



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

CARLA CAROLINE ALVES PEREIRA

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE MELANCIA VIA
MODELOS MISTOS**

MOSSORÓ-RN

2021

CARLA CAROLINE ALVES PEREIRA

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE MELANCIA VIA
MODELOS MISTOS**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento genético

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr.

Coorientadora: Lindomar Maria da Silveira, Prof^a. Dra.

MOSSORÓ-RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A436d Alves Pereira, Carla Caroline.

Divergência genética e avaliação genotípica de melancia via modelos mistos / Carla Caroline Alves Pereira. - 2021.

64 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Coorientadora: Lindomar Maria da Silveira.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2021.

1. Genótipo. 2. Produtividade. 3. Caracterização. 4. Adaptabilidade. 5. Estabilidade. I. Sousa Nunes, Glauber Henrique de, orient. II. Silveira, Lindomar Maria da, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e

ReferênciaBibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CARLA CAROLINE ALVES PEREIRA

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE MELANCIA VIA
MODELOS MISTOS**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento genético.

BANCA EXAMINADORA

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Lindomar Maria da Silveira

Lindomar Maria da Silveira, Prof^ª. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Stefeson B.M.

Stefeson Bezerra de Melo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Gerffeson Thiago Mota de Almeida Silva

Gerffeson Thiago Mota de Almeida Silva, Prof. Dr. (IFPI)
Membro Examinador

Rayanne Maria Paula Ribeiro

Rayanne Maria Paula Ribeiro, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Karmita Thainá Correia Ferreira

Karmita Thainá Correia Ferreira, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Aos meus pais, Antonio Carlos e Joana Darc, por sempre acreditarem em mim, mesmo quando eu já duvidava de mim mesma durante essa caminhada. São meus maiores exemplos de pessoas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço aos meus pais, Antonio Carlos e Joana Darc, por tudo. Pelo amor, carinho, dedicação, paciência e educação. Por terem me ajudado de todas as maneiras, por nunca terem me deixado sozinha, mesmo com a distância, por acreditarem e confiarem em mim. Obrigada, pois apesar das dificuldades nunca mediram esforços para fazer o que podiam para que conseguisse realizar meu sonho. Obrigada, pai e mãe, pela generosidade e simplicidade. Pelo amor incondicional, pelo carinho e afeto. Essa conquista acima de tudo é de vocês.

Ao meu irmão, Antonio Delano, por todo o amor e carinho e por sempre acreditar em mim. A todos os familiares, pelo apoio, amizade e por sempre torcerem por mim.

À UFRSA, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes, meu orientador, pela colaboração e seus conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho.

À minha coorientadora, Lindomar Maria da Silveira, pelos ensinamentos, confiança, paciência, preocupação e amizade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao grupo GEPPARG, por todo o apoio na condução dos experimentos. Um agradecimento especial à Rayanne Maria Paula Ribeiro, pela amizade e parceria diária nas análises. Tenha meu eterno agradecimento, pois foi de grande importância para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos do GERMEV – Grupo de Estudos em Recursos Genéticos e Melhoramento Vegetal da UFRSA, em especial a Adriano, Cyntia, Karmita, Leandro e Roberta, por todos os momentos juntos de trabalho, amizade e companheirismo.

Aos funcionários da Horta e da Fazenda Experimental da UFRSA, Sr. Antônio, Alderi, Nanan e Flabênio, pela ajuda na condução dos trabalhos em campo.

Obrigada a todos que, mesmo não citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa.

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

Pereira, Carla Caroline Alves Pereira. **Divergência genética e avaliação genotípica de melancia via modelos mistos**. 2021. 62f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

A melancia é um fruto muito apreciado e consumido no mundo. No Brasil, em especial na região Nordeste, esse fruto apresenta grande importância social e econômica, devido à elevada produção, exportação e geração de emprego e renda. Em razão dessa expressividade econômica e considerando a necessidade dos diferentes nichos do mercado que têm e devem ser atendidos, tem sido buscado o desenvolvendo de plantas que tenham alta produtividade, frutos de qualidade e com bom desempenho quando submetidas a diferentes ambientes. Portanto, esse trabalho teve como objetivos avaliar e caracterizar genótipos de melancia provenientes de estados do Nordeste brasileiro, como também estudar a interação genótipos por ambientes e identificar os genótipos com maior adaptabilidade e estabilidade. O primeiro experimento foi conduzido na horta experimental do Centro de Ciências Agrárias, campus da UFERSA, em blocos casualizados completos, com três repetições e cinco plantas por parcela, tendo os tratamentos consistido de 41 acessos, uma cultivar comercial e um híbrido. Após a maturação, os frutos foram colhidos e avaliados quanto aos descritores morfoagronômicos. No segundo, foram avaliados dezesseis genótipos de melancia em quatro municípios do Estado do Rio Grande do Norte, em três anos distintos, totalizando doze ambientes, os experimentos foram em blocos casualizados completos com três repetições avaliando a produtividade. Para o primeiro, conclui-se que há variabilidade genética entre os acessos de melancia, e os caracteres quantitativos que mais contribuíram para a formação dos grupos foram peso, comprimento, diâmetro do fruto e cromaticidade, ao passo que os caracteres qualitativos não contribuíram significativamente para a formação dos grupos. Para o segundo experimento, conclui-se que interação de genótipos por ambientes é predominantemente do tipo complexo ou cruzado. Os híbridos WM-11 e WM-14 são os mais promissores, com altas produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

Palavras-chave: Genótipo. Produtividade. Caracterização. Adaptabilidade. Estabilidade.

ABSTRACT

Pereira, Carla Caroline Alves Pereira. **Genetic divergence and genotypic evaluation of watermelon via mixed models.** 2021. 62p. Thesis (Doctorate in Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

Watermelon is a very popular and consumed fruit around the world. In Brazil, especially in the Northeast region, this fruit has great social and economic importance, due to its high production, exports and generation of employment and income. Due to this economic expressiveness and considering the need for different market niches that have and must be served, we have sought to develop plants that have high productivity, quality fruits and good performance when subjected to different environments. Thus, this work aimed to evaluate and characterize watermelon genotypes from northeastern Brazilian states, as well as to study the interaction among genotypes and environments and identify the genotypes with greater adaptability and stability. The first experiment was carried out in the experimental garden of the Center of Agrarian Sciences, UFERSA campus, in complete randomized blocks, with three replications and five plants per plot, and the treatments consisted of 41 accessions, a commercial cultivar and a hybrid, after the ripening, the fruits were harvested and evaluated for morphoagronomic descriptors. In the second, sixteen watermelon genotypes in four municipalities of the State of Rio Grande do Norte, in three years, in a total of twelve environments, the experiments were carried out in randomized complete blocks with three replications, evaluating productivity. For the first, it is concluded that there is genetic variability among the watermelon accessions and the quantitative characters that most contributed to the formation of the groups were weight, length and diameter of the fruit and chromaticity; while the qualitative characters did not contribute significantly to the formation of groups. For the second experiment, it is concluded that the interaction of genotypes by environments is predominantly of the complex or cross type. Hybrids WM-11 and WM-14 are the most promising, with high productivity, adaptability and stability.

Keywords: Genotype. Productivity. Description. Adaptability. Stability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutritiva da melancia, em 100 g de polpa.	14
Tabela 2. Dados de passaporte de acessos de melancia (<i>Citrullus lanatus</i>) caracterizados para estudo de divergência genética. Mossoró-RN, 2021.	28
Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância para os caracteres quantitativos de peso de fruto (PESF), Número total de sementes do fruto (NSEM), comprimento do fruto (COMP), diâmetro do fruto (DIAF), espessura média da casca (ESMC), firmeza da polpa (FIRM), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (ACIT), sólidos solúveis (SS), luminosidade (L*) cromaticidade ou saturação (C*), tonalidade (h°) e teor de carotenoides totais (TCAT), em acessos de <i>Citrullus lanatus</i> *. Mossoró, 2021.	34
Tabela 4. Resumo da análise de variância, estimativas das partes simples e complexa da interação, coeficiente de variação e acurácia seletiva da produtividade de híbridos de melancia avaliados em quatro municípios do Agropolo Mossoró-Assu em três”. Mossoró-RN, 2021. .	52
Tabela 5. Estabilidade de valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG) e Média Harmônica da <i>Performance</i> Relativa dos valores Genotípicos (MHPRVG) de híbridos de melancia avaliados no Agropolo Mossoró-Assú.	55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dendograma de divergência genética de 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base em treze caracteres quantitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,82.37
- Figura 2.** Dendograma de divergência genética entre 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base em seis caracteres qualitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,68. 39
- Figura 3.** Dendograma de divergência genética entre 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base nos caracteres quantitativos e qualitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,82.40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	A CULTURA DA MELANCIA.....	13
2.2	DIVERGÊNCIA GENÉTICA.....	15
2.3	MELHORAMENTO GENÉTICO DA MELANCIA	16
2.4	INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE.....	17
2.5	ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.....	18
	REFERÊNCIAS	20
	CAPÍTULO I - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MELANCIA PARA CARACTERES DE FRUTOS	
	RESUMO.....	24
	ABSTRACT	25
1	INTRODUÇÃO	26
2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS	42
	CAPÍTULO II- ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MELANCIA EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO	
	RESUMO.....	46
	ABSTRACT	47
1	INTRODUÇÃO	48
2	MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1	GENÓTIPOS.....	50
2.2	AMBIENTES	50
2.3	EXPERIMENTOS.....	50
2.4	CARÁTER AVALIADO	50
2.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	51
2.5.1	Estimação de componentes de variância e predição de valores genotípicos.....	51
2.6	ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE	51
2.6.1	Método da média harmônica da <i>performance</i> relativa dos valores genotípicos	51
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. & Nakai) é originária das regiões tropicais da África. Atualmente é considerada uma das mais importantes olerícolas produzidas e comercializadas. Segundo a FAO (2021), em 2019 a produção mundial atingiu 100.414.933 milhões de toneladas, com produtividade de 32,56 t ha⁻¹, sendo a China, Turquia, Índia e Brasil os maiores produtores mundiais, correspondendo a 69% da produção. O país que mais exporta melancia é a Espanha, seguida por Irã, México, Itália e Estados Unidos.

O Brasil foi responsável por produzir 2,27 milhões de toneladas, com produtividade de 23,13 t ha⁻¹. No ano de 2019, cerca de 35,56% dessa produção nacional se concentram no Nordeste, sendo o estado do Rio Grande do Norte o maior produtor (351.997 t), com a Bahia em segundo lugar (166.046 t) e em terceiro lugar Pernambuco (103.023 t), que juntos representam 80,12% da produção da região. No Rio Grande do Norte, destaca-se a região de Baraúna, maior produtora, com 141.665 t, representando 41,66% da produção estadual (IBGE, 2021).

O estado do Rio Grande do Norte se destaca com essa elevada produção, principalmente porque possui características climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Os principais fatores climáticos que afetam o crescimento e a produção são temperatura, fotoperíodo e umidade relativa do ar, estando a melhor faixa de temperatura para o desenvolvimento da cultura entre 25 °C a 30°C, exigindo dias longos, boa incidência solar e alta umidade relativa do ar, fatores encontrados na região, colaborando para os resultados satisfatórios da cultura (ANDRADE JÚNIOR et al., 2007).

Assim, para garantir o sucesso da cultura, é necessária a utilização de genótipos que apresentem alta *performance* produtiva e frutos de acordo com exigências do mercado consumidor. Neste sentido, na região Nordeste estão sendo desenvolvidas pesquisas com melancia, visando à avaliação e caracterização dos genótipos, para estudar a divergência genética dos acessos coletados na região, bem como estudar a potencialidade desses genótipos em diferentes locais, visando a selecionar as plantas superiores, bem como à utilização em programas de hibridação (DIAS et al., 2007; NASCIMENTO, 2017; OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2007).

De acordo com Negreiros et al. (2014), a introdução e a avaliação de um germoplasma, em programas de melhoramento e posteriormente seleção de plantas genótipos que apresentaram melhores resultados é o método mais eficaz para obtenção de futuras cultivares superiores. Já existem alguns resultados quanto aos melhores genótipos em termos

de produtividade, qualidade dos frutos e quanto à época de maturação. No entanto, a maior parte da produção brasileira de melancia decorre da exploração de poucas cultivares, que são bastante aparentadas (SOUZA et al., 2008), resultando em um estreitamento da base genética, dificultando a obtenção de ganhos nos programas de melhoramento tendo a necessidade de novas cultivares comerciais e gera também uma exposição da cultura à vulnerabilidade de pragas e doenças (NASCIMENTO, 2017).

Por outro lado, a maioria dos resultados são baseados na análise de variância (ANOVA). Sendo assim, buscar e testar novas metodologias que são mais eficazes na seleção de genótipos superiores são interessantes. Atualmente, o procedimento mais utilizado é os modelos mistos via REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição linear não viesada), por ser um modelo eficaz que realiza uma seleção simultânea para estabilidade, adaptabilidade e produtividade (CARVALHO et al., 2015; RESENDE, 2007; ROSADO et al., 2012).

Nesse sentido, os objetivos desse trabalho foram avaliar e caracterizar genótipos de melancia oriundos de estados do Nordeste brasileiro, como também estudar a interação genótipos por ambientes e identificar os genótipos com maior adaptabilidade e estabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA MELANCIA

As cucurbitáceas apresentam grande expressividade econômica nacionalmente e mundialmente. Dentre as olerícolas, destacam-se quatro mais cultivadas: melões (*Cucumis melo* L.), melancias (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), abóboras (*Cucurbita* spp.) e pepinos (*Cucumis sativus* L.) (DIAS; RESENDE, 2010; SANTOS et al., 2011). A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) possui duas variedades botânicas, *C. lanatus* var. *lanatus*, usada na alimentação humana, e *C. lanatus* var. *citroides*, utilizada em conservas, pickes e alimentação animal no Nordeste brasileiro (ALMEIDA, 2003).

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) é originária de regiões do continente africano, possuindo um centro de diversificação secundário no sul da Ásia. Sua domesticação e melhoramento foram iniciadas com os egípcios, com posterior expansão do seu cultivo para o Oriente Médio, Índia e China (MOHR, 1986; NASCIMENTO et al., 2011). No Brasil, a melancia foi introduzida em dois momentos. O primeiro momento foi no século XVII, por decorrência do tráfico de escravos africanos que chegavam às expedições para trabalhar nas lavouras canavieiras. Posteriormente, por meio dos refugiados da guerra civil americana que trouxeram variedades melhoradas geneticamente conduzidas dos EUA e Japão, para o sudeste brasileiro (VILELA et al., 2006; FILGUEIRA, 2003). Atualmente, o cultivo de melancia é realizado em todas as regiões brasileiras.

Em relação aos aspectos botânicos, a melancia é uma planta herbácea, de ciclo anual variando de 40 a 90 dias após o semeio, dependendo das condições ambientais e da cultivar utilizada. O hábito de crescimento é rasteiro, com várias ramificações que podem alcançar até cinco metros de comprimento, as folhas apresentam limbo de contorno triangular (distinguindo da maioria das outras cucurbitáceas por esse formato), do tipo lobadas, de coloração verde-escura, distribuídas de forma alternada ao longo dos entrenós da planta. Das axilas das folhas partem as gavinhas, flores e frutos (PARIS et al., 2013; FILGUEIRA, 2003). O sistema radicular é extenso e superficial, atinge profundidade efetiva entre 30 cm a 40 cm, podendo em algumas condições ultrapassar 60 cm (MAROUELLI et al., 2012). É uma espécie alógama com polinização realizada por insetos, apresentando 95% de taxa de cruzamento (FERREIRA et al., 2002). Em relação à biologia floral, as plantas podem ser monoicas ou andromonoicas. As plantas andromonoicas ocorrem em 5% das variedades comerciais (DIAS et al., 200; NASCIMENTO et al., 2011).

O fruto da melancia pode apresentar os formatos: oval, esférico ou alongado, podendo chegar até 60 cm de comprimento e a casca geralmente, é espessa (DIAS e RESENDE, 2010). A polpa da melancia contém muitos nutrientes que estão relacionados a dieta humana e que promovem saúde. Normalmente apresenta coloração vermelha, entretanto, há variabilidade para as cores: amarela, laranja, rosa ou branca. As diferentes cores de polpas estão relacionadas com as diferentes concentrações de carotenos, licopeno e β -caroteno, que possuem uma elevada atividade antioxidante, precursores de vitamina A e prevenção de câncer e doenças cardiovasculares (Tabela 1) (YUAN et al., 2021). Além disso é um fruto rico em água e possuem também vitaminas C e do complexo B e as sementes são consumidas em diversas regiões da Ásia e do Médio Oriente (ALMEIDA, 2003).

Tabela 1. Composição nutritiva da melancia, em 100 g de polpa.

Componentes	Composição nutritiva Melancia
Água	92,6%
Proteínas	0,5g
Cinzas	0,2g
Hidratos de Carbono Totais	6,4g
Fibra	0,3g
Cálcio	7,0mg
Fósforo	10,0mg
Ferro	0,5mg
Sódio	1,0mg
Potássio	100,0mg
Vitamina A	590,0UI
Tiamina	0,03mg
Riboflavina	0,03mg
Niacina	0,2mg

Fonte: Azevedo et al. (2005).

Atualmente, no Brasil a melancia é uma das frutas de maior representatividade, especialmente no que diz respeito à exportação, figurando entre as dez frutas mais exportadas do Brasil (AGROSTAT, 2021). Em virtude dessa expressividade econômica e considerando a necessidade dos diferentes nichos do mercado que devem ser atendidos, tem sido buscado, por

meio do melhoramento genético, o desenvolvimento de frutos com características que atendam ao mercado consumidor, tanto com relação a sabor e tamanho quanto ao formato e coloração (CARVALHO et al., 2005; MINGUITA et al., 2015).

2.2 DIVERGÊNCIA GENÉTICA

O estudo da divergência genética é a etapa inicial de um programa de melhoramento genético, permitindo avaliar e caracterizar os genótipos que são mais divergentes ou não, auxiliando na seleção dos genótipos e na realização dos cruzamentos que serão mais promissores, possibilitando, dessa maneira, um conhecimento prévio do Banco Ativo de Germoplasma (BAGs) e/ou Coleções que serão usados, buscando explorar toda a variabilidade genética disponível e acessos superiores (CARVALHO et al., 2020).

A diversidade na maioria das espécies cultivadas foi consequência da domesticação e dos processos de seleção e melhoramento de plantas. As novas cultivares, em sua maioria, apresentam base genética reduzida, sendo aparentadas. Na melancia, a maioria das cultivares é originária ou resultante de cruzamentos com Crimson Sweet. Isso resulta na ocorrência de genótipos ocupando grandes áreas de plantio com as mesmas problemáticas e, conseqüentemente, uma erosão genética (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Por meio dos bancos de germoplasma, têm sido identificados genótipos que apresentam genes com características relacionadas à resistência a pragas e doenças, estresses e nutricionais. Sendo assim, os bancos de germoplasma exercem papel primordial na manutenção da diversidade genética (TANKSLEY e MCCOUTH, 1997). Para a predição da divergência genética, são utilizados procedimentos envolvendo técnicas multivariadas, como componentes principais, variáveis canônicas, análises de fatores e métodos de agrupamento e a distância generalizada de Mahalanobis (NARDINO et al., 2017).

São escassos trabalhos de diversidade em melancia utilizando análise multivariada. Estudando diversidade genética em acessos coletados no estado da Bahia, Silva et al. (2007) constataram que dos 13 descritores utilizados 11 apresentaram diferenças significativas, com base na análise de variância, concluindo que a variabilidade estava tanto dentro quanto entre os acessos coletados. Por sua vez, Oliveira et al. (2008) estudaram a diversidade em acessos coletados no Rio Grande do Norte e, por meio do método otimização de Tocher e pelo UPGMA, foram formados dois grupos, um constituído pela cultivar Crimson Sweet e o outro pelos demais acessos. O caractere que mais contribuiu para esse agrupamento foi o peso médio do fruto.

Nascimento (2017), estudando a diversidade genética entre os genótipos da coleção de trabalho da Embrapa Semiárido, utilizou as avaliações com 20 descritores. A dissimilaridade foi obtida a partir da distância generalizada de Mahalanobis e UPGMA, constatando-se que os genótipos avaliados são divergentes e os caracteres que mais contribuíram para o agrupamento foram: cor de polpa e tamanho de fruto. De acordo com os resultados obtidos nesses estudos, é confirmada a variabilidade genética presente em genótipos contrastantes que estão armazenados em BAGS e/ou coleções, assegurando a exploração dessa variabilidade nos programas de melhoramento para a melancia.

2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO DA MELANCIA

O melhoramento genético de plantas é uma valiosa estratégia para se aumentar a produção de alimentos e também incrementar determinados caracteres inexistentes ou em baixa proporção na cultura. Por meio do melhoramento, é possível o desenvolvimento de cultivares mais precoces, resistentes ou tolerantes a doenças, pragas, estresses bióticos e abióticos e que apresentem boa adaptação ao ambiente de cultivo (BORÉM; MIRANDA, 2013). Conseqüentemente, serão obtidas cultivares mais produtivas e de melhor qualidade do que as existentes, para satisfazer os mais diversos mercados. O melhoramento tem se tornado uma das principais ferramentas para manter ou aumentar os índices econômicos, com estratégias que resultam em grandes ascensões para o produtor (CARVALHO, 2016).

Muitas variedades de melancia são cultivadas por pequenos agricultores do nordeste há décadas, passando de geração a geração. De maneira geral, essas variedades são menos produtivas do que cultivares comerciais, no entanto apresentam outras características importantes, principalmente resistência a determinadas doenças e maior qualidade do fruto, razão pela qual essas variedades são importantes fontes na busca por genes pela tolerância ou resistência aos fatores bióticos e abióticos (CAMPOS et al., 2019).

A fase para obtenção de um genótipo melhorado para a cultura da melancia, como para as demais culturas, é um procedimento lento que demanda mão de obra qualificada e alto investimento financeiro. Há maior custo na produção de sementes híbridas comparadas a variedades de polinização aberta. Por outro lado, há maior retorno financeiro com os híbridos devido à sua alta *performance*, destacando-se por uma elevada produtividade, em virtude do vigor híbrido e/ou uniformidade na qualidade, satisfazendo tanto os produtores de sementes quanto os produtores rurais (NASCIMENTO, 2017).

Os programas de melhoramento genético das instituições públicas e das empresas de

sementes têm realizado estudos, obtendo avanços significativos no melhoramento genético ligado a características de resistência a pragas e doenças, à qualidade e variabilidade genética existentes na espécie. A Embrapa Semiárido, em ação conjunta com o Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade da Bahia (UNEB) e Embrapa Rondônia, desenvolveu uma cultivar de destaque, a BRS Opara, resistente ao oídio, que causa sérios danos aos plantios ao reduzir a área foliar e inibir a fotossíntese, reduzindo, conseqüentemente, o tamanho e número de frutos, afetando também a qualidade dos frutos na medida em que afeta o acúmulo de sólidos solúveis e sem as folhas, de tal maneira que a planta expõe o fruto a queimaduras. As empresas de sementes desenvolveram híbridos, como, por exemplo, Starbrite, Jetstream e Top Gun, que têm como destaque a uniformidade no plantio, cor de polpa vermelho intenso, alto teor de sólidos solúveis e casca grossa, porque a produção de melancia granel precisa ter resistência ao transporte (DIAS et al., 2007).

A área cultivada de melancia sem semente vem crescendo, sua produção é destinada principalmente ao mercado externo devido à sua maior aceitação e aos bons preços pagos. A melancia sem semente geralmente é menor (1,5 kg a 3,0 kg) e apresenta polpa mais firme, na comparação à melancia com sementes. No mercado interno, a melancia é mais apreciada por famílias com número reduzido de pessoas ou consumidores de maior poder aquisitivo devido ao seu custo ser mais elevado (SILVA et al., 2016).

2.4 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

Em programas de melhoramento de plantas, observa-se que determinado genótipo que apresentou melhor desempenho em um ambiente específico não necessariamente terá desempenho satisfatório em outro. Por isso, a seleção e recomendação de genótipos são realizadas por ensaios em vários locais. A essa variação, dá-se o nome de interação genótipo x ambiente, visto que o fenótipo é em função do genótipo, do ambiente e também da interação entre os dois (CARVALHO et al., 2016; PELUZIO et al., 2010).

As causas dessa interação têm sido atribuídas à especificidade dos fatores fisiológicos e bioquímicos de cada genótipo estudado e como eles se comportam. Considerando que o sistema em que os genótipos se desenvolvem é dinâmico, existindo diversas mudanças desde a semeadura até a maturação, o genótipo se comporta diferentemente respondendo às variações ambientais. A cultura da melancia é altamente influenciada pelas condições ambientais, fazendo com que os fatores adversos causem diminuição na produção. Portanto, os melhoristas têm realizados pesquisas para conseguir cultivares /híbridos que se adaptem às

variações ambientais, com o intuito de minimizar essa problemática (GUIMARÃES, 2010; TAVARES et al., 2017).

A interação genótipo x ambiente é classificada em dois tipos quanto à sua natureza: simples e complexa (ROBERTSON, 1959). Na interação simples, a classificação do desempenho entre os genótipos é mantida em diferentes condições ambientais. Esse tipo de interação não ocasiona problemas ao melhoramento, na medida em que a classificação dos genótipos é mantida nos diferentes ambientes, de tal maneira que a recomendação dos genótipos é feita de forma generalizada. Porém, a interação complexa decorre da ausência da correlação entre o desempenho dos genótipos no ambiente, ou seja, há alteração quanto à classificação dos genótipos entre ambientes analisados. Isso dificulta a recomendação que o melhorista realizará porque os genótipos são restritos a ambientes específicos (CRUZ et al., 2014; RAMALHO et al., 1993; VENCOSKY; BARRIGA, 1992).

Na prática, o estudo da interação genótipo x ambiente, apesar de ser de grande importância para o melhoramento, não proporciona informações detalhadas de como cada genótipo se comporta de acordo com as variações ambientais. Por essa razão, para tornar a recomendação mais segura possível, é interessante realizar um estudo acerca da adaptabilidade e estabilidade das cultivares, bem como dos caracteres mais importantes para o estudo. Dessa maneira, haverá a identificação de genótipos com comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ; REGAZZI, 1997).

2.5 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

Segundo Mariotti et al. (1976) e Eberhart; Russel (1966), o conceito de adaptabilidade é a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente. Por salvez, a estabilidade é a capacidade que o genótipo tem de expressar um comportamento altamente previsível, devido ao estímulo ambiental. Para Verma et al. (1978), adaptabilidade seria a capacidade de, mesmo em ambientes desfavoráveis, os genótipos apresentarem rendimentos elevados, possuindo a capacidade de apresentar melhorias em condições ambientais mais favoráveis.

A verificação da interação genótipo por ambiente é uma das etapas finais do melhoramento genético de plantas, razão pela qual há diversas metodologias para avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos nos diferentes ambientes (ROCHA et al., 2017).

Metodologias de interpretação mais simples têm sido preferidas, com isso medidas que incorporam a estabilidade e adaptabilidade em uma única estatística, tais como Lin; Binns (1988) e Annicchiarico (1992), têm sido recomendadas.

No entanto, a maioria dos métodos utilizados para estudos da interação genótipo x ambiente e de adaptabilidade e estabilidade se baseia na análise de variância (ANOVA), ou seja, apenas utilizando as médias fenotípicas. Um modelo alternativo e utilizado raramente, mas que vem se destacando pelo método de estudo de adaptabilidade e estabilidade, é o modelo misto (REML/BLUP – *Restricted Maximum Likelihood/ Best Linear Unbiased Prediction*). Também merece destaque o modelo da Média Harmônica da *Performance* Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG), estabelecido por Resende (2007).

A análise máxima verossimilhança restrita/melhor preditor linear não viesado (REML/BLUP) baseia-se em estudar que quanto menor for o desvio-padrão dos genótipos entre os locais, maior será a média harmônica dos valores genotípicos entre dois locais. Assim, há uma seleção simultânea, considerando que, selecionando os genótipos com valores maiores de média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), haverá seleção também para produtividade e estabilidade. Para a adaptabilidade, refere-se à *performance* relativa dos valores genotípicos (PRVG) através dos ambientes. Os valores genotípicos (originais ou preditos) são expressos como proporção da média geral de cada local, em seguida estima-se o valor médio dessa proporção através dos locais. Por meio da média harmônica da *performance* relativa dos valores genéticos (MHPRVG) preditos, pelos modelos mistos, há uma seleção simultânea para estabilidade e adaptabilidade e também para produtividade (CARVALHO et al., 2015; ROSADO et al., 2012).

Sendo assim, no contexto de modelos mistos, a metodologia REML/BLUP, além de selecionar três atributos supracitados (produtividade, estabilidade e adaptabilidade), apresenta vantagens: (i) considera os efeitos genotípicos como aleatórios; (ii) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; (iii) permite lidar com dados não balanceados; (iv) permite lidar com delineamentos não ortogonais; (v) considera os erros correlacionados dentro de locais; (vi) fornece valores genéticos já descontados da instabilidade; (vii) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado (RESENDE, 2007).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. P. F. **Cultura da melancia**. Porto: Universidade do Porto, 2003. 16 p. Disponível em: <http://dalmeida.com/hortnet/Melancia.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; DUARTE, R. L. R. **A cultura da melancia**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 85 p.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 2017.
- AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. A.; REGO, J. L.; D'ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 36, n. 01, p. 9-15, 2005.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.
- CAMPOS, A. M. D.; LUZ, J. M. Q.; SANTANA, D. G.; MARQUEZ, G. R. Influences of plant density and fruit thinning on watermelon hybrid production cultivated in different seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 409-414, 2019.
- CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 53, p. 4882-4887, 2015.
- CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; TEODORO, P. E. Use of REML/BLUP methodology for selecting cotton genotypes with higher adaptability and productive stability. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 314-321, 2016.
- CARVALHO, M. N.; SILVEIRA, E. S.; MENEZES, B. S.; OLIVEIRA, T. R. A.; OLIVEIRA, G. H. F. Caracterização e divergência genética de genótipos de milho com potencial forrageiro avaliados em região semiárida., **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 6, n. 01, p. 1-13, 2020.
- CARVALHO, N. **Variabilidade genética de linhagens e cultivares de melão utilizando marcadores moleculares**. 2016. 122f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2016.
- CARVALHO, R. N. **Cultivo de melancia para agricultura familiar**. 2ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997.
- DIAS, R. C. S.; QUEIROZ, M. A. Embrapa de Petrolina lança melancia resistente ao oídio. **Jornal da Fruta**, v. 15, n. 19, p. 1-2, 2007.

DIAS, R. C. S.; RESENDE, G. M. Socioeconomia. In: DIAS, R. C. S.; RESENDE, G. M. (org.). **Sistema de produção de melancia**. Petrolina: Embrapa Semiárido. (Embrapa Semiárido. Sistema de Produção, 6). 2010.

DIAS, R. C. S. et al. 2007. **Desempenho agrônômico de linhas de melancia com resistência ao oídio**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46. Resumos. Goiânia: ABH (CD ROM).

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop. Sci.**, v. 6, p. 36-40, 1966.

FAO. **Agricultural production: primary crops**. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 15 jul. 2021.

FERREIRA, M. A. J. F. et al. Capacidade de combinação em sete populações de melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 963-970, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ed. Viçosa: UFV, 2003.

GUIMARÃES, U. V. **Adaptabilidade e estabilidade de variedades de cana-de-açúcar em Alagoas e Pernambuco**. 2010. 53f. Dissertação (Mestrado - Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife-PE, 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 15 jul. 2021.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 4, p. 193-198, 1988.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azucar. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Nordeste Argentino**, v. 13, n. 14, p. 105-107, 1976.

MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Irrigação na cultura da melancia**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. (Circular Técnica 108).

MINGUITA, A. P. S.; CARVALHO, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; GALDEANO, M. C. Production and characterization of pasta from biofortified foods: wheat flour, polished rice flour and whole bean flour. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1895-1901, 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROSTAT - Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. Brasília: MAPA, 2020. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>. Acesso em: 3 set. 2021.

MOHR, H. C. Watermelon breeding. In: BASSET, M. J. **Breeding vegetables crops**. Westport: Avi, 1986. p. 37-66.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; SZARESKI, V. J.; KONFLANZ, V. J.; SOUZA, V. Q. 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, I. R.; SANTOS, L. B.; SANTOS, G. R.; ERASMO, E. A. L. Taxonomia e sistemática, centro de origem e morfologia da melancia. In: SANTOS, G. R.; ZAMBOLIM, L. (org.). **Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil**. Gurupi: Universidade Federal do Tocantins, 2011. p. 11-14.
- NASCIMENTO, T. L. **Divergência genética, capacidade de combinação e heterose em melancia**. 2017. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Melhoramento genético de plantas) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife-PE, 2017.
- NEGREIROS, J. R. S.; ANDRADE-NETO, R. C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L. S. Repeatability estimates for fruit quality characters of sweet range. **Pesquisa agropecuária brasileira**, n. 49, v. 1, p. 40-48, 2014.
- OLIVEIRA, A. R.; NUNES, G. H. S.; OLIVEIRA, D. A.; GUIMARÃES, I. P. Diversidade genética entre acessos de melancia coletados no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 213-217, 2008.
- PARIS, H. S.; DAUNAY, M. C.; JANICK, J. Medieval iconography of watermelons in Mediterranean Europe. **Annals of botany**, v. 112, n. 5, p. 867-879, 2013.
- PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; MONTEIRO, F. J.; MELO, A. V.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2010.
- RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B., ZIMMERMANN, M, J de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993.
- RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.
- ROBERTSON, N. F.; Experimental control of hyphal branching and branch form in hyphomycetous fungi. **Botanical Journal**, v. 56, n. 366, p. 207-211, 1959.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JÚNIOR, J. Â N.; CARVALHO, H. W. L.; COSTA, A. F.; LIMA, J. M. P.; SANTOS, J. F.; BERTINI, C. H. C. M.; PASSOS, A. R.; MORAIS, O. M. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi semi-eretos no Nordeste do Brasil via REML/BLUP. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v. 42, n. 9, p. 1283-1289, set. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n9/10.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G. E.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.
- SANTOS, G. R.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; CAFÉ-FILHO, A. C. Doenças fúngicas, bacterianas e abióticas. In: SANTOS, G. R.; ZAMBOLIM, L. (org.). **Tecnologias para produção sustentável da melancia no Brasil**. Gurupi: Universidade Federal do Tocantins. 2011. p. 95-150.
- SILVA, M. L; QUEIROZ, M. A.; FERREIRA, M. A. J. F; ARAGÃO, C. A. Variabilidade genética de acessos de melancia coletados em três regiões do Estado da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 93-100, 2007.
- SILVA, M. V. T.; SOUSA, M. S.; PAULINO S. W. C.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. L. Macronutrients concentration in watermelon without seeds. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 137-142, 2016.

SOUZA, F. F. **Cultivo da melancia em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. p. 34-44.

TANKSLEY, S. D.; MCCOUCH, S. R. Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild, **Science**, v. 277, n. 3, p. 1063-1066, 1997.

TAVARES, T.; SOUZA, S.; SALGADOS, F.; SANTOS, G.; LOPES, M.; FIDELIS, R. Adaptabilidade e estabilidade da produção de grão em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). **Rev. de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 411-418, 2017.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theor Appl. Genet.**, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978.

VILELA, N. J.; AVILA, A. C.; VIEIRA, J. V. **Dinâmica do agronegócio brasileiro da melancia**: produção, consumo e comercialização. 1ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006.

YUAN, P.; UMER, M. J.; ZHAO, S.; Lu, X.; ZHU, H.; GONG, C.; DIAO, W.; GEBREMESKEL, H.; KUANG, H.; LIU, W. Transcriptome regulation of carotenoids in five flesh- colored watermelons (*Citrullus lanatus*), **BMC Plant Biol**, v. 21, n. 203, p. 1-18, 2021.

CAPÍTULO I - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MELANCIA PARA CARACTERES DE FRUTOS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar a diversidade entre acessos de melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. & Nakai) pertencentes à coleção ativa de germoplasma de Cucurbitáceas do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN. O experimento foi conduzido em blocos casualizados completos, com três repetições e cinco plantas por parcela. Os tratamentos consistiram de 41 acessos, uma cultivar comercial e um híbrido. Após a maturação, os frutos foram colhidos e avaliados quanto aos descritores morfoagronômicos (um fruto por planta). Foram determinados os componentes de variância a partir das matrizes de dissimilaridade, e os acessos foram agrupados hierarquicamente pelo método UPGMA para os descritores quantitativos e qualitativos. Considerando os descritores quantitativos, os acessos formaram três grupos e, para os qualitativos, seis grupos. Ao considerar uma análise dos dois descritores de forma conjunta, os acessos distribuíram-se em três grupos. Os descritores que mais contribuíram para a formação dos grupos para as variáveis quantitativas foram peso do fruto, comprimento do fruto, diâmetro e cromaticidade. As variáveis qualitativas não apresentaram uma contribuição significativa para a formação dos grupos.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*. Caracterização. Agrupamento.

CHAPTER I - GENETIC DIVERGENCE BETWEEN WATERMELON ACCESSIONS OF FRUIT CHARACTERS

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize and evaluate the diversity among accessions of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) in Mossoró-RN. The experiment was carried out in randomized complete blocks, with three replications and five plants per plot. The treatments consisted of 41 accessions, a commercial cultivar and a hybrid. After ripening, the fruits were harvested and evaluated for morphoagronomic descriptors (one fruit per plant). The components of variation were determined and from the dissimilarity matrices, the accessions were grouped hierarchically by the UPGMA method for quantitative and qualitative descriptors. Considering the quantitative descriptors, the accessions formed three groups and, for the qualitative, six groups. When considering the two sets of descriptors, the accessions were distributed in three groups. The descriptors that most contributed to the formation of groups for quantitative variables were fruit weight, fruit length, diameter and chromaticity. The qualitative variables do not make a significant contribution to the formation of groups.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*. Description. Grouping.

1 INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. & Nakai) é uma das espécie entre as cucurbitáceas mais consumidas no mundo. Sua polpa contém nutrientes importantes, sendo fonte de vitaminas A, B6, C, potássio e fitoquímicos importantes, como o licopeno e a citrulina, compostos importantes promotores de saúde (YUAN et al., 2021).

Tradicionalmente, sua forma de consumo é o fruto *in natura*, mas também tem sido utilizada em forma de sucos, geleias, doces, molhos e saladas. Entretanto, em outros países tem se utilizado, além da polpa, a casca e as sementes como um novo nicho de mercado, tais como: na produção de farinha, compotas, bebidas fermentas e produtos cosméticos (SOUZA et al., 2019; TABIRI et al., 2016).

No Brasil, as cultivares de melancia utilizadas são de origem americana ou japonesa (RESENDE, 2020). Os pequenos produtores do Nordeste brasileiro que cultivam melancia utilizam suas próprias sementes, a partir da seleção dos melhores frutos na produção, realizando o armazenamento das sementes para o cultivo no ano seguinte (CARDOSO et al., 2011).

Dentre as cultivares comerciais mais utilizadas, se destaca a variedade Crimson Sweet ou cultivares desenvolvidas a partir dela, devido ao fruto apresentar características preferidas pelo consumidor. Em contrapartida, essas cultivares são susceptíveis aos principais estresses bióticos da cultura, problemática que pode ser resolvida com o desenvolvimento de novas cultivares comerciais em programas de melhoramento, utilizando a diversidade genética obtida em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), coleções de germoplasma e variedades locais. Esse fato confirma a necessidade de programas de melhoramento para ampliar a base genética atual (NASCIMENTO et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2018).

O passo inicial para definir uma estratégia de um programa de melhoramento a ser adotado, visando ao conhecimento da variabilidade genética, é a caracterização e avaliação dos genótipos. Em estudos de recursos genéticos vegetais, a caracterização é uma das etapas mais importantes, fornecendo informações que irão contribuir para a conservação de BAGs e coleções, na seleção de genótipos promissores, auxiliando na escolha do método de melhoramento a ser empregado. Assim, é necessário o uso de metodologias para as caracterizações agrônômica, molecular, citogenética e botânica, determinadas por descritores quantitativos e qualitativos (MELÃO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2020).

A caracterização morfoagronômica completa envolve caracteres morfológicos e físico-químicos, que são facilmente detectados e determinados. O uso da caracterização morfológica

avalia as diferenças entre os acessos a partir dos descritores biométricos, como folhas, flores, frutos, sementes e estão diretamente relacionados ao rendimento da planta. Por sua vez, a caracterização físico-química comumente verifica propriedades organolépticas do fruto, como: brix, acidez, pH, formato, colorimetria, dentre outros. O que há em comum é o intuito de identificar acessos que possam atender ao mercado consumidor (BERNARDES et al., 2020).

O objetivo do trabalho foi caracterizar e avaliar a diversidade entre acessos de melancia pertencentes à coleção ativa de germoplasma de Cucurbitáceas do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Horta Experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF) da UFERSA, Campus Mossoró-RN, situado a 5°11' de latitude Sul, 37° 20' de longitude Oeste e altitude 18 m, no período de dezembro de 2017 a março de 2018, de acordo com a maturação de cada acesso. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é 'BSWh', com uma estação climática seca (junho a janeiro) e uma chuvosa (fevereiro a maio) e temperatura variando de 21,3 a 34,5° C. A precipitação média anual é em torno de 674 mm (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico (SANTOS et al., 2013).

O Delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e cinco plantas por repetição. Os tratamentos avaliados foram 41 acessos de melancia (*Citrullus lanatus*) coletados no Nordeste brasileiro, pertencentes à coleção de germoplasma de Cucurbitáceas do DCAF/CCA/UFERSA, uma cultivar comercial e um híbrido, totalizando 43 tratamentos (Tabela 2). O espaçamento utilizado foi 3,00 m x 0,80 m entre fileiras e entre plantas.

Tabela 2. Dados de passaporte de acessos de melancia (*Citrullus lanatus*) caracterizados para estudo de divergência genética. Mossoró-RN, 2021.

Tratamento	Código ¹	Local de Coleta ²	Coordenadas geográficas
A-01	Acesso 01	Serra Talhada - PE	7°59' 31" S 38°17' 54" W
A-04	Acesso 04	Floresta - PE	8°35' 55" S 38° 33' 50" W
A-05	Acesso 05	Custódia - PE	8° 40' 55" S 37° 38' 58" W
A-11	Acesso 12	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-12	Acesso 13	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-14	Acesso 15	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-15	Acesso 16	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-16	Acesso 17	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-17	Acesso 18	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-18	Acesso 19	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-19	Acesso 20	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-20	Acesso 21	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-21	Acesso 22	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-22	Acesso 23	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-23	Acesso 24	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-26	Acesso 27	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-27	Acesso 28	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-28	Acesso 29	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-30	Acesso 31	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-31	Acesso 32	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-32	Acesso 33	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-33	Acesso 34	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W

A-34	Acesso 35	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-35	Acesso 36	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-36	Acesso 38	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-37	Acesso 39	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-38	Acesso 41	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-39	Acesso 42	Apodi - RN	5° 38' 58" S 37°47' 45" W
A-47	P-70	OD ³	OD ³
A-48	P-70.2	OD ³	OD ³
A-49	P-76.1	OD ³	OD ³
A-50	P-60.6	OD ³	OD ³
A-51	P-62.6	OD ³	OD ³
A-52	P-60.2	OD ³	OD ³
A-53	P-62.1	OD ³	OD ³
A-54	P-66	OD ³	OD ³
A-55	P-90	OD ³	OD ³
A-56	P-131.3	OD ³	OD ³
A-57	P-131.9	OD ³	OD ³
A-59	P-131.8	OD ³	OD ³
A-60	P-131.16	OD ³	OD ³
	Sugar	Topseed garden ⁴	-
A-62	Baby		
	Híbrido	Topseed premium ⁴	-
A-63	Explorer		

¹Código do acesso na coleção de Cucurbitáceas do CCA/DCAF/UFERSA. ²Local de origem do acesso. ³Origem desconhecida. ⁴Cultivares comerciais obtidas no comércio local.

A semeadura foi realizada em casa de vegetação, em bandejas de poliestireno com 128 células, utilizando-se substrato comercial Tropstrato HT hortaliças, irrigadas diariamente, permanecendo em casa de vegetação até o aparecimento da segunda folha definitiva expandida, quando então foram transplantadas para o campo.

Em campo, o sistema de irrigação utilizado foi gotejamento, fornecendo a lâmina de água de acordo com o estágio fenológico da cultura. Os tratos culturais foram realizados de acordo com exigências da cultura e foi feito o penteamento das ramas. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente com o uso de enxadas e aplicação do inseticida Actara (5g/20L) para controle de mosca branca.

Foram realizadas polinizações controladas para obtenção de progênies endogâmicas. Um método simples, que consiste no isolamento de flores femininas e masculinas, na fase de pré-antese, ou seja, antes da abertura floral, realizando a proteção com copos descartáveis e que possuem uma miniestaca, que são estaqueados no solo. Quando ocorria a antese, eram retiradas as flores masculinas para que os grãos de pólen fossem passados levemente sobre o estigma das flores femininas. De acordo com a recomendação de Ferreira (2005), duas flores masculinas para uma feminina, potencializando o pegamento do fruto.

Após a maturação, os frutos foram colhidos e encaminhados ao laboratório de Pós-Colheita, pertencente ao DCAF. Posteriormente, foi realizada a avaliação de um fruto por planta. Foram aplicados descritores propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009) e outros considerados importantes para a cultura. Os caracteres avaliados foram:

- Massa do fruto (PESF): obtida a partir do peso de um fruto por planta. Os frutos foram pesados em balança e o resultado foi expresso em kg fruto⁻¹.
- Número total de sementes do fruto (NSEM): obtido pela contagem manual do número de sementes de um fruto.
- Comprimento do fruto (COMP): obtido pela medida longitudinal do fruto com auxílio de uma régua graduada, expresso em cm.
- Diâmetro do fruto (DIAF): obtido pela medida transversal do fruto com auxílio de uma régua graduada, expresso em cm.
- Espessura média da casca (ESMC): foram feitas mensurações em quatro regiões distintas do fruto (região da inflorescência, região peduncular e regiões das regiões laterais), das quais se obteve a média geral, expressa em cm.
- Firmeza da polpa (FIRM): com o auxílio de penetrômetro digital, expresso em Newton.
- Potencial hidrogeniônico (pH): determinado com auxílio de pHmetro.
- Acidez titulável (ACIT): determinada pela titulação de uma alíquota de 10 g de suco da polpa com solução de NaOH (0,1 N). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, conforme o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008);
- Sólidos Solúveis (SS): determinados por refratômetro digital, expressos em °Brix.
- A coloração da polpa foi determinada em quatro pontos equidistantes (região voltada para o sol, terra, pedúnculo e inflorescência) obtendo-se em seguida a média da coloração. Utilizou-se um colorímetro manual, de triestímulo Color Reader CR-400 Konica Minolta, com parâmetros: L*, luminosidade; a*, contribuição do vermelho; e b*, contribuição do amarelo. A cromaticidade ou saturação (C*) e a tonalidade (h°) foram calculadas com base nas equações descritas por Itle et al. (2009).

- Teor de carotenoides totais (TCAT): aferido de acordo com a metodologia de Rodriguez-Amaya et al. (2004), com uma adaptação: o solvente utilizado para extração foi o éter de petróleo, e o procedimento foi realizado em duplicatas.
- Cor de fundo da casca: amarela (1); verde (2).
- Intensidade da cor de fundo da casca: muito clara (1); clara (3); médio (5); escura (7); muito escura (9).
- Listras: ausente (1); presente (2).
- Tipos de listras: difusas (1); claramente definidas (2).
- Largura das listras: muito estreitas (1); estreitas (3); médio (5); largas (7); muito largas (9).
- Formato do fruto: circular (1); elíptica larga (2); elíptica (3); elíptica alongada (4).

A análise estatística foi realizada conforme o modelo estatístico 2 do *software* SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007). O referido modelo corresponde a $y = Xr + Zg + Wp + e$, em que y é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixo) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela, e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os inferidos efeitos.

Os componentes de variância são representados por: Vg : variância genotípica; Ve : variância ambiental (residual); Vf : variância fenotípica; $h2g$: herdabilidade no sentido amplo ao nível de parcela, ou seja, dos efeitos dos genótipos; $h2mg$: herdabilidade da média de linhagem ou híbrido, $Acclon$: acurácia da seleção de linhagem ou híbrido; Média geral do experimento.

No estudo de divergência genética, estimou-se a dissimilaridade para os dados quantitativos, qualitativos e ambos. Para os dados quantitativos, estimou-se a distância de Mahalanobis (1936) a partir das matrizes de médias genotípicas e de correlações genotípicas.

Para os dados qualitativos, utilizou-se o índice $dii' = \sqrt{\frac{1}{v} \sum_{j=1}^v \sum_{k=1}^{n_j} \frac{\delta^2 kj}{n_j}}$ para estimar a dissimilaridade. Para a análise simultânea dos dados quantitativos e qualitativos, utilizou-se a distância de Gower (1971).

O método de agrupamento hierárquico utilizado foi a partir da matriz de distância genética obtido pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic*), utilizado como uma medida de dissimilaridade. A correlação cofenética foi calculada para

determinar a qualidade do agrupamento (SOKAL; ROHLF, 1962). Para identificar a importância dos caracteres para a divergência genética, foi avaliada a contribuição relativa de cada característica, estimados pelo método proposto por Singh (1981). As análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o aplicativo genético-estatístico Genes (CRUZ et al., 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos acessos foi significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Qui-quadrado para os caracteres massa do fruto (MASF), comprimento do fruto (COMP), diâmetro do fruto (DIAF) e cromaticidade (C*). Em outras palavras, os acessos apresentaram comportamento diferenciado para esses caracteres, possibilitando realizar seleções. Para os demais caracteres quantitativos, não houve diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância para os caracteres quantitativos de massa de fruto (MASF), Número total de sementes do fruto (NSEM), comprimento do fruto (COMP), diâmetro do fruto (DIAF), espessura média da casca (ESMC), firmeza da polpa (FIRM), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (ACIT), sólidos solúveis (SS), luminosidade (L*) cromaticidade ou saturação (C*), tonalidade (h°) e teor de carotenoides totais (TCAT), em acessos de *Citrullus lanatus**. Mossoró, 2021.

EFEITO	Deviance												
	MASF	NSEM	COMP	DIAF	ESMC	FIRM	PH	ACIT	SS	L*	C*	h°	CART
Modelo Completo	581,27	3975,47	1782,13	1123,29	159,06	916,20	-23,82	242,59	1610,81	1076,83	558,34	335,97	1768,95
Genótipo	585,95	3975,91	1812,12	1130,90	159,10	916,68	-23,80	242,61	1610,84	1076,88	570,02	336,00	1768,97
LRT	4,68*	0,44 ^{ns}	29,99*	7,61*	0,04 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	11,86*	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Vg	0,28	1375,61	27,88	1,30	0,00	0,19	0,00	0,01	0,37	1,36	1,69	0,02	9,91
Ve	1,39	26215,36	42,12	7,92	0,55	4,21	0,28	0,61	28,59	62,28	4,38	1,63	2446,73
Vf	2,08	36676,78	77,55	9,46	0,56	5,12	0,34	0,73	39,94	83,30	6,64	1,92	2508,02
h ² g	13,00	4,00	36,00	14,00	0,00	4,00	1,00	1,00	1,00	2,00	25,00	1,00	0,00
h ² mg	55,00	22,00	84,00	68,00	5,00	27,00	6,00	6,00	6,00	11,00	78,00	10,00	5,00
Acgen	0,74	0,47	0,92	0,82	0,23	0,52	0,25	0,24	0,25	0,34	0,88	0,31	0,23
CVg%	21,27	10,50	21,24	8,40	4,42	8,89	0,99	24,17	8,06	1,65	12,18	12,17	14,88
CVe%	33,43	33,88	16,09	9,99	32,61	25,57	6,59	166,00	54,28	8,01	11,28	63,76	109,97
CVr	0,64	0,31	1,32	0,84	0,14	0,35	0,15	0,15	0,15	0,21	1,08	0,19	0,14
Média	2,49	353,36	24,85	13,55	1,05	4,89	5,13	0,29	7,53	70,71	10,66	1,21	21,15

*Acessos de *C. lanatus* pertencentes à coleção de germoplasma de Cucurbitáceas do DCAF/CCA/UFERSA e um híbrido e uma cultivar comercial obtido no mercado local de Mossoró-RN.

LRT: teste da razão de verossimilhança. Vg: variância genotípica. Ve: variância residual. Vf: variância fenotípica individual. h²g (%): herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais. h²mg (%): herdabilidade da média de genótipo assumindo sobrevivência completa. Acgen: acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa. CVg%: coeficiente de variação genotípica. CVe%: coeficiente de variação residual. CVr: coeficiente de variação relativo. Média: Média geral do experimento.

A herdabilidade média (h^2_{mg}), para as variáveis MASF, COMP, DIAF e *C apresentou valores de alta magnitude, que foram 55%, 84%, 68% e 78%, respectivamente. Esses valores mostram o potencial em se realizar a seleção a partir das médias dos acessos, possibilitando ganho com a seleção. A magnitude da herdabilidade pode variar por inúmeros fatores, dentre eles: precisão experimental, tamanho amostral, nível de endogamia, diversidade da população, característica intrínseca da espécie estudada e controle ambiental e genético da espécie estudada (PIRES et al., 2011). É importante salientar que o presente trabalho está estudando a divergência genética de acessos de melancia de diferentes localidades, então é notável a variação da herdabilidade quanto aos caracteres estudados, tendo sido a variação foi de 5% (ESMC e CART) a 84% (COMP).

A acurácia dos valores genéticos (Ac_{gen}) preditos variou de 0,74 (PESF) a 0,92 (COMP), sendo esses valores considerados altos de acordo com Resende et al. (2007). Este resultado evidencia alta confiabilidade dos valores genotípicos preditos, visto que quanto maior o valor da acurácia menor será os desvios absolutos. Conseqüentemente, há maior qualidade experimental (CASTRO et al., 2018).

O coeficiente de variação relativa (CV_r) é determinado pela razão $CV_g\%/CV_e\%$, que, para a maioria dos caracteres, apresentou valores abaixo de 1,0, exceto para as variáveis COMP (1,32) e *C (1,08). Conseqüentemente, para os caracteres COMP e *C ocorreu superação da variação genética em relação à variação ambiental (VENCOVSKY, 1987).

Para o caractere massa de fruto, houve variação de $1,99 \text{ kg.fruto}^{-1}$ (A-30) a $3,39 \text{ kg.fruto}^{-1}$ (A-36), coincidindo com a preferência do consumidor por frutos menores, devido à sua facilidade de transporte e armazenamento e por atender ao mercado externo, visto que antes as variedades comumente preferidas apresentavam cerca de 14 kg, sendo atualmente comercializados fatiados ou para redes de hotéis e restaurantes (SAFTNER, et al., 2017).

O consumidor atual é bem diferente do consumidor do passado, sendo mais exigente por ter acesso a informações sobre o produto e suas finalidades. No Brasil, a preferência do mercado consumidor são frutos menores, com formato ovais e arredondados, coloração da polpa vermelha, alto teor de sólidos solúveis e ausência de sementes (DIAS; SANTOS, 2019). Contudo, tem surgido um novo nicho de mercado, que seria uma alternativa para a utilização de sementes de melancia como alimento, sendo utilizadas para preparar salgados, moídos em farinha, óleo das sementes que além da culinária também são utilizados em produtos cosméticos (TABIRI et al., 2016).

O número de sementes variou de 330,75 (A-01) a 404,67(A-26) em média em um fruto. Comumente, a semente é descartada no seu consumo ou até mesmo tem-se a

preferência por melancia sem semente. Braide et al. (2012), avaliando sementes de melancia, verificaram maior quantidade de compostos bioativos comparados com a polpa, em um estudo feito com diferentes cultivares de melancia avaliando o teor de compostos bioativos (citrulina, licopeno, carotenoides).

A espessura média da casca variou em 1,04 cm (A-57, A-21, A-54, A-56, A-48, A-34, A-11, A-26, A-60, A-27, A-14, A-26, A-51) a 1,08 cm (A-14), não corroborando com Silva et al. (2017), que obtivera valores de 1,46 a 2,62 cm. Esse resultado de Silva et al. (2017) pode ser justificado por se tratar de cultivares comerciais, as quais já foram melhoradas e apresentam maior espessura, tendo em vista que o sistema de produção da melancia é predominantemente feito a granel, exigindo espessura de casca que suporte o manuseio dos frutos e para os frutos de melancia estudados seria requerido um maior cuidado de acondicionamento.

As variáveis comprimento e diâmetro do fruto variaram de 17,51 cm (A-59) a 32,86 cm (A-22) e 12,03 cm (A-31) a 16,30 cm (A-63), respectivamente. Silva (2004), estudando esses caracteres em 43 acessos do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semiárido, observou variação para o comprimento de 14,35 a 28,90 e do diâmetro de 12,15 a 22,73. O formato do fruto é determinado pela razão comprimento/diâmetro. Houve frutos de diferentes formatos: oval (0,5-0,79) correspondeu a 28 acessos, ao passo que o esférico (0,80-0,94) teve apenas um acesso e longo (abaixo de 0,50) teve 14 acessos. O formato do fruto é uma característica importante, pois os frutos ovais e esféricos apresentam maior porção de polpa comestível. Por outro lado, o formato esférico poderá apresentar vantagens para acomodação em caixas, principalmente no caso de frutos pequenos (OLIVEIRA et al., 2019). De acordo com Mohr (1986), o formato alongado apresenta dominância incompleta sobre o formato esférico.

A firmeza da polpa variou de 4,50 N (A-60) a 5,19 N (A-34), sendo este um atributo de qualidade importante na medida em que os frutos com maior firmeza são mais resistentes às injúrias mecânicas durante o transporte e comercialização e são alterados de acordo com a temperatura de armazenamento (RISSE et al., 1990). Em estudos realizados com melancia no Agropolo Mossoró-Assu, Araújo Neto et al. (2000) e Almeida et al. (2010) detectaram, respectivamente, valores mínimos de 12,6 N e 15,0 N para firmeza da polpa no momento da colheita em variedades comerciais. Martins et al. (2013) observaram em cultivares de melancia que a firmeza da polpa variou 10,63 a 13,44 N, se tratando também de cultivares comerciais.

O teor de acidez titulável em 41 genótipos foi de 0,29% de ácido cítrico, apenas os acessos A-14 e A-22 diferiram, com valores 0,33% e 0,37% de ácido cítrico, respectivamente.

Por sua vez, o teor de sólidos solúveis variou de 7,4 (A-30 e A-33) a 8,26 (A-21) °Brix. Esses dois caracteres são de suma importância, pois são indicativos de ponto de colheita em vários frutos e hortaliças, principalmente sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Na literatura, Leão et al. (2006), estudando diferentes cultivares de melancia, encontraram brix de 6,48 a 9,4 °Brix. Por sua vez, Moda et al. (2018) estabelecem que a preferência do consumidor são frutos com valores mais elevados de Brix (12°).

O pH variou de 5,08 (A-21) a 5,15 (A-63), correspondendo a um pH ácido. Carmo et al. (2015), estudando o pH de cultivares de melancia, observaram variação de 5,01 a 5,30. Lima Neto et al. (2010) observaram variação de pH entre diferentes genótipos de melancia variando 5,18 a 5,49.

A Luminosidade (L^*) variou de 69,33 (A-22) a 71,21 (A-32). A luminosidade varia de 0 (preto) a 100 (branco). A cromaticidade (C^*) está diretamente ligada à concentração do elemento que representa um atributo quantitativo para a intensidade, variando no presente trabalho de 8,02 (A-21) a 14,72 (A-63). O ângulo Hue (h°) é considerado atributo qualitativo de cor, de modo que o ângulo de 0° representa a cor vermelha. Tonalidade variou de 1,19 (A-63, A-55, A-17, A-47 e A-11) a 1,36 (A-22). Consequentemente, observando a junção desses três caracteres, a maioria dos acessos apresenta frutos com polpas claras de branca a levemente vermelhas. Os carotenoides totais variaram de 20,77 (A-51) a 23,49mg/g (A-15). Fonseca et al. (2010), estudando carotenoides totais em duas cultivares de melancia, observaram que em cultivar de polpa vermelha ('Crimson Sweet') a média de carotenoides foi de 44,5mg/g, ao passo que para cultivares de polpa branca (CNPB 133) foi em média de 5,2 mg/g. Observa-se, portanto, que a L^* , C^* e h° emergem como estimativa indireta para seleção de carotenoides.

Desse modo, houve conhecimento do germoplasma decorrente dessa caracterização que será útil à posterior obtenção de possíveis cultivares. Alguns acessos utilizados no presente trabalho foram estudados com relação à resistência a três vírus: *Watermelon mosaic virus* (WMV), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e *Papaya ringspot virus type Watermelon* (PRSV-W). O acesso 5 apresentou resistência ao WMV e os acessos 14 e 17 ao ZYMV. Por sua vez, o acesso 16 apresentou dupla resistência ao PRSV-W e WMV (SILVA et al., 2019).

Na análise de agrupamento com o método hierárquico UPGMA (Figura 1), para as relações genéticas entre os acessos considerando os caracteres quantitativos, houve a formação de três grupos. O grupo I foi formado por grande número de acessos, um total de 32 acessos dos 43 analisados, sendo eles: A-01, A-04, A-36, A-38, A-05, A-49, A-52, A-14,

A-19, A-35, A-15, A-16, A-21, A-18, A-63, A-12, A-20, A-51, A-17, A-56, A-11, A-55, A-28, A-50, A-57, A-60, A-31, A-59, A-47, A-62, A-48 e A-22. (Figura 1). O grupo II foi o menos expressivo, formado por 3 acessos: A-23, A-37 e A-39. O grupo III foi formado por 8 acessos: A-27, A-32, A-34, A-33, A-54, A-53, A-30, A-26.

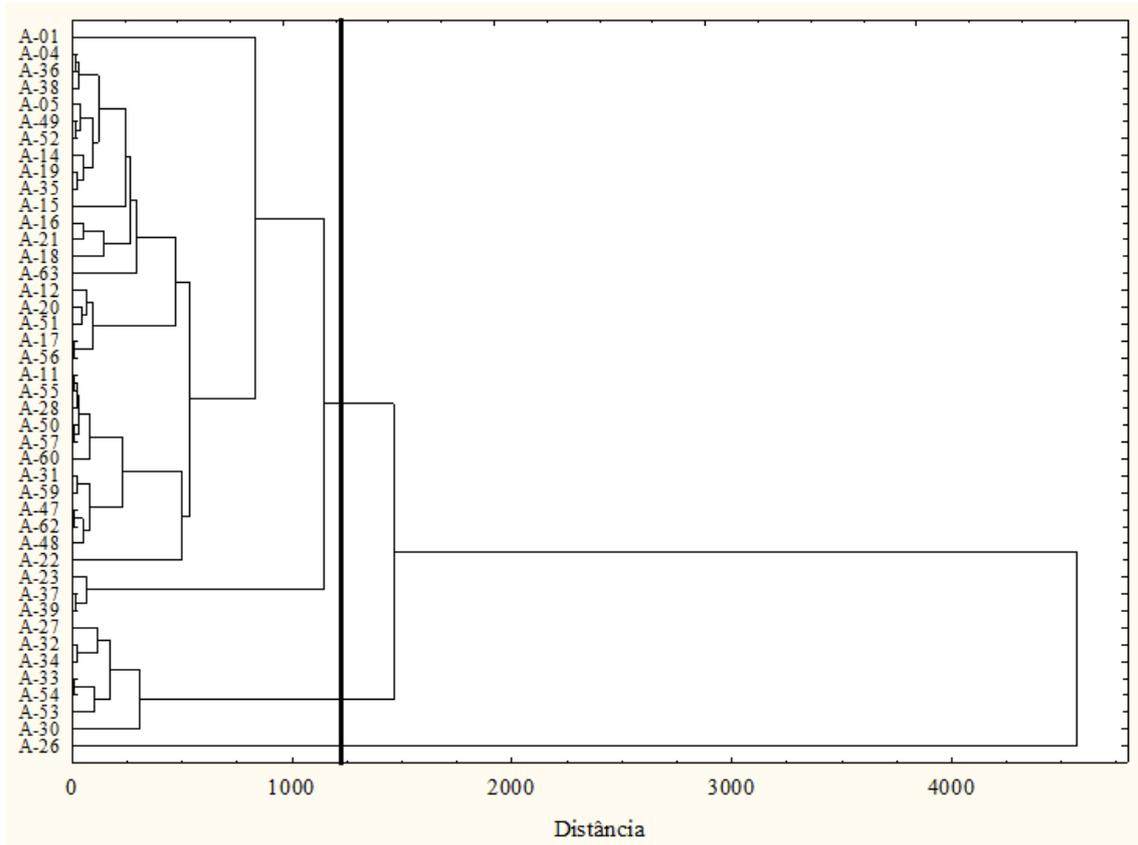


Figura 1. Dendrograma de divergência genética de 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base em treze caracteres quantitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,82.

A correlação cofenética foi de 0,82, demonstrando a representatividade das reais distâncias entre os genótipos através da representação gráfica do dendrograma (ROHLF; FISHER, 1968).

Na análise de agrupamento associado às variáveis qualitativas (Figura 2), observou-se a formação de seis grupos divergentes. O grupo I teve o maior número de acessos, com 24: A-01, A-12, A-31, A-21, A-36, A-49, A-28, A-37, A-05, A-17, A-19, A-35, A-27, A-30, A-32, A-11, A-52, A-60, A-26, A-48, A-33, A-54, A-56 e A-57. O grupo II foi formado por dois acessos: A-34 e A-63. O grupo III foi formado por apenas um acesso A-16. O grupo IV foi formado por três acessos: A-04, A-51 e A-55. O grupo V foi formado por 11 acessos: A-14,

A-20, A-23, A-62, A-18, A-39, A-38, A-47, A-59, A-50 e A-53. O grupo VI é formado por dois acessos: A-15 e A-22.

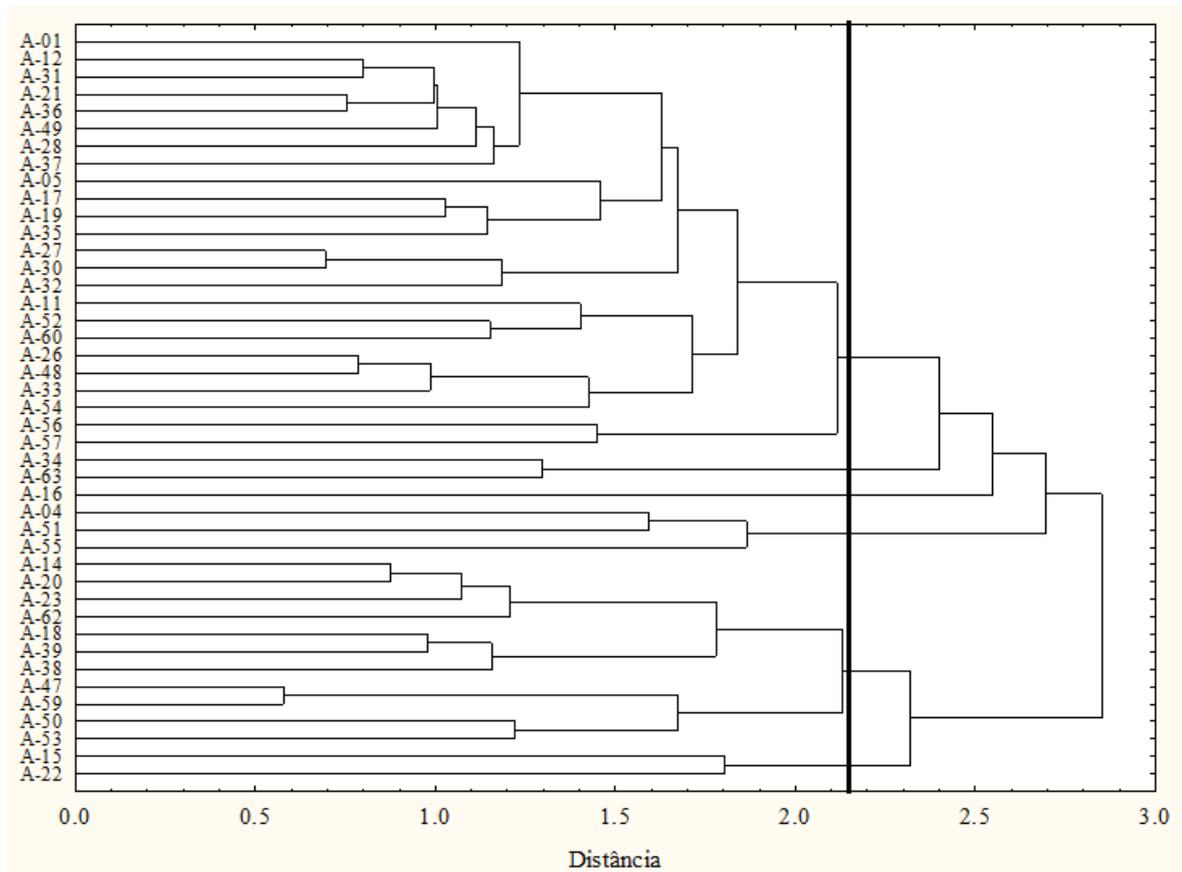


Figura 2. Dendrograma de divergência genética entre 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base em seis caracteres qualitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,68.

A figura 3 consiste da junção das matrizes de dissimilaridade dos caracteres quantitativos e qualitativos, sendo o ponto de corte em 2,10 de distância de acordo com Mojema (1977), definindo três grupos. O grupo I teve o maior número de acessos, com 35 acessos, correspondendo a 81,40%. O grupo II foi formado por sete acessos, e o grupo III foi formado por apenas um acesso.

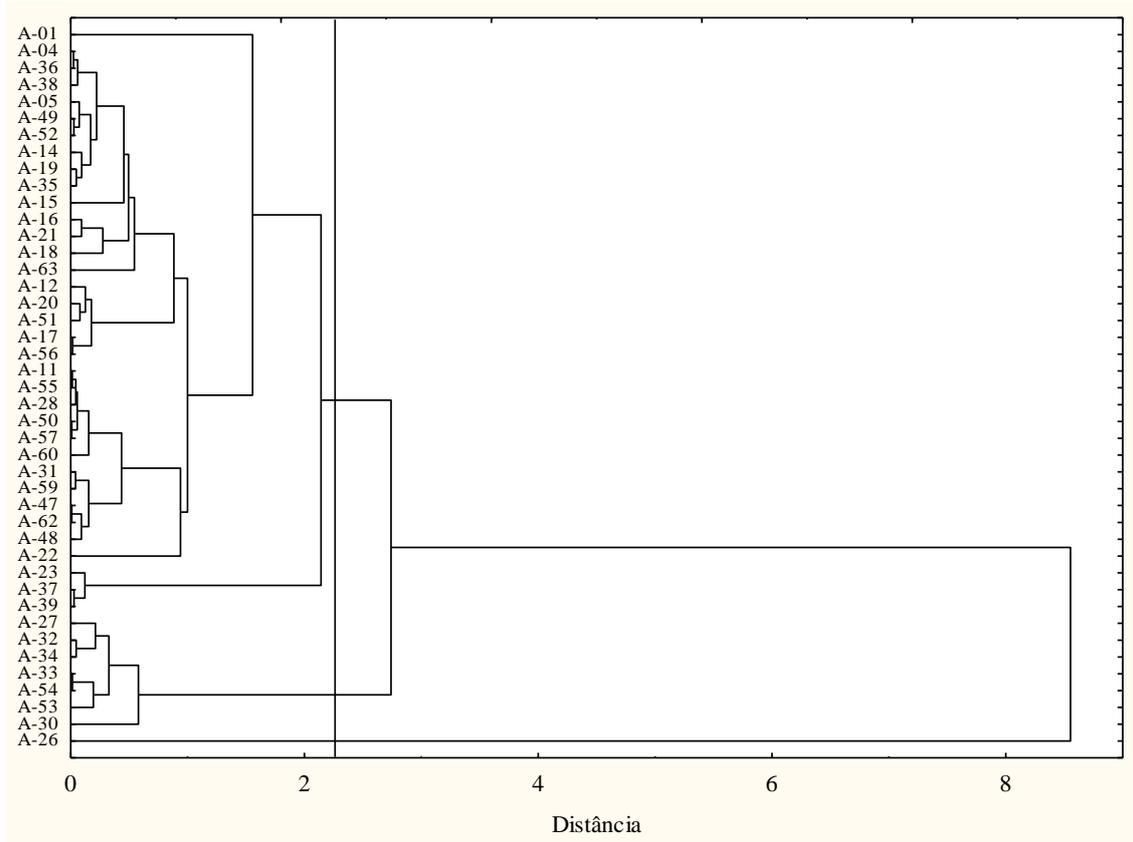


Figura 3. Dendrograma de divergência genética entre 41 acessos de *C. lanatus* e um híbrido e uma cultivar comercial, com base nos caracteres quantitativos e qualitativos. Mossoró, 2021. Correlação cofenética: 0,82.

O dendrograma com base nos caracteres quantitativos e qualitativos foi semelhante ao dendrograma de divergência genética dos caracteres quantitativos, demonstrando concordância na formação de grupos, além de mostrara que os caracteres qualitativos não foram relevantes para a divergência genética.

4 CONCLUSÕES

- Há variabilidade genética entre os acessos de melancia;
- Os acessos de melancia se agruparam de acordo com seus caracteres morfoagronômicos: as variáveis que mais contribuíram para a formação de grupos foram peso do fruto, comprimento do fruto, diâmetro e cromaticidade;
- As variáveis qualitativas não apresentaram contribuição significativa para a formação dos grupos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L. B.; SILVA, G. G.; ROCHA, R. H. C.; MORAIS, P. L. D.; SARMENTO, J. D. A. Caracterização físico-química de melancia ‘quetzali’ durante o desenvolvimento. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 28-31, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 2, p. 235-239, 2013.
- ARAÚJO NETO, S. E.; HAFLE, O. M.; GURGEL, F. L.; MENEZES J. B.; SILVA G. G. Qualidade e vida útil pós-colheita de melancia crimson Sweet, comercializada em Mossoró. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 235-239, 2000.
- BERNARDES, P. M.; NICOLI, C. F.; ALEXANDRE, R. S.; GUILHEN, J. H.; PRAÇA-FONTES, M. M.; FERREIRA, A.; FERREIRA, M. F. S. Vegetative and reproductive performance of species of the genus *Passiflora*. **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. 1, p. 109-193, 2020.
- BRAIDE W.; ODIONG, I. J.; ORANUSI S. Phytochemical and Antibacterial properties of the seed of watermelon (*Citrullus lanatus*). **Prime Journal of Microbiology Research**, v. 2, n. 3, p. 99-104, 2012.
- BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.
- BRASIL. **DOU Diário Oficial da União**. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai). 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protacao-de-cultivar/arquivos_olericolas/melancia_formulario_dou30jun2009p-1.doc. Acesso em: 15 out. 2018.
- CARDOSO, A. I. I.; JOVCHELEVICH, P.; MOREIRA, V. NOTA: Produção de sementes e melhoramento de hortaliças para a agricultura familiar em manejo orgânico. **Revista NERA**, v. 14, n. 19, p. 162-169, 2011.
- CARMO, I. L. G. S.; SILVA, E. S.; MONTEIRO NETO, J. L. L.; TRASSATO, L. B.; MEDEIROS R. D.; PORTO, D. S. Agronomic performance of watermelon cultivars in the Cerrado region of Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 3, p. 268-274, 2015.
- CASTRO, C. A. O.; NUNES, A. C. P.; SANTOS, O. P.; RESENDE, R. T.; SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; CRUZ, C. D. Comportamento da interação genótipos por locais aos três e nove anos em clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 120, p. 594-605, 2018.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2012.
- DIAS, R. C. S.; SANTOS, J. S. Panorama nacional da produção de melancia. **Revista Campo & Negócios HF**, v. 14, n. 163, p. 44-48, 2019.

- FERREIRA, M. A. J. F. **Técnicas de produção de sementes de melancia, via polinizações manuais controladas, em campo e casa de vegetação**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005.
- FONSECA, M. E. N.; SILVA, E. D.; BOITEUX, L. S. Teores e tipos de carotenóides em acessos de melancia com frutos de polpa vermelha e polpa branca. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 941-945, 2010.
- GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v. 27, n. 4, p. 857-874, 1971.
- ITLE, R. A.; KABELKA, E.A. Correlation Between L*a*b* Color Space Values and Carotenoid Content in Pumpkins and Squash (*Cucurbita* spp.). **Hortscience**, v. 44, n. 3, p. 633-637, 2009.
- LEÃO, D. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V. Teor de licopeno e de sólidos solúveis totais em oito cultivares de melancia. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 7-15, 2006.
- LIMA NETO, I. S.; GUIMARÃES, I. P.; BATISTA, P. F.; AROUCHA, E. M. M.; QUEIROZ, M. A. Qualidade de frutos de diferentes variedades de melancia provenientes de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 14-20, 2010.
- MAHALANOBIS, P. C. On the Generalized Distance in Statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, v. 2, n. 1, p. 49-55, 1936.
- MARTINS, J. C. P.; AROUCHA, E. M. M.; MEDEIROS, J. F. M.; NASCIMENTO, I. B.; PAULA, V. F. S. Características pós-colheita dos frutos de cultivares de melancia, submetidas à aplicação de bioestimulante. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 18-24, 2013.
- MELÃO, A. V.; PEREIRA, M. G., KRAUSE, W.; GONÇALVES, L. S. A.; MOREIRA, W. G. Caracterização agrônômica e divergência genética entre acessos de abacaxizeiro nas condições do estado de mato grosso. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 952-960, 2015.
- MODA, M. N. O. S. L. R.; PALMIERI, F. G. Melancia: Anuário 2018-2019. **Hortifruti Brasil**, v. 1, n. 195, p. 35-36, 2018.
- MOHR, H. C. Watermelon Breeding. In: BASSET, M. L. (org.). **Breeding vegetables crops**. Westport a vi, 1986. p. 33-66.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- NASCIMENTO, T. L.; SOUZA, F. F.; DIAS, R. C. S.; SILVA, E. F. Agronomic characterization and heterosis in watermelon genotypes. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 48, n. 2, p. 170-177, 2018.
- NASCIMENTO, T. L.; SOUZA, F. F.; DIAS, R. C. S.; SILVA, E. F. Watermelon general and specific combining ability. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 132-140, 2019.
- PIRES, I. E.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, R. L.; JÚNIOR, M. F. R. R. **Genética florestal**. Viçosa: Arka, 2011.

OLIVEIRA, M. M. T.; ALVES R. E.; SILVA, L. R.; ARAGÃO, F. A. S. Qualidade de frutos de híbridos de melancia com sementes. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v. 118, n. 1, p. 77-83, 2019.

RESENDE, G. M. **Recomendação de cultivares de melancia para o Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2020.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REM/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, C. C. A.; SILVEIRA, L. M.; NUNES, G. H. S.; RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A.; SOUZA, M. F.; LINS, H. A.; BARROS JÚNIOR, A. P. Indirect selection for content of carotenoid in pumpkin accessions. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 52, n. 2, p. 12-21, 2020.

RISSE, L. A.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; LOCASCIO, S. J.; CRALL, J. M.; ELMSTROM, G. W.; MAYANRD, D. N. Storage characteristic of small watermelon cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 3, p. 440-443, 1990.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2004.

ROHLF, F. J.; FISHER D. L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zoology**, v.17, n. 4, p. 407-412, 1968.

SAFTNER, R.; LUO, Y.; MCEVOY, J.; ABBOTT, J. A.; VINYARD, B. Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene-and/or ethylene-treated whole fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 1, p. 71-79, 2017.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013.

SILVA, E. S.; CARMO, I. L. G. S.; MONTEIRO NETO, J. L. L.; MEDEIROS, R. D.; MENEZES, P. H. S.; RODRIGUES, C. A. Agronomic characteristics of watermelon cultivars in conditions of Roraima cerrado, Brazil. **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 3, p. 193-201, 2017.

SILVA, G. T. M. A.; LIMA, J. A. A.; BARBOSA, G. S.; SOUZA, E. G. F.; OLIVEIRA, G. B. S.; QUEIROZ, M. A.; SILVEIRA, L. M.; NASCIMENTO, A. K. Q., BARROS JÚNIOR, A. P. Selection of watermelon accessions for resistance to some important potyvirus species based on serological evaluation. **Australian journal of crop science**, v. 09, n. 13, p. 1409-1408, 2019.

SILVA, M. L. **Caracterização morfológica e molecular de acessos de melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai]**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2004.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1981.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, n. 2, p. 33-40, 1962.

SOUZA, A. V. C.; OLIVEIRA, B. S.; HEY G. B. S.; WITT, S. H.; BALBI, M. E.; CAMPOS, F. R. Chemical and bromatological analyzes of seeds and fixed oil of watermelon (*Citrullus lanatus*, cucurbitaceae). **Visão Acadêmica**, v. 20, n. 1, p. 18-28, 2019.

TABIRI, B.; AGBENORHEVI J. K.; WIKERO-MANU, F. D.; OMPOUMA, E. I. Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition, Phytochemicals and Antioxidant Activity. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 5, n. 2, p. 139-144, 2016.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (org.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas - SP: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

YUAN, P.; UMER, M. J.; ZHAO, S.; LU, X.; ZHU, H.; GONG, C.; DIAO, W.; GEBREMESKEL, H.; KUANG, H.; LIU, W. Transcriptome regulation of carotenoids in five flesh- colored watermelons (*Citrullus lanatus*), **BMC Plant Biol**, v. 21, n. 203, p. 1-18, 2021.

CAPÍTULO II - ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MELANCIA EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram estudar a interação de genótipos por ambientes e identificar genótipos de melancia com maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Dezesesseis genótipos de melancia foram avaliados em quatro municípios do Estado do Rio Grande do Norte, em três anos, em um total de doze ambientes. Os experimentos foram realizados em blocos casualizados completos com três repetições. Cada parcela foi composta por três fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas por 3,0 m. O espaçamento entre plantas foi de 0,4 m, com uma planta por cova. A característica avaliada foi a produtividade. Foi utilizado o método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genotípicos (MHPRVG) (RESENDE, 2007). A interação de genótipos por ambientes é predominantemente do tipo complexo ou cruzado. Os híbridos WM-11 e WM-14 são os mais promissores com altas produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, Seleção, Interação genótipos por ambientes, Modelos mistos.

CHAPTER II - ADAPTABILITY AND STABILITY OF WATERMELON HYBRIDS IN SEMI-ARID CONDITIONS

ABSTRACT

The objectives of the present work were to study the genotype interaction by environments and to identify watermelon genotypes with greater adaptability and phenotypic stability. Sixteen watermelon genotypes were evaluated in four municipalities in the State of Rio Grande do Norte, in three years, in a total of twelve environments. The experiments were carried out in complete randomized blocks with three replications. Each plot consisted of three rows of 5.0 m in length, spaced by 3.0 m. The spacing between plants was 0.4 m, with one plant per hill. The evaluated trait was the yield. The harmonic mean method of the relative performance of genotypic values (MHPRVG) was used (RESENDE, 2007). The interaction of genotypes by environments is predominantly of the complex or cross type. Hybrids WM-11 and WM-14 are the most promising with high yield, adaptability and stability.

Keywords: *Citrullus lanatus*, Selection, Genotype by environment interaction. Mixed models.

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste é uma das principais regiões produtoras de melancia [*Citrullus lanatus* (thumb.) Matsum e Nakai] do Brasil. No Rio Grande do Norte, a área de plantio, a produtividade e a exportação de melancia para o mercado externo, especialmente a comunidade europeia, têm sido ampliadas nos últimos anos (IBGE, 2021). O sucesso da cultura está associado às condições ambientais favoráveis e à alta tecnologia adotada pelo setor produtivo, como alta aplicação de insumos, técnicas modernas de irrigação e sementes melhoradas.

A cultivar americana ‘Crimson Sweet’ ainda é a mais plantada pelos pequenos e médios produtores (CARLOS et al., 2002). Todavia, existe a tendência de substituição do referido genótipo por híbridos modernos potencialmente mais produtivos, resistentes aos principais patógenos e sobretudo mais aceitos pelo consumidor europeu. Por outro lado, para se ter segurança na recomendação de novos genótipos, é imprescindível que os candidatos a cultivares ou aqueles cultivares introduzidos de outros países sejam avaliados nas diversas condições que compõem a região alvo, principalmente em locais representativos da região e em alguns anos, para que se tenha segurança na recomendação (OLIVEIRA et al., 2019).

Quando vários genótipos são avaliados em condições ambientais, é muito comum que seu comportamento não seja o consistente, ocasionando alteração do ordenamento relativo dos genótipos nos diferentes ambientes, dificultando, conseqüentemente, a identificação de cultivares superiores (NUNES et al., 2006). Esse fenômeno é denominado interação genótipos por ambientes (G x A), exercendo papel relevante na manifestação fenotípica, sendo, portanto, necessários o estudo e a quantificação de sua magnitude, uma vez que essas informações são úteis na tomada de decisão pelo melhorista. A interação G x A tem sido verificada em melancia quando avaliada em condições de semiárido (SILVA et al., 2008) e no Centro-Oeste (TAVARES et al., 2017).

A medida mais empregada para atenuar o efeito da interação G x A é o uso de genótipos com elevadas adaptabilidade e estabilidade. Para identificar genótipos com as referidas características, foram concebidos vários métodos. Dentre os métodos, considerando o efeito de genótipos como fixo, se destacam aqueles baseados na análise de variância, regressão linear (FINLAY; WILKINSON, 1963; EBERHART; RUSSELL, 1966), regressão não linear (TOLER; BURROWS, 1998), métodos multivariados como os modelos AMMI e GGE Biplot (GAUCH, 2006). Os métodos variam em função dos conceitos de estabilidade e

técnicas matemáticas. Aconselha-se o uso de diferentes métodos para auxiliar na identificação de genótipos promissores.

Todavia, têm sido ampliadas aplicações considerando o efeito de genótipos como aleatório nos denominados modelos mistos. O método da média harmônica da *performance* relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), idealizado por Resende (2007), tem sido o mais utilizado em diversas culturas como pupunha (NETO; RESENDE, 2011), soja (PINHEIRO et al., 2013); caupi (TORRES et al., 2015), melão (OLIVEIRA et al., 2019), dentre outras. No entanto, para a melancia, não há relatos que abordem modelos mistos na avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

O presente trabalho tem os objetivos de estudar a interação de genótipos por ambientes e identificar genótipos de melancia com maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 GENÓTIPOS

Foram avaliados os seguintes híbridos simples de melancia: WM-01, WM-02, WM-03, WM-04, WM-05, WM-06, WM-07, WM-08, WM-09, WM-10, WM-11, WM-12, WM-13, WM-14 e WM-15. Como testemunha, foi utilizada a cultivar ‘Crimson Sweet’ (CSW).

2.2 AMBIENTES

Os híbridos foram avaliados em quatro municípios representativos do Agropolo Mossoró-Assú no Rio Grande do Norte: Mossoró, Baraúna, Assú e Ipanguaçu. As avaliações nos quatro municípios foram realizadas em três anos consecutivos (2017, 2018, 2019). Em todos os anos, os experimentos foram conduzidos nos meses de setembro a novembro.

2.3 EXPERIMENTOS

Em todos os ambientes, a cultura foi irrigada por gotejamento, com fertirrigação, no espaçamento de 3,0 m entre linhas e 0,4 m entre gotejadores. Os fertilizantes foram aplicados de acordo com as recomendações baseadas na análise do solo de cada local. As demais práticas culturais foram realizadas conforme a recomendação de manejo para a cultura no Estado (SILVA et al., 2008). Os experimentos foram realizados em blocos completos casualizados com três repetições. A parcela foi constituída por três linhas de 4,8 m com uma planta por cova. A área útil foi composta pela fileira central, sendo eliminada a primeira planta das extremidades.

2.4 CARÁTER AVALIADO

Os frutos de cada planta da parcela experimental foram colhidos na maturidade fisiológica. A produtividade de frutos comercial foi obtida somando-se toda a produção obtida da parcela útil, sendo o resultado convertido em $t\ ha^{-1}$.

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

2.5.1 Estimação de componentes de variância e predição de valores genotípicos

A análise estatística conjunta de genótipos avaliados em vários anos e locais, em delineamento em blocos ao acaso com uma observação por parcela, seguiu o seguinte modelo:

$$y = Xf + Zg + Qa + Ti + Wt + e$$

Em que y é vetor de dados observados; f é o vetor dos efeitos fixos das combinações repetição-local-ano (assumidos como fixos) somados à média geral (μ), g é o vetor dos efeitos aleatórios genotípicos [\sim NID(0, σ_g^2)], a é o vetor dos efeitos aleatórios da interação genótipos com anos [\sim NID(0, σ_{ga}^2)]; i é vetor dos efeitos aleatórios da interação genótipos x locais [\sim NID(0, σ_{gl}^2)]; t é o vetor dos efeitos aleatórios da interação tripla genótipos x locais x anos [\sim NID(0, σ_{glt}^2)]; e e é o vetor de erros ou resíduos assumidos como aleatórios [\sim NID(0, σ_e^2)]. O vetor f contempla os efeitos de repetições dentro de locais dentro de anos, de locais, de anos e interação locais x anos.

Os componentes de variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrito (REML). Foi realizado o teste da razão de máxima verossimilhança restrita (LRT) para testar os componentes de variância do modelo. A função utilizada para o referido teste foi $D = 2[\log(L_{R2}) - \log(L_{R1})]$, em que D: Deviance; $\log(L_{R2})$: logaritmo do modelo com o componente de variância testado e $\log(L_{R1})$: logaritmo do modelo sem o componente de variância testado. O teste LRT segue a distribuição de Qui-quadrado (χ^2) com 1 grau de liberdade. A análise foi realizada conforme o modelo 114 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2016).

2.6 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

2.6.1 Método da média harmônica da *performance* relativa dos valores genotípicos

Foram estimadas a média harmônica dos valores genéticos (MHVG), a *performance* relativa dos valores genéticos (PRVG) e a média harmônica da *performance* relativa dos valores genéticos (MHPRVG) a partir dos valores genotípicos estimados pelo método REML/BLUP a partir da metodologia proposta por Resende (2007). Todas as análises de

adaptabilidade e estabilidade foram realizadas pelo pacote Metan (OLIVOTO et al., 2019) do software R (R CORE TEAM, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que diz respeito aos efeitos fixos, observou-se efeito significativo para ano, local e para a interação entre estes dois fatores ($p < 0,01$) (Tabela 4), fato que evidencia as diferenças nas condições de cultivos entre os anos de cultivo e entre os quatro locais, bem como na combinação entre ambos os fatores.

Tabela 4. Resumo da análise de variância, estimativas das partes simples e complexa da interação, coeficiente de variação e acurácia seletiva da produtividade de híbridos de melancia avaliados em quatro municípios do Agropolo Mossoró-Assu em três”. Mossoró-RN, 2021.

Efeito	Caráter	
	Produtividade (t ha ⁻¹)	
Aleatório	Estimativa (χ^2)	
	$\hat{\sigma}_g^2$	0,945 ^{**} (50,29)
	$\hat{\sigma}_{ga}^2$	0,198 [*] (10,54)
	$\hat{\sigma}_{gl}^2$	0,261 [*] (13,89)
	$\hat{\sigma}_{gla}^2$	0,154 [*] (8,20)
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,321 (17,08)
Fixo	F de Snedecor	
Bloco/Ambiente	5,87 ^{**}	
Ano (A)	43,78 ^{**}	
Local	169,72 ^{**}	
A x L	26,61 ^{**}	
CV(%)	13,34	
As	0,93	
r _g	0,16	
PS(%)	23,51	
PC(%)	76,49	

$\hat{\sigma}_g^2$: Variância genotípica;

$\hat{\sigma}_{ga}^2$: Variância da interação genótipos x anos;

$\hat{\sigma}_{gl}^2$: Variância da interação genótipos x local;

$\hat{\sigma}_{gla}^2$: Variância da interação genótipos x local x anos;

$\hat{\sigma}_e^2$: Variância do erro experimental;

As: Acurácia seletiva,

r_g: Correlação genética;

PS(%): parte simples;

PC(%): parte complexa.

Verificou-se significância para o efeito de genótipos e para as interações de genótipos com anos e com locais, bem como a interação tripla. A presença da interação genótipos x anos indica comportamento diferencial dos genótipos nos três anos de avaliação, ao passo que a interação genótipos x locais indica comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes locais. A presença da interação exige que os genótipos sejam avaliados em mais de um ambiente, sejam anos, locais ou a combinação deles. A presença da interação G x A em melancia foi identificada em trabalhos anteriores (SILVA et al., 2008; TAVARES et al., 2017). Em meloeiro, também tem sido observada a interação G x A em diversas oportunidades (ARAGÃO et al., 2015; GUIMARAES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2019).

Uma vez observada interação genótipos por ambientes e considerando que essa interação foi decomposta nas interações específicas genótipos x anos, genótipos x locais e a interação tripla genótipos x anos x locais, é importante que a magnitude dos tipos de interações envolvidas seja estimada para melhor interpretação da intensidade do referido fenômeno sobre a manifestação fenotípica. Constatou-se maior participação da interação genótipos x locais (13,89%), seguida da interação genótipos x anos (10,54%) sobre a variância fenotípica (Tabela 4). Em melancia, Silva et al. (2008) verificaram que a interação genótipos x anos foi não significativa, sendo responsável por apenas 3,26% da soma de quadrado total das fontes de variação envolvidas. Também não se constatou interação significativa entre genótipos x locais, embora ela tenha explicado 11,68%. Por outro lado, houve interação tripla significativa, a qual correspondeu a 13,67% da variação total.

A interação G x A é decorrente de dois componentes de diferentes naturezas, quais sejam: simples e complexa. Considerando todos os doze ambientes, verificou-se predominância da parte complexa (>70%) (Tabela 4). O componente complexo (ou interação cruzada) é gerado pela falta de correlação genética nos ambientes. Esse componente dificulta o trabalho de seleção ou recomendação do melhorista na medida em que altera a ordem dos

genótipos nos diferentes ambientes (NUNES et al., 2011). A estimativa do coeficiente de correlação genotípica ($r_g = 0,16$) em todos os ambientes corrobora com os resultados observados para os componentes simples e complexo. Os relatos de trabalhos têm revelado que a interação genótipos x ambientes em melancia (SILVA et al., 2008; TAVARES et al., 2017) e em meloeiro (ARAGÃO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2016; NUNES et al., 2006; NUNES et al., 2011) decorre do componente complexo para a produtividade.

A interação G x A pode ser explorada na indicação de genótipos para ambientes específicos. Nessas circunstâncias, a interação é capitalizada, aumentando o valor fenotípico do caráter. Entretanto, essa estratégia é de difícil execução no Polo Agrícola Mossoró-Assu. Não obstante a presença da interação G x A e predominância da variância complexa, com mudança na classificação genotípica, em razão da predominância da parte complexa, ainda é possível a recomendação de genótipos estáveis e com adaptação ampla (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Uma vez presente, a interação G x A não deve ser ignorada, pois influencia o processo de seleção ou recomendação de cultivares (GUIMARÃES et al., 2016; NUNES, et al., 2002). Assim sendo, é importante amenizar seu efeito sobre a manifestação fenotípica. Uma das maneiras de atenuar a interação genótipos x ambientes é identificar, no grupo avaliado, aqueles materiais produtivos com maior estabilidade e adaptabilidade. Resende (2007) desenvolveu o método MHPRVG-BLUP, que contempla estudos de estabilidade e adaptabilidade, empregando dados genotípicos que incorporam em uma única estatística a estabilidade, a adaptabilidade e a média do caráter de interesse.

A MHVG (Média Harmônica dos Valores Genotípicos) permite a seleção com base na estabilidade e a produtividade. Os valores da MHVG são os próprios valores da produtividade penalizados pela instabilidade, o que certamente facilita a seleção dos híbridos mais produtivos e, ao mesmo tempo, mais estáveis (RESENDE, 2007). A MHVG penaliza a

instabilidade, quando genótipos são avaliados em diversos ambientes, resultando em nova média ajustada por essa penalização. Segundo o referido critério, para a produtividade, os híbridos experimentais WM-11 e WM-14 foram os genótipos de maior destaque, ao passo que a testemunha ‘Crimson Sweet’ e o híbrido WM-02 apresentaram os menores desempenhos (Tabela 5).

A *performance* relativa dos valores genotípicos (PRVG) capitaliza a capacidade de resposta de cada genótipo à melhoria do ambiente. Para esse critério, os destaques novamente foram WM-11 e WM-14 (Tabela 5).

Tabela 5. Estabilidade de valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG) e Média Harmônica da *Performance* Relativa dos valores Genotípicos (MHPRVG) de híbridos de melancia avaliados no Agropolo Mossoró-Assú.

Híbridos	Produtividade (t ha ⁻¹)		
	MHVG	PRVG	MHPRVG
WM-11	47,40	2,45	46,55
WM-14	44,40	2,32	41,76
WM-05	42,00	2,21	39,78
WM-08	42,00	2,20	39,60
WM-07	41,40	2,08	37,44
WM-13	41,40	2,07	37,26
WM-09	40,80	2,06	37,08
WM-15	40,80	2,04	36,72
WM-01	38,20	1,92	34,56
WM-04	37,20	1,87	33,66
WM-10	37,20	1,86	33,48
WM-03	36,20	1,82	32,76
WM-06	35,00	1,76	31,68
WM-12	35,00	1,75	31,50

‘Crimson Sweet’	34,40	1,73	31,14
WM-02	32,20	1,63	29,34

O método da média harmônica da *performance* relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), baseado em valores genotípicos preditos via modelos mistos, agrupa em uma única estatística a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, facilitando, de modo singular, a seleção de genótipos superiores (RESENDE, 2007). A MHPRVG*MG fornece os valores genotípicos de cada genótipo penalizados pela instabilidade e capitalizados pela adaptabilidade. Para esse critério, os resultados são exatamente os mesmos para os critérios MHVG e PRVG (Tabela 5), isto é, os híbridos de destaque para a produtividade foram WM-11 e WM-14 (Tabela 5). Um aspecto relevante nos resultados obtidos está relacionado à testemunha ‘Crimson Sweet’. A referida cultivar apresentou o segundo pior desempenho do grupo avaliado. Nesse sentido, mesmo possuindo características que agradam os consumidores, como frutos arredondados, de tamanho grande, com polpa de cor vermelha intensa e muito doce, a tendência é sua substituição, inclusive por pequenos produtores, em razão do maior potencial produtivo, resistência aos principais patógenos e qualidade dos híbridos modernos.

4 CONCLUSÕES

- A interação de genótipos por ambientes é predominantemente do tipo complexo ou cruzado;

- Os híbridos WM-11 e WM-14 são os mais promissores, com altas produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, G. H. S.; QUEIROZ, M. A. Genotype x environment interaction of melon families based on fruit quality traits. **Crop Breeding Applied Biotechnology**, v. 15, n. 2, p. 79-86, 2015.
- CARLOS, A. L. X.; MENEZES, J. B.; ROCHA, R. H. C.; NUNES, G. H. S.; SILVA, G. G. Vida útil pós-colheita de melancia submetida a diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 41, p. 29-35, 2002.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 1, p. 742-754, 1963.
- GAUCH, H. G. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. **Crop Science**, v. 46, n. 03, p. 1488-1500, 2006.
- GUIMARÃES, I. P.; DOVALE, J. C.; ANTONIO, R. P.; ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, G. H. S. Interference of genotype-by-environment interaction in the selection of inbred lines of yellow melon in an agricultural center in Mossoró-Assu, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, p. 51-59, 2016.
- NETO, J. T. F.; RESENDE, M. D. V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (reml/blup) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 23, n. 2, p. 320-324, 2011.
- NUNES, G. H. N.; ANDRADE NETO, R. C.; COSTA FILHO, J. H.; MELO, S. B. Influência de variáveis ambientais sobre a interação genótipos x ambientes em meloeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1194-1199, 2011.
- NUNES, G. H. S.; MADEIROS, A. E. S.; GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, G. M.; SALES JUNIOR, R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Pólo Agroindustrial Mossoró-Assu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 57-67, 2006.
- NUNES, G. H. S.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Revista Cerne**, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2002.
- OLIVEIRA, L. A. A.; CARDOSO, E. A. C.; RICARTE, A. O.; MARTINS, A. F.; COSTA, J. M.; NUNES, G. H. S. Stability, adaptability and shelf life of Cantaloupe melon hybrids. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019.
- OLIVOTO, T.; LÚCIO, A. D. C.; SILVA, J. A. G.; SARI, B. G.; DIEHL, M. I. Mean performance and stability in multi-environment trials II: selection based on multiple traits. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 6, p. 2961-2969, 2019.
- PINHEIRO, L. C. M.; GOD, P. I. V. G.; FARIA, V. R.; OLIVEIRA, A. G.; HASUI, A. A.; PINTO, E. H. G.; ARRUDA, K. M. A.; PIOVESAN, N. D.; MOREIRA, M. A. Parentesco na

seleção para produtividade e teores de óleo e proteína em soja via modelos mistos. **Pesq. agropec. bras.**, v. 48, n. 9, p. 1246-1253, 2013.

R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 20 jan. 2020.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

SILVA, J. R.; NUNES, G. H. S.; NEGREIROS, M. Z.; TORRES, J. F.; DANTAS, M. S. M. Interação genótipo x ambiente em melancia no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 95-100, 2008.

TAVARES, A. T.; FERREIRA, T. A.; ZANATTA, E. E.; REYES, I. D. P.; BARROS, NASCIMENTO, I. R. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de melancia em várzea tropical. **Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 3, p. 362-374, 2017.

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays: A non-linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, v. 25, n. 1, p. 131-143, 1998.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 255-260, 2015.