



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PIRANHAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

DENISSON LIMA DO NASCIMENTO

CONTROLE GENÉTICO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO

PIRANHAS, AL

2021

DENISSON LIMA DO NASCIMENTO

CONTROLE GENÉTICO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranhas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo de Oliveira Silva

Coorientador: Prof. Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa

PIRANHAS - AL

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Piranhas
Biblioteca Tabela Cacilda Damasceno Freitas

N244c Nascimento, Denisson Lima do.

Controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro/ Denisson Lima do Nascimento.–2021.

1CD-ROM: il. (1 arquivo, 658 KB).

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 49 folhas, acondicionado em caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Trabalho de Conclusão de curso (graduação em Engenharia Agrônoma) - Instituto Federal de Alagoas, *Campus Piranhas*, Piranhas, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Michelangelo de Oliveira Silva.

1.*Solanum lycopersicum*. 2. Herança. 3. Melhoramento vegetal. I. Título.

CDD: 631.4

Fabio Fernandes Silva
Bibliotecário – CRB- 4/2302

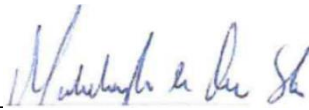
DENISSON LIMA DO NASCIMENTO

CONTROLE GENÉTICO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranhas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 15 de outubro de 2021.

Orientador:



Prof. Dr. Michelangelo de Oliveira Silva

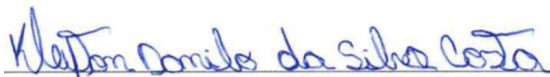
Instituto Federal de Alagoas – IFAL / Campus Piranhas

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fabiano Barbosa de Souza Prates

Instituto Federal de Alagoas – IFAL / Campus Piranhas



Prof. Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa

Instituto Federal de Alagoas – IFAL / Campus Piranhas

PIRANHAS - AL

2021

**À Deus,
À minha família.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Alagoas pela oportunidade de realizar o curso de Engenharia Agrônômica, do qual tenho muito orgulho.

Aos meus pais, Donizete Afonso do Nascimento e Maria Jaciara Lima do Nascimento, pelo incentivo, cuidado e dedicação.

Aos meus irmãos, Douglas Lima do Nascimento e Dênio Lima do Nascimento por me ajudarem nessa caminhada.

Aos meus amigos Cássio e Raquel, por terem me ajudado antes mesmo de ingressar no curso e pelo o convívio todos os dias.

Ao meu amigo Jailson, por estar sempre me ajudando nessa longa jornada da graduação e por fazer parte deste experimento que foi realizado praticamente em plena pandemia.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Michelangelo de Oliveira Silva, pela orientação, atenção, dedicação e valiosos ensinamentos que me ajudaram durante a realização desta pesquisa e uma grande parte da minha graduação.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa, por me apresentar a pesquisa, pela sua ótima orientação e pelos conhecimentos transmitidos durante toda graduação.

Ao coordenador e professor do curso em Engenharia agrônômica, Prof. Dr. Fabiano Barbosa de Souza Prates, e o Prof. Dr. Ênio Gomes Flôr Souza pelas orientações e ensinamentos.

Aos meus amigos de curso: Amanda, Dalbert, Ialy, Magna, Ranniele, Luiz Paulo, Adriano e dentre outros.

E muito obrigado a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na minha formação.

RESUMO

O cultivo de tomateiro em condições de salinidade pode exercer uma preocupação de extrema importância a nível mundial. Por ser uma cultura sensível a esse estresse, pode provocar danos em seu desenvolvimento e produtividade. Sendo umas das práticas viáveis para evitar os sintomas, a utilização de cultivares tolerantes, a fim de auxiliar no manejo agrícola e aumentar seu rendimento. Nesse sentido, obter informações sobre o controle genético da tolerância é a melhor estratégia para o desenvolvimento de cultivares em programas de melhoramento genético. Portanto, objetivo deste trabalho foi estudar o controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro. Foram conduzidos experimentos com as gerações F₁, F₂, e com seus respectivos genitores (Yoshimatsu e IPA-7), utilizando o delineamento em blocos casualizados com cinco repetições. Para isso, foram avaliadas 950 plantas da geração F₂, 100 plantas F₁ e 100 plantas de cada genitor, ou seja, as cultivares IPA-7 e Yoshimatsu, totalizando 1250 plantas que foram irrigadas com água de elevada salinidade. Uma escala de notas descritiva foi utilizada para discriminar as plantas tolerantes e não tolerantes a salinidade aos 20, 30, 40 dias após o transplântio. O emprego da distribuição de frequência contribuiu nas análises dos sintomas nas plantas. Pelo comportamento dos genótipos revelaram que se tonaram promissores e potencialmente úteis em programas de melhoramento genéticos de tomateiro. O controle genético da tolerância do tomateiro à salinidade envolve um gene maior com efeitos aditivos mais poligenes, no qual a tolerância está associada a alelos recessivos. A obtenção de progênies de tomateiros tolerantes à salinidade é indicada aos 30 e 40 dias após o transplântio.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, herança, melhoramento vegetal.

ABSTRACT

Cultivation of tomato under salinity conditions can be an extremely important concern worldwide. As a culture sensitive to this stress, it can damage its development and productivity. As one of the viable practices to avoid symptoms, the use of tolerant cultivars in order to assist in agricultural management and increase their yield. In this sense, obtaining information about genetic control of tolerance is the best strategy for developing cultivars in breeding programs. Therefore, the objective of this work was to study the genetic control of salinity tolerance in tomato. Experiments were carried out with the F₁, F₂ generations, and with their respective parents (Yoshimatsu and IPA-7), using a randomized block design with five replications. For this, 950 plants of the F₂ generation were evaluated, 100 F₁ plants and 100 plants of each parent, that is, the cultivars IPA-7 and Yoshimatsu, totaling 1250 plants that were irrigated with high salinity water. A descriptive grading scale was used to discriminate the salinity tolerant and non-salinity tolerant plants at 20, 30, 40 days after transplanting. The use of frequency distribution contributed to the analysis of symptoms in plants. Due to the behavior of the genotypes, they revealed that they became promising and potentially useful in tomato genetic improvement programs. Genetic control of tomato salinity tolerance involves a larger gene with more polygene additive effects, in which tolerance is associated with recessive alleles. Obtaining salinity-tolerant tomato progenies is indicated at 30 and 40 days after transplanting.

Key words: *Solanum lycopersicum*, inheritance, plant breeding.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Valores da temperatura média do ar e umidade relativa do ar na casa de vegetação. IFAL, Piranhas-AL, 2020. 23
- Figura 2** - Distribuições de frequências para o caráter nota dos sintomas de salinidade aos 20, 30 e 40 dias após o transplântio em plantas dos genitores Yoshimatsu, IPA-7 e das gerações F₁, F₂. IFAL, Piranhas - AL, 2020. 31
- Figura 3** - Testes de hipóteses de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância presumidos a 5% de probabilidade para o caráter nota dos sintomas de salinidade aos 20, 30 e 40 dias após o transplântio em plantas dos genitores Yoshimatsu, IPA-7 e das gerações F₁, F₂. IFAL, Piranhas - AL, 2020. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos genitores utilizados. IFAL, Piranhas-AL, 2020.	24
Tabela 2 - Modelos de herança testados para o controle genético para notas dos sintomas de salinidade. IFAL, Piranhas-AL, 2020.....	29
Tabela 3. Componentes de média e de variância dos genitores Yoshimatsu (P ₁) e IPA-7 (P ₂) e das gerações F ₁ , F ₂ , para o controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro. IFAL, Piranhas - AL, 2020.....	35
Tabela 4. Testes de hipóteses de herança monogênica por meio da função de máxima verossimilhança para tolerância aos sintomas causados pela salinidade. IFAL, Piranhas - AL, 2020.	36

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CaCl ₂	-	Cloreto de cálcio
NaCl	-	Cloreto de sódio
DAT	-	Dias após o transplante
GMD	-	Grau Médio de Dominância
IPA	-	Instituto Agronômico de Pernambuco
IFAL	-	Instituto Federal de Alagoas
INPA	-	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
PT	-	Ponto de Trucagem
RAS	-	Relação de adsorção de sódio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	ASPECTOS GERAIS E SOCIOECONÔMICOS DA CULTURA DO TOMATEIRO.....	16
3.2	A SALINIDADE NO TOMATEIRO	17
3.3	MELHORAMENTO DE PLANTAS VISANDO À TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO	19
3.4	ESTUDOS DO CONTROLE GENÉTICO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	23
4.2	OBTENÇÃO DAS GERAÇÕES.....	23
4.3	MONTAGEM E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	24
4.4	ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS	25
4.4.1	Análise descritiva	25
4.4.2	Teste qui quadrado	26
4.4.3	Estimativa dos componentes de média.....	27
4.4.4	Estimativa dos parâmetros genéticos	27
4.4.5	Análise de verossimilhança e modelagem	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma cultura de elevada importância econômica que faz parte da alimentação da grande maioria da população, fazendo com que esta hortaliça se torne uma das que apresentam destaque a nível mundial. Isso se deve à sua capacidade de adaptação às condições climáticas, por isso é uma das mais difundidas e cultivadas no mundo, tonando seu cultivo realizado tanto por pequenos produtores quanto por grandes produtores comerciais.

Durante o ciclo da cultura, o tomateiro tem seu desenvolvimento acometido por diversos fatores, como bióticos e abióticos. Em relação aos abióticos, é importante salientar sobre a salinidade, por ser um dos fatores mais agravantes principalmente em regiões áridas e semiáridas, por apresentarem altas taxas de evapotranspiração e baixos níveis pluviométricos, fazendo com que contribua para o acúmulo de sais solúveis no solo. Diante disso, as cultivares comerciais não apresentam bom nível de tolerância, e quando sujeita nesse ambiente, tem seu crescimento e rendimento econômico afetado negativamente.

Além disso, esses fatores causam perdas significativas de produtividades na maioria das culturas, tendo em vista que pode acontecer desde forma natural, devido ao material de origem do solo ou por ações causadas pelo ser humano, que neste caso, podem agravar ainda mais rápido esse processo utilizando práticas de manejos dos solos inadequadas. Com isso, em decorrência das instabilidades climáticas, são fundamentais que sejam adotadas práticas de manejos adequados a serem utilizadas sob essas condições, a fim de evitar a salinização das áreas e diminuir os danos substanciais no crescimento e na produção das culturas.

Nesse sentido, umas das estratégias é o uso de cultivares tolerantes. E por meio do melhoramento genético de plantas pode-se permitir que essa espécie seja cultivada e possa ter o uso mais eficaz da água de irrigação de má qualidade, que possivelmente garantirá um aumento na produtividade, qualidade da planta e redução de custos de produção. Outra alternativa consiste na remediação de áreas degradadas pela salinidade, com base em práticas de gestão sustentável, o que muitas das vezes acabam tendo os custos muito elevados.

O cultivo do tomate em condições salinas não é uma abordagem nova, mas os dados originados nas literaturas sobre o seu comportamento genético são muito escassos. Por isso, o conhecimento do controle genético dessa característica é fundamental para o desenvolvimento de cultivares tolerantes à salinidade em programas de melhoramento. Pois, requer novas abordagens e fontes genéticas que possam explorar amplamente a herança existente na planta,

para que os conhecimentos desses fatores sejam pesquisados e sirva de referências para selecionar genótipos promissores, visto que irá contribuir para o melhorista conduzir a população segregante da melhor forma possível para chegar ao produto do melhoramento, que é a variedade com maior tolerância à salinidade.

Portando, o trabalho tem como objetivo estudar o controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar o controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar um estudo a partir de uma metodologia com bases dos sintomas foliares para a tolerância à salinidade nos genótipos de tomateiro;
2. Utilizar níveis de salinidade elevada para estimar os parâmetros genéticos a partir de gerações F₁ e F₂;
3. Obter informações preliminares para delinear um programa de melhoramento para a região.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ASPECTOS GERAIS E SOCIOECONÔMICOS DA CULTURA DO TOMATEIRO

A região onde se concentra o centro de origem do tomateiro é possivelmente a Andina, localizada no continente americano, no qual foi pelas civilizações Incas e Astecas que obteve sua domesticação e levado posteriormente à Europa no século XVI, sendo difundida e ampliada no século XIX (BERGOUX, 2014). Nesse período, passou pelos países do Equador, Colômbia, Peru, Bolívia, até o Norte do Chile, onde aconteceu no México sua domesticação, sendo espanhóis e portugueses responsáveis por propagarem para todos os continentes (ALVARENGA, 2013).

Inicialmente o tomateiro foi classificado cientificamente com o gênero *Solanum* e sendo, após isso, reclassificado como gênero *Lycopersicum* (CLEMENTE & BOITEUX, 2012). Neste sentido, a comunidade científica propôs o nome científico da espécie como *Lycopersicum esculentum* (ALVARENGA, 2013). Diante disso, por meio de outros estudos morfológicos, observou-se que existia relação genética muito forte entre o tomateiro e plantas do gênero *Solanum*, e isso fez com que se fixasse o seu nome científico em gênero e espécie como *Solanum lycopersicum*, perpetuando até os dias atuais (SANTOS, 2019).

O tomateiro é uma dicotiledônea, herbácea, possuindo caule flexível piloso e macio no seu período jovem, tornando-se fibroso e angular posteriormente (COSTA, 2017; PEIXOTO et al, 2017). Pode desenvolver-se de forma rasteira, semi-ereta ou ereta, apresentando dois hábitos de crescimento, o determinado e o indeterminado (ALVARENGA, 2013).

O sistema radicular é constituído por uma raiz principal, inúmeras raízes secundárias e adventícias (PERIPOLLI, 2019). É uma espécie autógama, que apresenta flores pequenas com coloração amarela, são hermafroditas e agrupadas em cachos (NASCIMENTO et al., 2012). O fruto é do tipo baga carnosa e succulenta, bi, tri ou plurilocular (PERIPOLLI, 2019), é do tipo climatérico, que varia quanto a coloração, formato, textura, tamanho, sabor e aroma, conforme o material genético, nutrição e condições ambientais e de cultivo (ALVARENGA, 2013). Possuem sementes pequenas, com pelos e com coloração marrom-clara (NASCIMENTO et al., 2012). A planta é originalmente perene, em que seu cultivo se dá de forma anual (PEIXOTO et al, 2017).

Essa espécie apesar de se desenvolver amplamente em várias condições climáticas, tem preferência por climas secos, com muita luminosidade e dias quentes, com temperaturas médias diurnas de 20 a 25°C e noturnas de 10 a 20°C (PERIPOLLI, 2019). Suportando ainda,

ampla variação de temperatura, de 10°C a 34°C (FONTES e NICK, 2019). Dessa maneira, para atingir produtividades elevadas é preciso conhecer cada fase da cultura, aspecto nutricional, sanidade das plantas e as variáveis meteorológicas (ABDALA, 2019).

Os principais países produtores mundiais de tomate são a China, Índia, Turquia, Estados Unidos, Egito, Irão, Itália, Espanha e México, sendo o Brasil o décimo produtor mundial com 3.917.967 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019). Os Estados brasileiros com maiores produção são: São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia. O Estado de Alagoas apesar de nos últimos anos promover a diversificação das culturas, ainda ocupa uma posição incipiente (14°), com mais de oito mil toneladas dos frutos (IBGE, 2020).

Essa hortaliça fruto é caracterizada por sua grande importância socioeconômica, volume de produção e geração de emprego e renda, fatores como esses torna a espécie de extrema importância (NASCIMENTO et al., 2019). O tomate ainda se encontra presente diariamente na mesa da população e pode ser consumido de diversas formas como: o segmento de mesa, onde o consumo dos frutos é realizado de forma in natura e o segmento da indústria, no qual os frutos são destinados ao processamento (LOPES SOBRINHO, 2020). Com base nisso, os frutos são classificados em cinco grupos: Italiano, Salada, Santa Cruz, Agroindustrial e Cereja, sendo esses os mais usados pelos melhoristas, em função do número de lóculos, tamanho e destino do produto (NICK; SILVA; BORÉM, 2018).

Na cadeia produtiva do tomate, além de ser a segunda hortaliça mais consumida do mundo, é uma atividade atraente, principalmente pelo ciclo relativamente curto, altos rendimentos e boa margem de lucro sobre a venda (SANTOS, 2017). Logo, representa uma importante atividade para geração de renda, e sobretudo potencialidade para expansão econômica (ASSUNÇÃO et al., 2013).

3.2. A SALINIDADE NO TOMATEIRO

O processo de salinidade é um dos principais problemas enfrentados pelos cultivos agrícolas, afetando mais de 20% das áreas cultivadas do mundo (GUPTA & HUANG, 2014), sendo um dos estresses abióticos mais severos. Essa problemática, limita o crescimento e a produtividade de plantas em várias regiões do mundo devido ao aumento do uso de água de baixa qualidade na irrigação e na salinização do solo. A tolerância da planta ao estresse salino envolve características fisiológicas complexas, vias metabólicas e redes moleculares ou genéticas (SILVA, 2018).

Essa salinidade, é resultado da acumulação de sais solúveis de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos horizontes do solo, em que os principais sais encontrados são, os cloretos e sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (PEDROTTI et al., 2015). Quando as plantas crescem com essas condições estão sujeitas a duas principais tensões, as quais são: a primeira causada pelo aumento do potencial osmótico da água, com o aumento da concentração de eletrólitos que diminui a disponibilidade de água para a planta, e a segunda é a toxicidade de íons específicos, em especial Na^+ , Cl^- e B os quais são abundantes em solos e águas salinas (EDELSTEIN et al., 2016).

O estresse salino afeta diretamente a produção das culturas, devido ao mau desenvolvimento e ocasionando efeitos negativos no seu funcionamento, o que afeta os processos vitais das plantas, em que o comportamento das espécies vegetais podem variar de acordo com a cultivar (ALBUQUERQUE, 2017). Trabalho realizado por Guedes et al., (2015), que analisaram as estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido, notaram que o uso de água com salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ provoca redução significativa em todas as variáveis de crescimento e de produção.

Amorim (2016) avaliou o comportamento de cinco híbridos de tomateiro submetidos ao estresse salino, utilizando cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0, 2, 4, 6, 8 dS m^{-1}), e foi observado que a área foliar, altura de planta, diâmetro de caule e a biomassa seca foram reduzidos pela salinidade. Todos os híbridos estudados apresentaram um bom desempenho produtivo na CE_a 2 dS m^{-1} , sendo considerados moderadamente tolerantes, o F3350 e F4092 obtiveram os melhores desempenhos.

Em estudo sobre o efeito do estresse salino na planta de tomate, Tanveer et al (2019), verificaram que a salinidade reduziu o crescimento da planta, bem como no comprimento de raiz e broto, peso fresco e seco, estabilidade da membrana, teor relativo de água e área foliar, com aplicação de 100 mM de NaCl, ou seja, correspondendo a 12 dS m^{-1} de condutividade elétricas.

Essa problemática aumenta seja em decorrência da salinidade da água utilizada na irrigação, seja na salinidade da solução nutritiva ou da aplicação excessiva de fertilizantes, que afeta diretamente no número de cachos, número de frutos por cacho, massa média dos frutos, interferência na absorção de cálcio e em problemas fisiológicos, tais como a podridão dos frutos (MEDEIROS et al., 2012; EHRET et al., 2013; SILVA et al., 2013).

3.3. MELHORAMENTO DE PLANTAS VISANDO À TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO

O tomate é uma das culturas mais exploradas em programas de melhoramento, através dos métodos de hibridação e seleção, com fins a obter cultivares com melhores características agrônômicas e resistências a fatores bióticos e abióticos (COSTA, 2017; MENDES, 2017). Isso se deve à grande variabilidade genética existente, o que faz permitir selecionar genótipos superiores voltados as regiões de interesse (MOHAMED et al. 2012).

A planta selecionada como tolerante à salinidade pode ter a capacidade em suportar os efeitos osmótico e tóxicos de excessos de sais por meio da regulação salina e evitar que estes sais cheguem ao protoplasma (MENEZES, 2017). Tendo em vista que isso pode ser de alta ou baixa complexidade, as de baixa são aquelas que alteram rotas bioquímicas, enquanto de altas são mecanismos nos quais as alterações protegem processos vitais, como a fotossíntese e a respiração (MENEZES, 2017).

A caracterização fenotípica dos genótipos tolerantes aos estresses abióticos, pode ser realizada a partir de observações de ensaios de campo com a avaliação dos materiais genéticos, tendo em vista a possibilidade de identificação de cruzamentos superiores e a capacidade de avaliação de grande número de genótipos, utilizando delineamentos adequados e ambientes controlados (PATERNIANI et al., 2019).

Vários critérios têm sido relatados como indicadores da tolerância à salinidade, como porcentagem de folhas mortas, vigor, fluorescência da clorofila, assim como crescimento da planta e produção de sementes (LEITE, 2017). É importante ressaltar que outro aspecto relacionado à seleção de plantas tolerantes, trata-se dos diferentes estádios de desenvolvimento em que as plantas se encontram quando são submetidas aos estresses, já que de acordo com a idade da planta pode haver uma redução drástica na sua produtividade ou sua morte (FREITAS et al., 2013; LEMES; LOPES, 2013; HARTEK et al., 2014; SÁ et al., 2014).

Estudos sobre tolerância à salinidade têm se concentrado em diferentes pontos de vista: agrônômico, fisiológico, bioquímico e molecular. No entanto, nos últimos anos, o número de trabalhos que abordam a tolerância à salinidade do ponto de vista molecular aumentou consideravelmente, tendo em vista a capacidade de informar e identificar genes valiosos que estão envolvidos na resposta à tolerância ao sal (HERNÁNDEZ, 2019).

Nesse sentido, tem sido dado um grande foco ao mapeamento de QTLs para várias tensões abióticas, como salinidade, seca e baixas temperaturas no tomate (CHAUDHARY et al., 2019). Pesquisas realizadas por Li et al. (2011), analisando a tolerância ao sal em tomate, a

nível molecular, na fase de muda, avaliando a espécie selvagem *Solanum lycopersicoides* LA2951, encontram QTLs nos cromossomos 4 (Stlq4), 6 (Stlq6), 9 (Stlq9a), 9 (Stlq9b), 12 (Stlq12a) e 12 (Stlq12b), que juntos representam em média 63,1% de tolerância. Apesar de todas as pesquisas que têm sido realizadas sobre a tolerância à salinidade no tomateiro, parece que o desenvolvimento de uma cultivar tolerante ao sal ainda está longe, mesmo que estratégias transgênicas estejam sendo implantadas (CUARTERO et al., 2006).

Além disso, o tomateiro altamente exigente às condições hídricas, faz com que a busca por genótipos em programa de melhoramento seja extremamente complexa, o que torna cada vez mais importante conseguir um material tolerante às condições de salinidade. Nesse aspecto, a adaptação ao estresse é muito útil, permitindo a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir bem, mesmo em ambientes com excesso de sais (SILVA et al., 2014).

3.4. ESTUDOS DO CONTROLE GENÉTICO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM TOMATEIRO

Na literatura poucos são os relatos encontrados sobre os genótipos de tomate que são capazes de tolerar em condições de alta salinidade, visto que essa característica é governada por vários genes, o que dificulta a eficiência em programas de melhoramentos. Nesse sentido, além de diferentes genótipos poderem ter mecanismos diferentes, os pesquisadores busquem também estudar vários métodos e mecanismos na planta, como no uso de marcadores moleculares, engenharia genética, cruzamentos artificiais e dentre outros, a fim de encontrar uma metodologia consistente com resultados promissores.

Pesquisadores de diferentes países têm buscado compreender os mecanismos envolvidos na tolerância à salinidade em tomateiro (FOOLAD, 2007; LI et al., 2011; HAGHIGHI et al., 2012; HAGHIGHI et al., 2013; BOLGER et al., 2014; LI et al., 2015; LIU et al., 2016; TRANCHIDA-LOMBARDO et al., 2017; XU et al., 2017; ASHRAFI-DEHKORDI et al., 2018; ALBERT et al., 2018; CHAUDHARY et al., 2019). De acordo com os autores, embora estudos genéticos tenham se mostrado informativos, poucos genes subjacentes a QTLs específicos foram clonados, em grande parte devido à falta de uma sequência de genoma.

Desse modo, o primeiro passo é selecionar genótipos promissores para exploração no programa de melhoramento, definindo os objetivos a serem alcançados e a sua herança, com isso, são passos cruciais para decisões a serem tomadas e para a metodologia obter maior eficiência e resultados (NASCIMENTO et al., 2018). Assim, o conhecimento da natureza e da

magnitude dos efeitos gênicos que controlam determinado caráter é de fundamental importância na seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2014).

O controle genético tanto da tolerância à seca quanto da eficiência do uso da água como a salinidade são de forma geral descritos como quantitativos e envolvem vários *loci* distribuídos em diferentes regiões do genoma. Assim, a escolha do método de melhoramento a ser utilizado deve considerar o sistema reprodutivo da espécie, a herdabilidade e o tipo de herança das características mais importantes (FERRÃO et al., 2016).

Os estudos genéticos que visam à seleção de plantas com maior eficiência no uso da água como em locais com concentrações de sais e tolerância ao estresse hídrico têm obtido menor sucesso devido à complexidade da característica, que é controlada por muitos genes com diferentes efeitos e é afetada pela intensidade do estresse (MORALES et al., 2015). Esse comportamento é caracterizado por ser seguir traços quantitativos, o que requer estimativas confiáveis de herdabilidade para estruturar um programa de reprodução eficaz (JACOBS et al., 2019).

Em plantas autógamas na herança genética, é necessário a realização de cruzamentos controlados, que devem ser realizados entre genitores homozigotos contrastantes (BALDISSERA et al., 2014). Nesse sentido, como exemplo também em autógamas, informações do controle genético dos caracteres geralmente são obtidas por inferências em populações segregantes e, a partir dessas, ocorre estimação dos parâmetros genéticos, como herdabilidade e número de genes (BALDISSERA et al., 2014).

O conhecimento no estudo do controle genético do número de genes envolvidos na expressão de um caráter é de fundamental importância na estimativa de probabilidade de obter determinado genótipo em uma população segregante (RAMALHO et al., 2012). Na herança monogênica, as hipóteses de segregação fenotípicas são avaliadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2), para verificar se os desvios entre os valores esperados e os observados são significativos, para aprofundar os resultados dos estudos em caracteres quantitativos, pode-se basear na estimativa dos componentes de variância e de média (RAMALHO et al., 2012; ARAÚJO, 2019).

Além disso, Silva (2003) propôs um método para modelar e estimar parâmetros relativos ao efeito de gene maior e poligenes, utilizando-se dados de gerações derivadas de linhagens contrastantes, baseado no método de estimação por máxima verossimilhança. Essa estimação considera que a característica pode ser controlada por um gene principal, com variação entre indivíduos de mesmo genótipo, devido à ação de efeitos ambientais, e, ou, vários genes de efeitos secundários (OLIVEIRA, 2009). CHANAMÉ (2016) utilizou essa abordagem

na análise genética sobre a herança da tolerância ao estresse hídrico em tomateiro, cujo os resultados indicaram que a incidência da podridão apical é controlada por um gene de efeito maior com dominância incompleta no sentido de menor incidência, e a ação gênica é influenciada por poligenes.

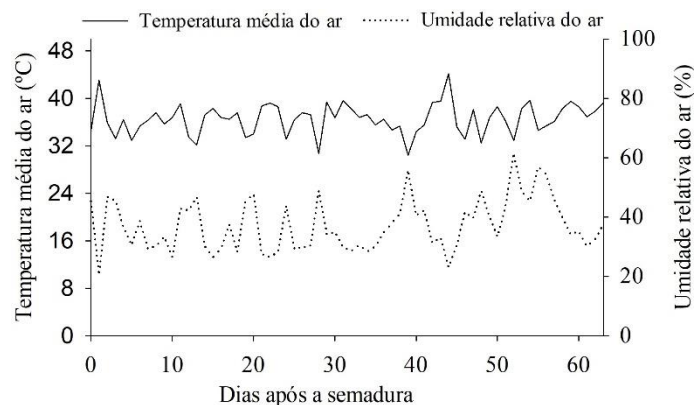
Como isso, é de fundamental importância estudos voltados à genética quantitativa no melhoramento genético das culturas, pois o entendimento das consequências genéticas envolvidas ao se realizar a identificação, acumulação e perpetuação de genes favoráveis através dos parâmetros genéticos, permite identificar a natureza dos genes e a eficiência dos métodos de seleção (CRUZ et al., 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2020 em casa de vegetação, localizada no Instituto Federal de Alagoas – Campus Piranhas (Latitude-9.674474°/Longitude-37.762430°), no município de Piranhas, no Estado de Alagoas, a 276 Km da capital Maceió. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Bsh, muito quente, semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa iniciada em março e vai até julho (SANTOS, et al., 2017). Os dados meteorológicos médios do período de realização do experimento foram obtidos no interior da casa de vegetação (Figura 1).

Figura 1 – Valores da temperatura média do ar e umidade relativa do ar na casa de vegetação. IFAL, Piranhas-AL, 2020.



4.2. OBTENÇÃO DAS GERAÇÕES

Para obtenção da geração F₁, foram plantadas 60 plantas de cada genitor (IPA-7 e Yoshimatsu) em campo na estação experimental de Belém de São Francisco no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Em que o pólen do genitor masculino (IPA-7) foi extraído um dia antes no período da tarde, sendo conservado em câmara fria; no genitor feminino (Yoshimatsu) cada flor foi emasculada em estágio de botões florais (um dia antes da antese), com uma pinça, retirando-se a corola com o cone de anteras, onde o cálice em geral também tem suas sépalas removidas (para servir de marcador); após estas etapas, ocorreu a polinização e identificação de cada flor utilizada. De posse das sementes da geração F₁, foram plantadas em campo na estação do IPA 200 plantas para obter por autofecundação natural a geração F₂.

Tabela 1 - Características dos genitores utilizados. IFAL, Piranhas-AL, 2020.

Características	Yoshimatsu	IPA-7
Desenvolvimento	INPA ¹	IPA
Domesticação	Pouco	Muito
Porte	Indeterminado	Determinado
Frutos	Médio	Médio-Grande
Aceitação do fruto	Baixa	Boa

¹INPA: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Menezes (1998), Silveira et al. (1999), Nick e Silva (2016) e Costa (2017).

Os genitores utilizados foram escolhidos com base em suas características genéticas e fenotípicas (Tabela 1). O genitor Yoshimatsu é considerado um tomateiro com boa adaptação a climas secos e com altas temperaturas, além de ser considerado uma boa fonte de genes de resistência/tolerância a estresses bióticos e abióticos, foram realizadas avaliações preliminares pelo programa de melhoramento vegetal do IFAL com resultados satisfatórios para essas características, o que faz dessa cultivar ser uma possível fonte de genes para o programa.

4.3. MONTAGEM E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram avaliadas 950 plantas da geração F2, 100 plantas F1 e 100 plantas de cada genitor, ou seja, as cultivares IPA-7 e Yoshimatsu, totalizando 1250 plantas que foram irrigadas com água de elevada salinidade. Apenas para organização do espaço experimental, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, no qual cada bloco era formado por uma bancada e dívida em cada uma dela com 250 plantas.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 164 células, preenchidas com substrato comercial Tropstrato[®]. Utilizou-se na semeadura duas sementes por célula e após a emergência das plântulas, com cerca de 12 dias, foi realizado o desbaste, com o objetivo de estabelecer apenas uma planta por célula e realizadas irrigações quando necessário.

Após 24 dias da semeadura, quando as mudas apresentavam quatro a cinco folhas definitivas totalmente expandidas, foram transplantadas para os copos plásticos de 500 ml contendo substrato comercial Basaplant[®]. As irrigações com água salina foram realizadas a partir do ato do transplântio em recipientes plásticos localizados sob os copos de 500ml, a fim de sempre manter o substrato úmido. As pragas e doenças que por ventura apareceram, foram controladas de formar manual, por meio da catação, pois o aparecimento não interferiu no experimento.

A água utilizada para preparação das soluções foi proveniente do sistema de abastecimento do campus do IFAL, que apresentou condutividade elétrica igual a $0,6 \text{ mS cm}^{-1}$. Os diferentes níveis salinos foram obtidos pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl_2), até atingir os níveis de salinidades desejados, cujos valores de condutividade elétrica foram ajustados através de um condutivímetro de bancada com correção para temperatura. Para a obtenção das condutividades elétricas utilizadas, foram pesadas as quantidades de reagentes (NaCl e CaCl_2) para formular as águas salinas no experimento, em que os valores foram 102,66 g de NaCl e 57,81 g de CaCl_2 , nos quais foram obtidos através da RAS (relação de adsorção de sódio).

O processo de irrigação com água salina começou com $7,5 \text{ mS cm}^{-1}$ até os 20° DAT, e por conta de aparecer poucos sintomas, decidimos aumentar para $12,5 \text{ mS cm}^{-1}$ até os 30° DAT e com o objetivo de aumentar ainda mais essa triagem, foi aumentado por último para $17,5 \text{ mS cm}^{-1}$ até os 40° DAT.

As avaliações começaram aos 20° dias após o transplântio, sendo as plantas individualmente observadas com auxílio de uma escala descritiva de notas, que variam de 1 a 5, por um período de 40° dias. Devido à escassez de trabalhos que estudam o comportamento genético do tomateiro a salinidade, foi elaborada uma escala de notas, em que foram atribuídas com base na presença de incidência de sintomas nas folhas das plantas, que foram adotadas das seguintes formas:

- 1 = Plantas que não apresentam nenhum sintoma em suas folhas totais;
- 2 = Plantas que apresentam algum sintoma, em até 25% de suas folhas totais;
- 3 = Plantas que apresentam de 25 a 50% de sintomas em suas folhas totais;
- 4 = Plantas que apresentam de 50 a 75% de sintomas em suas folhas totais;
- 5 = Plantas que apresentam acima de 75% de sintomas em suas folhas totais.

4.4. ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS

4.4.1. Análise descritiva

Foi realizada análise descritiva dos dados por meio da distribuição de frequência das notas dos sintomas de salinidade em todos os indivíduos avaliados em cada geração por meio do software SigmaPlot 12.0 (2011). Foi adotado um ponto de truncagem (PT), sendo a nota acima da qual a maioria das plantas do genitor não tolerante (IPA-7) e abaixo do qual a

maioria das plantas do genitor tolerante (Yoshimatsu). No caso, a nota 2 foi escolhida como PT.

4.4.2. Teste qui quadrado

A hipótese de herança monogênica foi testada sob diferentes graus médios de dominância presumidos (MENEZES et al., 2005, BATISTA et al., 2017, COSTA et al., 2018, COSTA et al., 2019, SILVA et al., 2021), considerando os seguintes pressupostos básicos:

- a) Distribuição normal dos dados de cada uma das gerações (P_1 , P_2 , F_1 , F_2);
- b) Para cada um dos genitores (P_1 e P_2) a média e a variância verdadeira foram consideradas igual a respectiva média e variância esperada;
- c) Baseando-se numa distribuição normal, foram estimadas as frequências de plantas dos parentais (P_1 e P_2) iguais ou menores que o ponto de truncagem (PT);
- d) A média da geração F_1 foi admitida como sendo:

$$F_1 = \frac{P_1 + P_2}{2} + GMD \frac{P_1 - P_2}{2}$$

Em que P_1 e P_2 são as médias dos respectivos parentais, e GMD os graus médios de dominância presumidos;

- e) A variância verdadeira para a população F_1 foi admitida como sendo igual a respectiva variância estimada;
- f) As frequências esperadas das gerações F_2 , baseado no modelo de herança monogênica, foram estimadas em função das frequências de P_1 , P_2 e F_1 a seguir:

$$F_2 = \frac{P_1 + 2F_1 + P_2}{4}$$

- g) As frequências de plantas das quatro gerações (P_1, P_2, F_1, F_2) \leq PT foram calculadas pela multiplicação das frequências esperadas pelo número total de plantas testadas por cada geração;
- h) As frequências esperadas de plantas com média \leq PT foram comparados com seus respectivos valores observados em cada geração. A significância dos desvios foi testada pelo teste qui quadrado (χ_c^2) a 5% de probabilidade e com três graus de liberdade. A frequência esperada de plantas em P_1 foi somada a de P_2 , a fim de se evitar frequências esperadas iguais a zero;
- i) A significância do valor de qui quadrado (χ_c^2) obtido leva a rejeição da hipótese de herança monogênica sob o grau de dominância considerado. Por outro lado, a não significância do valor de qui quadrado (χ_c^2) obtido leva a não rejeição dessa hipótese, admitindo-se a possibilidade de tratar-se de herança monogênica sob o *GMD* considerado.

4.4.3. Estimativa dos componentes de média

Os efeitos aditivos e não aditivos médios do gene (s) que controla (m) o caráter das notas para os sintomas de salinidade, foram estimados a partir das médias das gerações pelo método dos quadrados mínimos ponderados (MATHER E JINKS, 1982). Em seguida, segundo Ramalho et al. (2012) foi obtido o grau médio de dominância, a partir da fórmula:

$$GMD = \frac{[d]}{[a]}$$

Em que =

GMD = grau médio de dominância;

[d] = efeitos gênicos não aditivos;

[a] = efeitos gênicos aditivos.

4.4.4. Estimativa dos parâmetros genéticos

Com as médias e variâncias das seis gerações foram obtidas as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos (Ramalho et al. 1993), por meio das seguintes equações:

$$V_E = \frac{VP_1 + VP_2 + VF_1}{3}$$

$$V_G = VF_2 - V_E$$

$$h_a^2 = \frac{V_G}{VF_2} \times 100$$

Em que =

VP_1 = variância de Yoshimatsu;

VP_2 = variância de IPA-7;

VF_1 = variância de F₁;

VF_2 = variância de F₂;

V_E = variância ambiental;

V_G = variância genética;

h_a^2 = herdabilidade no sentido amplo.

4.4.5. Análise de verossimilhança e modelagem

Utilizou-se a metodologia proposta por Silva (2003) para modelar e estimar parâmetros relativos ao efeito de gene maior e poligenes considerando o método de máxima verossimilhança, conforme o realizado por Menezes (2015), Silveira et al. (2015), Batista et al. (2017), Costa et al. (2018), Costa et al. (2019) e Silva et al. (2021). Com base nos componentes de média e variância (MATHER E JINKS, 1982), os dados foram considerados como apresentando uma distribuição normal, como se segue:

$$P1 = N(\mu - [a] - A, VE)$$

$$P2 = N(\mu - [a] + A, VE)$$

$$F1 = N(\mu - [d] - D, VE)$$

$$F2 = \frac{1}{4} N\left(\mu + \frac{[d]}{2} - A, VE + VA + VD\right) + \frac{1}{2} N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + D, VE + VA + VD\right) + \frac{1}{4} N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + A, VE + VA + VD\right)$$

Em que =

μ = constante de referência;

A = efeito aditivo do gene de efeito maior;

D = efeito de dominância do gene de efeito maior;

[a]= componente poligênico aditivo;

[d]= componente poligênico de dominância;

V_A = variância aditiva;

V_D = variância atribuída aos desvios de dominância dos efeitos poligênicos;

V_E = variância ambiental;

A função de densidade para F_2 foi constituída por uma mistura de três distribuições normais, sendo que em cada componente da mistura, os componentes de média de variância dos poligenes não mudam, mudando apenas os efeitos do gene de efeito maior. Todos os parâmetros foram estimados pelo uso do método de máxima verossimilhança e foram construídos modelos genéticos diversos (Tabela 3).

Tabela 2 - Modelos de herança testados para o controle genético para notas dos sintomas de salinidade. IFAL, Piranhas-AL, 2020.

Modelos	Parâmetros
1. Gene maior com efeito aditivo e de dominância + poligenes com efeito aditivo e de dominância	$D, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, V_E$
2. Gene maior com efeito aditivo e de dominância + poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, D, [a], V_A, V_E$
3. Gene maior com efeito aditivo apenas + poligenes com efeito aditivo e de dominância	$A, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, V_E$
4. Gene maior com efeito aditivo apenas + poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, [a], V_A, V_E$
5. Poligenes com efeito aditivo e de dominância	$\mu, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, V_E$
6. Poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, [a], V_A, V_E$
7. Gene maior com efeitos aditivo e de dominância	μ, A, D, V_E
8. Gene maior com efeito aditivo apenas	μ, A, V_E
9. Apenas efeito do ambiente	μ, V_E

Os testes de verossimilhança foram realizados por meio da estatística LR (MODD et al. 1974) dada por:

$$LR = 2 \ln \frac{L(M_i)}{L(M_j)}$$

Em que =

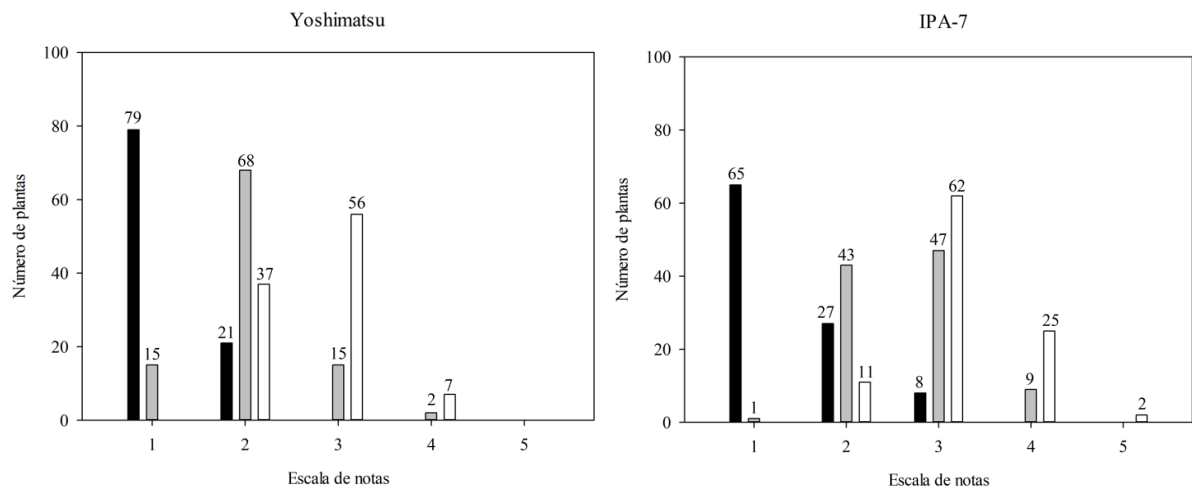
$L(M_i)$ e $L(M_j)$ representam as funções de verossimilhança dos modelos i e j, em que o modelo i deve estar hierarquizado ao modelo j. Os testes foram realizados utilizando o software

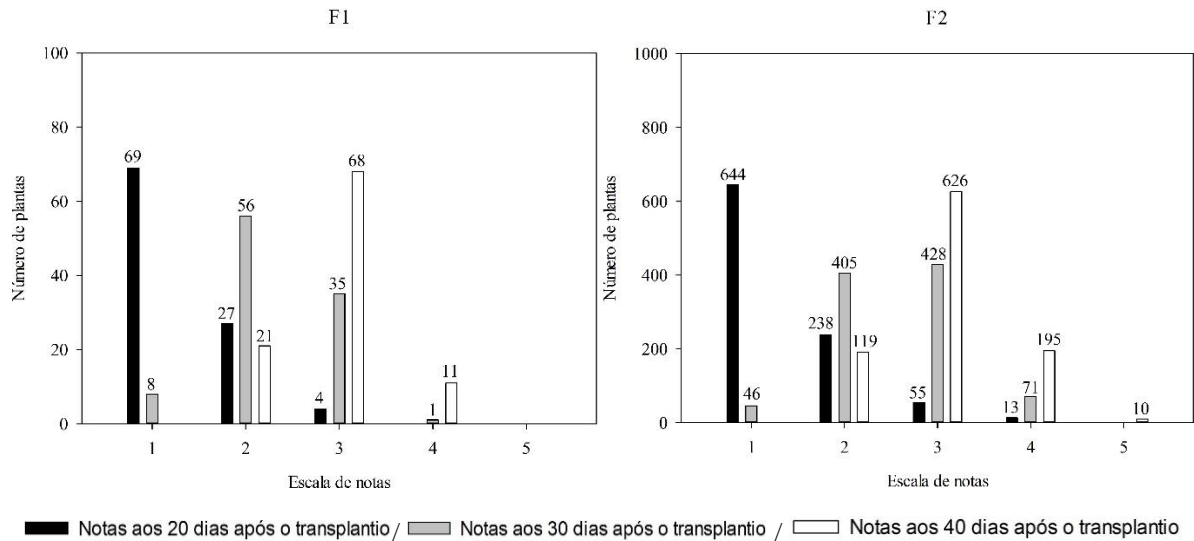
Monogen v.0.1 (SILVA, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 20 DAT (dias após o transplante) o genitor Yoshimatsu apresentou 79% das plantas tolerantes à salinidade com nota 1 e 21% com nota 2, sendo demonstrada poucos a nenhuns sintomas. Para avaliação aos 30 DAT, verificou-se que foram 15% das plantas com nota 1; 68% com nota 2; 15% com nota 3 e 2% com nota 4. Em relação aos 40 DAT, obteve 37% das plantas com nota 2; 56% com notas 3 e 7% com notas 4 (Figura 1). O genitor IPA-7 demonstrou ser o genótipo menos tolerante à salinidade, aos 20 DAT apresentou 65% das plantas com nota 1; 27% com notas 2 e 8% com notas 3; quanto aos 30 DAT obteve 1% das plantas com nota 1; 43% com nota 2; 47% com nota 3 e 9% com nota 4; enquanto aos 40 DAT apenas 11% das plantas com nota 2; 62% com nota 3; 25% com nota 4 e 2% das plantas com nota 5 (Figura 2). Diante disso, com base nos dados dos genitores foi estabelecido a nota 2 como ponto de truncagem (PT), sendo a nota 1 ou 2 como plantas tolerantes à salinidade.

Figura 2 - Distribuições de frequências para o caráter nota dos sintomas de salinidade aos 20, 30 e 40 dias após o transplante em plantas dos genitores Yoshimatsu, IPA-7 e das gerações F₁, F₂. IFAL, Piranhas - AL, 2020.





Na geração F₁ (Yoshimatsu x IPA-7) aos 20 DAT apresentou 96% de plantas tolerantes e 4% suscetíveis; já aos 30 DAT foram obtidos 64% das plantas tolerantes e 36% não tolerante; para aos 40 DAT 21% das plantas toleraram e 79% demonstraram não ser tolerantes. Para a geração F₂ (Yoshimatsu x IPA-7) aos 20 DAT foram observadas plantas mais próximas a tolerância (93%) do que não tolerante (7%); enquanto aos 30 e 40 DAT, houve predominância dos não tolerantes, devido o avanço dos sintomas de salinidade (Figura 2).

Neste trabalho, a ação gênica da reação de tolerância à salinidade revelou que de acordo com a distribuição de frequência ao final do experimento (40 DAT) com base nas quatro gerações (paternais, F₁, F₂), houve dominância do caráter de não tolerante sobre o de tolerância, indicando que possíveis genes são recessivos. (Figura 2).

A partir das análises quantitativas elaboradas por meio da escala descritiva com as cinco notas, foi possível analisar a severidade dos sintomas em cada genótipo individualmente, e verificar a segregação da tolerância à salinidade na população estudada. Desse modo, essa escala mostrou-se eficaz para discriminar os diferentes níveis de sintomas das plantas avaliadas e poderá ser utilizado para outros estudos que venham a ser feitos, tendo em vista a ausência de metodologias para analisar a quantificação desses sintomas em experimentos iniciais para programas de melhoramentos do tomateiro.

Para estudos genéticos, a avaliação aos 20 dias pode comprometer os resultados e conclusões, devido a menor quantidade de sintomas nas plantas. Pode-se observar que muitas plantas seriam classificadas como falsos tolerantes, pois aos 30 e 40 dias, mudam para plantas não tolerantes, pela condição de exposição a salinidade por maior tempo. Estudos dessa natureza são importantes para determinar o momento adequado de se proceder a seleção, incrementando assim a variância e aumentando a precisão dos parâmetros genéticos estimados.

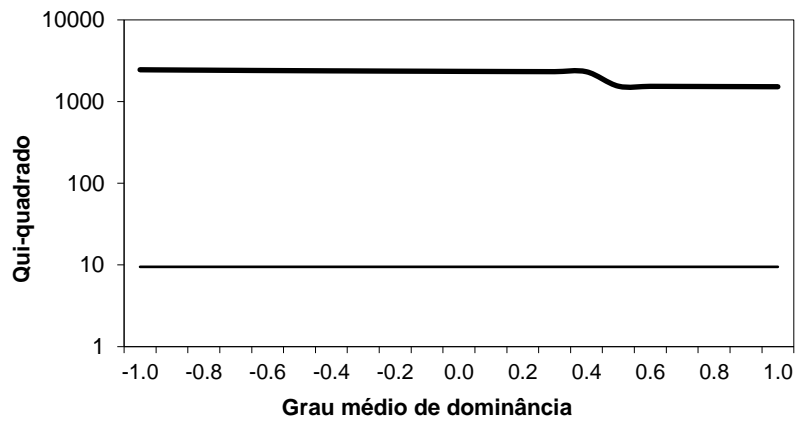
Por meio da análise de distribuição de frequência das notas principalmente aos 30 e 40 dias, onde ocorre aumento dos sintomas, foi possível verificar que os possíveis genes que conferem tolerância à salinidade são recessivos, devido ao incremento de notas acima do ponto de truncagem, 3 e 4 principalmente. Além disso, considerando a geração F₂ aos 30 e 40 dias foram apresentadas distribuições de frequências em todas as notas, de forma normal e assimétrica, o que permite inferir que o controle genético da tolerância a salinidade é governado por mais de um gene.

Na figura 3, para todas as épocas de avaliações (20, 30 e 40 DAT) foram estimados qui-quadrados calculados (χ^2_c) sob vários graus médios de dominância presumidos, a fim de se conhecer a herança da tolerância à salinidade. Para isso, foi levantada a hipótese de herança monogênica para o caráter. Pode-se constatar que houve diferença significativa a 5% de probabilidade para todos os graus médios de dominância presumidos, o que indica que a hipótese foi rejeitada, evidenciando que a tolerância à salinidade em tomateiro é controlada por mais de um gene, ou seja, podendo ser oligogênica ou poligênica.

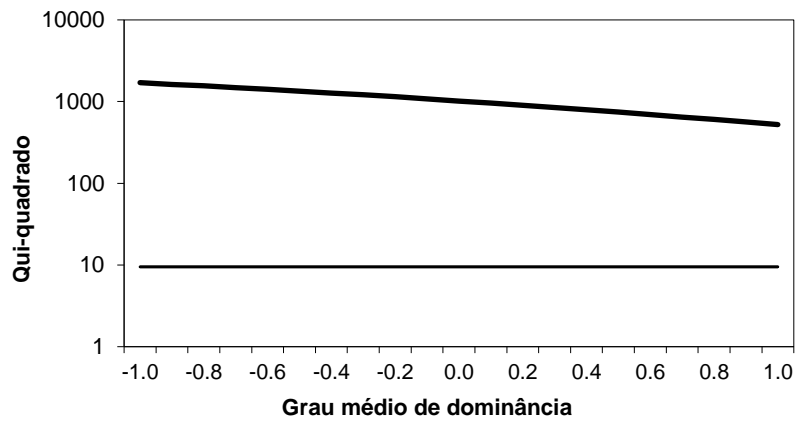
Corroborando com o trabalho, Rezende (2019) estudou a herança da tolerância ao estresse salino em tomateiros derivados de *Solanum galapagense* e *Solanum pennellii*, e constatou que os sintomas de estresse salino em *S. galapagense* são controlados por mais de um locus, sendo caracterizado como poligênico. De acordo com Pardo (2010), mesmo com os avanços das tecnologias e pesquisas na procura de cultivares mais tolerantes à salinidade, ainda não se alcançou níveis satisfatórios, sendo uma característica de herança poligênica, o que torna mais complexa a seleção.

Figura 3 - Testes de hipóteses de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância presumidos a 5% de probabilidade para o caráter nota dos sintomas de salinidade aos 20, 30 e 40 dias após o transplântio em plantas dos genitores Yoshimatsu, IPA-7 e das gerações F₁, F₂. IFAL, Piranhas - AL, 2020.

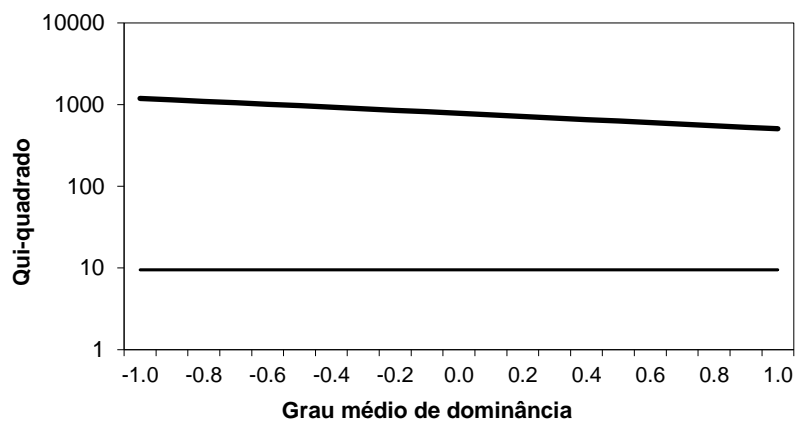
Notas aos 20 dias



Notas aos 30 dias



Notas aos 40 dias



Por meio dos dados de média e de variâncias em cada geração, foram estimados os componentes de média e de variância (Tabela 3), conforme os métodos relatados na metodologia.

Por meio dos componentes de média foi possível observar que a média de sintomas de salinidade em notas aumentou com os dias após o transplante, de 1,32 (aos 20 dias) para 2,94 (aos 40 dias), havendo assim, uma predominância dos efeitos gênicos aditivos em detrimento dos efeitos gênicos não aditivos, o que pode ser observado porque culmina em graus médios de dominância muito baixos em qualquer época de avaliação (Tabela 3). Cardoso (2018) estudou a herança de progênies F_2 de tomateiros submetidas à deficiência hídrica, e encontrou resultados semelhantes a esse estudo, em que para todas as características estudadas, o efeito gênico aditivo foi maior que o não aditivo. Segundo Ipsolandi et al. (2005), a ação do gene aditivo contribui para os programas de melhoramento de variedades mais adaptadas, pois assegura o efeito da herdabilidade e o desempenho de estabilidade nos cruzamentos.

Tabela 3. Componentes de média e de variância dos genitores Yoshimatsu (P_1) e IPA-7 (P_2) e das gerações F_1 , F_2 , para o controle genético da tolerância à salinidade em tomateiro. IFAL, Piranhas - AL, 2020.

Componentes	Notas aos 20 dias	Notas aos 30 dias	Notas aos 40 dias
<i>m</i>	1,32	2,34	2,94
<i>[a]</i>	0,11	0,30	0,24
<i>[d]</i>	0,03	0,05	0,04
<i>GMD</i>	0,27	0,16	0,16
V_{F_2}	0,4398	0,4942	0,3628
V_E	0,2958	0,4022	0,3594
V_G	0,144	0,092	0,0034
h^2_a	48,68%	18,61%	0,94%

m= média estimada dos genitores; *[a]*= efeito gênico aditivo; *[d]*= efeito gênico não aditivo; *GMD*= grau médio de dominância; V_E = variância ambiental; V_G = variância genética; h^2_a = herdabilidade no sentido amplo (%).

Quanto aos componentes de variância, em cada época de avaliação, foram verificadas maiores contribuições da parte ambiental em detrimento da parte genética, o que afetou em baixos valores de herdabilidade no sentido amplo tanto aos 30 (18,61%) quanto aos 40 (0,94%) dias após o transplante (Tabela 3). Assim, tornando-se mais difícil a seleção em ambientes salinos. De acordo com Gurgel (2004), normalmente quando a herdabilidade é inferior a 50%, deve-se utilizar maior número de progênies, conseqüentemente, aumentando a variância genética, resultando em maior valor deste parâmetro, e melhorando a eficiência da seleção.

Nos modelos genéticos pela função da máxima verossimilhança (SILVA, 2003), foram determinados aos 20, 30 e 40 DAT, em que o teste que compara o modelo 7 com o modelo 9, que confronta a hipótese de um gene maior com efeitos aditivos e de dominância e

apenas efeito do ambiente, permite que se rejeite H_0 , desse modo, indica a presença de um gene maior com efeitos aditivos e de dominância que controla o caráter. Da mesma forma as 20 e 30 DAT, comparando o modelo 4 com o modelo 9, que testa o gene maior com efeito aditivo apenas mais poligenes com efeito aditivo apenas e apenas efeito do ambiente, também se rejeita H_0 , o que corrobora para que exista evidência de efeitos poligênicos. Do mesmo modo, testando o modelo 2 com o modelo 9, que compara a existência de um gene maior com efeitos aditivos e de dominância mais poligenes com efeito aditivo apenas e apenas efeito do ambiente, a hipótese foi rejeitada, permitindo admitir que os efeitos de dominância dos poligenes afeta o controle da tolerância à salinidade. Embora a não convergência do efeito desses modelos aos 40 DAT não tenha permitido estimar a significância, os testes realizados nos modelos aos 20 e 30 DAT permitem concluir que há, de fato, o mesmo comportamento que controla o caráter (Tabela 4).

Tabela 4. Testes de hipóteses de herança monogênica por meio da função de máxima verossimilhança para tolerância aos sintomas causados pela salinidade. IFAL, Piranhas - AL, 2020.

Modelos ⁽¹⁾	GL	Notas aos 20 dias		Notas aos 30 dias		Notas aos 40 dias	
		χ_c^2	Prob.	χ_c^2	Prob.	χ_c^2	Prob.
2 vs. 4	1	52,0433	0,0000001	0,1760	0,6747748	(2)	(2)
2 vs. 6	2	52,0433	0,0000001	0,6708	0,7150489	(2)	(2)
2 vs. 7	2	75,1016	0,0000003	1,0568	0,5895465	(2)	(2)
2 vs. 8	3	75,1722	0,0000002	1,4335	0,6976914	(2)	(2)
2 vs. 9	4	82,3061	0,0000003	40,8789	0,0000003	(2)	(2)
4 vs. 6	1	0,0000	0,9999999	0,4947	0,4818199	(2)	(2)
4 vs. 8	2	23,1289	0,0000096	1,2574	0,5332646	(2)	(2)
4 vs. 9	3	30,2628	0,0000013	40,7029	0,0000001	(2)	(2)
6 vs. 9	2	30,2628	0,0000004	40,2081	0,0000001	29,6789	0,0000004
7 vs. 8	1	0,0706	0,7903910	0,3767	0,5393536	0,2465	0,6195449
7 vs. 9	2	7,2045	0,0272610	39,8221	0,0000001	29,2377	0,0000006
8 vs. 9	1	(2)	(2)	(2)	(2)	20,2480	0,0000068

⁽¹⁾ Testes de razão de verossimilhança, feitos por meio da estatística LR, com o programa de modelos de herança genética Monogen v 0.1 (Silva, 2003). ⁽²⁾ Valor negativo, talvez devido a problemas de convergência. GL: graus de liberdade. Prob: probabilidade.

Dessa forma, o modelo que melhor explica a herança da tolerância às condições salinas é aquele que leva em conta a existência de um gene de efeito maior com efeitos aditivos e associados às influências por poligenes modificadores. No entanto, essa metodologia não testou a hipótese da existência de mais de um gene de efeito maior, que não pode ser descartada. Deste modo, o teste da função de máxima verossimilhança são compatíveis com os do teste do

qui-quadrado de herança monogênica e com o padrão de distribuição de frequência na geração F₂, nos quais apontam para um controle oligo ou poligênico para a herança da tolerância à salinidade.

Resultados semelhantes foram observados no estudo realizado por Rezende (2019), sobre a herança da tolerância ao estresse salino em tomateiros derivados de *Solanum galapagense* e *Solanum pennelli*, verificaram que a linhagem BPX-441E-88 que foi obtida através do genótipo *S. pennelli*, são controlados por um gene de efeito maior mais poligenes modificadores, com efeitos aditivos e não aditivos.

Enquanto que pesquisas alcançadas por Millones-Chanamé et al. (2019), analisando a herança da resistência à podridão de extremidade da flor induzida pelo estresse hídrico em tomates, proveniente do cruzamento entre TOM-760 (suscetível ao estresse hídrico) e BPX-441D-88 (tolerante ao estresse hídrico) observaram que devido à escassez de água à incidência à podridão apical é controlada por um gene de efeito maior, com dominância parcial, sendo a ação gênica influenciada por poligenes.

6. CONCLUSÃO

O emprego da distribuição de frequência contribuiu nas análises dos sintomas nas plantas. Pelo comportamento dos genótipos revelaram que se tonaram promissores e potencialmente úteis em programas de melhoramento genéticos de tomateiro.

O controle genético da tolerância do tomateiro à salinidade envolve um gene maior com efeitos aditivos mais poligenes, no qual a tolerância está associada a alelos recessivos;

A obtenção de progênies de tomateiros tolerantes à salinidade é indicada aos 30 e 40 dias após o transplântio.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, L. **Manejos de irrigação associados a doses de hidrogel na produção do tomateiro de mesa**. 2019. 59 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiano. Morrinhos, 2019.
- ALBERT, E.; DUBOSCQ, R.; LATREILLE, M.; SANTONI, S.; BEUKERS, M.; BOUCHET, J.; BITTON, F.; GRICOURT, J.; PONCET, C.; GAUTIER, Véronique. Allele-specific expression and genetic determinants of transcriptomic variations in response to mild water deficit in tomato. **The Plant Journal**, v. 96, n. 3, p. 635-650, set. 2018.
- ALBUQUERQUE, C. A. A. **Potencial de *bacillus* spp. no controle de estresses biótico e abiótico e na promoção de crescimento de tomateiro**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2017.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e Descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: Produção em Campo, Casa de Vegetação e Hidroponia**. 2. ed. Editora Universitária de Lavras, cap. 1, p. 13-21, Lavras – MG, 2013.
- AMORIM, Y. F. **Comportamento de cinco híbridos de tomateiro com vistas ao estresse salino**. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2016.
- ARAÚJO, A. V. **Mecanismos de defesa e controle genético da resistência por antixenose à *liriomyza sativae* em genótipos de meloeiro**. 2019. 89 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ASHRAFI-DEHKORDI, E.; ALEMZADEH, A.; TANAKA, N.; RAZI, H.; Meta-analysis of transcriptomic responses to biotic and abiotic stress in tomato. **Peerj**, v. 6, e463, jul. 2018.
- ASSUNÇÃO, P.E.V.; SPINELLI, E.M.A.; CARDOSO, J.S. Caracterização da produção de tomate-industrial no município de Morrinhos/GO: da utilização de defensivos à vantagem dos contratos. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 40, p. 153-168, 2013.

- BALDISSERA, J. N. DA C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamias. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2014.
- BATISTA, R. O.; SILVA, L. C.; MOURA, L. M.; SOUZA, M. H.; CARNEIRO, P. C. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; CARNEIRO, J. E. S. Inheritance of resistance to fusarium wilt in common bean. **Euphytica**. v, 213, n. 133, p. 1-12, 2017.
- BERGOUIGNOUX, V. The history of tomato: from domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, Oxford, UK, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.
- BOLGER, A.; SCOSSA, F.; BOLGER, M.; LANZ, C.; MAUMUS, F.; TOHGE, T.; QUESNEVILLE, H.; ALSEEKH, S.; SØRENSEN, I.; LICHTENSTEIN, G. The genome of the stress-tolerant wild tomato species *Solanum pennellii*. **Nature Genetics**, v. 46, n. 9, p. 1034-1038, set. 2014.
- CARDOSO, J. **Herança de progênies F₂ de tomateiros submetidas à deficiência hídrica**. 2018. 84f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.
- CHANAMÉ, C. E. M. **Herança da tolerância ao estresse hídrico em tomateiro**. 2016. 56. Tese (Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- CHAUDHARY, J.; KHATRI, P.; SINGLA, P.; KUMAWAT, S.; KUMARI, A.; R, V.; VIKRAM, A.; JINDAL, S. K.; KARDILE, H.; KUMAR, R. Advances in Omics Approaches for Abiotic Stress Tolerance in Tomato. **Biology**, v. 8, n. 4, p. 90, nov., 2019.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. **Produção de tomate para processamento industrial**. 1ª ed. Brasília, Embrapa Hortaliças. 2012, 344p.
- COSTA, K. D. S. **Controle genético da resistência do tomate ‘Yoshimatsu’ à *Ralstonia pseudosolanacearum* e *Ralstonia solanacearum***. 2017. 82 f. Tese (Doutorado em

Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2017.

COSTA, K. D. S.; SANTOS, A. M. M; SANTOS, P. R.; NASCIMENTO, M. R.; SILVA, A. M. F.; ALBUQUERQUE, R. O. B.; PEREIRA, J. W. L.; CARVALHO FILHO, J. L. S. Inheritance of resistance to *Ralstonia pseudosolanacearum* in tomato. **Euphytica**, v, 214, n. 137, p. 1-11, 2018.

COSTA, K. D. S. SANTOS, P. R.; SANTOS, A. M. M; SILVA, A. M. F. CHAGAS, J. T. B.; CARVALHO FILHO, J. L. S; PEREIRA, J. W. L.; SILVA, M. O.; SILVA, J. R.; MENEZES, D. Genetic control of tometo resistance to *Ralstonia solanacearum*. **Euphytica**, v. 215, n. 126, p. 2-11, jul, 2019.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

CUARTERO, J.; BOLARÍN, M. C.; ASÍNS, M. J.; MORENO, V. Increasing salt tolerance in the tomato. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 5, p. 1045-1058, mar., 2006.

EDELSTEIN, M. et al. Using grafted vegetables to increase tolerance to salt and toxic elements. **Israel Journal of Plant Sciences**, Israel, v. 64, n. 3-4, p. 1-18, 2016.

EHRET, D. L. USHER, K.; HELMER, T.; BLOCK, G.; STEINKE, D.; FREY, B.; KUANG, T.; DIARRA, M. Tomato fruit antioxidants in relation to salinity and greenhouse climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 61, n. 5, p. 1138-1145, 2013.

FAOSTAT. **Countries by commodity 2019**. Disponível em:

<http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 22 set. 2021.

FERRÃO, R. G.; MOREIRA, S. O.; FERÃO, M. A. G.; RIVA, E. M.; ARANTES, L.O.; COSTAS, A. F. S.; CARAVLHO, P. L. P. T.; GALVÊAS, P. A. O. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 6 e 7, n. 4, p. 51-71, 2016.

FONTES, P. C. R.; NICK, C. Olericultura: **Teoria e prática**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 632 p.

FOOLAD, M. R. Current Status of Breeding Tomatoes for Salt and Drought Tolerance. **Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops**, p. 669-700, 2007.

FREITAS, V. S.; MARQUES, E. C.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34 (Supl. 1), p. 3341-3352, 2013.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 913-919, out. 2015.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, p. 1-18, 2014.

GURGEL, F. L. **Simulação computacional no melhoramento genético de plantas**. 2004. 174f. Tese (Melhoramento genético de plantas). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

HAGHIGHI, M.; AFIFIPOUR, Z.; MOZAFARIAN, M. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. **Journal of Biological and Environmental Sciences**, v. 6, n. 16, p. 87-90, 2012.

HAGHIGHI, M.; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 111-117, set. 2013.

HAMAMOTO, S.; HORIE T, HAUSER F, DEINLEIN U, SCHROEDER JI, UOZUMI N. H. K. T. transporters mediate salt stress resistance in plants: from structure and function to the field. **Current Opinion in Biotechnology**, v, 32, p. 113–120, abr., 2015.

HARTER, L. S.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Effect of salinity on physiological performance of mogango seeds and seedlings. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n.1, p.80-85, 2014.

HERNÁNDEZ, J. A. Salinity Tolerance in Plants: trends and perspectives. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 10, p. 2408, may. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2020.

Levantamento sistemático de produção agrícola. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_dez.pdf>. Acesso em: 25. ago. 2020.

IPSILANDIS, C.G.; DELIGEORGIDIS. P. N.; GIAKALIS. L.; KOUTSIKA. M.; PAPADOPOULOU. A.; XANTHOPOULOS. V. Breeding for homozygotic superiority and stability in maize without losing combining ability. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 5, p. 499-506, 2005.

JACOBS, R. L.; ADHIKARI, T. B.; PATTISON, J.; YENCHO, G. C.; FERNANDEZ, G. E.; LOUWS, F. J. Inheritance of Resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. acutatum* in Strawberry. **Phytopathology**, v. 109, n. 3, p. 428-435, mar. 2019.

LEITE, N. G. A. **Caracterização protéica do estresse salino em feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]**. 2017. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

LEMES, E. Q.; LOPES, J. C. Qualidade fisiológica de *Cupania vernalis* cambess sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Trópical: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 3, p. 144-153, 2013.

- LI, H.; ZHU, Y.; HU, Y. HAN, W. GONG, H. Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. **Acta Physiol Plant**, v. 37, n. 71, p. 1-9, 2015.
- LI, J.; LIU, L.; BAI, Y.; ZHANG, P.; FINKERS, R.; DU, Y.; VISSER, R. G. F.; VAN HEUSDEN, A. W. Seedling salt tolerance in tomato. **Euphytica**, v. 178, n. 3, p. 403-414, 2011.
- LIU, Y.; ZHOU, T.; GE, H.; PANG, W.; GAO, L.; REN, L.; CHEN, H. SSR Mapping of QTLs Conferring Cold Tolerance in an Interspecific Cross of Tomato. **International Journal of Genomics**, v. 2016, p. 1-6, 2016.
- LOPES SOBRINHO, O. P. **Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação**. 2020. 173 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.
- MATHER, K.; JINKS, J. L. **Biometrical genetics**. 3ed. Cambridge: University Press, 1982, 396p.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, jan. 2012.
- MENDES, A. Q. **Resistência à murcha bacteriana em linhagens e híbridos de tomateiro**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2017.
- MENEZES, C. B. et al. Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). **Genetics and Molecular Research**, v. 4, n. 1, p. 39-46, 2005.
- MENEZES, C. B.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; AZEVEDO, S. M.; RESENDE, J. T. V.; FIGUEIRA, A. R.; GOMES, L. A. A. Inheritance of resistance to papaya ringspot vírus-

watermelon strain (PRSV-W) in Whitaker summer squash line. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 203-209, out./dez. 2015.

MENEZES, D. **Análise genética de um cruzamento dialético em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL)**. 1998. 95 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1998.

MENEZES, R. V. **Tolerância à salinidade em manjeriço sob cultivo hidropônico**. 2017. 112 f. Tese (Doutorado em Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

MILLONES-CHANAMÉ, C. E.; OLIVEIRA, A. M. S.; CASTRO, E. M. Inheritance of blossom end rot resistance induced by drought stress and of associated stomatal densities in tomatoes. **Euphytica**, v. 215, n. 120, p. 1-10, jun. 2019.

MOHAMED, S. M.; ALI, E. E.; MOHAMED, T. Y. Study of heritability and genetic variability among different plant and fruit characters of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 1, n. 2, p. 55-58, 2012.

MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. 3. ed. Tóquio: McGraw-Hill Kogakusha, 1974.564 p.

MORALES, R. G. F. et al. Selection of tomato plant families using characters related to water deficit resistance. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 27-33, jan./mar. 2015.

NASCIMENTO, A. L. **Herança de caracteres e variabilidade genética de gerações segregantes do cruzamento entre genitores contrastantes de mamoeiro**. 2018. 104f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

NASCIMENTO, D. L.; COSTA, K. D. C.; SILVA, M. O.; FILHO CARVALHO, J. L. S.; FILGUIERA, H. T. R.; LIMA, F. F. Resistência de famílias F_{2:3} de tomateiro a *Ralstonia pseudosolanacearum*. In: SEMANDA DE AGRONOMIA, 2., 2019. **Anais...** Alagoas: SEAGRO, 2019. p. 1-5.

NASCIMENTO, W. M.; MELO, P. C. T de.; FREITAS, R. A de. **Produção de sementes**. In: CLEMENTE, F. M. V. T., BOITEUX, L. S. (Ed.). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 3, p. 53-75.

NICK, C. SILVA, D. J. H. **Melhoramento de tomate**. Em melhoramento de hortaliças. Editores: NICK, C.; BORÉM, A. Editora UFV, Viçosa – MG, p. 396-431, 2016.

NICK, C. SILVA, D. J. H. BORÉM, A. **Tomate: do plantio à colheita**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2018. 237p.

OLIVEIRA, M. A. C. **Controle genético da resistência ao agente causal da ramulose no algodoeiro herbáceo**. 2009. 112f. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

PARDO, J. M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, n. 2, p. 185-196, 2010.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. S.; RODRIGUES, C. S. Estratégias de melhoramento para tolerância à seca em germoplasma de milho tropical. **Singular Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 19-24, ago. 2019.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. L. M.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n. 1, p. 108-131, 2017.

PERIPOLLI, M. **Bioesimulantes na morfologia, fisiologia e qualidade de frutos e tomate submetido ao estresse hídrico**. 2019. 61f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2019.

RAMALHO, A. P. R.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações de genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Editora UFLA, Lavras-MG, 2012, 522p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na Agropecuária**, 5ª ed., rev. – Lavras: Ed. UFLA, 2012, 565p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN. **Genética quantitativa de plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993, 271p.

REZENDE, J. F. **Herança da tolerância ao estresse salino em tomateiros derivados de *Solanum galapagense* e *Solanum pennellii***. 2019. 87f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SÁ, F. P.; SÁ, C. O.; SÁ, J. L.; AMORIM, J. A. E.; MENEZES, T. S. A.; LÉDO, A. S. **Desenvolvimento inicial in vitro de gliricídia em diferentes níveis de salinidade**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 7p.

SANTOS, G. R.; SANTOS, E. M. C.; LIRA, E. S.; GOMES, D. L.; SOUZA, M. A.; ARAÚJO, K. D. Análise da precipitação pluvial e temperatura média do ar de Olho D'Água do Casado, Delmiro Gouveia e Piranhas, Alagoas. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 3, n. 1, p. 16-27, 2017.

SANTOS, L. V. **Produtividade e qualidade de híbridos de tomateiro do segmento salada de crescimento semideterminado em função de sistemas de poda e espaçamento**. 2017. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, USP, Piracicaba, 2017.

SANTOS, M. A. **utilização do fitorregulador giberelina na cultura do tomate para processamento industrial**. 2019. 41p. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Goiano, Morrinhos, 2019.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for Windows Version 12.0**. San Jose: Systat Software

Inc., 2011.

SILVA, L. D. A.; BRITO, M. E.; SÁ, F. V. D. S.; MOREIRA, R. C.; SOARES FILHO, W. D. S.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, R. D. S.; MESQUITA, R. O.; FREITAS, N. S.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, Suplemento, p. 1-7, 2014.

SILVA, A. A. **Influência do silício sobre os parâmetros produtivos do mini tomate submetido a diferentes níveis de salinidade no substrato de cultivo**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2018.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1173-1180, 2013.

SILVA, R. C. Z.; LÔBO, R. A.; NICOLI, A.; BASTISTA, R. O.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; COSTA, A. F.; RIOS, J. A. Inheritance of genetic resistance to fusarium wilt in cowpea. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, p. 481-486, 2021.

SILVA, W. P. **Estimadores de máxima verossimilhança em misturas de densidade normais**: uma aplicação em genética. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVEIRA, E. B.; GOMES, A. M. A.; FERRAZ, E. MARANHÃO, E. A. A.; MARIANO, R. L. R. Identificação de progênies de tomateiro resistentes à murcha-bacteriana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 06-10, 1999.

SILVEIRA, M. S.; QUEIRÓZ, M. A.; LIMA, J. A. A.; NUNES, J. H. S.; NASCIMENTO, A. K. Q.; LIMA NETO, I. S. Herança da resistência ao *papaya ringspot virus* em melancia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p.128-136, jul./set., 2015.

SOARES FILHO, W. S., GHEYI, H. R., BRITO, M. E. B., NOBRE, R. G., FERNANDES, P. D. & MIRANDA, R. S. (2016). **Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade**. In H. R. GHEYI, N. S.; DIAS, C. F.; LACERDA & E. GOMES FILHO (Eds.), Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados. Fortaleza, Ceará, Brasil.: INCTSal. Cap. 17, p. 259-271, 2016.

TANVEER, K.; GILANI, S.; HUSSAIN, Z.; ISHAQ, R.; ADEEL, M.; ILYAS, N.; Effect of salt stress on tomato plant and the role of calcium. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, p. 28-35, jun. 2019.

TRANCHIDA-LOMBARDO, V.; CIGLIANO, R. A.; ANZAR, I.; LANDI, S.; PALOMBIERI, S. COLANTUONO, C.; BOSTAN, H.; TERMOLINO, P.; AVERSANO, R.; BATELLI, G. Whole-genome re-sequencing of two Italian tomato landraces reveals sequence variations in genes associated with stress tolerance, fruit quality and long shelf-life traits. **Dna Research**, v. 25, n. 2, p. 149-160, nov, 2017.

WRIGHT, S. The results of crosses between inbred strains of guinea pigs, differing in number of digits. **Genetics**, v. 19, n. 6, p. 537-551, 1934.

XU, J.; DRIEDONKS, N.; RUTTEN, M. J. M.; VRIEZEN, W. H.; BOER, G.; RIEU, I. Mapping quantitative trait loci for heat tolerance of reproductive traits in tomato (*Solanum lycopersicum*). **Molecular Breeding**, v. 37, n. 5, abr., 2017.