e anuais). As espécies do gênero *Physalis* são utilizadas para diversos fins, desde alimentícios a ornamentais e farmacológicos, apresentando ampla potencialidade de usos e representando, desse modo, mais uma alternativa de cultivo para agricultores.

O nome *Physalis* tem origem grega, e o termo “Physa” refere-se ao cálice permanente que envolve o fruto, significando “bolha” ou “bexiga”. É um gênero facilmente reconhecido devido à morfologia peculiar, principalmente na frutificação, em que as espécies do mesmo se caracterizam pela presença de um cálice inflado que envolve e protege todo o fruto. Ainda que boa parte destas espécies sejam comestíveis, muitas são pouco conhecidas e, por conta disso, não são cultivadas. O México é considerado o seu centro de diversidade, onde dois terços das espécies do gênero são endêmicas desta região (RUFATO et al., 2008). No Brasil podem ser encontradas até nove espécies do gênero *Physalis* (STEHMANN, 2015).

*Physalis angulata* L., conhecida popularmente como camapu, juá-de-capote, joá-poca, dentre outros, é uma espécie de porte herbáceo, que apresenta potencial medicinal, alimentício e ornamental (CRUZ et al., 2015; MARIQUITO, 2016; THOMÉ e OSAKI, 2017). Quando atinge o seu estádio adulto, pode alcançar até um metro de altura. Apresenta cálice formado por cinco sépalas que envolvem e protegem os seus frutos (SULTANA et al., 2008). Por ser uma espécie com sistema reprodutivo autógamo, dificilmente verifica-se a formação natural de híbridos.

Seu provável local de origem é a região dos Andes, no México, no entanto, as plantas de *P. angulata* ocorrem espontaneamente em grande parte do território brasileiro. Em diversos países no mundo é comum sua utilização na medicina popular, diante da sua aplicação como diurético e antitérmico e reconhecida ação antidiabética e contra o colesterol (MARIQUITO, 2016; SILVA e AGRA, 2005; THOMÉ e OSAKI, 2017). A espécie vem sendo cultivada em alguns locais do México por algumas décadas (VARGAS-PONCE et al.,

2016). No Brasil, a camapu vem despertando interesse, principalmente devido à sua composição nutricional, rica em vitaminas A e C, além de presença de carotenoides e compostos fenólicos, (OLIVEIRA et al., 2011, CHAVES 2017), assim como pelas propriedades medicinais características da espécie, e sua aparência exótica, semelhante à espécie *P. peruviana*, já cultivada no país.

Apesar de ainda não possuir mercado muito explorado, a espécie apresenta grande potencial para cultivo no país. Um dos fatores mais relevantes para se estabelecer a espécie como cultura agrícola é a implementação de programas de melhoramento. Para isso, é necessário conhecer a variabilidade genética da espécie, assim como a herança de características importantes e a estimativa de diversos parâmetros genéticos nos germoplasmas existentes, de modo a fornecer informações úteis para os processos de seleção e hibridação.

A seleção dos genótipos pode ocorrer em cada etapa do programa de melhoramento genético, sendo baseada em uma série de avaliações do desempenho fenotípico e genotípico dos acessos, híbridos, populações segregantes e clones, e é determinante na escolha dos métodos de melhoramento e dos caracteres a serem estudados (ALVES, 2015). Dias et al. (2011) relataram que, para um eficiente trabalho de melhoramento genético, em que há melhoria de determinadas características de interesse, é fundamental o conhecimento das variações genéticas e ambientais dos acessos em estudo, o conhecimento dos mecanismos de herança dos caracteres, a estimativa dos parâmetros genéticos, além de uma coleção com ampla variabilidade genética.

Para que seja possível explorar a variabilidade genética existente nas coleções de germoplasma e promover a obtenção de novos genótipos é frequentemente utilizada a hibridação, em que novas combinações são produzidas, permitindo ao programa de melhoramento a exploração da variabilidade gerada. Entretanto, esses estudos demandam conhecimentos básicos acerca do sobre o sistema reprodutivo da planta, para que seja possível executar cruzamentos sem contaminações e que produzam sementes viáveis (ALVES, 2015; SOUZA, 2013).

A obtenção de híbridos depende da escolha dos genitores visando uma boa complementação gênica dos caracteres agronômicos favoráveis. Cultivares híbridas podem ser utilizadas para explorar a heterose de características importantes, como a produtividade, o tamanho dos frutos e a produção de matéria seca. Além disso, os híbridos entre diferentes materiais podem ser utilizados para a formação de populações segregantes, utilizadas tanto para estudos de herança quanto para a formação adequada do desenvolvimento de métodos de

melhoramento para população em questão, tais como o método de populações ou *bulk*, o método genealógico e o método de descendente de semente única (BORÉM et al., 2017).

Estudos com híbridos de *P. angulata* ainda são escassos, principalmente no Brasil. A caracterização de plantas híbridas possibilita estimar a existência de heterose (superioridade do híbrido em relação à média dos genitores) e heterobeltiose (superioridade do híbrido em relação ao melhor genitor) em características de importância para a cultura, informações relevantes para a seleção de genótipos superiores e definição dos rumos do programa de melhoramento da espécie, visando ao desenvolvimento de cultivares de *P. angulata* adaptadas às condições de semiárido.

A análise de cruzamentos dialélicos, além de permitir a detecção de cruzamentos superiores e de progenitores potenciais, ainda auxilia o melhorista a eleger a metodologia mais eficiente de melhoramento e possibilita a estimação dos diversos parâmetros genéticos (GOMIDE, 1980). Apesar da importância nutricional da família e dos estudos já realizados com dialelo, pouca informação tem sido encontrada na literatura com análise dialética em cruzamentos envolvendo *P. angulata*, uma espécie promissora no que diz respeito ao consumo de seus frutos, tanto *in natura* quanto processados na forma de molhos e geleias. Para tanto, Hallauer e Miranda Filho (1995) e Cruz e Carneiro (2006) ressaltam a importância das análises dialéticas para a obtenção de informações a respeito da resposta dos genitores em cruzamentos, da herança dos caracteres, da identificação de grupos heteróticos e da inferência sobre as melhores combinações híbridas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### *2.1 Características gerais da espécie *Physalis angulata* L.*

Grandes biodiversidades se encontram presentes em terras secas, tais ambientes promovem o interesse regional por recursos genéticos vegetais, com potenciais para exploração, como ocorrências no semiárido brasileiro (LEITE et al., 2018). Região esta que abriga centros de diversidades de grande relevância, contudo há uma tendência a se estender ao longo do ano nos períodos de deficiência hídrica, (MARENKO, 2011), podendo provocar situações de impactos irreversíveis.

Desta maneira, para o desenvolvimento agrícola e um reservatório de adaptabilidade genética, uma vez considerado que os recursos genéticos vegetais são a base onde atua

desenvolvendo papel importante contra as mudanças ambientais (ESQUINAS-ALCAZAR, 1993), proporcionando a continuidade da produção agrícola em condições não favoráveis.

A caracterização de germoplasma é uma atividade indispensável para a construção do conhecimento e preservação de espécies em coleções, sendo fundamental para oferecer um melhor manejo dos acessos, contribuindo para a maior proteção e conservação da espécie e corroborando para a pesquisa em trabalhos futuros voltados ao melhoramento genético (DANTAS et al., 2012). A caracterização é realizada com base em caracteres que sejam de fácil detecção, mensuração e que possuam alta herdabilidade (COSTA et al., 2009). A família Solanaceae destaca-se no grupo das angiospermas por apresentar cerca de 4000 espécies distribuídas em 90 gêneros (SILVA, 2014). Boa parte destas espécies compõe uma alta importância econômica no seguimento alimentício, como as espécies *Solanum lycopersicum* (tomate), *S. gilo* (jiló), *S. melongena* (berinjela), *Capsicum* spp. (pimentas e pimentões), e *S. tuberosa* (batata).

Pertencente à família Solanaceae, o gênero *Physalis* conta com cerca de oitenta espécies herbáceas, perenes ou anuais (PALOMINO, 2010), sendo o México seu centro de diversidade, onde dois terços das espécies são endêmicas da região (RUFATO et al., 2008). Ainda que boa parte destas espécies sejam comestíveis, muitas são pouco conhecidas e, por conta disso, não são cultivadas em determinadas regiões. No Brasil, podem ser encontradas até nove espécies do gênero *Physalis* (STEHMANN et al., 2015). Ocorrendo em quase todas as regiões do Brasil, exceto nos pampas, a *P. angulata* apresenta-se mais predominantemente em regiões onde a vegetação original tenha sido alterada, como por exemplo áreas agropecuárias, áreas urbanas e locais ruderais (STEHMANN et al., 2015).

Nas regiões mexicanas, a espécie se desenvolve desde 0 até 2.400 metros acima do mar, ao longo das margens das florestas tropicais decíduas, também como erva daninha nas áreas cultivadas, pastagens e florestas de pinheiros (VARGAS-PONCE et al., 2016). No entanto, a espécie demonstra sensibilidade a temperaturas superiores a 30°C, podendo sofrer interferências no florescimento, no desenvolvimento e na frutificação, além de poder causar a senescência antecipada da planta (ANGULO, 2003).

A espécie também é conhecida popularmente no Brasil como camapu, balãozinho, bucho-de-rã, mullaca, dentre outros, e é uma das mais representativas espécies pertencentes ao gênero *Physalis*, em decorrência dos atributos de importância comercial, medicinal e culinário. No Brasil, a *P. angulata* ainda não é explorada para fins comerciais. Porém, nos municípios mexicanos de Cuquío e Ixtlahuacán del Rio, cultiva-se uma pequena quantidade da espécie, com parcelas menores que um hectare (VARGAS-PONCE et al., 2016).

A *P. peruviana*, por fazer parte do mesmo gênero, apresenta características muito semelhantes com a *P. angulata*, principalmente com relação ao fruto. A *P. peruviana*, além de ser classificada como uma fruta requintada, apresenta alto potencial econômico, devido à possibilidade do consumo dos frutos *in natura* e a sua característica exótica, o que faz com que o fruto se destaque na produção de doces sofisticados para festas. Boa parte dos frutos disponíveis nos supermercados brasileiros provém da Colômbia, já que a produção dos frutos no Brasil ainda não é fortemente explorada (CRUZ et al., 2015). A *P. peruviana*, mesmo sendo pouco comercializada no mercado brasileiro, apresenta compostos nutricionais importantes em seus frutos e dispõe de alta demanda nos mercados internacionais, sendo utilizada desde as finalidades básicas, como embelezar jardins, até as finalidades mais sofisticadas, como a composição de pratos, geleias e doces finos, exibindo sua beleza natural.

Quanto à *P. angulata*, é possível considerar que todas as partes da planta possuem utilidades distintas: as raízes e o sumo das folhas podem ser destinadas ao mercado farmacêutico, o fruto pode ser usado na culinária e a parte envoltória do fruto, chamada de cálice, pode ser destinada a trabalhos artesanais. Todas essas utilidades podem atrair maior retorno econômico e agregar ainda mais valor para a produção comercial da espécie. A obtenção de *P. angulata* para utilização em diversos fins pela medicina tradicional ocorre devido às suas características farmacológicas de fortalecimento do sistema imunológico, podendo atuar na purificação sanguínea, alívio de dores de garganta, e contribuir para a redução das taxas de colesterol, dentre outras. Na Amazônia, suas raízes, folhas e frutos são bastante usadas para o combate ao reumatismo, diabetes, doenças no fígado, de pele, bexiga e rins (RUFATO et al., 2013). Estudos realizados por Sharma (2015), expressaram relevantes atividades, como anti-asmática, anti-bacteriana e anti-inflamatória de *P. angulata*, em consequência da presença de fitoconstituíntes, especialmente os de efeitos imunológicos, o que faz com que a espécie ganhe mais atenção.

A espécie ainda apresenta um cultivo simples, prático e acessível, por não apresentar altos custos para a implantação da área, tornando a cultura acessível aos pequenos e médios produtores. No entanto, para que as atividades comerciais sejam desenvolvidas, é necessário que algumas medidas sejam tomadas com relação ao manejo da cultura, como a condução de tutoria, correção do pH do solo, adubação, além dos tratos fitossanitários, visando evitar interferências de fatores que venha a comprometer o desenvolvimento da cultura.

A camapu possui um ovário com disco basal, androceu pentâmero com anteras com deiscência longitudinal e fruto envolvido por um cálice tipo baga (SILVA e AGRA, 2005; LIGARRETO et al., 2005). Os frutos podem apresentar as cores roxo, amarelo, verde e

laranja, contendo pequenas e numerosas sementes (LIGARRETO et al., 2005). Os frutos são consideravelmente pequenos, apresentando diâmetro entre 11 e 13 milímetros (VARGAS-PONCE et al., 2016). As sementes da *P. angulata* são comprimidas e elipsoides, apresentam coloração castanho-alaranjada quando completamente maduras e quando ainda imaturas apresentam cor esbranquiçada (SOUZA et al., 2010). Outra característica importante da espécie é o caule, que pode ser pouco ou muito ramificados desde a base até o ápice.

Para a boa nutrição do corpo humano se faz necessário uma alimentação mais variada e balanceada. A *P. angulata*, além de possuir um grande valor nutricional, também apresenta um bom potencial econômico, já que seus frutos, além do consumo *in natura*, compõem a preparação de diversos fins alimentícios como molhos, sorvetes, geleias, iogurtes. Em alguns países como a África do Sul, Colômbia e México, o gênero *Physalis* vem ganhando cada vez mais espaço no mercado agrícola, devido principalmente às suas boas características nutricionais e propriedades medicinais (SILVA, 2014).

## 2.2 Reprodução da espécie *P. angulata*

A família Solanaceae, tem sido muito utilizada como base de estudos para a autoincompatibilidade em plantas, pois apresenta processos bioquímicos e fisiológicos que têm sido de melhor compreensão (CORRÊA, 2015). Podendo ser facilmente intercruzadas, algumas espécies do gênero *Physalis* apresentam mecanismos de incompatibilidade gametofítica (PANDEY, 1957). O gênero *Physalis* apresenta alguns sistemas reprodutivos que se diferem uns dos outros, como é o caso da conhecida *P. peruviana*, que apresenta reprodução mista em que, além de poder ocorrer a autopolinização (auto fértil), também pode ser polinizada por insetos e pelo vento (LAGOS et al., 2008; RUFATO et al., 2008). O sistema reprodutivo da *P. ixocarpa* é de forma alógama obrigatória, apresentando um sistema de incompatibilidade gametofítica (FISCHER et al., 2005). No caso da espécie *P. angulata*, ela desenvolve-se de forma autocompatível, segundo Figueiredo et al. (2020).

Segundo Quiros (1984), a maioria das espécies do gênero *Physalis* é diploide, porém outras espécies de *Physalis* podem ser poliploides (MENZEL, 1951). A *P. angulata* também pode ser considerada poliploide com conformação tetraploide (ARAÚJO et al., 2015). A alteração no número de cromossomos em espécies poliploides pode se dar por conta da variação estrutural, fenômeno muito frequente entre poliploides, conhecida como disploidia, que consiste na alteração do número de cromossomos que acompanha a variação da quantidade de DNA. Variações do tipo se dão por origem de fissões ou fusões

cromossômicas, que nas espécies poliploides podem aumentar ou diminuir o número de cromossomos (GUERRA, 2008).

Um dos motivos que levaram a variabilidade restrita para algumas culturas como a *Physalis*, foi a origem dos genótipos que apresentaram um único *pool* gênico e a poliploidia, que pode ter conferido algum tipo de isolamento reprodutivo da espécie, sendo os genótipos cultivados geralmente tetraploides ( $2n=4x=48$  cromossomos) e os silvestres ( $2n=2x=24$  cromossomos) diploides (LESSA et al., 2012). O mesmo gênero, do ponto de vista citogenético, apresenta número básico de cromossomos  $x=12$ , com boa parte das espécies pertencentes ao gênero sendo diploides (QUIROS, 1984).

Na fecundação da *Physalis*, os grãos de pólen são depositados na superfície do estigma da flor e, estando o estigma receptível, esses grãos recebem informações químicas para que germinem e se desenvolvam, formando assim os tubos polínicos e partindo em direção ao óvulo. O sistema de propagação da espécie através de sementes apresenta maiores vantagens quando se trata da produção de mudas, considerando a presença da vasta quantidade de sementes presentes nos frutos, o que facilita a disseminação da espécie.

As características desta espécie são expressas por meio da quantidade de sementes presentes nos frutos que fazem com que ela mantenha a sua descendência sempre presente em determinadas localidades, uma vez que o fruto é composto por pequenas e numerosas sementes que se disseminam com facilidade quando maduro. A resistência aos herbicidas em alguns casos tem dificultado o seu controle, fazendo com que elas criem um estilo próprio de se perpetuar no solo, se mantendo presentes em determinadas regiões por longos períodos (BELL e OLIVER, 1979; PRICE et al., 2013; OZASLAN et al., 2016, 2017). Contudo, a *P. angulata* mostra facilidade em invadir e se disseminar em áreas de cultivo, fazendo com que ela seja conhecida pela sua presença nem sempre desejada (invasoras) em algumas culturas comerciais, como algodão, nozes e gramíneas (PRICE et al., 2013; ARIF et al., 2015; OZASLAN et al., 2016, 2017).

O conhecimento sobre as características fisiológicas da espécie estudada e a sabedoria sobre o estádio floral são importantes para perceber quando o estigma se encontra receptivo para a fecundação. Tais informações são de grande relevância para a condução de programas que envolvem hibridação, conhecimentos esses que podem refletir diretamente caso o estigma não esteja receptivo. O ápice do estigma tem um papel fundamental quanto à captação do pólen, hidratação e desenvolvimento do tubo polínico no estigma (DAFNI e MAUES, 1998). Por se tratar de uma espécie autógama com uma pequena porcentagem de fecundação cruzada, a *P. angulata* segue sua característica de autofecundação, favorecendo ao

desenvolvimento de linhagens homozigóticas, onde cada flor leva seu material genético, privando as próximas gerações de serem constituídas por genótipos amplamente diversificados.

A *P. angulata* apresenta o cálice formado por cinco pétalas que envolvem e protegem os seus frutos (SULTANA et al., 2008), possuindo também um ovário com disco basal, androceu pentâmero com anteras com deiscência longitudinal e fruto envolvido por um cálice tipo baga (SILVA e AGRA, 2005; LIGARRETO et al., 2005). O seu sistema reprodutivo é de forma autógama (FIGUEIREDO et al., 2020), o que dificulta a formação de híbridos naturais. Considerando a influência dos fatores ambientais, a floração é interferida diretamente pela temperatura. Kalbarczyk e Kalbarczyk (2010; 2011) observaram em outras solanáceas uma aceleração da floração com o aumento de 1°C para batata e tomate.

As populações de *P. angulata* apresentam grande presença de sementes em seus frutos, e geralmente grande quantidade de frutos por planta. No entanto, para que essas sementes sejam armazenadas e apresentem boa conservação e uma boa germinação futura, após a despolpa dos frutos elas devem ser conservadas completamente secas, pois a presença de água nesse processo pode comprometer a germinação. Porém, a partir do terceiro ano de armazenamento, a taxa de germinação das sementes reduz consideravelmente (RUFATO et al., 2008), podendo serem preservadas em câmaras frias, recipientes hermeticamente fechados com sílica gel, ou até mesmo em armazenamento subzero como é o caso das coleções de base.

### *2.3 Melhoramento genético da *P. angulata*.*

O melhoramento genético tem um papel fundamental quando se trata de desenvolvimento e evolução de determinada espécie. Através dos métodos de melhoramento que muitas vezes pode-se obter características que estejam presentes nas plantas, mas que dificilmente se manifestariam no mesmo período de tempo de forma natural, características que muitas das vezes acabam sendo de grande relevância para a vida do homem. Dessa forma, o melhoramento genético pode ser eficaz para acelerar o processo e aprimorar características que são relevantes na camapu, e que futuramente possibilitem um amplo cultivo comercial da mesma, com características elevadas voltadas a produtividade da espécie, fazendo com que consequentemente ela venha a se destacar ainda mais no mercado.

Diante do grande potencial econômico e social da *P. angulata*, acredita-se que esta espécie conta com recursos suficientes para que possa seguir de forma promissora na melhoria genética, trazendo ainda mais vantagens e benefícios para a saúde humana, desde a

composição de ótimos fármacos, a produção de frutos ricos em nutrientes para a culinária, até as suas finalidades ornamentais. Nesse sentido, a produção de híbridos tem como finalidade a geração de indivíduos que expressem características superiores e específicas para determinada utilidade. Nessa perspectiva, características importantes como altura da planta, sabor e cor do fruto são levadas em consideração em programas de melhoramento que objetiva produzir híbridos, bem como outros descritores que se enquadrem melhor para a finalidade desejada. A utilização de híbridos é uma ótima estratégia para se estudar a heterose e a heterobeltiose; à medida que há a comparação dos híbridos com os respectivos pais, se torna possível sua detecção e sua exploração para se alcançar êxito no programa.

Segundo Borém (2001), heterose ou vigor híbrido é o aumento do vigor, da altura da planta, o aumento de sua produtividade, tamanho de fruto, entre outras características vantajosas presentes na planta comparadas aos seus genitores. O híbrido expressa a heterobeltiose sempre que apresenta uma superioridade na média quando comparado ao seu genitor de melhor desempenho, diferenciando-se dos híbridos que expressam a heterose, que é quando a média é superior à média dos seus genitores. A manifestação do vigor do híbrido é medida pela diferença entre a média da geração  $F_1$  e a média de seus genitores ( $P_1$  e  $P_2$ ). Para um programa de melhoramento genético, é de grande valia o desenvolvimento de  $F_1$  não apenas como heterose, como também heterobeltiose, ambos os parâmetros contribuem para o ganho, imprimindo vantagens e melhoria genética quando comparado aos seus genitores.

Os cruzamentos dialélicos constituem uma alternativa que possibilita a avaliação dos componentes de variância genética de características fenotípicas, e têm sido bastante utilizados por melhoristas, pois possibilitam obtenção de informações de grupos de genitores, com base na sua capacidade de combinação. Alguns trabalhos já foram realizados envolvendo análises dialélicas em culturas de milho (LORENZ et al., 2008; MOTERLE et al., 2011), feijão (ROCHA et al., 2014), soja (COLOMBO et al., 2018), trigo (PELEGRIIN, 2017), sorgo (MENEZES et al., 2017) e *Physalis* (TREVISANI, 2018).

Na literatura há uma gama de dialelos, tais como o dialelo balanceado ou completo, dialelos parciais, circulantes, incompletos e os desbalanceados (CRUZ; REGAZZI, 2001). No dialelo completo ou balanceado todos os genitores são utilizados no cruzamento com todos os pares de combinações. Desta forma, torna-se possível avaliar as características manifestadas através da geração  $F_1$ . Os dialelos, além das estimativas da capacidade geral (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), que representam, respectivamente, a presença e magnitude dos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, também contribuem para que seja possível estimar o efeito da heterose (CRUZ; REGAZZI, 2001). Os cruzamentos dialélicos

contribuem para a identificação dos genitores considerando suas características genéticas junto à capacidade de combinação dos híbridos na geração de novos genótipos e populações com características promissoras (RAMALHO et al., 1993).

A obtenção de híbridos  $F_1$ s pode ser uma estratégia de melhoramento promissora para a *P. angulata*, uma vez que pode haver expressão de heterose ou heterobeltiose, e assim mostrar resultados superiores aos genitores com características importantes para o desenvolvimento das progênies e a continuidade nas pesquisas, com a finalidade de obter cultivares favoráveis para o cultivo nas condições da região de Feira de Santana. Esses resultados contribuirão para o avanço da pesquisa e futuramente uma maior utilização da espécie na comercialização, na produção de remédios e também para a alimentação humana através da culinária, onde a mesma ganha destaque devido a sua beleza e valor nutricional.

Contudo, trabalhos com resultado promissores para o avanço da *Physalis* já foram e vem sendo estudada pelo grupo de estudo do laboratório LAGER-UEFS, dentre eles trabalhos envolvendo a biologia reprodutiva de *Physalis angulata* L. (FIGUEIREDO et al., 2020), a seleção de descritores morfoagronômicos em *Physalis angulata* L., (SILVA, 2019), a caracterização cromossômica em *Physalis angulata* L. e *P. peruviana* L. (ARAÚJO et al., 2015), o efeito do horário de coleta sobre a viabilidade polínica em *P. peruviana* (SILVA, et al., 2017), a caracterização morfoagronômica de acessos de *P. angulata* (LIMA, 2017), e dentre outros trabalhos que vem a contribuir e agregar conhecimentos nessa área.

Trabalhos voltados à caracterização morfoagronômica e estudos sobre biologia floral encontram-se têm sido realizados na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), onde futuramente poderão nortear e servir como base para o desenvolvimento de novas pesquisas voltadas a espécies do gênero *Physalis*, contribuindo positivamente para a continuidade das pesquisas voltadas ao melhoramento genético das espécies.

### **3 OBJETIVOS**

#### *3.1 Objetivo geral*

- Estudar o comportamento de *P. angulata* por meio da análise do dialelo completo, para características da folha, flor, fruto e planta, a partir de cinco acessos de *P. angulata*.

### 3.2 Objetivos específicos

- Realizar cruzamentos dialélicos entre cinco acessos de *P. angulata* previamente selecionados;
- Avaliar características da planta e de fruto de híbridos e genitores;
- Verificar o efeito da heterose e heterobeltiose;
- Calcular estimativas da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação;
- Identificar os melhores híbridos de *P. angulata*.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Realização dos cruzamentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS, localizada no município de Feira de Santana, Bahia, latitude -12° 16' “087” S, longitude -38° 56' 346” W e altitude de 243 metros, durante o período entre 04/02/2019 e 18/05/2019.

As mudas de *P. angulata* foram produzidas a partir de sementes de cinco acessos oriundos do Programa de Melhoramento Genético de *Physalis* da UEFS, conforme Tabela 01. Os acessos trabalhados foram adquiridos através da coleção de plantas de *Physalis* da UEFS, coletados em diferentes locais dos estados da Bahia e do Piauí, e conservados no Laboratório de Genética Molecular (LAGEM) da instituição. Para a realização do dialelo, foram utilizados os acessos LG, Laj, Can, Pi e G 53. As sementes foram semeadas em sacos plásticos contendo solo e substrato vegetal na proporção de 2:1, mantidas em casa de vegetação e irrigadas três vezes ao dia por sistema de aspersão. Após 20 dias, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 8L contendo a mesma proporção de solo e substrato vegetal, e mantidas em telado. A adubação foi adaptada com base no cultivo para tomate cereja (SILVA, 2006), utilizando 28g de Fósforo, 8,5g de Cloreto de Potássio e 2,25g de Ureia por vaso e repetida uma segunda dosagem igual de Ureia após 15 dias.

**Tabela 01:** Coordenadas geográficas do local de coleta dos cinco acessos de *P. angulata*

---

Coordenadas geográficas

---



---

LG	Latitude 12° 09' 04" Sul e Longitude 39° 14' 47" Oeste, com altitude de 235 metros
Laj	Latitude 12°22'00" sul e Longitude 40°54'00" Oeste, com altitude de 640 metros
Can	Latitude 12°40' 04" sul e Longitude 38°33'02" Oeste, com altitude de 97 metros.
Pi	Latitude 5° 5' 21" Sul, Longitude: 42° 48' 6" Oeste, com altitude de 87 metros.
G 53	Latitude: 12° 16' 24" Sul, Longitude: 38° 57' 20" Oeste, com altitude de 232 metros.

---

LG 2010 (LG), Lajedinho (Laj), Candeias (Can), Piauí (Pi), Genitor 53 (G 53). Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Os cruzamentos foram realizados após o surgimento das primeiras flores, nas primeiras horas do dia, e para a geração dos híbridos, foram protegidas as flores na fase de botão floral. Para a condução da emasculação, foram retirados os filetes com as anteras quando a flor ainda se encontrava na fase de botão floral, processo feito com o auxílio de uma pinça inox esterilizada com álcool 70%. Ao final da emasculação, restando apenas o estigma de cada flor e tornando esta flor o progenitor feminino, foi levado até ela o pólen do progenitor masculino de uma outra progênie, formando ao final um dialelo completo com híbridos e seus recíprocos conforme a tabela 02.

**Tabela 02:** Relação de todos os híbridos e recíprocos gerados no dialelo completo

	LG	Laj	Can	Pi	G 53
LG	LG	LG x Laj	LG x Can	-	LG x G 53
Laj	Laj x LG	Laj	Laj x Can	Laj x Pi	Laj x G 53
Can	Can x LG	Can x Laj	Can	Can x Pi	Can x G 53
Pi	-	Pi x Laj	Pi x Can	Pi	Pi x G 53
G 53	G 53 x LG	G 53 x Laj	G 53 x Can	G 53 x Pi	G 53

Em linha diagonal: Genitores autofecundados. Acima da diagonal: Os híbridos F1. Abaixo da diagonal: Os híbridos recíprocos. Híbrido LG x Pi e seu recíproco não fizeram parte do dialelo. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Todas as flores cruzadas foram identificadas e protegidas com sacos de tecidos amarrados com linha (Figura 1). Após as fecundações dos embriões e o desenvolvimento dos frutos, estes foram colhidos e levados ao laboratório para despolpa, com o auxílio de uma peneira inox de tela fina posta em água corrente. As sementes foram coletadas, identificadas e colocadas para secar em papel filtro por dois dias a temperatura ambiente, e logo após transferidas para sacos de papel identificados e preservadas no LAGEM em recipientes de vidro com sílica gel, em geladeira.





**Figura 1.** Emasculação do botão floral e cruzamento entre progêneres de *P. angulata*. São mostradas o botão floral (A), botão floral sendo emasculado (B), cruzamento manual entre acessos de *P. angulata* (C), proteção do botão floral com sacos de algodão (D). Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

#### 4.2 Condução do dialelo

A execução do experimento em campo foi realizada utilizando as sementes híbridas F<sub>1</sub> provenientes da realização dos cruzamentos do dialelo completo no período entre o final de agosto ao início de dezembro de 2019 com os genitores LG, Laj, Can, Pi e G 53, onde após os híbridos gerados, os híbridos LG x Pi e seu recíproco Pi x LG foram perdidos devido a problemas em suas sementes.

#### 4.3 Obtenção das mudas

As sementes dos híbridos, recíprocos e genitores foram postas para germinar em placas de Petri preenchidas na base com papel germitest e umedecidas com água destilada, em seguida armazenadas em câmara de germinação com temperatura de 20°C a 30°C durante cinco dias. Após apresentar o desenvolvimento das radículas, foram transferidas para sacos plásticos contendo solo e substrato vegetal na proporção de 2:1 e mantidas em estufa até o transplantio definitivo (Figura 2).



**Figura 2.** Germinação das sementes *P. angulata*. São mostradas a Germinação das sementes de *P. angulata* em placas de petri com água destilada (A), Emissão de radícula de *P. angulata* (B) e Desenvolvimento das mudas casa de vegetação (C). Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

#### 4.4 Plantio definitivo

Quando as mudas atingiram cerca de 25 cm de altura, foram transplantadas para o campo experimental do Horto Florestal – UEFS, em delineamento em blocos casualizados (DBC), compondo um total de três blocos, cada bloco com 23 parcelas, compondo elas 18 híbridos, nove recíprocos e cinco genitores, faltando ao final um recíproco e um híbrido que tiveram suas sementes comprometidas sendo eles LG x Pi e Pi x LG, e consequentemente não fazendo parte do experimento em campo. Cada parcela ficou composta por quatro plantas com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. As covas foram previamente adubadas com 28g de P, 8,5g de KCl e 5,5g de N, esta última sendo dividida em duas dosagens iguais e aplicada a segunda dosagem após 15 dias do transplantio, e irrigadas duas vezes ao dia por gotejamento.

Para o controle de ácaros, foi realizado a aplicação de óleo de neem a 2% nas partes adaxial e abaxial das folhas, com um pulverizador manual, quando necessário, durante o ciclo da planta. Para controle do caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*), foram usadas barreiras de cal virgem como bordadura a 1,0 m de distância em volta de todo o experimento, e dentro da área foi usado 5g por m<sup>2</sup> de lesmicida para contenção dos caracóis. As plantas que foram afetadas de forma irreversível por pragas foram substituídas por mudas remanescentes.

#### 4.5 Avaliação dos descritores

Durante o desenvolvimento das plantas em campo, foram realizadas as avaliações de alguns descritores tomando como base Barbieri e Castro (2015), utilizando uma escala para melhor separação e identificação de cada descritor estudado (Tabela 03). As avaliações para os descritores foram ajustadas para a espécie com base nos descritores morfoagronômicos propostos pela Universidade Nacional da Colômbia para *P. peruviana* (GONZÁLEZ et al. 2008).

**Tabela 03:** Descritores morfoagronômicos avaliados em dialelo completo em *P. angulata*

Descriptor	Metodologia estado do descritor
Dias para floração (DF)	Quantificado os dias a partir da semeadura.
Altura da planta (AP)	Medido da base da planta até o início do ramo secundário com uma fita métrica (cm).
Diâmetro do caule (DC)	Medido com 5 cm de altura do solo com um paquímetro digital (mm).
Forma da margem foliar (FMF)	(1) Serrada; (2) Ondulada; (3) Dentado; (4) Sinuada.
Forma da lâmina foliar (FLF)	(1) Lanceolada; (2) Cordada; (3) Romboide; (4) Ovalada.
Frutos por planta (FPP)	Quantificado por unidades.
Peso dos frutos (PF)	Pesados em balança analítica.
Cor da mancha da corola (CMC)	(1) Café; (2) Marrom.
Hábito de crescimento (HC)	(1) Eretto; (2) Semieretto; (3) Prostrado.

Formato da base foliar (FBF)	(1) Inaqualátera; (2) Cuneada; (3) Oblíqua; (4) Cordada.
Cor do cálice imaturo (CCC)	(1) Verde sem antocianina; (2) Verde com antocianina leve; (3) Verde com antocianina forte.
Cor do caule (CCL)	(1) Verde sem antocianina; (2) Verde com antocianina leve; (3) Verde com antocianina forte.
Forma do ápice foliar (FAF)	(1) Agudo; (2) Apiculado; (3) Acuminado.
Forma do cálice (FC)	(1) Alongado; (2) Levemente achatado; (3) Achatado.
Eixo longitudinal do fruto (ELF)	Quantificado com paquímetro digital (mm)
Eixo transversal do fruto (ETF)	Quantificado com paquímetro digital (mm)
Teor de sólidos solúveis (°Brix - TSS)	Quantificado com refratômetro digital
Peso das sementes por fruto (PSF)	Quantificado em balança analítica
Quantidade de sementes por fruto (QSF)	Estimativa feita com base no peso de 100 sementes
Cor do fruto (CF)	Separados com paleta de cores: (1) RHS 152B-Verde com antocianina muito forte; (2) RHS 167A-Verde com antocianina forte;(3) RHS 153C-Verde com antocianina; (4) RHS 163A-Verde com antocianina leve; (5) RHS 152D; Verde amarelado claro; (6)RHS 163B-Amarelo mais forte; (7)RHS 160B- Amarelo mais fraco.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

A quantidade de descritores envolvidos no estudo visa uma melhor e mais ampla coleta de informações para as diferenças presentes entre os acessos. Cruz et al. (2004) relatam que a seleção com base em uma única característica mostra-se inadequada, pois conduz a um produto final superior com relação à característica em seleção, mas que pode levar a desempenhos não tão favoráveis nas demais.

A variabilidade genética é de grande importância para trabalhos que envolvem melhoramento genético, pois através dela a variação dos genes de um indivíduo será notada, explorando características que possam ser melhoradas para gerações seguintes. A variabilidade genética é analisada separadamente para cada descritor, entretanto, a integração entre os diferentes tipos de informação é essencial para uma avaliação mais ampla da variação genética existente (OLIVEIRA et al., 2015).

O descritor dias para a floração foi quantificado desde quando as sementes foram postas em câmara de germinação até a abertura completa da primeira flor de cada planta. O descritor altura da planta foi mensurado com o auxílio de uma fita métrica, expressa em cm, medido desde a base da planta, rente ao solo, até o encontro do início do ramo secundário quando a planta tinha 45 dias de vida. O diâmetro do caule também foi avaliado quando a planta tinha 45 dias de vida, com o auxílio de um paquímetro expresso em milímetros, e as medidas foram coletadas considerando uma altura de cinco cm acima do nível do solo. Os descritores cor da mancha da corola (CMC), forma da base foliar (FBF), cor do cálice (CCC), cor do caule (CCL), forma do ápice foliar (FAF) e forma do cálice (FC), foram avaliados como descrito na Tabela 03.

O descritor frutos por plantas foi quantificado de acordo com a maturidade fisiológica dos frutos, onde as coletas dos frutos foram feitas periodicamente, evitando misturas dos frutos de diferentes cruzamentos ao cair no chão. Para o descritor peso dos frutos, foi realizado a retirada do cálice e em seguida feito a pesagem em balança de precisão. Para a

avaliação do hábito de crescimento, considerou-se o formato de crescimento do caule das plantas avaliadas. Quanto aos eixos longitudinais e transversais, foram quantificados em cinco frutos de cada planta por parcela, os mesmos foram escolhidos aleatoriamente e medidos com o auxílio de um paquímetro, expresso em milímetros, sendo considerada ao final da coleta uma média gerada dos cinco frutos avaliados para cada planta.

O teor de sólidos solúveis foi quantificado em cinco frutos de cada planta por parcela com o auxílio de um refratômetro digital. Para a realização das leituras, o aparelho foi zerado com água destilada e higienizado com três lavagens seguidas de água destilada entre a leitura dos frutos e ao final considerado uma média geral dos cinco frutos avaliados de cada planta da parcela quando o cálice apresentava coloração alaranjado/amarelo-acastanhado, visto que o estágio fisiológico de maturação do fruto para colheita interfere diretamente na variação do teor de sólidos solúveis.

A massa de sementes por fruto (MSF) foi estimada retirando-se as sementes de três frutos e pesando-se a mesma em uma balança de precisão. Assim, a massa de semente de um fruto foi obtida dividindo-se o valor por três. Em seguida, se fez a contagem de uma amostra de 100 sementes e se determinou a massa dessas 100 sementes. Em seguida se dividindo a massa de sementes de um fruto pela massa de 100 sementes e multiplicando-se por 100 se tem a estimativa da quantidade de sementes de um fruto (QSF).

O descritor cor de fruto foi avaliado com o auxílio do catálogo de cores RHS da Royal Horticultural Society (THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY, 2001). Os frutos foram avaliados com base no catálogo de cores, considerando a cor para cinco frutos aleatórios por planta de cada parcela. Ao final foi realizada a moda, considerando uma cor como representante da maioria das cores avaliadas nos frutos.

#### *4.6 Análises estatísticas*

Foram realizadas médias dos valores das parcelas de cada bloco, onde as médias de cada descritor foram usadas para obter estimativas dos componentes de variância de cada descritor utilizando a análise de máxima verossimilhança individual (REML), efeito genético dos pais e capacidade de combinação específica dos cruzamentos usando o modelo 36 e 21 do SELEGEN-REML/BLUP. Para a realização dos agrupamentos, utilizou-se os métodos de Tocher e UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) (SNEATH; SOKAL, 1973), com base nas matrizes de dissimilaridades genética Euclidiana e Mahalanobis, utilizando o software SELEGEN (RESENDE, 2016). Para os índices de seleção

dos modelos Aditivo e Mulamba-Rank, utilizou-se o software GENES (CRUZ, 2013). Para a realização das correlações, utilizou o modelo de Spearman utilizando o software GENES. Para calcular a heterose utilizou-se os valores de  $F_1$  divididos pela média dos genitores para cada descritor quantitativo e para heterobeltiose, calculou-se o valor do  $F_1$  dividido pela média do melhor genitor para o descritor quantitativo de interesse.

Para os valores genéticos obtidos, os modelos estatísticos lineares mistos da seguinte forma:  $y = Xr + Za + Wf + e$ , onde  $y$  é o vetor de dados;  $r$  é o vetor de efeitos replicados, somado a média geral;  $a$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos individuais;  $f$  é o vetor de efeitos de dominância; e  $e$  é o vetor de erro ou resíduos. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência desses efeitos. A equação do modelo misto usada para estimar os efeitos fixos e prever os efeitos aleatórios resultantes do procedimento BLUP estão apresentadas a seguir (VIANA e RESENDE, 2014, p. 282):

$$\begin{bmatrix} r \\ a \\ f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\lambda_1 & Z'WK \\ W'X & W'Z & W'WK + A^{-1}\lambda_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \text{ Onde:}$$

$$K = \left( 1 + D A^{-1} \frac{\sigma_d^2}{\sigma_a^2} \right)$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_g^2}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_g^2}$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de deviance (REML)

Dos 20 descritores avaliados em campo, 11 descritores apresentaram variações expressivas entre os genótipos (55%), sendo eles DF, AP, DC, FPP, PF, ELF, ETF, TSS, PSF, QSF e CF, os quais foram submetidas à análise estatística utilizando o modelo 36 do software SELEGEN. Sendo assim, nove (45%) apresentaram nenhuma ou quase nenhuma variação entre as unidades experimentais, sendo eles FMF, FLF, CMC, HC, BF, CCC, CCL, FAF e FC.

Dentre os 11 descritores avaliados pela Análise de Deviance, a variabilidade genética mostrou-se significativamente presente em duas delas, AP e TSS, baseado no intervalo de

confiança da herdabilidade (RESENDE, 2006). Esses resultados mostram que estes descritores possuem potencial para o melhoramento genético (Tabela 04). Estas duas variáveis mostraram valores para possíveis contribuições na realização de seleção de cruzamentos, vindo a agregar informações para a continuação do melhoramento genético da espécie.

O alto valor da variância residual encontrado em várias das características avaliadas neste estudo pode ter se dado por conta de interferências de fatores ambientais presentes no decorrer do experimento, onde a variância residual foi maior que a variação genética (aditiva e dominante) nos valores obtidos para os descritores AP e TSS.

**Tabela 04.** Estimativas de máxima verossimilhança restrita (REML) dos componentes de variância para os descritores dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), frutos por planta (FPP), peso dos frutos (PF), eixo longitudinal do fruto (ELF), eixo transversal do fruto (ETF), sólidos solúveis totais (TSS), peso das sementes por fruto (PSF), quantidade de sementes por fruto e cor do fruto (CF), de *P. angulata* em Feira de Santana-BA

Componentes de variância	DF	AP	DC	FPP	PF	ELF	ETF	TSS	PSF	QSF	CF
V <sub>a</sub>	0.05	24.66	3.01	50.94	76.08	0.00	0.00	0.24	0.07	4912.66	0.00
V <sub>fam</sub>	1.46	0.66	0.19	35.82	98.92	0.01	0.01	0.03	0.75	124.08	0.52
V <sub>e</sub>	8.06	25.88	15.67	9501.95	29515.74	1.66	1.97	0.61	64.29	23277.23	1.78
V <sub>f</sub>	9.57	51.20	18.87	9588.71	29690.74	1.67	1.98	0.88	65.11	28313.97	2.30
<b>h<sup>2</sup>a</b>	0.005+- 0.033	0.482+- 0.334	0.159- +0.192	0.005+- 0.035	0.024 +- 0.003	0.022+- 0.002	0.024+- 0.002	0.273+- 0.252	0.001+- 0.016	0.174 +- 0.201	0.002+- 0.021
<b>h<sup>2</sup>g</b>	0.62	0.53	0.20	0.02	0.02	0.02	0.02	0.41	0.05	0.19	0.90
c <sup>2</sup> fam	0.15	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.22
CVgp %	0.19	10.76	5.06	1.95	1.53	0.19	0.23	2.09	10.38	5.35	0.72
<b>Média Geral</b>	56.32	23.08	17.15	183.35	284.60	14.96	15.02	11.74	1.25	655.18	4.59

(Va) variância genética aditiva, (Vfam) variância genética de dominância, (Ve) variância residual, (Vf) variância fenotípica, ( $h^2a$ ) herdabilidade no sentido restrito, ( $h^2g$ ) herdabilidade no sentido amplo, ( $c^2fam$ ) coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação, (CVgp %) coeficiente de variação genotípica entre progênies. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

No entanto, resultados diferentes foram observados por Kumar et al. (2017) ao avaliar 11 características para *P. peruviana*, onde registraram alta variabilidade para FPP com (34.66–112.83) e alta variabilidade para a característica AP de (85,22-120,55 cm). Dentre os descritores avaliados, o que apresentou menor variabilidade foi o descritor DC com (4.00-4.68 cm). Comparando com *P. angulata*, por serem espécies do mesmo gênero, esses resultados tendem a ser diferentes em função no nível de melhoramento desenvolvido para a *P. peruviana*, tendo em vista sua exploração mais intensa no mercado de frutas deste gênero, o que promoveu uma domesticação mais precoce desta, o que pode explicar o padrão mais desuniforme da espécie em questão.

Apesar de haver diferença entre as médias dos tratamentos, ocorreu grande variação entre as parcelas, e mesmo entre plantas dentro da mesma parcela. A espécie ainda não passou por processo de melhoramento, e ainda não há muitos estudos acerca de aspectos agronômicos como adubação e espaçamento, dentre outros. Além disso, devido ao ataque do caracol africano, foram necessários dois replantios, o que aumenta a desuniformidade do estande, contribuindo para aumento da variação dentro de parcelas e entre parcelas do mesmo tratamento.

Segundo Stansfield (1974), herdabilidades com valores menores que 0.2 são consideradas baixas, valores entre 0.2 e 0.5 são considerados médios e valores maiores que 0.5 são considerados altos. Para a herdabilidade no sentido amplo, foram obtidos valores de 0.53 para AP e 0.41 para TSS respectivamente (Tabela 04) e 0.02 para FPP. Valores

diferentes ao do presente trabalho, para os descritores PF, CLF e CTF, foram encontrados por Santos (2018), que obteve herdabilidade superior a 0.8 para estas características em *Physalis*. Silva (2007), avaliando progênies de *P. angulata*, pôde constatar que para progênies apresentando uma alta herdabilidade também era possível registrar a presença de variabilidade para as características presentes na planta e no fruto.

Herdabilidade para características distintas às encontradas neste trabalho também foram encontradas por Kumar et al. (2017) em *P. peruviana* para ETF (96.89%), FPP (82.72%) e AP (51.27%). Alta herdabilidade em tomateiros para a característica FPP (84 - 99.5%), também foi encontrada por Basavaraj et al. (2015), Nagariya et al. (2015) e Kumar et al. (2016).

## 5.2 Divergência genética

A partir do agrupamento pelo método de Tocher, utilizando as distâncias médias euclidianas, foram gerados três grupos, sendo o grupo I composto por 19 tratamentos abrigando os genitores LG, Laj, Can, Pi e G 53 e alguns híbridos gerados entre eles. O grupo II foi composto por três híbridos derivados dos genitores Can, Pi e Laj, e o grupo III composto por apenas um híbrido resultante da combinação entre G 53 e Pi (Tabela 05).

**Tabela 05.** Agrupamento dos cruzamentos e genitores de *P. angulata* pelo método Tocher utilizando a matriz de médias de distâncias genética euclidiana

GRUPOS	GENÓTIPOS
	(LG), (LG x Laj), (LG x Can), (LG x G 53), (Laj x LG), (Laj), (Laj x Pi), (G 53)
<b>Grupo I</b>	(Laj x G 53), (Can x LG), (Can x Laj), (Can), (Can x G 53), (Pi x Can), (Pi x G 53), (G 53 x LG), (G 53 x Laj), (G 53 x Can), (Pi),
<b>Grupo II</b>	(Laj x Can), (Can x Pi), (Pi x Laj)
<b>Grupo III</b>	(G 53 x Pi)

LG 2010 (LG), Lajedinho (Laj), Candeias (Can), Piauí (Pi), Genitor 53 (G 53). Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

O método de agrupamento Tocher caracteriza-se pela formação de grupos compostos por muitos acessos, assim também como a formação de grupos que apresentam apenas um único acesso dos genótipos que possuem maiores dissimilaridades entre eles

(VASCONCELOS et al., 2007). Visto isso, o agrupamento de Tocher usando as distâncias genéticas de Mahalanobis gerou apenas dois grupos (Tabela 06), sendo o grupo I composto por 22 tratamentos envolvendo todos os genitores e alguns híbridos trabalhados com exceção do híbrido 53 x Pi que formou o grupo II.

Resultados contratantes a estes foram observados por Lima et al. (2017) em *P. angulata*, ao formar grupos pelo método Tocher e agrupar 10 progêneres de autofecundação na formação de oito grupos.

**Tabela 06.** Agrupamento dos cruzamentos com as progêneres de *P. angulata* pelo método Tocher utilizando as distâncias genéticas de Mahalanobis

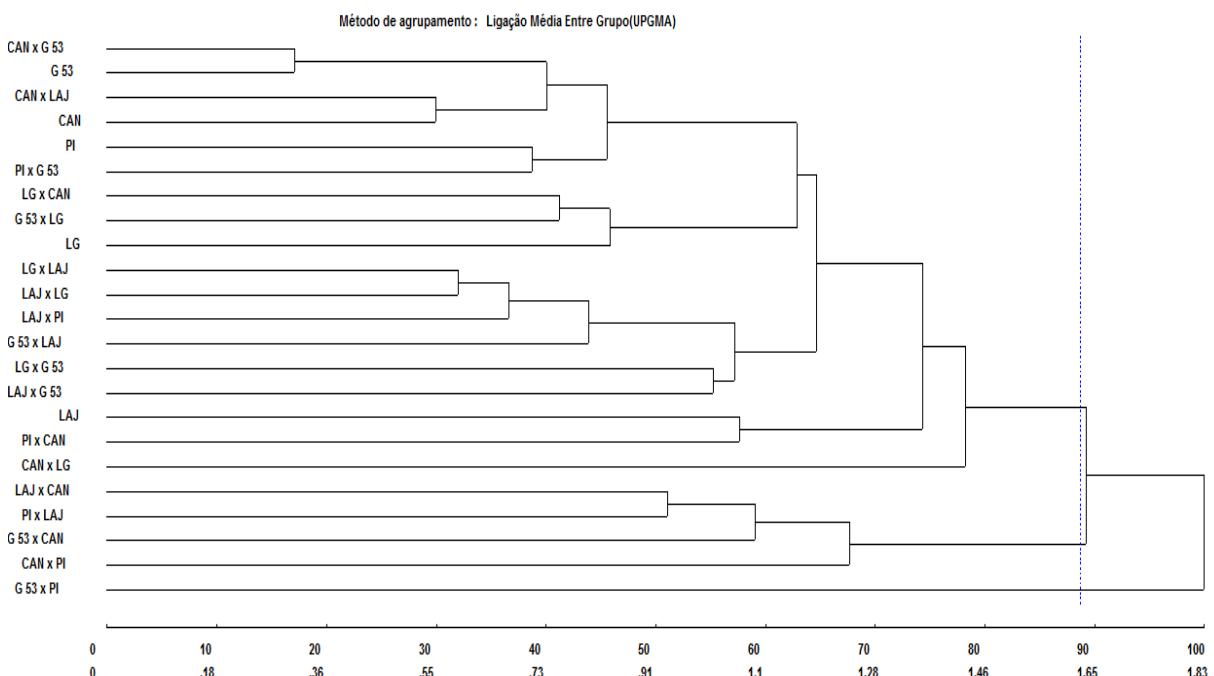
GRUPOS	GENÓTIPOS
<b>Grupo I</b>	(LG), (LG x Laj), (LG x Can), (LG x G 53), (Laj x LG), (Laj), (Laj x Can), (Can x Laj), (Laj x Pi), (Laj x G 53), (Can x LG), (Can), (Can x Pi), (Can x G 53), (Pi x Laj), (Pi x G 53), (G 53 x LG), (G 53 x Laj), (G 53 x Can), (G 53), (Pi x Can), (Pi),
<b>Grupo II</b>	(G 53 x Pi)

LG 2010 (LG), Lajedinho (Laj), Candeias (Can), Piauí (Pi), Genitor 53 (G 53). Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

No método de agrupamento UPGMA utilizando as distâncias euclidianas médias genéticas (Figura 3), foram gerados três grupos envolvendo respectivamente os genitores e os cruzamentos, com uma correlação cofenética (CCC) de 0,77, mostrando a confiança para a matriz de dissimilaridade com os dados do dendrograma. O CCC mede o ajuste entre a matriz de simplificação e a matriz de dissimilaridade em função do método de agrupamento, onde este índice é responsável por aumentar a confiabilidade das conclusões para a interpretação dos dendrogramas (CRUZ et al., 2012). No grupo I, ficou o híbrido G 53 x Pi, o grupo II ficou composto por quatro híbridos derivados dos genitores Laj, Can, Pi e G 53, exceto o genitor LG, que se enquadrou no grupo III com todos os seus híbridos gerados. Diferenças também foram registradas entre agrupamentos entre Tocher e Tocher sequencial por Vasconcelos et al. (2007) ao avaliarem métodos alternativos para agrupamentos em *Lactuca sativa*.

Quando o trabalho tem por interesse conhecer as distâncias genéticas através das características morfoagronômicas, as ferramentas mais utilizadas são: as distâncias euclidianas e de Mahalonobis (DIAS, 1994; RIBEIRO et al., 1999; ARAÚJO, 2000;

NASCIMENTO FILHO et al., 2001; BERED et al., 2002; FERRÃO et al., 2002). As distâncias euclidianas são utilizadas para quando os dados são obtidos em experimentos sem controle local, já a distância de Mahalanobis é utilizada quando se tem o controle local (CRUZ & REGAZZI, 2001).

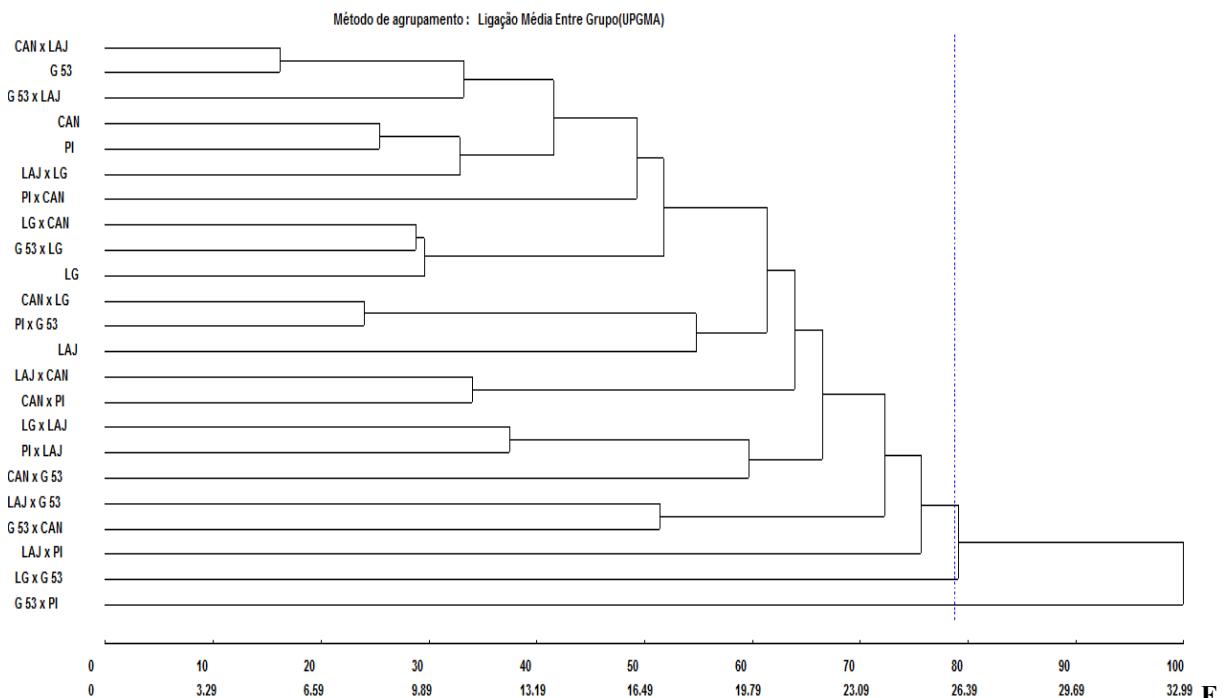


**Figura 3.** Dendrograma gerado a partir das dissimilaridades médias genéticas euclidianas entre cruzamentos de genitores de *P. angulata*, obtidos pelo método UPGMA, baseado nos valores genéticos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Para o agrupamento das distâncias genéticas de Mahalanobis pelo método UPGMA, foram gerados três grupos com valor CCC de 0,74 envolvendo genitores e cruzamentos utilizando o ponto de corte (MOJENA, 1977). O grupo I, foi composto por todos os genitores envolvidos e boa parte dos híbridos e recíprocos, exceto o híbrido LG x G 53 que ocupou o grupo II e o híbrido G 53 x Pi que compôs o grupo III (Figura 4). Resultados inferiores para coeficiente de correlação cofenética foram encontrados por Lima et al., (2017), avaliando 10 progêneres de autofecundação de *P. angulata* L., onde obtiveram CCC de 0,58.

Cargnelutti et al. (2010) também encontraram resultados inferiores em oito medidas de dissimilaridade e oito métodos de agrupamento em *Phaseolus vulgaris*, onde obtiveram resultados semelhantes para CCC, gerando coeficientes de correlação cofenética a partir das matrizes de distâncias de Mahalanobis com média de 0,67, revelando variabilidade na consistência do padrão de agrupamento.

Os diferentes modelos, usados neste trabalho, possibilitaram a correta identificação entre indivíduos divergentes, permitindo a comparação entre eles sob as formações dos agrupamentos. Essa estratégia pretendeu analisar os genitores e interpretar melhor as divergências genéticas entre a formação dos agrupamentos, para os métodos UPGMA e Tocher usadas nas análises, já que as formações de grupos foi algo semelhante entre os métodos.



**Figura 4.** Dendrograma a partir das dissimilaridades genéticas de Mahalanobis entre cruzamentos e genitores de *P. angulata*, obtidos pelo método UPGMA, baseado nas matrizes de dissimilaridade. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Divergências nos agrupamentos de ambos os métodos UPGMA e Tocher também foram encontradas por Neitzke et al. (2010) em *Capsicum*. A utilização de mais de um método de agrupamento, devido às diferenças na otimização e ordenação dos grupos, possibilita que a classificação se complemente em função dos parâmetros que cada técnica utiliza, evitando assim que ações errôneas sejam aderidas na alocação de materiais dentro de um grupo de acessos (ARRIEL et al., 2006). Deste modo, o método de Tocher aliado ao método UPGMA, confere uma maior eficiência em discriminar os acessos quanto as suas distâncias genéticas (NARDINO et al., 2017), onde a diferença entre os agrupamentos se dá por conta da maneira diferente que cada modelo realiza o cálculo de variabilidade genética (BUTTOW et al., 2010). Comparando ambos os agrupamentos para as distâncias genéticas de Mahalanobis, houve semelhanças entre os métodos UPGMA (Figura 4) e Tocher (Tabela 06).

### 5.3 Correlações

Foram encontradas correlações de interesse para contribuir com a produtividade da espécie e com avanços nas pesquisas. Os valores fenotípicos mostram as correlações que se encontram presentes nas condições ambientais da cidade de Feira de Santana – BA, enquanto as correlações genotípicas expressam desempenhos genéticos dos cruzamentos retirando o efeito do ambiente. Considerando as condições ambientais da área urbana da cidade, que apresenta temperatura variando entre 26°C e 44°C, apresentando maiores incidências de temperatura nas regiões com extensa parte de solo exposto ou a inexistência de vegetação arbórea (DAMASCENO; AMORIM, 2018). Procurando melhorar FPP de *P. peruviana*, Lagos et al. (2007) avaliaram diferentes localidades e não encontraram diferenças significativas entre as localidades estudadas, porém registrou diferenças significativas entre os genótipos avaliados.

As correlações positivas e negativas apontam que quando a seleção de uma característica é praticada, se obtém uma resposta correlacionada em outra, podendo se tornar um problema uma vez que o objetivo da seleção não é o mesmo (PAULA et al., 2002). No entanto, plantas cultivadas em regiões mais quentes adequam a produção de frutos com concentrações de teor de sólidos solúveis mais elevados, sofrendo assim efeito direto dos fatores causados pelas condições edafoclimáticas (MOURA et al., 2016). Contudo, os resultados são de grande relevância quando se considera trabalhos realizados com coleções específicas, bem como as diferenças das condições ambientais no momento em que o germoplasma é avaliado e caracterizado morfoagronomicamente (MIGUEL, 2017).

O descritor AP apresentou correlações fenotípicas negativas e significativas com os descritores DC (-0.266), FPP (-0.236), PF (-0.247), ELF (-0.331) e ETF (-0.371), correlações importantes para produtividade, mostrando que existe uma tendência de planta com menor porte alcançar maiores quantidades de frutos conforme a Tabela 07. Porém estas características de interesse se aplicam as condições ambientais da região local.

**Tabela 07:** Correlações genotípicas e fenotípicas para 11 descritores de *P. angulata* L.

	<b>DF</b>	<b>AP</b>	<b>DC</b>	<b>FPP</b>	<b>PF</b>	<b>ELF</b>	<b>ETF</b>	<b>TSS</b>	<b>PSF</b>	<b>QSF</b>	<b>CF</b>
<b>DF</b>		-0.280	0.410*	0.151	0.073	0.184	0.310	0.453*	-0.125	-0.147	0.009
<b>AP</b>	-0.154		0.072	0.227	0.172	-0.221	-0.235	0.019	0.311	0.255	-0.147
<b>DC</b>	0.199	-0.266*		0.546*	0.480*	0.569*	0.604*	0.315	0.171	0.081	-0.263
<b>FPP</b>	0.008	-0.236*	0.602*		0.904*	0.376	0.444*	0.208	0.433*	0.367	-0.381
<b>PF</b>	-0.023	-0.247*	0.618*	0.973*		0.558*	0.638*	0.111	0.454*	0.412*	-0.371

<b>ELF</b>	0.104	-0.331*	0.686*	0.595*	0.663*		0.934*	0.201	0.395	0.297	0.128
<b>ETF</b>	0.193	-0.371*	0.753*	0.591*	0.651*	0.942*		0.269	0.389	0.297	0.011
<b>TSS</b>	0.037	-0.110	0.355*	0.426*	0.397*	0.199*	0.249*		0.069	-0.034	0.225
<b>PSF</b>	-0.011	-0.054	0.324*	0.367*	0.429*	0.440*	0.435*	0.079		0.876*	-0.043
<b>QSF</b>	0.016	-0.053	0.320*	0.362*	0.429*	0.436	0.433*	0.076	0.993*		-0.189
<b>CF</b>	-0.209	-0.076	0.162	-0.008	0.074	0.172	0.134	-0.067	0.192	0.185	

Correlações genotípicas na parte superior, correlações fenotípicas na parte inferior da tabela. (\*) valores significativos, usando teste de Spearman. Códigos dos descriptores: (DF) Dias para florescimento, (AP) altura da planta, (DC) diâmetro do caule, (FPP) Frutos por planta, (PF) peso dos frutos, (ELF) eixo longitudinal do fruto, (ETF) eixo transversal do fruto, (TSS) sólidos solúveis totais, (PSF) peso das sementes por fruto, (QSF) quantidade das sementes por fruto, (CF) cor do fruto.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Com base na Tabela 07, foram encontradas correlações fenotípicas que expressaram valores relevantes para a característica TSS e AP com os descriptores DC, FPP, PF, ELF e ETF, mostrando que plantas que apresentam menor porte também apresentam maiores concentrações de açúcares em seus frutos. No entanto, Trevisani (2018) encontrou valores diferentes em *P. peruviana* para as análises de TSS realizadas; porém, os valores obtidos pela autora não foram significativos entre os genitores e os híbridos de *P. peruviana* trabalhados. A autora também constatou que a floração e a quantidade de frutos colhidos variam conforme o ambiente e a época da avaliação. Valores encontrados por Saavedra et al. (2018) para *P. angulata* reforçam os resultados apresentados nesse estudo para as correlações fenotípicas de AP, ao mostrar que plantas que apresentam baixa estatura e crescimento prostrado são as que apresentam maior produtividade, corroborando também com Santiaguillo et al. (1998) e Peña-lomelí et al. (2008).

Correlações fenotípicas significativas e positivas também foram registradas entre fruto por planta com os eixos longitudinal e transversal (0.595 e 0.591, respectivamente) (Tabela 07). Valores opostos foram encontrados por Herrera et al., (2011), que obteve correlação significativa negativa para número de FPP com PF em *P. peruviana*.

Resultados diferentes ao desse trabalho para ETF em *P. angulata* foram registrados por Saavedra et al. (2018), onde pôde registrar seis acessos que apresentaram destaque, sendo três deles com tamanhos maiores e três com tamanhos pouco inferiores (13-14 mm e 11-12 mm, respectivamente). Correlações positivas para ETF e ELT foram também registradas por Abud et al. (2018) em *Capsicum* ao avaliar pimenta malagueta e pimenta biquinho onde registrou valores de (0,90414 e 0,66306, respectivamente).

Correlações semelhantes às encontradas neste trabalho envolvendo quantidade de frutos por planta e peso do fruto (0,973) (Tabela 07), também foram encontrados por Freitas et al. (2012) para *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, que obtiveram correlações significativas positivas para o número de frutos por planta e produção de frutos de (0,54). Resultados do

tipo quando correlacionados com NFP tem grande importância pois contribuem diretamente no aumento da produção de frutos.

Estudo realizado com *Cucurbita* spp. por Camacho et al. (2005) revelou valores semelhante aos resultados encontrados nesse trabalho, pois eles tiveram correlações genéticas positivas e significativas em progêniens S1 para número de frutos por plantas e produção de frutos por planta acima de (0,50). Valores positivos para correlações fenotípica e genotípica entre os descritores FPP e PF, também contribuem para o aumento da produtividade do fruto de tomate (MIRANDA, 2018), uma espécie aparentada do gênero *Physalis*.

O presente trabalho ainda mostrou correlações significativas fenotípicas positivas entre o descritor TSS com os descritores FPP, PF, ELF, ETF. Considerando a quantidade de correlações significativas encontradas para os valores fenotípicos e genotípicos é cabível compreender que a variação entre correlações genotípicas e fenotípicas é justificado pelo fato de as características terem sido afetadas pelo ambiente, como AP e TSS, as quais ambas apresentaram cinco correlações significativas com os valores fenotípicos para as características DC, FPP, PF, ELF e ETF, e para valores genotípicos ambas não apresentaram.

Correlações fenotípicas significativas positivas foram registradas entre ETF com a característica PSF (0,44), mostrando que quanto maior o eixo transversal maior será o peso das sementes presentes no fruto. Resultados divergentes foram encontrados por Camacho et al. (2005) para *Cucurbita* spp., onde as características semelhantes apresentaram correlações significativas fenotípicas negativas (-0,57).

As correlações fenotípicas para o descritor AP foram influenciadas pelas condições ambientais da cidade de Feira de Santana-BA, pois interferências ambientais podem agir diretamente no ciclo reprodutivo da planta, uma vez que temperaturas elevadas acima de 30°C provocam ações prejudiciais para a floração e frutificação em *P. peruviana* (ÂNGULO, 2005). As correlações fenotípicas para o descritor AP são similares quando comparada com resultados dos valores genotípicos. Plantas de *Physalis* quando cultivada em condições favoráveis de temperatura e umidade entorno de 20°C e 70%, apresentam atributos de ganhos rápido em altura nos estágios iniciais, e seguida da redução devido à floração e à frutificação (MIRANDA, 2005). No entanto o desempenho de população de *Physalis* podem variar conforme a época da avaliação e das condições ambientais em estudo (TREVISANI, 2018).

#### 5.4 CEC, CGC e heterose

A presença de heterose e heterobeltiose foi avaliada para os descritores AP e TSS, considerando o comportamento dos híbridos, conforme Tabela 08.

Para o descritor TSS, os cruzamentos que mostraram melhores valores para heterobeltiose com F<sub>1</sub> superior ao melhor pai foram os híbridos Pi x G 53 (5.91%) e Can x LG (1,14%). Para heterose, os três cruzamentos de melhor valor foram Can x LG (8.07%), Pi x LG (7,23%) e LG x G 53 (3,54%) onde apresentaram valores para F1 superior à média dos pais (Tabela 08).

Observou-se que, para o descritor AP, os cruzamentos que obtiveram os dois melhores resultados para heterobeltiose foram os cruzamentos Pi x Laj (-12.82%) e Can x Laj (-4,02%), por apresentarem valores para o F<sub>1</sub> inferiores quando comparados ao pai de menor valor. Para heterose, destacaram-se os híbridos Can x Laj (-23.39%), Pi x Laj (-21.92%), G 53 x LG (-21.57%), Can x G 53 (-7.08%) e Can x Laj (-4.77%), por apresentar uma inferioridade do F<sub>1</sub> quando comparado a média dos pais (Tabela 08).

**Tabela 08.** Estimativa de heterose e heterobeltiose em híbridos de *P. angulata* para AP e TSS

	(AP) Altura Planta					(TSS) Teor de Sólidos Solúveis				
	Gen. 1	Gen. 2	F1	Heter.%	Heterob. %	Gen. 1	Gen. 2	F1	Heter.%	Heterob. %
LG x G53	16.13	15.50	18.58	17.52%	15.19%	10.73	11.89	11.71	3.54%	0%
LG x Can	16.13	20.92	24.75	33.64%	18.31%	10.73	12.31	10.84	-5.90%	0%
LG x Laj	16.13	31.50	32.38	35.99%	2.79%	10.73	11.77	10.85	-3.56%	0%
Laj x Pi	31.50	25.53	27.71	-2.81%	0%	11.77	12.18	11.21	-6.43%	-4.75%
Laj x G53	31.50	15.50	25.39	8.04%	0%	11.77	11.89	11.31	-4.40%	-3.91%
Laj x Can	31.50	20.92	26.63	1.60%	0%	11.77	12.31	12.32	2.33%	0.08%
Laj x LG	31.50	16.13	35.31	48.30%	12.10%	11.77	10.73	10.90	-3.11%	0%
Can x Pi	20.92	25.53	22.33	-3.83%	0%	12.31	12.18	12.47	1.88%	1.30%
Can x G53	20.92	15.50	16.92	-7.08%	0%	12.31	11.89	12.23	1.07%	0%
Can x Laj	20.92	31.50	20.08	-23.39%	-4.02%	12.31	11.77	11.50	-4.49%	-2.29%
Can x LG	20.92	16.13	22.83	23.27%	9.13%	12.31	10.73	12.45	8.07%	1.14%
Pi x G53	25.53	15.50	24.14	17.70%	0%	12.18	11.89	12.90	7.23%	5.91%

Pi x Can	25.53	20.92	24.88	7.15%	0%	12.18	12.31	11.13	-9.07%	-8.62%
Pi x Laj	25.53	31.50	22.25	-21.96%	-12.82%	12.18	11.77	11.50	-4.01%	-2.29%
G 53 x Pi	15.50	25.53	26.04	26.96%	2%	11.89	12.18	12.29	2.16%	0.90%
G 53 x Laj	15.50	31.50	22.38	-4.77%	0%	11.89	11.77	10.73	-9.30%	-8.83%
G53 x Can	15.50	20.92	22.50	23.56%	7.55%	11.89	12.31	11.15	-7.85%	-6.22%
G53 x LG	15.50	16.13	12.40	-21.57%	-20,00%	11.89	10.73	10.81	-4.42%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Avaliou-se as estimativas de capacidade de combinação específica (CEC) considerando como de interesse os cinco cruzamentos mais bem colocados dentre os 18 cruzamentos específicos realizados, para os dois descritores que mostraram variabilidade genética significativa. Os cinco cruzamentos que exibiram valores promissores para o descritor AP, foram Can x Laj, Can x Pi, Can x G 53, Pi x Laj e G 53 x LG. Para o descritor TSS, os três cruzamentos que obtiveram maiores resultados foram Can x LG, Pi x G 53 e G 53 x Laj (Tabela 09).

**Tabela 09.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) com 5 genitores para os descritores; altura da planta (AP) e Sólidos Solúveis Totais (TSS) em *P. angulata* na Unidade Experimental do Horto Florestal, UEFS, 2019

GENITORES	Pai	LG	Laj	Can	Pi	G 53
<b>Mãe</b>						
<b>LG</b>		-0.124	0.076	0.08	X	-0.022
<b>Laj</b>		0.148	0.045	0.076	0.01	0.041
<b>Can</b>		0.045	-0.091	-0.023	-0.026	-0.072
<b>Pi</b>		X	-0.18	0.032	0.015	0.068
<b>G 53</b>		-0.132	0.006	0.031	0.115	-0.057
<b>TSS</b>						
<b>LG</b>		0.026	-0.001	-0.045	X	0.013
<b>Laj</b>		0.005	0.016	0.019	-0.033	-0.017
<b>Can</b>		0.054	0.002	0.010	0.019	0.016
<b>Pi</b>		X	0.005	-0.019	0.003	0.053
<b>G 53</b>		-0.039	0.042	-0.018	0.019	0.008

(x) Cruzamentos perdidos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Para o descritor AP, o híbrido G 53 x LG apresentou melhor desempenho para o descritor. Comportamentos antagônicos foram registrados por Trevisani (2018) para *P. peruviana*, encontrando resultados inferiores para AP após autofecundação. Trevisani (2018) ainda registrou uma redução no teor de sólidos solúveis totais e em contrapartida a população apresentou um acréscimo de 683 kg.ha<sup>-1</sup> em *Physalis*.

Com base na coloração do cálice, Silva (2015) quantificou o teor dos sólidos solúveis totais nos frutos de *Physalis*, avaliando a cor do cálice paralelo com a variação do TSS em cada estágio de maturação dos frutos. Neste estudo, pode-se constatar que quando o cálice apresenta uma coloração na cor amarelo-acastanhado, ele se encontra na fase ideal para colheita. Segundo Almeida et al. (2016), nessa fase do fruto também é obtida uma concentração de aproximadamente 14,21 °Brix, em frutos de *P. peruviana*, diferentemente dos frutos que apresentam coloração do cálice na cor verde onde o teor de sólidos solúveis é de aproximadamente 11,26 °Brix.

Valores satisfatórios para concentração de TSS em *Physalis*, com média superior a 14 °Brix, foram registradas por Silva et al. (2013) em *P. peruviana* em Minas Gerais. Porém, o alto teor de sólidos solúveis presente nos frutos podem comprometer o tempo de armazenamento devido à alta concentração de açúcares podendo estar associada a aceleração da deterioração e velocidade de fermentação do fruto.

### *5.5 Índice de seleção*

Para o descritor AP, as correlações fenotípicas realizadas mostram que plantas com as menores estaturas apresentam ligações importantes com características voltadas a produtividade. Com base nisso, foram selecionados os híbridos que apresentaram valores negativos para heterose e heterobeltiose com base no F<sub>1</sub>.

Foram realizados índices de seleção pelo modelo Aditivo e pelo modelo de Mulamba-Rank para observação dos desempenhos dos genótipos para as características AP e TSS (Tabela 10), visando obter genótipos de destaque e que sejam superiores para ambas as características baseados nos dois modelos trabalhados abaixo.

Dentre os híbridos avaliados, verificou-se que os híbridos com maiores relevâncias se faziam presentes em ambos os modelos avaliados e entre os cinco primeiros resultados mostrando a forte relevância positiva do indivíduo.

É importante que os híbridos que apresentam bom desempenho em CEC, apresentem ao menos um dos melhores genitores que obtiveram os maiores efeitos favoráveis de CGC

(CRUZ e REGAZZI, 2004). Com base nos cruzamentos apresentados e no índice de seleção com os descritores AP e TSS para os modelos Aditivo e Mulamba-Rank, foram determinados os cinco híbridos mais promissores, sendo eles Can x G 53, Can x Pi, Can x LG, Pi x G 53 e G 53 x Pi. (Tabela 10).

**Tabela 10.** Índice de seleção dos modelos Aditivo e Mulamba-Rank para cruzamentos e genitores de *P. angulata* considerando os descritores AP e TSS

<b>Seleção de genótipos</b>		
<b>Modelo Aditivo</b>	<b>Modelo Mulamba-Rank</b>	
<b>Ordem</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Genótipos</b>
1	Pi x G 53	Can x G 53
2	Can x LG	Can
3	Can x Pi	G 53
4	Can x G 53	Can x LG
5	Can	Can x Pi
6	G 53 x Pi	Pi x G 53
7	Pi	Pi x Laj
8	G 53	LG x G 53
9	Laj x Can	Can x Laj
10	Pi x Laj	G 53 x Can
11	Can x Laj	G 53 x LG
12	LG x G 53	G 53 x Pi
13	Pi x Can	Pi
14	G 53 x Can	LG
15	Laj	Pi x Can
16	Laj x G 53	Laj x Can
17	Laj x LG	G 53 x Can
18	LG x Laj	Laj x G 53
19	Laj x Pi	LG x Can
20	G 53 x LG	Laj
21	LG	LG x Laj
22	G 53 x Can	Laj x LG
23	LG x Can	Laj x Pi

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

## 6 CONCLUSÕES

O presente trabalho pôde mostrar que, dentre os descritores trabalhados, Altura da planta e Teor de Sólidos Solúveis apresentaram variabilidade genética significativa, além de apresentar heterose e heterobeltiose para ambos os descritores avaliados nos genótipos de *P. angulata*.

Os cinco híbridos com melhor desempenho para os descritores AP e TSS foram Can x G 53, Can x Pi, Can x LG, Pi x G53 e G 53 x Pi, combinando as características de baixa estatura e altos teores de sólidos solúveis em seus frutos.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABUD, H.F. et al., Caraterização morfométrica dos frutos de pimentas malagueta e biquinho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.2, p.29-39, 2018.
- AGRA. M. F. **Revisão taxonômica de Solanum sect. Erythrotrichum Child Solanaceae**, São Paulo, 292 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 2000.
- ALMEIDA, P. F. P; FREITAS, A. A. J. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na regia de São Mateus, ES. **Revista Univap**. São José dos Campos/SP, v.22 n.40, 2016.
- ALVES, S. R. M. **Pre-melhoramento em capsicum: identificação de espécies, hibridação interespecífica e variabilidade genética em caracteres de sementes**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.
- ANGULO, R. **Frutales exóticos de clima frío**. Bogotá: Curso Bayer Cropscience S.A, p. 24-47, 2003.
- ARAÚJO, F. L. et al. Caracterização cromossômica em *Physalis angulata* L. e *P. peruviana* L. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 27, n.1, p.82- 89, 2015.
- ARIF, M., et al. Organic weed management in wheat through allelopathy. **International Journal Agriculture and Biology**. v.17, n.1, p.127–134, 2015.
- ARRIEL, N.H. et al. Técnicas multivariadas na determinação da diversidade genética em gergelim usando marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.5, p. 801-809. 2006.
- BARBIERI, R. L. e CASTRO, C. M. Descritores para caracterização de germoplasma. In: VEIGA, R. F. A. e QUEIROZ, M. A. 2015. **Recursos fitogenéticos: A base da agricultura sustentável no Brasil**. Brasília, DF. 2015.
- BASAVARAJ, L.B.; VILAS, D.G. e VIJAY KUMAR, R. Study on genetic variability and characters interrelationship of quality and yield components in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **HortFlora Research Spectrum**, v. 4, p.108-115, 2015.
- BELL, V.D.; Oliver, L.R. Germination, control, and competition of cutleaf groundcherry (*Physalis angulata*) in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**. V.27, p.133–138, 1979.
- BERED, F. et al. Caracterização de germoplasma de trigo por meio dos caracteres adaptativos ciclo e estatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 145-150, 2002.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCH-E NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 7<sup>a</sup> edição. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 543p. 2017.
- BORÉM, A. Endogamia e heterose. In: Borém, A. **Melhoramento de Plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, cap. 19, p 139 -158, 2001.

BUTTOW, M.V. et al. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p.1264-1269, 2010.

CAMACHO, M. E. Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita mochata* Duch. Ex Poir. **Acta Agronômica**, v. 54, n. 1, 2005.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; BURIN, C. Consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão conforme medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 236-243. 2010.

CHAVES, M. C. **Mecanismos reprodutivos em *Physalis angulata* L.** 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 174p. 2017.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. R. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV. 2ed. 290p. 2001

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 480p, 2004.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, v. 2, 506p, 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4<sup>a</sup> ed. **Editora UFV**, Viçosa-MG, Brasil,514 p, 2012.

CRUZ, C.D. GENES. A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L.F.S.; PELACANI, C.R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v.17, n.3, p.360-366, 2015.

COLOMBO, G. A. et al., Capacidade combinatória de genótipos de soja sob condições de cerrado de baixa latitude. **Ciências Agrárias**, v. 61, 2018.

CORRÊA, L. B. **Diversificação funcional em ribonucleases T2 na família Solanaceae**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da UFRGS, Porto Alegre, 2015.

COSTA, R. S.; MÔRO, F. V.; OLIVEIRA, J. C. Influência do momento de coleta sobre a viabilidade de grão de pólen em maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 956-961, 2009.

DAFNI, A. e MAUES, M. M. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. **Sex Plant Reproduction**. 1<sup>a</sup> ed. p. 17-180, 1998.

DAMASCENO, M.J.; AMORIM, T. C. C. M. O clima urbano de Feira de Santana-BA através da superfície e do índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, **Colloquim exactarum**, v. 10, n. 3, p. 94-98, 2018.

- DANTAS, A. C. de A. et al. Caracterização molecular de acessos de melão coletados no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34(1), p.183-189. 2012.
- DIAS, L. A. **Divergência genética e fenética multivariada na predição de híbrido e preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L).** 1994. 94p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1994.
- DIAS, N. L. P; DE OLIVEIRA, E. J.; DANTAS, J. L. L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimativa de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1471-1479, 2011.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J. T. Plant genetic resources. In: HAYWARD, M.D.; BOSEMARK, N.O.; ROMAGOSA, I. (Org.). **Plant Breeding. Principles and Prospects**. London: Chapman & Hall, 1993, p. 33-51.
- FERRÃO, M. A. G. et al. Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1089-1098, 2002.
- FISHER, G. et al. **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2005.
- FIGUEIREDO, M. C. C. et al. Reproductive biology of *Physalis angulata* L. (Solanaceae), **Scientia Horticulturae**, v. 267. 2020
- FREITAS, J. P. X., et al. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.3, p.393-401, 2012.
- GOMIDE, F. B. **Cruzamentos dialélicos entre variedades de Milho (*Zea mays* L.)**. UFV. 1980. 71p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento), universidade federal de viçosa – Minas Gerais, 1980.
- GONZÁLEZ, O. T. et al. Caracterización morfológica de cuarenta y seis accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en Antioquia (Colombia). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.708-715, 2008.
- GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytobotany: concepts and implications. **Cytogenetic and Genome Research**. v.120, p.339-350, 2008.
- HALLAEUR, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, p.468, 1995.
- HERRERA, A., et al. Behavior in yield and quality of 54 Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.), accessions from north-eastern. **Agronomia colombiana**. v.29, n.2, 2011.
- KALBARTZYK, E. e KALBARTZYK, R. The course phenological phases of potato and its determination by multi-annual variability of air temperature in Poland. **Annales UMCS Sectio E**, 4, p. 1-11, 2010.

KALBARCZYK, R.; RASZKA, B.; KALBARCZYK, E. Variability of the Course of Tomato growth and Development in Poland as an Effect of Climate Change. [In:] **Climate Change – Socioeconomic Effects**, Eds. J. Blanco, H. Kheradmand, InTech, p. 279–306, 2011.

KUMAR, K., et al. Genetic variability, heritability and genetic advance for fruit yield and yield attributes in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme). **Environment & Ecology**, n.34, p.718-721, 2016.

KUMAR, V. et al., Assessment of genetic variability Among different genotypes of cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in India. **Journal of applied and natural Science** 9 (3): 1735-1739. 2017.

LESSA, L.S. et al., Correlação fenológica entre caracteres de híbridos diploides (AA) de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.1129-1134, 2012.

LAGOS, T.C.B. et al. Biología reproductiva de la uchuva. **Acta Agronómica Colombiana**, v. 57, p.81-87, 2008.

LEITE, R. S. et al. Physiological responses of *Physalis angulata* plants to water deficit. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, p. 287-297, 2018.

LIMA, C. S. M. et al. Qualidade pós-colheita de physalis sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.311-317, 2013.

LIMA, A. P. et al. Caracterização morfoagronômica de acessos de *Physalis angulata* L. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 4f. 2017.

LORENZ, A. J. et al. Characterization, Genetic Variation, and Combining Ability of Maize Traits Relevant to the Production of Cellulosic Ethanol. **Crop Science**, v.49, n. 1, p. 85-98, 2008.

MARENKO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.384-422.

MARIQUITO, A. **Potencial alelopático de extratos de sementes de *Physalis peruviana* L. (solanaceae)**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.

MEIRA, C. S. et al. In vitro and in vivo antiparasitic activity of *Physalis angulata* L. concentrated ethanolic extract against *Trypanosoma cruzi*. **Phytomedicine**. n.22, p.969–974, 2015.

MENEZES, C. B. de. et al. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 16, n. 3, p. 509-523, 2017.

MENZEL, M. Y. The cytobotany and genetics of *Physalis*. Virginia. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 95, n. 02, p. 132–183, 1951.

MIGUEL, L. C. V. **Divergência genética em coleção didática de batata-doce por descriptores morfológicos.** 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2017.

MIRANDA, D. Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y la poda de la uchuva. In FISCHER, G.; MIRANDA, D.; PIEDRAHÍTA, W.; ROMERO, J. **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la Uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia.** Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p. 29-54, 2005

MIRANDA, M. S. **Análise da divergência genética em genótipos de tomateiro do tipo salada: métodos de otimização e hierárquico.** 2018. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo – MG, 2018.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal.** v.20, n.4, p.359-363, 1977.

MOURA, P. H. A. et al. Cobertura plástica e densidade de plantio na qualidade das frutas de *Physalis peruviana* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.3, p.334-339, 2016.

MOTERLE, L.M., et al. Combining ability of tropical maize lines for seed quality and agronomic traits. **Genetics and Molecular Research**, v.10, n.3, p.2268-2278, 2011.

NAGARIYA, N.K.; MUKHERJEE, S. e SHARMA. Genetic variability, heritability and genetic advance in tomato (*Solanum lycopersicon* L.). **Annals of Biology**, n.31, p.91-93, 2015.

NARDINO, M. et al. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.1, p. 164-174, 2017.

NASCIMENTO FILHO, F. J. et al. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3 p. 501-506, 2001.

NEITZKE, R.S. et al. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental, **Horticultura Brasileira**, v.28 no.1, Brasília, 2010.

OLIVEIRA, E.J. et al. Classification of cassava genotypes based on qualitative and quantitative data. **Genetics and Molecular Research**, v.14, p.906-924, 2015.

OLIVEIRA, J. A. R. et al. Caracterização física, físico-química e potencial tecnológico de frutos de camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, 2011.

OZASLAN, C. et al. Invasion potential of two tropical *Physalis* species in arid and semi-arid climates: Effect of watersalinity stress and soil types on growth and fecundity. **PLoS One**. 2016.

OZASLAN, C., et al. Germination biology of two invasive *Physalis* species and implications for their management in arid and semi-arid regions. **Scientific Reports**. 7 (1), 2017.

PALOMINO, C. E. M. Caracterización morfológica de accessiones de *Physalis peruviana* L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.70p. 2010.

PANDEY, K. K. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot.: a new system. **American Journal of Botany**. v. 44, n.10, p. 879-887, 1957.

PAULA, R. C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PELEGREN, A. J. de. **Dialelo completo e associação entre caracteres de rendimento em trigo (Triticum aestivum L.)**. 2017, 73f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS. 2017.

PEÑA-LOMELÍ, A., et al. Parámetros genéticos en la variedad chf1 chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* brot.). **Chapingo Ser. Hort.** v.14, n.1, p. 5-11, 2008.

PRICE, A. J.; MONKS, C. D.; KELTON, J. A. Cutleaf groundcherry (*Physalis angulata*) density, biomass and seed production in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) following regrowth due to inadequate control. **Peanut Science**, v.40, n.2, p.120–126, 2013.

QUIROS, C. Overview of the genetics and breeding of husk tomato. **Hort Science**, v.19, n.6, p.872–874, 1984.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de P. Genética quantitativa em plantas autógamas: Aplicações ao melhoramento do feijoeiro. **Editora da UFG**, P. 271, 1993.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 16: 330-339, 2016.

RESENDE, M.D.V. **O software Selegen Reml / Blup**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p.1-305, 2006.

RIBEIRO, F. E. et al. Diversidade genética entre populações de coqueiro-gigante-do-Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1615-1622. 1999.

ROCHA, F. et al. Análise dialélica como ferramenta na seleção de genitores em feijão. **Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 74-81, 2014.

RUFATO, A. R. et al. Aspectos técnicos da cultura da Physalis. Lages: Série **fruticultura** CAV/UDESC, 2008.

RUFATO, A. R. et al. A cultura da physalis. In: Aike Anneliese Kretzschmar, Leo Rufato, Tânia Regina Pelizza. **Pequenas frutas**. 1ed. v.1. 2013.

SAAVEDRA J. C. M. et al. Agromorphological characterization of wild and weedy populations of *Physalis angulata* in Mexico, **Scientia Horticulturae**, v.246, p.86–94, 2018.

SANTIAGUILLO, F.J.; BLAS, S. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. **Geografía Agrícola** n.43, p.81–86, 2009.

SANTIAGUILLO, J. F.; PEÑA-LOMELÍ, A.; MONTALVO, D. Evaluación de variedades de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) en Tlajomulco de Zuñiga. Jalisco. **Chapingo Serie. Horticultura.** v. 4, p.83–88, 1998.

SANTOS, S. K. **Estudo genético e aspectos reprodutivos em espécies do gênero *Physalis*.** 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genético vegetais), Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana – BA, 2018.

SHARMA, N. et al. A pharmacological comprehensive review on 'Rassbhary' *Physalis angulata* L. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.** v.7, n.8, p.34-38, 2015.

SILVA, K. N. & AGRA, M. F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physalodes* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Rev. Brasileira de Farmacognosia.** v. 15, n. 4, 2005.

SILVA, J. B. C. **Cultivo de Tomate para Industrialização: Adubação.** n.1, v.2, 2006.

SILVA, A. H. B. **Caracterização morfo-biométrica, seleção e variabilidade genética para caracteres qualitativos e quantitativos em progênies de *Physalis angulata* L.** 2007. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Estadual de Feira de Santana – Feira de Santana- BA, 2007.

SILVA, D. F. et al. Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres,** v. 60, n.6, p.826-832, 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, C. M. F. **Comportamento de *Physalis peruviana* L. em pós colheita.** 2015. 145 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Qualidade Alimentar) - Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real. 2015.

SILVA, A. L da. et al., efeito do horário de coleta sobre a viabilidade polínica em *physalis peruviana*. **PEVIC.** 2017.

SILVA, H. K da. et al., Selection of Morphoagronomic Descriptors in *Physalis angulata* L. Using Multivariate Techniques. **Journal of Agricultural Science;** Vol. 11, Nº 1, 2019.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification. **San Francisco: W.H. Freeman,** 573p, 1973.

SOUZA, C. L. M. et al. Morfologia de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Physalis angulata* L. **Acta botanica brasiliensis**. v.24, n.4, p.1082-1085. 2010.

SOUZA, H. E. **Reprodução e hibridação interespecífica e intergenérica em bromeliáceas com potencial ornamental**. 2013. Tese (Doutorado em Biologia na agricultura e no ambiente). Universidade de São Paulo, 2013.

STEHMANN, J. R. et al. Solanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015.

STANSFIELD, W. D. **Genética**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, p.958, 1974.

SULTANA, N. et al. *Physalis angulata* L. (Solanaceae) - A new angiospermic record for Bangladesh. **Bangladesh Journal of Botany**, 37(2), p.195-198. 2008.

THE ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. RHS colour chart. **London**: v. 4, 2001.

TREVISANI, N. **Citogenética, endogamia e heterose em Fisalis (*Physalis peruviana* L.) cultivado**. 2018. 93f. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Universidade estadual de Santa Catarina, Lages – SC, 2018.

THOMÉ, M., e OSAKI, F. Adubação de Nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. **Ciências agrárias**. Curitiba, v.8, n.1, p.11-18, 2010.

VARGAS-PONCE, O. et al. Traditional management and small-scale crop of *Physalis angulata* in Western Mexico. **Genet. Resour. Crop Evol.** 63, p.1383–1395. 2016.

VASCONCELOS, E. S. et al. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa aplicada no melhoramento de fruteiras**. Rio de Janeiro: Interciência, p.282, 2014.