



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

ROBERTA ROCHA FERREIRA

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA E AVALIAÇÃO DE LINHAGENS RESISTENTES À
MOSCA MINADORA EM MELOEIRO**

MOSSORÓ

2022

ROBERTA ROCHA FERREIRA

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA E AVALIAÇÃO DE LINHAGENS RESISTENTES À
MOSCA MINADORA EM MELOEIRO**

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: Prof. D. Sc. Glauber Henrique de
Sousa Nunes

MOSSORÓ

2022

© 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.

F383h Ferreira, Roberta Rocha.
HERANÇA DA RESISTÊNCIA E AVALIAÇÃO DE
LINHAGENS RESISTENTES À MOSCA MINADORA EM
MELOEIRO / Roberta Rocha Ferreira. - 2022.
51 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2022.

1. Cucumis melo L.. 2. Liriomyza spp. 3.
herança monogênica. 4. Manejo Integrado de Pragas.
5. resistência genética. I. de Sousa Nunes,
Glauber Henrique, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: 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.

ROBERTA ROCHA FERREIRA

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA E AVALIAÇÃO DE LINHAGENS RESISTENTES À
MOSCA MINADORA EM MELOEIRO**

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

Defendida em: 31 / março / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Prof. D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes (UFERSA)
Presidente

Ewerton Marinho da Costa

Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa (UFCG)
Membro Examinador

Anânkia de Oliveira Ricarte Marinho

Prof^a. Dra. Anânkia de Oliveira Ricarte Marinho (UNEMAT)
Membro Examinador

Stefeson B.M.

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

Andréia Mitsa Paiva Negreiros

Prof^a. Dra. Andréia Mitsa Paiva Negreiros (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter conseguido concluir mais uma etapa da minha vida acadêmica, através da qual tive oportunidade de progredir profissionalmente.

Agradeço aos meus familiares pela dedicação e apoio, por compreender a minha ausência e pelo incentivo a continuar mesmo diante das adversidades.

Agradeço ao meu orientador professor PhD. Glauber Henrique de Sousa Nunes pela compreensão durante o período de convivência, pela orientação e ensinamentos.

Agradeço a todos os integrantes do grupo de pesquisa Germev: Adriano, Leandro, Carla, Cynthia, Andreza, Anânkia; pela companhia e ajuda na condução dos experimentos.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA por ter viabilizado a realização do doutorado.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, pela importante contribuição a minha formação.

Agradeço aos integrantes do Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, que foram de fundamental importância para que esse trabalho fosse realizado.

Agradeço aos membros da banca examinadora que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta tese.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro.

RESUMO

O uso de cultivares resistentes é um método vantajoso dentro do manejo integrado de pragas para controle da mosca minadora, principal problema fitossanitário na cultura do meloeiro, ao qual se pode associar os benefícios de não ocasionar impactos adversos ao meio ambiente e poder ser utilizada simultaneamente a qualquer outro método de controle. Nesse contexto, os objetivos desse trabalho foram selecionar fontes de resistência à mosca minadora, estudar sua herança, obter e avaliar linhagens resistentes. Para isso, dois experimentos de campo com 22 híbridos de melão amarelo foram realizados para avaliação da resistência. Foram identificadas duas fontes de resistência, 'AM-RT' e 'AM-TM', que apresentaram número de minas igual a zero. Para a fonte de resistência 'AM-RT', com base na segregação fenotípica observada nas progênies S₁, S_{1:2} e no cruzamento teste, foi possível determinar que um gene com dominância completa condiciona a resistência. Dezoito linhagens resistentes foram obtidas a partir das progênies utilizadas no estudo de herança por meio de sucessivas autofecundações, conduzidas pelo método *Single Seed Descent* (SSD) com modificações. As linhagens obtidas foram avaliadas para resistência, produção e qualidade de fruto em dois experimentos de campo conduzidos em blocos casualizados com 21 tratamentos e três repetições nos municípios de Baraúna e Mossoró. Com os dados obtidos para resistência, realizou-se o agrupamento de UPGMA e a técnica de K-Means, observando-se a formação de cinco grupos de genótipos em ambas as análises. Na análise conjunta dos dois locais, observou-se efeito significativo de linhagens ($p < 0,05$) para os caracteres peso médio do fruto (PMF), índice de formato (IF), espessura da polpa (EP) e firmeza da polpa (FP). Também houve interação significativa ($p < 0,01$) entre linhagens e locais (G x A) para número de frutos por parcela (NF), IF e sólidos solúveis (SS). As linhagens mais promissoras considerando o alto nível de resistência à mosca minadora, elevada produtividade e qualidade dos frutos foram MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 e MRL-18.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., *Liriomyza* spp., herança monogênica, Manejo Integrado de Pragas, Resistência genética.

ABSTRACT

The use of resistant cultivars is an advantageous method within the integrated pest management to control the leaf miner, the main phytosanitary problem in the melon crop, which can be associated with the benefits of not causing adverse impacts to the environment and being able to be used simultaneously to any other control method. In this context, the objectives of this work were to select sources of resistance to leafminer, study its inheritance, obtain and evaluate resistant lines. For this, a field experiment with 22 yellow melon hybrids was carried out to evaluate resistance. Two sources of resistance were identified: 'AM-RT' and 'AM-TM', as they present a number of mines equal to zero. For the AM-RT resistance source, based on the phenotypic segregation observed in the S_1 , $S_{1:2}$ progenies and on the test cross, it was possible to determine that a gene with complete dominance conditions resistance. Eighteen resistant lines were obtained from the progenies used in the inheritance study by means of successive self-pollinations, conducted by the Single Seed Descent (SSD) method with modifications. The strains obtained were evaluated for resistance, yield and fruit quality in two field experiments conducted in randomized blocks with 21 treatments and three replications in the municipalities of Baraúna and Mossoró. With the data obtained for resistance, the UPGMA clustering and the K-Means technique were performed, with the formation of five groups of genotypes being observed in both analyses. In the joint analysis of the two sites, a significant effect of strains ($p < 0.05$) was observed for the characters mean fruit weight (PMF), format index (IF), pulp thickness (EP) and pulp firmness (FP). There was also significant interaction ($p < 0.01$) between lines and locations (G x H) for number of fruits per plot (NF), IF and soluble solids (SS). The most promising lines considering the high level of leaf miner resistance, high productivity and fruit quality are MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 and MRL-18.

Keywords: *Cucumis melo* L., *Liriomyza* spp., monogenic inheritance, Integrated Pest Management, genetic inheritance.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Dendrograma UPGMA de linhagens de melão amarelo avaliadas para a resistência à mosca minadora em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu. nmBAR: número de minas nas folhas em Baraúna, nmMOS: número de minas nas folhas em Mossoró, poBAR: porcentagem de plantas com minas nas folhas em Baraúna e poMOS: porcentagens de plantas com minas em Mossoró. $rC = 0,73^*$ (Correlação cofenética)..... 41
- Figura 2.** Agrupamento K-Means de linhagens de melão amarelo avaliadas para a resistência à mosca minadora em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu..... 43

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Genótipos de melão amarelo avaliados para resistência à mosca minadora em ensaios de campo nos municípios de Icapuí e Baraúna nos anos de 2017 e 2018.....24
- Tabela 2.** Teste de Kruskal-Wallis, média, grupo e reação de híbridos de melão amarelo à infestação por mosca minadora.....27
- Tabela 3.** Teste de Qui-quadrado (χ^2) aplicados nas populações segregantes de AM-RT (R) e no cruzamento-teste entre AM-RT (R) e o ‘Goldex’ 29
- Tabela 4.** Progenies S_{1:2} avaliadas para resistência à mosca minadora 31

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Tratamentos dos ensaios de avaliação de linhagens nos municípios de Mossoró e Baraúna.....39
- Tabela 2.** Estimativas de Componentes de variância e parâmetros genéticos de caracteres avaliados em linhagens de melão amarelo cultivadas em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu..... 45
- Tabela 3.** Estimativas do valor genotípico para caracteres avaliados em linhagens de melão amarelo cultivadas em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu.. 47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	11
	REFERÊNCIAS	16

CAPÍTULO 1

SELEÇÃO DE FONTES E HERANÇA DA RESISTÊNCIA À MOSCA MINADORA EM ACESSOS DE MELÃO AMARELO

	RESUMO	20
	ABSTRACT	21
1	INTRODUÇÃO	22
2	MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.1	Seleção de fontes de resistência à mosca minadora	23
2.2	Herança genética da resistência à mosca minadora em meloeiro	24
2.2.1	Germoplasma	24
2.2.2	Obtenção das populações segregantes	25
2.2.3	Ensaio de estudo de herança	25
2.3	Obtenção de linhagens	26
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1	Seleção de fontes de resistência à mosca minadora	27
3.2	Herança genética da resistência à mosca minadora em meloeiro	28
4	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS	33

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE MELÃO AMARELO RESISTENTES À MOSCA MINADORA

	RESUMO	35
	ABSTRACT	36
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAIS E MÉTODOS	38
2.1	Local	38
2.2	Germoplasma	38

2.3	Avaliação das linhagens em condições de campo	39
2.4	Análises estatísticas	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO GERAL

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) pertence à família das cucurbitáceas. É uma espécie diploide com $2n = 2x = 24$ cromossomos, e assim como todas as outras espécies de *Cucumis*, exceto *C. sativus*, tem $x = 12$ cromossomos. Seu centro de origem é proposto que seja tanto a Ásia quanto a África, tendo ocorrido segregação em duas linhagens, uma pertencente a Ásia (*C. melo* subsp. *Melo*) e a segunda, *C. melo* subsp. *Meloides*, confinada à África, sendo a linhagem Asiática responsável pelos tipos modernos de melão orientados ao mercado (ENDL et al., 2018). Atualmente, é uma das culturas vegetais mais importantes do mundo (FAO, 2021), apresentando uma amplitude de zonas de cultivo resultante de grande variabilidade genética (KARCHI, 2000) que permitiu a adaptação de diferentes tipos de melão sob condições agronômicas diversas.

O meloeiro é uma hortaliça de importância econômica também no Brasil. De acordo com dados da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), a produção mundial no ano de 2020 foi estimada em 28 milhões de toneladas, sendo que a produção brasileira de melões se destacou como a nona no ranking mundial, contribuindo com 613 mil toneladas desse total.

Atualmente no Brasil o melão é cultivado em todas as regiões, mas o Nordeste responde por mais de 75% da quantidade produzida nacionalmente. Os principais estados produtores e exportadores são o Rio Grande do Norte e o Ceará, onde predominam grandes e médias empresas. Esta constitui atividade econômica de grande importância na geração de emprego e renda nas áreas de cultivo (IBGE, 2020).

A produção de melão nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará caracteriza-se pela grande competitividade no mercado internacional devido à qualidade de seus frutos. O ciclo reduzido, que permite até três safras por ano, aliado ao emprego de uma gama de insumos e à adoção de tecnologias modernas, tem contribuído fortemente para o destaque do melão brasileiro no mercado internacional (OLIVEIRA et al., 2017).

O melão amarelo ocupa mais de 50% da área plantada (COSTA et al., 2011) e na região Nordeste também é o mais cultivado, vindo em segundo lugar os tipos cantaloupe e o pele de sapo (CRISÓSTOMO; ARAGÃO, 2014). Isso se deve principalmente às características de maior conservação pós-colheita de seus frutos na comparação aos frutos dos demais tipos.

Apesar do sucesso do cultivo do meloeiro nos principais polos produtivos do Brasil, alguns problemas de ordem fitossanitária têm, ao longo dos anos, causado grandes prejuízos econômicos aos produtores. Dentre estes, pode-se citar a mosca minadora (*Liriomyza* spp.) como a principal praga dessa cultura e um dos principais entraves a limitar a produção e qualidade dos frutos (ARAÚJO et al., 2007; NUNES et al., 2013).

As moscas minadoras do gênero *Liriomyza*, pertencente à família Agromyzidae e ordem díptera, são consideradas importantes pragas principalmente em olerícolas e plantas ornamentais em todo o mundo. As plantas espontâneas também são relatadas como hospedeiras desse inseto praga (PARRELA, 1987; MURPHY; LASALLE, 1999; COSTA-LIMA et al., 2015).

Historicamente, as espécies de *Liriomyza* foram consideradas como pragas de pouca importância para a agricultura, porém no início dos anos 80 os níveis populacionais da praga aumentaram rapidamente (MONICA et al., 2021). No Brasil, a mosca minadora ganhou ‘status’ de praga chave na cultura do meloeiro no final da década de 1990 e início dos anos 2000, provavelmente devido ao manejo equivocado adotado pelos produtores de melão para o controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B, que ocasionou redução da população dos inimigos naturais, permitindo a explosão populacional desta praga (GUIMARÃES et al., 2009).

No Brasil, as espécies de maior importância agrícola são *Liriomyza trifolii* (BURGESS, 1880), *Liriomyza huidobrensis* (BLANCHARD, 1926) e *Liriomyza sativae* (BLANCHARD, 1938) (MURPHY; LASALLE, 1999), tendo esta última sido relatada como a principal causadora de danos ao meloeiro na Região Nordeste (FERREIRA et al., 2017; CELIN et al., 2017a).

As espécies de mosca minadora presentes no Brasil são pragas extremamente polífagas e de alta capacidade reprodutiva, o que permite aumento rápido das populações em campo, podendo haver várias gerações durante o período de cultivo. Os danos ocasionados à cultura são consequências das puncturas realizadas pelas fêmeas para alimentação dos adultos e para ovoposição, depositando seus ovos no parênquima foliar. As larvas eclodem e começam a se alimentar do mesófilo das folhas, formando as galerias ou minas que representam a principal característica das plantas atacadas (GUIMARÃES et al., 2009; COSTA-LIMA et al., 2015).

No meloeiro, como consequência do ataque das espécies de mosca minadora (*Liriomyza* spp.), podemos citar: redução da área fotossintética em decorrência da formação das minas, tendo como resultado a diminuição da fotossíntese por planta, acarretando em menor produção e frutos com menores teores de sólidos solúveis; ressecamento e desfolha das plantas, facilitando a exposição dos frutos ao sol, o que provoca queimaduras e inviabiliza a sua comercialização graças à perda de qualidade externa; puncturas foliares que podem servir como porta de entrada para microrganismos patogênicos oportunistas (GUIMARÃES et al., 2009; COSTA et al., 2017).

Desta forma, a utilização de estratégias visando ao controle da praga é imprescindível para assegurar a produção e a qualidade dos frutos do meloeiro. Dentre as medidas de controle, a aplicação de inseticidas ainda é a mais utilizada (NOGUEIRA et al., 2011; COSTA-LIMA et al., 2015). Devido ao impacto que esses produtos químicos apresentam sobre o meio ambiente e saúde humana, busca-se cada vez mais métodos alternativos, dentre os quais o uso de variedades resistentes ao ataque de insetos oferece controle satisfatório, diminui os gastos com produtos químicos e o risco de toxicidade aos consumidores dos alimentos colhidos.

As variedades resistentes também podem ser utilizadas em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) de forma harmoniosa, tendo relevante importância por ser eficaz no controle da praga em campo e, conseqüentemente, propiciar diminuição das perdas econômicas, além de ser um método ambientalmente seguro (GUIMARÃES et al., 2008). Portanto, a resistência de plantas hospedeiras ao ataque de insetos desempenha papel de suma importância no manejo das culturas em campo.

Poucas fontes de resistência a *Liriomyza* spp. foram relatadas. O trabalho de Dogimont et al. (1995) determinou que a linhagem resistente ‘Nantais Oblong’ apresenta antibiose e controle genético monogênico dominante para a resistência. Um estudo posterior realizado por Celin et al. (2017) com uma fonte identificada no banco ativo de germoplasma de cucurbitáceas da Embrapa Semiárido relatou que a resistência por antibiose às larvas de *L. sativae* é condicionada por um gene de dominância completa, tendo esta fonte também apresentado antixenose.

Além de identificar as fontes de resistência, é importante entender os mecanismos pelos quais ela se expressa. A resistência pode ser conferida por vários mecanismos, tais como a presença de grandes quantidades de tricomas e o acúmulo de elevados níveis de compostos fenólicos em folhas (GOIANA et al., 2020), além dos mecanismos de antixenose (não-

preferência), antibiose causados pelos metabólitos secundários da planta que desestimulam a alimentação e oviposição dos insetos pragas e tolerância ao ataque da praga. Normalmente essas categorias não ocorrem de forma isolada, podendo haver combinação entre esses mecanismos (GULLAN; CRANSTON, 2007; SILVA et al., 2017).

As experiências sobre resistência de plantas aos insetos remontam ao século XIX, quando na França se conseguiu o controle de *Phylloxera vitifolia* com o uso de porta-enxertos resistentes. Na década de 40, nos Estados Unidos foram obtidas três cultivares de trigo resistentes à mosca Hesse e posteriormente cultivares de alface resistentes ao pulgão *Therioaphis maculata*. No Brasil, cultivares de sorgo portadoras de resistência a *Contarinia sorghicola* foram as primeiras a serem desenvolvidas no ano de 1967 (BUENO, 2006).

No melhoramento genético, a etapa inicial para o desenvolvimento de cultivares resistentes é a identificação, por meio da avaliação de coleções de germoplasma de fontes de resistência que possam ser usadas em programas de melhoramento como doadoras de alelos que condicionem o caráter. A segunda etapa é a caracterização da base genética da resistência, que orientará o processo de melhoramento visando à transferência da resistência a uma cultivar melhorada (DOGIMONT; BOISSOT, 2016).

Como as cultivares plantadas de melão em quase sua totalidade são híbridos simples (MAIA et al., 2013), um dos principais objetivos dos programas de melhoramento do meloeiro é a obtenção desses híbridos com expressão de heterose, resultando em boa qualidade de fruto e resistência às principais doenças e pragas. Variedades híbridas superiores não são necessariamente obtidas de parentais superiores, razão pela qual uma linhagem parental deve ser avaliada por sua capacidade de gerar híbridos superiores e não apenas por seu desempenho (RIEDELSEIMER et al., 2012), contudo o desenvolvimento de híbridos voltados para ambientes específicos tem gerado resultados superiores, além das linhagens obtidas sob tais condições serem mais bem adaptadas (NAPOLITANO et al., 2020). Assim, a identificação de linhagens parentais superiores pode ser realizada a partir da estimativa de capacidade combinatória das linhagens testadas (YU et al., 2020).

Para se chegar a esses híbridos, é necessário obter linhagens endogâmicas por sucessivas autofecundações até atingir elevado nível de homozigose. É realizada seleção entre e dentro das linhagens a partir de um conjunto de cruzamentos denominado “topcross”, depois são avaliadas quanto às capacidades específicas combinatórias. Esse método é denominado “Standard” (TOPPA et al., 2012).

Um dos primeiros relatos sobre fontes de resistência à mosca minadora no meloeiro foi publicado por Kennedy et al. (1978), descrevendo os acessos ‘PI 282448’ (África) e ‘PI 313970’ (Índia) como os mais resistentes a *L. sativae* dentre os 50 acessos avaliados. Posteriormente, Dogimont et al. (1995), trabalhando com 110 acessos, avaliaram a reação a *L. trofolii* em um teste sem chance de escolha, conseguindo identificar uma linhagem ‘Nantais Oblong’ como resistente. Gesmallah; Yousif (2004) também relataram o acesso HDS como fonte de resistência com taxa de infestação de 16%.

No Brasil, têm sido conduzidas diversas avaliações do germoplasma de meloeiro visando a identificar materiais resistentes à mosca minadora. Nunes et al. (2013) realizaram pesquisa com vinte e dois acessos e três híbridos, encontrando variabilidade entre os materiais, concluindo que ‘AC-22’ e ‘AC-10’ foram os mais promissores. Oliveira et al. (2014) e Oliveira et al. (2017) avaliaram 58 genótipos de meloeiro quanto à resistência à mosca minadora selecionando os que apresentaram respostas mais positivas. Celin et al. (2017), trabalhando com 46 genótipos do banco ativo de germoplasma da Embrapa hortaliças, dois materiais da Embrapa Semiárido e quatro híbridos comerciais como padrão de susceptibilidade, identificaram quatro novas fontes de resistência.

Outra informação de suma importância no melhoramento das culturas visando a tornar a fonte de resistência útil é sobre a genética e herança da resistência de plantas a insetos, que norteará o grau de facilidade ou dificuldade envolvido na incorporação de genes de resistência nas cultivares melhoradas e que atendam aos padrões do mercado (Jaiswal et al., 2018).

Apesar da importância da mosca minadora, ainda não se dispõe de variedades de meloeiro comerciais que reúnam a resistência a esse inseto e características que se enquadrem satisfatoriamente nas exigências do mercado. Diante disso, faz-se necessário estudar as fontes de resistências existentes e buscar a obtenção de materiais que possam ser utilizados em programas de melhoramento, portanto os objetivos desse trabalho foram selecionar fontes de resistência à mosca minadora, estudar sua herança, obter e avaliar linhagens resistentes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. L. et al. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- BUENO, L. C. de S; MENDES, A. N. G; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento Genético de Plantas – Princípios e procedimentos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 319 p.
- CELIN, E. F. et al. New sources of resistance to leafminers (*Liriomyza sativae*) in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n.2, p.1-12, 2017, gmr16029561.
- CELIN, E. F. et al. Simple genetic inheritance conditions resistance to *Liriomyza sativae* in melon. **Euphytica**, v. 213, n. 101, p. 1-11, 2017.
- COSTA, E. M. da; et al. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 571-575, 2017.
- COSTA, G. G. et al. Qualidade e vida pós-colheita de híbridos experimentais de melão Orange Flesh. **Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 54, n. 4, p. 142-145, 2011.
- COSTA-LIMA, T. C. da; SILVA, A. de C; PARRA, J. R. P. Moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae): aspectos taxonômicos e biologia. **Documentos on line – Embrapa Semiárido**, p. 1-36, dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1614.5046>. Acesso em: 5 out. 2021.
- CRISÓSTOMO, J. R; ARAGÃO, F. A. S de. Melhoramento genético do meloeiro. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (org.). **O melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2014. p. 209-245.
- DOGIMONT, C; BOISSOT, N. Insect resistance in melon and its modification by molecular breeding. In **Functional genomics and biotechnology in solanaceae and cucurbitaceae crops**. Heidelberg: Springer, 2016. p. 199-219.
- DOGIMONT, C. et al. Characterization of resistance to *Liriomyza trifolii* (Burgess) in melon (*Cucumis melo*). **Fruits**, v. 50, n. 6, 449-452, 1995.

ENDL, J. et al. Repeated domestication of melon (*Cucumis melo* L.) in Africa and Asia and a new close relative from India. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 2, p. 1662–1671, 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT - database**, 2021. Disponível em: Acesso em: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 08 ago. 2021.

FERREIRA, E. C. B. et al. Molecular identification of *Liriomyza* sp. in the Northeast and Southeast regions of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 892-900, 2017.

GESMALLAH, A. E. E; YOUSIF, M. T. Resistance in melons (*Cucumis melo* L.) to leafminers (*Liriomyza* spp.; Diptera:Agromyzidae). **Gezira Journal Agricultural Science**, v. 2, n. 1, 125–130, 2004.

GIIMARÃES, J. A. et al. Manejo Integrado de Pragas do Meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D. de; TERAPO, D. (Org.). **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. p. 183-189.

GOIANA, E. S. S. et al. Dwarf-cashew resistance to whitefly (*Aleurodicus cocois*) linked to morphological and histochemical characteristics of leaves. **Pest Management Science**, v. 76, p. 464–471, 2020.

GUIMARÃES, J. A. et al. Biologia e Manejo da Mosca Minadora no Meloeiro. **Circular Técnica**, nov-2009, 2009. p. 1-9.

GULLAN, P. J; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**, 3ed. São Paulo: Roca, 2007. 496 p.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: Agropecuária: Produção Agrícola Municipal. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 5 out. 2021.

JAISWAL, D. K. et al. Biotechnology in plant resistance to insects. **Indian Journal of Agriculture and Allied Sciences**, v. 4, n.1, p.7-18, 2018.

KARCHI, Z. Development of melon culture and breeding in Israel. Proceedings of 7th EUCARPIA Meeting of Cucurbit Genetics and Breeding. **Acta Horticulture**, v. 510, n. 510, p. 13-17, 2000.

KENNEDY, G. G. et al. Leaf resistance in muskmelon. **American Society for Horticultural Science**, v. 103, 571-574. 1978.

MAIA, L. K. R; LIMA, R. E. M; LIMA, J. S. Importância do meloeiro e aspectos relacionados à resistência a *Rhizoctonia solani*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1609-1622, 2013.

MONICA, S. S. et al. A review on management of leafminer in horticultural crops. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 9, n. 2, p. 1204-1213, 2021.

MURPHY, S. T; LASALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NAPOLITANO, M. et al. Exploring Heterosis in Melon (*Cucumis melo* L.). **Plants**, v. 9, n. 2, p. 282, 2020.

NOGUEIRA, C. H. F. et al. Efeito de inseticidas alternativos sobre *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide da mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 1, p. 126-130, 2011.

NUNES, G. H. de S. et al. Resistência de acessos de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 746-754, 2013.

OLIVEIRA F. I C de. et al. Avaliação de genótipos de meloeiro quanto à infestação por mosca minadora. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 1831–1838, 2014.

OLIVEIRA, F. I. C de. et al. Sistema de produção de melão no polo agrícola Jaguaribe-Açu. p. 45-76. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B; GONDIM, R. S; ARAGÃO, F. A. S. (org.). **Produção de melão e mudanças climáticas – Sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**, EMBRAPA, 2017.

OLIVEIRA, F. I. C de. et al. Screening of melon genotypes for resistance to vegetable leafminer and your phenotypic correlations with colorimetry. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1155-1166, 2017.

PARRELA, M. P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v. 32, n. 1, p. 201-224, 1987.

RIEDELSHEIMER, C. et al. Genomic and metabolic prediction of complex heterotic traits in hybrid maize. **Nature genetics**, v. 44, p. 217-220, 2012.

SILVA, A. A da. et al. Resistance of tomato plant genotypes with high foliar allelochemical contents to the leafminer *Liriomyza trifolii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-6, 2017.

TOPPA, E. V. B.; SILVA, C. J.; ZOZ, T.; SILVA, T. M. N. Análise Comparativa dos Métodos de Obtenção de Linhagens “Standard” e Híbridos Crípticos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 29–32, 2012.

YU, K. et al. Large-Scale Analysis of Combining Ability and Heterosis for Development of Hybrid Maize Breeding Strategies Using Diverse Germplasm Resources. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 660, p. 1-16, 2020.

CAPÍTULO 1

SELEÇÃO DE FONTES E HERANÇA DA RESISTÊNCIA À MOSCA MINADORA EM ACESSOS DE MELÃO AMARELO

RESUMO

O uso de cultivares resistentes é um método eficiente e recomendável para manejo da mosca minadora, um dos principais problemas fitossanitários na cultura do meloeiro. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram identificar fontes de resistência à mosca minadora em acessos de melão amarelo e determinar sua herança genética. Para tanto, foram realizados dois experimentos em campo nos municípios de Baraúna e Icapuí para identificar fontes de resistência. O delineamento adotado foi em blocos casualizados com 22 tratamentos e quatro repetições. Na avaliação foi quantificado o número de minas por folha. A heterogeneidade dos materiais estudados possibilitou identificar os acessos 'AM-RT' e 'AM-TM' como fontes de resistência, considerando que apresentaram número de minas igual a zero nos dois ambientes de avaliação. O acesso 'AM-RT' foi selecionado e utilizado para obter as populações S_1 , $S_{1:2}$ e o cruzamento teste 'AM-RT' e 'Goldex', que foram avaliadas em um terceiro ensaio de laboratório visando a determinar o controle genético da resistência nesse material. Portanto, por meio do padrão de segregação das progênies S_1 , $S_{1:2}$ e do cruzamento-teste avaliados estimando-se os valores de qui quadrado (χ^2), que foram de 1,33, 3,14 e 0,36, respectivamente, foi determinado que a herança da resistência é controlada por apenas um gene com dominância completa, pois não houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade. Então, nesse estudo foram identificadas duas fontes de resistência à mosca minadora e um gene com dominância completa condiciona à resistência no acesso 'AM-RT'.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., *Liriomyza* spp., resistência genética, gene dominante.

CHAPTER 1
**SELECTION OF SOURCES AND INHERITANCE OF RESISTANCE TO LEAF
MINER IN ACCESSES OF YELLOW MELON**

ABSTRACT

The use of resistant cultivars is an efficient and recommended method for managing the leaf miner, one of the main phytosanitary problem in the melon crop. In this context, the objective of this work was to identify sources of resistance to leafminer in yellow melon accessions and determine their genetic inheritance. Therefore, two field experiments were carried out in the municipalities of Baraúna and Icapuí to identify sources of resistance. The design adopted was in randomized blocks with 22 treatments and four replications. In the evaluation, the number of mines per leaf was quantified. The heterogeneity of the materials studied made it possible to identify the 'AM-RT' and 'AM-TM' accessions as sources of resistance, considering that they presented a number of mines equal to zero in the two evaluation environments. The 'AM-RT' accession was selected and used to obtain the S₁, S_{1:2} populations and the test cross 'AM-RT' and 'Goldex', which were evaluated in a third laboratory assay to determine the genetic control of resistance in this material. Then, through the segregation pattern of the progenies S₁, S_{1:2} and the test-cross evaluated, estimating the chi-square (χ^2) values that were 1.33, 3.14 and 0.36, respectively, it was determined that the inheritance of resistance is controlled by only one gene with complete dominance, as there was no significant difference at the 5% probability level. So, in this study, two sources of resistance to the leaf miner were identified and a gene with complete dominance conditions the resistance in the accession 'AM-RT'.

Keywords: *Cucumis melo* L., *Liriomyza sativae*, genetic inheritance, source of resistance.

1 INTRODUÇÃO

As moscas minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) são uns dos principais problemas fitossanitário na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro (NUNES et al., 2013). A espécie *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 é relatada como predominante nessas áreas de cultivo (FERREIRA et al., 2017; CELIN et al., 2017a).

Os principais danos ocasionados pelas moscas minadoras no meloeiro decorre do fato de suas larvas se alimentarem do tecido do mesófilo foliar, originando galerias ou minas que reduz a área fotossintética da planta, tendo como principais reflexos redução da produção e qualidade dos frutos (ARAUJO et al., 2013; COSTA et al., 2017).

As principais técnicas de controle da mosca minadora no meloeiro estão agrupadas nos Programas de Manejo Integrado de Pragas da cultura, porém o uso do método químico prevalece dentre as estratégias utilizadas (LIMA et al., 2012). Contudo, o uso intensivo de inseticidas pode impactar adversamente os inimigos naturais e polinizadores, podendo ainda resultar no surgimento de populações de insetos resistentes a alguns inseticidas (FERGUSON, 2004; ASKARI-SARYAZDI et al., 2015; WEI et al., 2015). Desta forma, é fundamental que novas medidas de controle sejam desenvolvidas visando a redução do uso de inseticidas e uma melhor convivência com a mosca minadora, na cultura do meloeiro.

O uso da resistência genética do hospedeiro é recomendado como estratégia alternativa à aplicação de produtos inseticidas, sendo as variedades resistentes reconhecidas como um método de controle mais econômico (BASIJ et al., 2011). Podemos citar ainda como vantagens do método: não ocasionar danos ao meio ambiente, não exigir conhecimento técnico adicional do produtor para sua utilização e poder ser aplicado associado a outros métodos de controle (GIRÃO FILHO et al., 2012).

Avaliações em germoplasma de meloeiro permitiram a identificação de algumas fontes de resistência à mosca minadora. Dentre estas, pode-se citar os acessos ‘PI282448’ e ‘PI 313970’, caracterizados como de resistência recessiva e dominância incompleta, respectivamente (KENNEDY et al., 1978). Posteriormente, a linhagem ‘Nantais Oblong’ foi relatada exibindo herança do tipo monogênica dominante (DOGIMONT et al., 1995). No Brasil, o acesso ‘Bagmel’ foi a primeira fonte de resistência que teve sua herança caracterizada como do tipo monogênica dominante (CELIN et al., 2017a). Esses relatos comprovam que

existe variabilidade genética em relação ao caráter, mas estudos que caracterizem essa resistência ainda são escassos na literatura.

Portanto, para uso eficiente de fontes de resistência é necessário conhecer a variabilidade genética do germoplasma disponível para seleção, sendo essencial, após identificação de fontes de resistência, conhecer a herança do caráter para adotar a estratégia mais apropriada ao programa de melhoramento que objetiva obter cultivares resistentes.

Visando contribuir com o melhoramento genético do meloeiro para resposta ao ataque da mosca minadora, o objetivo deste trabalho foi identificar fontes de resistência em melão amarelo e determinar sua herança genética.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Seleção de fontes de resistência à mosca minadora

Foram realizados dois experimentos em condições de campo para seleção de fontes de resistência, em épocas e locais diferentes. O primeiro foi realizado no município de Icapuí - CE (4° 42' S, 37° 20' W, 6 m) e o segundo no município de Baraúnas - RN (5° 05' S, 37° 38' W, 95 m), nos períodos de julho a setembro de 2017 e novembro a janeiro de 2018, respectivamente. Durante o período de condução dos experimentos, nos dois municípios os valores médios de temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa e precipitação pluviométrica foram: Icapuí ($T_{\text{máx}} = 28,47$ °C, $T_{\text{mín}} = 27,05$ °C, UR = 59,12 % e PP = 0,0 mm); Baraúna ($T_{\text{máx}} = 28,82$ °C, $T_{\text{mín}} = 27,59$ °C, UR = 65,71 % e PP = 0,06 mm).

Ambos os ensaios foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados com 22 tratamentos, quatro repetições e 10 plantas por parcela. Os tratamentos utilizados foram 21 acessos de melão amarelo da Coleção de Germoplasma de Meloeiro da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA e um híbrido comercial (Goldex) como padrão de suscetibilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de melão amarelo avaliados para resistência à mosca minadora em ensaios de campo nos municípios de Icapuí-CE e Baraúna-RN nos anos de 2017 e 2018.

Tratamentos	
‘Goldex’	HAC-11
HAC-01	HAC-12
HAC-02	HAC-13
HAC-03	HAC-14
HAC-04	HAC-15
HAC-05	HAC-16
HAC-06	HAC-17
HAC-07	HAC-18
HAC-08	HAC-19
HAC-09	‘AM-RT’
HAC-10	‘AM-TM’

Para obtenção das plântulas, os acessos foram semeados em bandejas de poliestireno (200 células) preenchidas com substrato comercial (Tropstrato®). Doze dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para o campo num espaçamento 0,3 m entre plantas e 2,00 m entre fileiras. Para condução em campo, o manejo foi semelhante ao comercial e nenhum inseticida foi aplicado para controle de pragas. A avaliação foi realizada em plantas adultas sob infestação natural 30 dias após o transplântio, coletando-se três folhas por planta para quantificar o número de minas por folha (NMF).

A análise dos dados obtidos para a variável número de minas por folha foi realizada considerando-se a média obtida para a parcela aplicando-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de 5 % de probabilidade utilizando o *Software* estatístico R (R Core Team, 2018).

2.2 Herança genética da resistência à mosca minadora em meloeiro

2.2.1 Germoplasma

O acesso ‘AM-RT’, que se destacou na avaliação da resistência em campo, foi utilizado no estudo de herança. Este acesso pertence ao grupo *inodorus* e tipo amarelo. No estudo de herança, foram utilizadas gerações S_1 e $S_{1:2}$, obtidas por autofecundação, dessa fonte de resistência. Também se avaliou uma população oriunda de cruzamento-teste entre o acesso ‘AM-RT’ e o híbrido ‘Goldex’, que é suscetível à mosca minadora.

2.2.2 Obtenção das populações segregantes

As sementes de ‘AM-RT’ foram colocadas para germinar em bandejas de poliestireno contendo substrato comercial (Tropstrato®). Transcorridos doze dias após a germinação, dez plântulas foram transplantadas para o campo. Na época do florescimento, foi realizada autofecundação em cinco plantas e as outras cinco foram cruzadas com o híbrido ‘Goldex’ (suscetível) para obter as gerações S_1 e o cruzamento-teste, respectivamente. Em um segundo ciclo de autofecundação, foi obtida a geração $S_{1:2}$.

O método da autofecundação foi o de polinização manual e controlada. O isolamento das flores foi realizado antes da antese e até 48-72 h após a polinização. No momento da polinização, a flor masculina foi destacada, e o pólen foi delicadamente depositado sobre o estigma da flor feminina. As informações dos progenitores, data e tipo de polinização foram especificadas em etiquetas fixadas no pedúnculo da flor feminina.

Depois de obter as gerações S_1 e $S_{1:2}$, o método de melhoramento *Single Seed Descent* (SSD) foi utilizado para conduzir as populações até obter linhagens de meloeiro com potencial resistência à mosca minadora.

2.2.3 Ensaio de estudo de herança

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, onde é mantida uma criação de mosca minadora *L. sativae*. Foram realizados três ensaios para estudo de herança, nos quais foram avaliadas 100 plantas da geração S_1 , 150 plantas da geração $S_{1:2}$ e 100 plantas do cruzamento-teste. Para isso, sementes das gerações S_1 , $S_{1:2}$ e do cruzamento-teste foram semeadas em bandejas de poliestireno de 200 células contendo substrato comercial (Tropstrato®). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação protegida com tela antiafideo.

Aos 12 dias após a semeadura, foi realizado o transplântio para vasos de 0,3 L contendo o mesmo substrato utilizado na semeadura. As plantas permaneceram na casa de vegetação, sendo irrigadas duas vezes ao dia e fertirrigadas de acordo com as exigências nutricionais.

Quando as plantas atingiram o estágio de três folhas definitivas bem expandidas, aos 25 dias após a germinação, foram transferidas para o laboratório, onde foram distribuídas em gaiolas, com armação de madeira e revestimento com tela antiafideo, para serem expostas a infestação. Em cada gaiola continha aproximadamente 300 casais de mosca minadora. Após 60

minutos de infestação, as plantas foram retiradas das gaiolas e levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneceram até a avaliação. Quatro dias após a infestação, o número de minas por folha (NMF) foi quantificado. Em seguida, as folhas foram coletadas e conduzidas ao laboratório, onde foram mantidas com seus pecíolos em recipientes plásticos com capacidade de 30 ml e isoladas em bandejas, para obtenção dos pupários. Após cinco dias, os pupários obtidos foram coletados e quantificados.

As plantas foram definidas como resistentes quando não permitiram o desenvolvimento da larva até a pupação e susceptíveis quando permitiam o desenvolvimento da larva até a pupação. Os dados obtidos nessas populações pela distinção das plantas em resistentes e suscetíveis foram analisados pelo teste de Qui-quadrado ($P < 0,05$), com o intuito de identificar um modelo genético adequado à herança do caráter.

2.3 Obtenção de Linhagens

Linhagens foram obtidas pelo método de melhoramento SSD (*Single Seed Descendent*) com modificações. Para isso, selecionou-se 20 plantas avaliadas como resistentes na primeira geração de autofecundação (S_1) que foram transplantadas para o campo e autofecundadas para obter a população $S_{1:2}$. De cada progênie $S_{1:2}$, foram selecionadas 10 plantas para novamente serem submetidas à infestação pela mosca minadora.

As gerações S_1 e $S_{1:2}$ foram avaliadas, respectivamente, em 09/2018 e 03/2019 no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA. Cada geração de autofecundação obtida foi submetida à infestação pela mosca minadora em ensaios para identificação das plantas resistentes que foram autofecundadas para obtenção da geração seguinte. O método de infestação foi semelhante ao descrito no tópico obtenção das populações segregantes, e o critério de seleção foi índice de infestação (número de minas por folha). Esse processo foi continuamente repetido até chegar-se a uma sexta geração.

Para identificar as plantas homozigotas resistentes, indivíduos S_1 foram submetidos a infestação pela mosca minadora e as plantas selecionadas como resistentes foram autopolinizadas para obtenção das progênies $S_{1:2}$. As famílias $S_{1:2}$, consistindo de dez plantas cada, foram novamente avaliadas quanto à resistência e dessas selecionou-se sete famílias homozigotas resistentes, correspondendo a plantas homozigotas para a resistência de S_1 . De cada família homozigota, foram selecionadas três plantas para continuar as autofecundações até o sexto ciclo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Seleção de fontes de resistência à mosca minadora

Neste estudo, foram encontradas diferenças significativas de infestação (número de minas por folha) entre os acessos de meloeiro avaliados, nos municípios de Icapuí e Baraúna, quando submetido ao teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$) (Tabela 2). De acordo com a análise, os acessos que se destacaram foram ‘AM-RT’ e ‘AM-TM’, com valores de número médio de minas igual a zero. Os demais acessos apresentaram valores de média que variaram de 10,75 a 17,50 no ambiente de Baraúna e de 13,25 a 22,75 no ambiente de Icapuí, mas não diferiram estatisticamente da testemunha suscetível (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de Kruskal-Wallis, média, grupo e reação de híbridos de melão amarelo à infestação por mosca minadora.

Tratamento	Baraúna			Icapuí			
	Médias	Grupo	Reação	Tratamento	Médias	Grupo	Reação
Goldex	23,75	a	S	Goldex	26,25	a	S
HAC-03	17,50	a	S	HAC-07	22,75	a	S
HAC-19	17,50	a	S	HAC-03	19,75	a	S
HAC-10	17,25	a	S	HAC-11	19,00	a	S
HAC-05	16,25	a	S	HAC-08	18,50	a	S
HAC-04	16,00	a	S	HAC-13	18,25	a	S
HAC-09	16,00	a	S	HAC-14	18,25	a	S
HAC-13	16,00	a	S	HAC-17	18,25	a	S
HAC-07	15,75	a	S	HAC-19	18,25	a	S
HAC-14	15,75	a	S	HAC-18	17,00	a	S
HAC-08	15,50	a	S	HAC-16	16,50	a	S
HAC-06	15,25	a	S	HAC-04	16,00	a	S
HAC-18	15,25	a	S	HAC-06	15,50	a	S
HAC-01	15,00	a	S	HAC-10	15,50	a	S
HAC-17	15,00	a	S	HAC-05	14,75	a	S
HAC-16	14,75	a	S	HAC-12	14,50	a	S
HAC-12	14,50	a	S	HAC-09	14,00	a	S
HAC-11	14,00	a	S	HAC-15	14,00	a	S
HAC-15	12,75	a	S	HAC-02	13,50	a	S
HAC-02	10,75	a	S	HAC-01	13,25	a	S
AM-RT	0,00	b	R	AM-RT	0,00	b	R
AM-TM	0,00	b	R	AM-TM	0,00	b	R
Valor χ^2	37,509*			Valor χ^2	42,882*		
gl	21			gl	21		
P-valor de χ^2	0,014700			P-valor de χ^2	0,003255		

* Significativo ($p < 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis. R: Resistente; S: suscetível

Apesar das diferenças identificadas, os resultados demonstraram baixa heterogeneidade entre os materiais avaliados, considerando-se que o teste de Nemenyi mostrou a formação de apenas dois grupos, um composto por 19 acessos considerados suscetíveis e outro composto por dois acessos classificados como resistentes (Tabela 2).

Kennedy et al. (1978) estiveram entre os primeiros a reportar fontes de resistência em meloeiro à mosca minadora. Os acessos ‘PI 282448’ (África) e PI ‘313970’ (Índia) foram descritos como resistentes a *L. sativae*. Outra fonte relatada foi a linhagem francesa ‘Nantais Oblong’ com resistência a *Liriomyza trifolii* (DOGIMONT et al., 1995).

Em estudos realizados no Brasil, diferenças nos níveis de resistência entre híbridos de melão amarelo foram observadas por Guimarães et al. (2009), que destacaram os materiais ‘PR-13-3-2-1-1 x 9278-2-1-2-1-1-1-1’ e G 1-1 x PR 62-1-4-1-1-1’ com alto nível de resistência a *Liriomyza huidobrensis*. Em outro trabalho, avaliando-se 22 acessos de meloeiro coletados em pequenas propriedades da região Nordeste, ‘AC-22’ e ‘AC-10’ se destacaram como os mais promissores (NUNES et al., 2013). Resultados mais satisfatórios foram observados em avaliações em campo e em laboratório realizadas com 48 acessos de meloeiro da Embrapa, permitindo a identificação de quatro novas fontes de resistência: ‘CNPH 11-1072’, ‘CNPH 11-1077’, ‘CNPH 00-915’ e ‘BAGMEL’ a *L. sativae* (CELIN et al., 2017a).

No entanto, é importante ressaltar que, mesmo com o empenho em se identificar novas fontes de resistência, o número de materiais que apresentaram alguma expressão desse caráter ainda é reduzido, o que limita os avanços dos programas de melhoramento que visão obter cultivares de meloeiro resistentes, no Brasil.

A identificação de fontes de resistência aos principais problemas fitossanitários de qualquer cultura é de suma importância, considerando que o genótipo da cultura é a base para as estratégias de manejo a serem adotadas no campo. No que se refere ao manejo para reduzir o impacto do ataque de insetos-praga no rendimento ou qualidade dos cultivos, a resistência do hospedeiro pode ser intencionalmente empregada de forma isolada ou combinada a outras estratégias (TRAPERO et al., 2016).

3.2 Herança genética da resistência à mosca minadora em meloeiro

No presente estudo, com base nas proporções fenotípicas de plantas resistentes (R) e suscetíveis (S) nas populações segregantes (S_1 e $S_{1:2}$), o cruzamento-teste foi proposto para

explicar o controle genético da resistência a *L. sativae* no acesso ‘AM-RT’ o modelo de um gene com dominância completa, sendo que o alelo que confere resistência (*Lm*) é dominante sobre o que confere suscetibilidade (*lm*). A comparação dos valores observados para cada classe fenotípica com os valores esperados possibilitou os cálculos dos valores de qui-quadrado ($\chi^2 = 0,36$, $\chi^2 = 1,33$ e $\chi^2 = 0,30$) correspondentes. Esses valores foram não significativos em relação ao valor teórico ($\chi^2_{0,05} = 3,84$), sugerindo a adequação do modelo para explicar a segregação observada (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de Qui-quadrado (χ^2) aplicados nas populações segregantes de ‘AM-RT (R)’ e no cruzamento-teste entre ‘AM-RT (R)’ e o ‘Goldex’.

Populações	Frequência absoluta			Razão esperada	χ^2
	Resistente	Susceptível			
Cruzamento-teste	53	47		1:1	0,36 ^{ns}
AM-RT S ₁	80	20		3:1	1,33 ^{ns}
AM-RT S ₁	(<i>LmLm</i>)	(<i>Lmlm</i>)	(<i>lmlm</i>)		
AM-RT S ₁ (R)	4	11		1:2	0,30 ^{ns}
AM-RT S _{1:2}	111	39		5:1	3,14 ^{ns}

^{ns} Não significativo pelo teste de qui-quadrado a 5% de probabilidade ($\chi^2 = 3,84$)

Levando em consideração o controle genético monogênico dominante, o genótipo da planta resistente ‘AM-RT (R)’ que originou a população S₁ se encontrava em heterozigose para resistência. Desta forma, as progênes S₁ da planta ‘AM-RT (R)’ são compostas de plantas resistentes com genótipos *LmLm* ou *Lmlm*, em uma proporção fenotípica esperada de $\frac{3}{4}$, e de plantas susceptíveis com genótipo *lmlm*, na proporção esperada de $\frac{1}{4}$. Os valores observados foram de 80 resistentes e 20 susceptíveis para o acesso AM-RT S₁ (Tabela 3).

No cruzamento-teste, a planta heterozigota ‘AM-RT (R)’ foi cruzada com um genitor susceptível ‘Goldex’, sendo esperada para a progênie a proporção de 1:1 de plantas resistentes e susceptíveis, respectivamente. Observou-se 53 resistentes e 47 susceptíveis (Tabela 3).

Do total de 80 plantas S₁ identificadas como resistentes, 20 foram selecionadas e autofecundadas para avaliação em laboratório da progênie quanto à resistência à mosca minadora. Desse total de plantas autofecundadas, cinco não produziram sementes viáveis. Foi observado que nas 15 plantas resistentes avaliadas quatro foram homozigotas (*LmLm*), pois apresentaram nas progênes apenas plantas resistentes, e 11 foram heterozigotas (*Lmlm*), tendo apresentado progênes segregantes com plantas resistentes e susceptíveis (Tabela 4). Considerando que as plantas susceptíveis foram eliminadas, a frequência fenotípica esperada

para as progênies de $S_{1:2}$ (R) é de cinco plantas resistentes para uma suscetível (5:1). Foram observadas 111 plantas resistentes e 39 suscetíveis (Tabela 3).

A herança da resistência à mosca minadora (*L. sativae*) em meloeiro, conforme as observações acima, é do tipo monogênica dominante. Na literatura, outros trabalhos também relataram herança dessa natureza nos genótipos ‘Nantais Oblong’ (DOGIMONT et al., 1999) e ‘BAGMEL 56-R’ (CELIN et al., 2017b). Vale a pena ressaltar que não há relatos de controle genético poligênico para mosca minadora em meloeiro. O controle genético de resistência a *L. sativae* também foi determinado para os acessos ‘PI 282448’ e ‘PI 313970’, que foi monogênico recessivo e de dominância incompleta, respectivamente (KENNEDY et al., 1978). Mais recentemente a linhagem A915.34.01.08 teve a resistência caracterizada como oligogênica (LEITÃO, 2018).

A lista de genes do meloeiro publicada inclui genes de resistência a doenças e pragas, a características de folhas, flores, frutos, sementes, produtividade. Com relação a resistência a insetos, o maior número de genes relatados é de resistência a *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), ao passo que para a mosca minadora foram reportados apenas os genes *Lt* (DOGIMONT et al. 1999) e *Ls* (CELIN et al., 2017b) (DOGIMONT; SARI, 2022), evidenciando a necessidade de pesquisas como a deste trabalho, para que novas fontes de resistência sejam identificadas e caracterizadas, contribuindo para avanços no uso da resistência do hospedeiro.

Pode-se citar como razões pelas quais as pesquisas no melhoramento para resistência a insetos não sejam tão intensas devido a dificuldade em se garantir as condições adequadas a infestação pelo inseto dos materiais testados e a transferência das características relacionada a esse caráter ser lenta devido à natureza complexa e poligênica de sua herança (DHILLION; SHARMA, 2012). Com relação a esse último fator, a fonte de resistência à mosca minadora identificada e caracterizada quanto à herança neste trabalho oferece a vantagem de ser monogênica dominante, o que facilitaria o processo de introgressão desse gene em outros materiais cultivados.

Considerando a identificação do acesso ‘AM-TR’ como fonte de resistência e que seu controle genético é monogênico dominante, a estratégia adotada para contribuir com o melhoramento genético foi obter linhagens resistentes a partir das progênies S_1 e $S_{1:2}$ obtidas para o estudo de herança. A vantagem das linhagens é que ao final do processo apresentam suas principais características fixadas. Com uma linhagem resistente, com boas características

agronômicas, pode-se realizar o cruzamento com outra linhagem elite para obter híbridos simples resistentes.

Para obter as linhagens, plantas do acesso ‘AM-RT’ foram autofecundadas para obter populações S_1 . Então, 100 indivíduos de uma dessas populações foram avaliados para a resistência à *L. sativae* em laboratório. Das 80 plantas identificadas como resistentes, 20 foram selecionadas, levadas ao campo e autofecundadas para obter as gerações $S_{1:2}$. Dessas, cinco plantas não produziram sementes viáveis. Então, foram obtidas 15 progênes $S_{1:2}$. De cada progênie $S_{1:2}$, foram avaliadas dez plantas em laboratório. Essa avaliação possibilitou identificar quatro progênes (AM-RT.L1, AM-RT.L5, AM-RT.L8 e AM-RT.L12) que se destacaram por apresentar plantas totalmente resistentes (Tabela 4).

Tabela 4. Progênes $S_{1:2}$ avaliadas para resistência à mosca minadora.

Progênie ($S_{1:2}$)	Número de plantas		
	Gaiola		Total
	R	S	
AM-RT. L1	10	0	10
AM-RT. L2	-	-	-
AM-RT. L3	3	7	10
AM-RT. L4	1	9	10
AM-RT. L5	10	0	10
AM-RT. L6	6	4	10
AM-RT. L7	7	3	10
AM-RT. L8	10	0	10
AM-RT. L9	-	-	-
AM-RT. L10	-	-	-
AM-RT. L11	-	-	-
AM-RT. L12	10	0	10
AM-RT. L13	7	3	10
AM-RT. L14	8	2	10
AM-RT. L15	8	2	10
AM-RT. L16	6	4	10
AM-RT. L17	8	2	10
AM-RT. L18	9	1	10
AM-RT. L19	8	2	10
AM-RT. L20	-	-	-
Total	111	39	150

Para continuar o processo de obtenção de linhagens de cada uma das quatro progênes $S_{1:2}$, três plantas que não apresentaram minas foram cultivadas em campo e autofecundadas para obtenção da geração seguinte ($S_{2:3}$). Então, 12 plantas foram novamente autofecundadas e selecionadas duas plantas de cada uma, totalizando 24 plantas. Nas etapas seguintes, as plantas foram cultivadas apenas por meio da autofecundação, sem testar na infestação em laboratório até a geração $S_{5:6}$. Ao final do processo, foram obtidas 24 linhagens.

Então, finalizado o cultivo de plantas segregantes e obtidas as linhagens, deve-se nas etapas seguintes realizar avaliações para determinar as principais características de cada linhagem, sendo as mais importantes as relacionadas à produção, qualidade de fruto e expressão da resistência identificada.

4 CONCLUSÕES

Entre os acessos de meloeiro avaliados há variabilidade genética para resistência à mosca minadora, sendo identificadas como fontes de resistência os acessos ‘AM-RT’ e ‘AM-TM’.

Um gene com dominância completa condiciona a resistência à mosca minadora no acesso ‘AM-RT’.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. L. et al. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.
- ASKARI-SARYAZDI, G. et al. Selection for chlorpyrifos resistance in *Liriomyza sativae* Blanchard: Cross-resistance patterns, stability and biochemical mechanisms. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 124, p. 86-92, 2015.
- BASIJ, M. et al. Evaluation of resistance of cucumber cultivars to the vegetable leaf miner (*Liriomyza sativae* Blachard) (Diptera: Agromyzidae) in greenhouse. **Chilean Journal of agricultural research**, v. 71, n. 3, p. 395-400, 2011.
- CELIN, E. F. et al. New sources of resistance to leafminers (*Liriomyza sativae*) in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p. 1-12, 2017.
- CELIN, E. F. et al. Simple genetic inheritance conditions resistance to *Liriomyza sativae* in melon. **Euphytica**, v. 213, n. 101, p. 1-11, 2017.
- COSTA, E. M. et al. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 571-575, 2017.
- DHILLON, M. K; SHARMA, H. C. Paradigm shifts in research on host plant resistance to insect pests. **Indian Journal of Plant Protection**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2012.
- DOGIMONT, C; SARI, N. Gene list for melon. **Curcubit Genetics Cooperative Report 45**, p. 1-47, 2022.
- DOGIMONT, C. et al. One dominant gene conferring the resistance to the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) Diptera: Agromyzidae in melon (*Cucumis melo* L.). **Euphytica**, v. 105, p. 63-67, 1999.
- DOGIMONT, C. et al. Characterization of resistance to *Liriomyza trifolli* (Burgess) in melon (*Cucumis melo*). **Fruits**, v. 50, n. 6, p. 449-452, 1995.

FERGUSON, J. S. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to cyromazine, abamectin, and spinosad. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n.1, p. 112–119, 2004.

FERREIRA, E. C. B. et al. Molecular identification of *Liriomyza* sp. in the Northeast and Southeast regions of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 30,n. 4, p. 892-900, 2017.

GUIMARÃES, J. A. et al. **Avaliação da Resistência de Híbridos de Melão Tipo Amarelo à Mosca Minadora *Liriomiza* ssp.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 54).

KENNEDY, G. G. et al. Leaf resistance in muskmelon. **American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 5, p. 571-574, 1978.

LEITÃO, R. L. G. **Herança genética e associação de marcadores microssatélites à resistência à *Liriomyza sativae* em meloeiro.** 2018. 104f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração Melhoramento Genético de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 2018.

LIMA, A. C. C. et al. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.

NUNES, G. H. S. et al. Resistência de acessos de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 746-754, 2013.

WEI, Q. B. et al. Abamectin resistance in strains of vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) is linked to elevated glutathione S-transferase activity. **Insect Science**, v. 22, n.2, p. 243–250, 2015.

GIRÃO FILHO, J. E. et al. Resistência genética de acessos de feijão-fava ao gorgulho *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 84-89, 2012.

TRAPERO, C. et al. Enhancing Integrated Pest Management in GM Cotton Systems Using Host Plant Resistance. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 500, p. 1-12, 2016.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE MELÃO AMARELO RESISTENTES À MOSCA MINADORA.

RESUMO

A mosca minadora é a principal praga do meloeiro nos últimos anos. A utilização de cultivares resistentes é uma das principais alternativas para reduzir os danos causados por esse inseto. O objetivo do presente trabalho foi avaliar linhagens de melão amarelo selecionadas para resistência à mosca minadora em condições de campo para produção e qualidades dos frutos. Dois experimentos foram conduzidos em blocos casualizados com 21 tratamentos e três repetições nos municípios de Mossoró e Baraúna no Rio Grande do Norte, no período de outubro a dezembro de 2020 e de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, respectivamente. As linhagens mais promissoras, considerando o alto nível de resistência à mosca minadora, elevada produtividade e qualidade dos frutos, são MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 e MRL-18.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, *Liriomyza sativae*, seleção, qualidade.

CHAPTER 2

EVALUATION OF YELLOW MELON INBREDS RESISTANT TO LEAF MINER

ABSTRACT

The leafminer is the main pest of the melon tree in the last fifteen years. The use of resistant cultivars is one of the main alternatives to reduce the damage caused by this insect. The objective of the present work was to evaluate yellow melon lines selected for resistance to leafminer under field conditions for yield and fruit quality. Two experiments were conducted in randomized blocks with 21 treatments and three replications in the municipalities of Mossoró and Baraúna in Rio Grande do Norte, from October to December 2020 and from December 2020 to February 2021, respectively. The most promising lines considering the high level of leaf miner resistance, high productivity and fruit quality are MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 and MRL-18.

Keywords: *Cucumis melo* L., *Liriomyza sativae*, selection, quality.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro destaca-se na produção e exportação de meloeiro (*Cucumis melo* L.) devido às condições edafoclimáticas favoráveis, elevado aporte de inputs e uso de alta tecnologia. Apesar do cenário positivo, o ataque de insetos pode reduzir a produção e a qualidade dos frutos de melão. As moscas minadoras, pertencentes ao gênero *Liriomyza* Mik, estão entre as principais pragas do meloeiro no mundo, com destaque para *L. sativae* (Blanchard), *L. trifolii* (Burgess) e *L. huidobrensis* (Blanchard) (MUSUNDIRE et al., 2012). A referida praga constrói galerias na epiderme foliar principal, reduzindo a área fotossintética da planta, na maioria das vezes contribuindo para a redução dos sólidos solúveis (°brix) dos frutos (ARAÚJO et al., 2015; COSTA et al., 2017).

Um das medidas de controle desta praga, muito utilizada pelos produtores, é o uso de produtos químicos. Essa medida está inserida no manejo integrado de pragas (MIP), que tem sido bastante difundido e praticado nos campos de produção de meloeiro. Todavia, a utilização deste método tem algumas desvantagens, como o aumento dos custos de produção, danos ao meio ambiente e ao homem. Dentro deste contexto, o uso de cultivares resistentes pode ser inserida no MIP como medida de controle visando a substituir ou contribuir com a redução do uso de produtos químicos.

Em programas de melhoramento visando a resistência às pragas, a primeira ação é a identificação de fontes de resistência para uso em programas de melhoramento. Nos Estados Unidos, Kennedy et al. (1978) relataram as primeiras fontes de resistência à mosca minadora identificadas como ‘PI 282448’ e ‘PI 313970’. Na França, a cultivar francesa ‘Nantais Oblong’ mostrou-se resistente à espécie *L. trifolii* (DOGIMONT et al., 1995). No germoplasma nacional, foram identificados os acessos ‘AC-22’ e ‘AC-10’ (NUNES et al., 2013). Mesmo com a existência de algumas fontes de resistência, são recomendáveis esforços contínuos para identificar novos genótipos visando a aumentar as opções para os programas de melhoramento.

Uma vez identificada a fonte de resistência, é importante a introgressão dos alelos que conferem a resistência à praga em *backgrounds* de genótipos comerciais. Os poucos relatos apontam que a herança à mosca minadora não é complexa. Em um teste simples de híbridos F1, o acesso ‘PI 282448’ pareceu possuir sua resistência controlada por genes recessivos, ao passo que o acesso ‘PI 313970’, por genes dominantes (KENNEDY et al., 1978). A resistência ‘Nantais Oblong’ é monogênica dominante.

Por outro lado, é fundamental que a resistência seja confirmada em condições de campo. Além disso, é preciso que seja feita a avaliação da produtividade e qualidade do produto final, no caso do meloeiro, o fruto. Ressalta-se que as avaliações sejam feitas em ao menos dois locais representativos em termos de edafoclimáticas e de manejo da cultura na região produtora, uma vez que o fenômeno da interação genótipos por ambientes é comum e exerce, na maioria das vezes, grande efeito sobre a manifestação fenotípica (NUNES et al., 2006; SILVA et al., 2011; NUNES et al., 2011; ARAGÃO et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2016).

Diante dessas considerações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar linhagens de melão amarelo selecionadas para resistência à mosca minadora em condições de campo para produção e qualidades dos frutos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local

Foram realizados três experimentos: um em laboratório (temperatura de $25,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$, umidade relativa: $65,0 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas) e dois em condições de campo nos municípios de Baraúna ($5^\circ 05' \text{S}$, $37^\circ 38' \text{W}$, 95 m) e Mossoró ($5^\circ 11' \text{S}$, $37^\circ 21' \text{W}$, 18 m), ambos pertencentes ao Agropólo Mossoró-Assu, no Rio Grande do Norte, nos períodos de outubro a dezembro de 2020 e de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, respectivamente. Durante o período de condução dos experimentos nos dois municípios, os valores médios de temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa e precipitação pluviométrica foram: Baraúna ($T_{\text{máx}} = 28,95^\circ\text{C}$, $T_{\text{mín}} = 26,80^\circ\text{C}$, UR = 70 % e PP = 0,01 mm); Mossoró ($T_{\text{máx}} = 28,20^\circ\text{C}$, $T_{\text{mín}} = 27,50^\circ\text{C}$, UR = 79 % e PP = 0,00 mm).

2.2 Germoplasma

Foram avaliadas 18 linhagens de melão amarelo (Tabela 1) e as testemunhas 'Goldex', Titanium e 'Tantalo'. As linhagens foram obtidas a partir de seis ciclos de autofecundações do acesso 'AM-RT', pertencente ao Banco Ativo de Germoplasma de meloeiro da Universidade Federal Rural do Semi-Árido e identificado como resistente à mosca minadora em avaliações de laboratório e de campo (Capítulo I). Este acesso pertence ao grupo *Inodorus*, possui polpa de coloração branca e expressão sexual andromonoica.

Tabela 1. Tratamentos dos ensaios de avaliação de linhagens nos municípios de Mossoró e Baraúna.

Tratamentos	
MRL - 03	MRL - 13
MRL - 04	MRL - 14
MRL - 05	MRL - 15
MRL - 06	MRL - 16
MRL - 07	MLR - 17
MRL - 08	MRL -18
MRL - 09	MRL -19
MRL - 11	MRL -22
MRL - 12	MRL -23
‘Tantalo’	‘Goldex’
‘Titanium’	

2.3 Avaliação das linhagens em condições de campo

Foram realizados dois ensaios em campo, em dois ambientes. Para isso, os genótipos foram semeados em bandejas de polietileno (200 células) preenchidas com substrato comercial específico para produção de mudas. O transplântio para o campo foi realizado 12 dias após a semeadura, espaçadas 2,00 m entre linhas e 0,3 m entre plantas. Foi realizado adubação de fundação com superfosfato simples e fertirrigação diariamente. E não foram realizadas aplicações de inseticidas durante todo ciclo de cultivo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições e sete plantas por parcela, nos dois ambientes. A primeira avaliação foi de intensidade do ataque da mosca minadora realizada aos 45 dias após o transplântio pela determinação do número de minas numa amostra de 10 folhas por parcela.

A colheita dos frutos foi aos 65 dias após o plantio, sendo avaliadas as seguintes características referente a uma amostra de 5 (cinco) frutos por parcela:

- a) Produtividade: obtida pela pesagem dos frutos provenientes da área da parcela, expresso em $t.ha^{-1}$;
- b) Peso médio do fruto: obtido pela soma total dos pesos dos frutos da amostra da parcela dividido pelo número de frutos, em kg;

- c) Espessura de polpa: foi medida com uma régua a espessura da polpa de um dos lados da metade do fruto, calculando-se a média dessas duas medidas, em cm;
- d) Firmeza de polpa: o fruto foi dividido longitudinalmente, e em cada parte foi medida a resistência através de um penetrômetro na região mediana da polpa de um dos lados do fruto (duas leituras por fruto em regiões diferentes). Os resultados no aparelho foram expressos em libras (lb);
- e) Sólidos solúveis: estimados por meio de refratometria digital, pela leitura em duas partes da polpa de um dos lados do fruto cortado longitudinalmente, expresso em percentagem de graus brix.

2.4 Análises estatísticas

Realizou-se a análise de Deviance considerando o efeito de linhagens como aleatório, utilizando o Modelo 51 do Programa Selegen (REZENDE, 2007). Com as médias genotípicas, realizou-se a análise de agrupamento UPGMA a partir da matriz de distâncias de Mahalanobis. Também utilizou-se a técnica de K-Means para agrupamento das linhagens. As análises foram processadas no programa Genes (CRUZ, 2013) e pelo *software* R (R Core Team, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma preocupação por parte dos melhoristas é saber se os resultados observados na seleção em condições de laboratórios são capitulados em condições de campo. As linhagens avaliadas no presente trabalho foram selecionadas em ensaios com chance de escolha realizados sob condições controladas para resistência à mosca minadora. Nestes ensaios, as linhagens não apresentaram minas nas folhas. Entretanto, na avaliação feita em condições de campo nos dois locais verificou-se que as linhagens apresentaram minas nas folhas em no mínimo um ambiente (Figura 1).

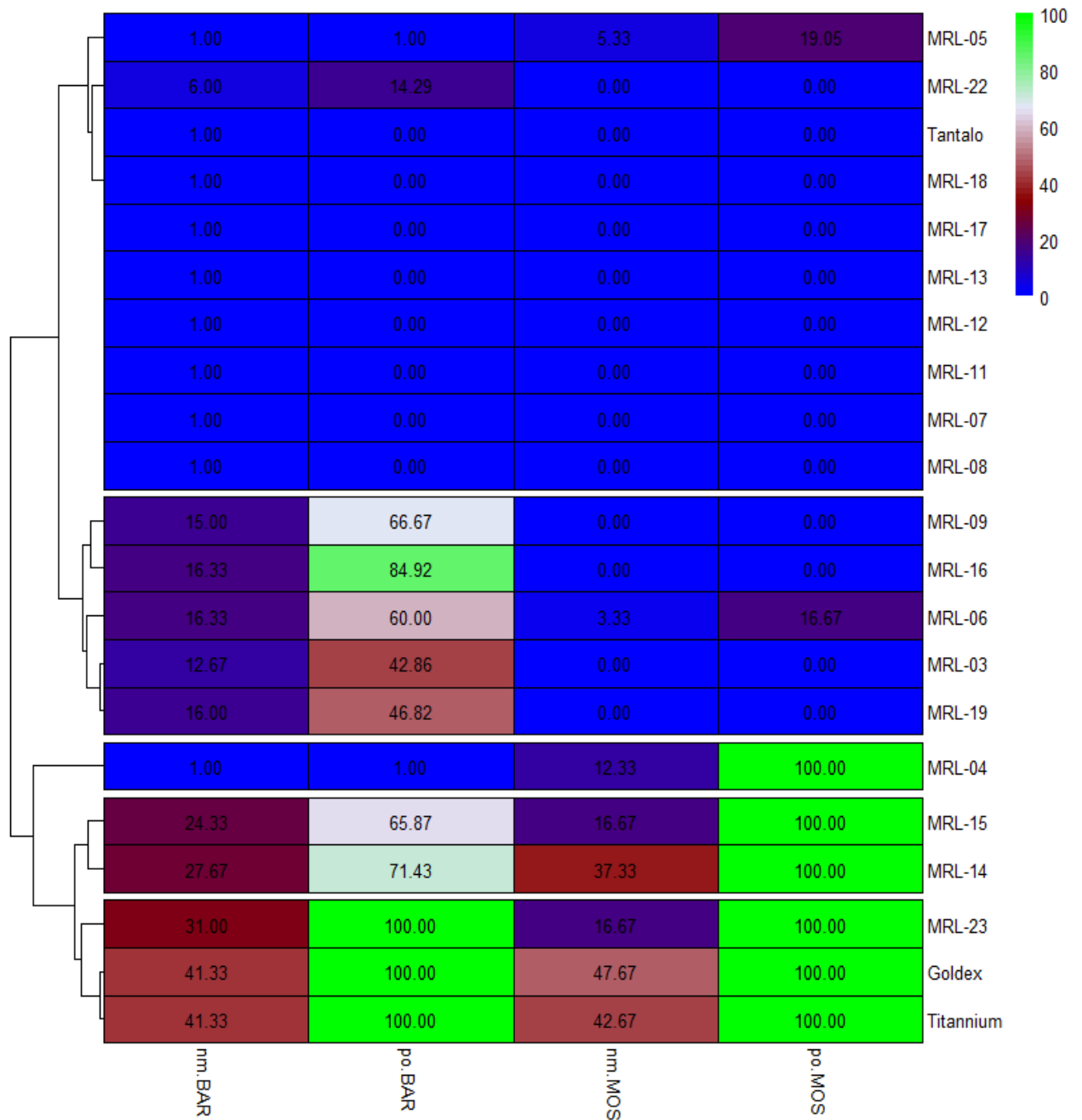


Figura 1. Dendrograma UPGMA de linhagens de melão amarelo avaliadas para a resistência à mosca minadora em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu. nmBAR: número de minas nas folhas em Baraúna, nmMOS: número de minas nas folhas em Mossoró, poBAR: porcentagem de plantas com minas nas folhas em Baraúna e poMOS: porcentagens de plantas com minas em Mossoró. $rC = 0,73^*$ (Correlação cofenética).

Verificou-se a formação de cinco grupos de genótipos avaliados considerando a porcentagem de plantas com minas (po) e o número de minas (nm) (Figura 1). Os dois primeiros grupos foram compostos pelos genótipos mais atacados pela mosca minadora. No primeiro grupo, foram reunidos os genótipos MRL-23, ‘Titannium’ e ‘Goldex’ que foram os mais suscetíveis nos dois ambientes com 100% de plantas com minas e média de número de minas

entre 16,67 a 47,67. O segundo grupo foi composto pelas linhagens MRL-14 e MRL-15 que apresentaram entre 65,87 a 100% de plantas com minas e número de minas entre 16,67 a 37,33.

O terceiro grupo foi constituído pela linhagem MRL-04, que apresentou maiores sintomas em Mossoró e apenas uma planta com somente uma mina em Baraúna (Figura 1). O quarto grupo foi composto pelas linhagens MRL-19, MRL-03, MRL-06, MRL-16 e MRL-09, que apresentaram poucos sintomas em Mossoró, mas sintomas pronunciados em Baraúna. O quinto grupo foi constituído pelas linhagens mais resistentes, sendo cinco delas sem plantas com minas nos dois locais (MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 e MRL-18), além da testemunha resistente Tântalo. Neste grupo, a linhagem MRL-22 apresentou maior porcentagem de plantas com minas e maior número de minas em Baraúna e ausência de minas em Mossoró, ao passo que a linhagem MRL-05 apresentou comportamento inverso.

O agrupamento K-Means ratificou o agrupamento observado no dendrograma UPGMA, isto é, as linhagens foram agrupadas exatamente cinco grupos. A única diferença foi observada para a linhagem MRL-23, agora agrupada com as linhagens MRL-14 e MRL-15 (Figura 2).

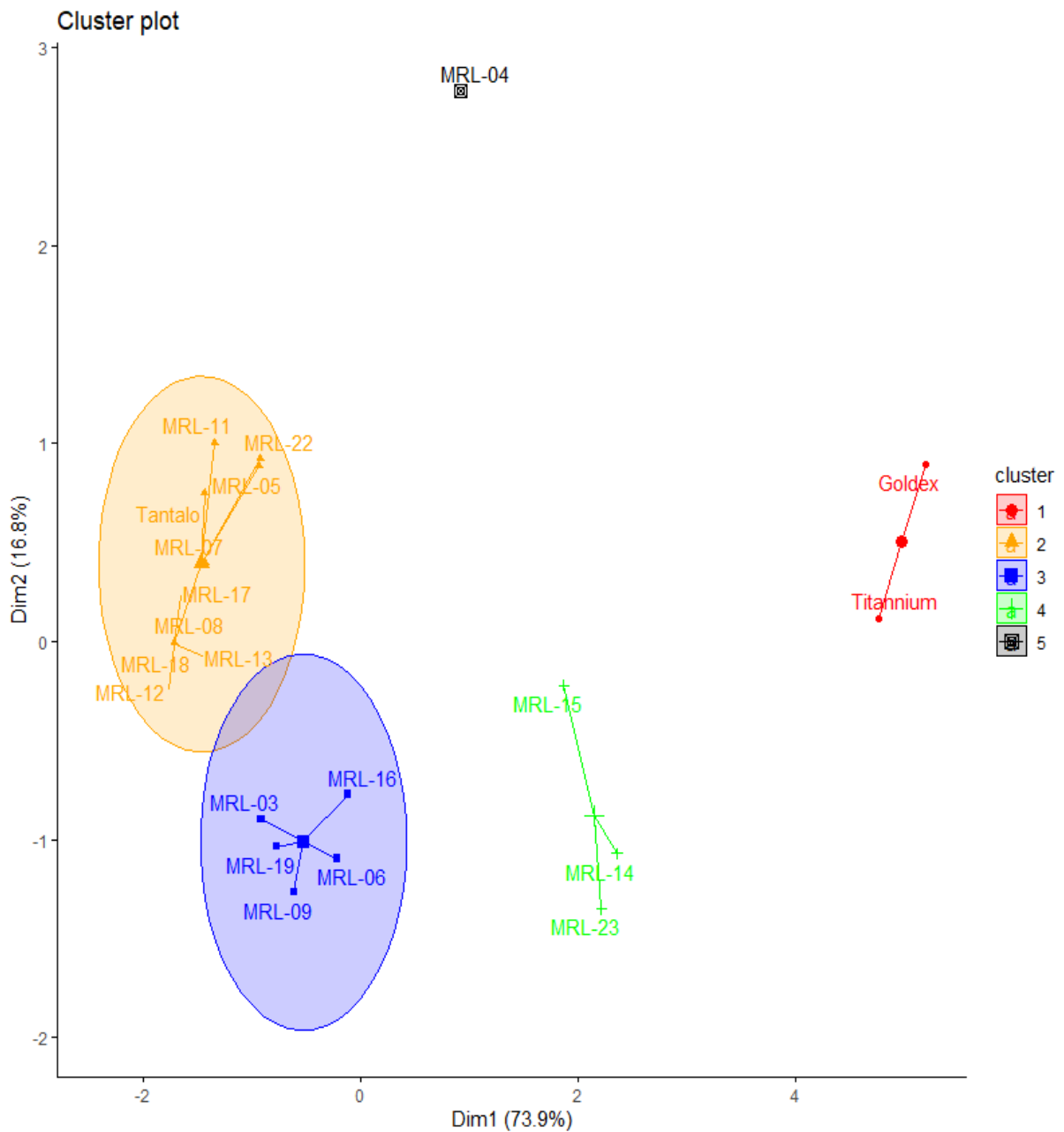


Figura 2. Agrupamento K-Means de linhagens de melão amarelo avaliadas para a resistência à mosca minadora em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu.

Ainda há poucos relatos de fontes de resistência em meloeiro à mosca minadora. A maior parte dos relatos envolve acessos com baixo ou nenhum processo de melhoramento. Foram identificadas fontes de resistência à mosca minadora em algumas oportunidades, as primeiras fontes identificadas foram: ‘PI 282448’ e ‘PI 313970’ (KENNEDY et al., 1978). Posteriormente, foi verificado que a cultivar francesa ‘Nantais Oblong’ é resistente a *L. trifolii* (DOGIMONT et al., 1995).

No germoplasma nacional, foram identificadas algumas fontes de resistência à mosca minadora. Lima (2012) identificou os acessos 'A5', 'A8', 'A15', 'A18', 'A28', 'Mc Laren', 'Guaporé', 'A22', 'A29', 'A42' e 'A44' como resistentes. Nunes et al. (2013) observaram que o acesso 'AC-22' foi o mais promissor como fonte de resistência à mosca minadora nas avaliações em campo e casa de vegetação em Mossoró. Oliveira et al. (2017) identificou os acessos 'CNPH 11-282', 'CNPH 111-072' e 'CNPH 11-1077' como os mais indicados para pesquisas futuras em melhoramento, com enfoque na introgressão da resistência à mosca minadora. O acesso 'CNPH 06-1047' apresentou efeito antixenótico.

Para ser utilizado pelo agricultor, o genótipo não precisa ser apenas resistente à minadora em condições de campo, devendo ter elevada produtividade e excelente qualidade de frutos para ser aceito pelo consumidor nos mercados externo e interno. Com efeito, as linhagens também foram avaliadas em dois ambientes do Agropolo Mossoró-Assu para caracteres importantes do ponto de vista comercial.

Na análise conjunta dos dois locais, observou-se efeito significativo de linhagens ($p < 0,05$) para os caracteres peso médio do fruto (PMF), índice de formato (IF), espessura da polpa (EP) e firmeza da polpa (FP), revelando a variabilidade nas médias genóticas ao longo dos dois ambientes (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas de Componentes de variância e parâmetros genéticos de caracteres avaliados em linhagens de melão amarelo cultivadas em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu.

Parâmetro	Caracteres					
	NF	PMF	IF	EP	FP	SS
V _G	0,350 ^{ns}	0,115 ^{**}	0,004 ^{**}	0,093 ^{**}	0,468 [*]	0,526 ^{ns}
V _{GA}	3,807 ^{**}	0,005 ^{ns}	0,001 ^{**}	0,007 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,690 ^{**}
V _E	6,092	0,057	0,001	0,068	1,194	1,290
h ² m	0,107	0,905	0,890	0,864	0,651	0,485
As	0,327	0,951	0,944	0,929	0,807	0,696
c ² _{GA}	0,371	0,029	0,102	0,040	0,059	0,275
r	0,084	0,957	0,871	0,933	0,818	0,433
CV (%)	24,604	13,753	2,808	5,807	30,130	9,682
Média	10,032	17,369	1,281	4,493	3,627	11,730

^{**}, ^{*}: Significativo pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) a 1 e 5% de probabilidade. Número de frutos (NF), Peso médio do fruto (PMF), Índice de formato (IF), Espessura da polpa (EP), Firmeza da polpa (FP) e Sólidos solúveis (SS).

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre linhagens e locais (G x A) para número de frutos por parcela (NF), IF e sólidos solúveis (SS) (Tabela 2). A presença da interação (G x A) indica comportamento diferenciado das linhagens nos dois locais de avaliação. Nesta situação, exige-se que a avaliação das linhagens deva ser feita em mais de um ambiente (BERNARDO, 2020).

Uma vez identificada a interação (G x A), é importante que a magnitude dos componentes da interação (G x A) seja estimada para melhor interpretação da intensidade do referido fenômeno sobre a manifestação fenotípica. O coeficiente de determinação (c²_{GA}) que mede a participação da interação (G x A) na variação fenotípica foi mais pronunciada para NF e SS. A presença da interação (G x A) tem sido verificada em melão no Agropolo Mossoró-Assu, especialmente para produtividade e sólidos solúveis (NUNES et al., 2006; NUNES et al., 2011; ARAGÃO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2019).

A interação (G x A) é decorrente de dois componentes de diferentes naturezas, quais sejam: simples e complexo. As reduzidas estimativas dos coeficientes de correlação genotípica nos dois ambientes para NF e SS evidenciam a predominância da parte complexa para os referidos caracteres. O componente complexo (ou interação cruzada) é gerado pela falta de correlação genética nos ambientes. Este componente dificulta o trabalho de seleção ou recomendação do melhorista, pois altera a ordem dos genótipos nos diferentes ambientes (NUNES et al., 2011). Os relatos de trabalhos têm revelado que a interação (G x A) em melão é devida principalmente ao componente complexo para sólidos solúveis e produtividade (NUNES et al., 2006; NUNES et al., 2011; ARAGÃO et al., 2015; GUIMARAES et al., 2016). Poucos relatos observaram maior efeito do componente simples sobre sólidos solúveis (SILVA et al., 2011). Para os demais caracteres, houve predominância da parte simples que decorre da diferença na magnitude da diferença genotípica nos ambientes e não altera a classificação dos genótipos, facilitando a seleção ou recomendação dos genótipos mais promissores.

A interação (G x A) pode ser explorada na seleção de genótipos para determinado ambiente ou região. Nesse caso, a interação (G x A) é capitalizada, aumentando o valor fenotípico do caráter. Entretanto, no Polo Agrícola Mossoró-Assu, tal estratégia ainda é de difícil execução. Por outro lado, o fato de existir mudança na classificação diante de variação ambiental, em razão da predominância da parte complexa, não exclui a seleção de materiais com adaptação ampla (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Nesse sentido, utilizando a média genotípica das linhagens, para o PMF, destacaram-se ML-05, MRL-06, MRL-08, Titantium e Tântalo com os maiores valores (Tabela 3). Em melão, frutos maiores são mais comercializados para o mercado interno, enquanto genótipos com menor tamanho são mais indicados para o mercado externo. Todavia, os valores apresentados por todas as linhagens permitem que os frutos possam ser comercializados em ambos os mercados.

Tabela 3. Estimativas do valor genotípico para caracteres avaliados em linhagens de melão amarelo cultivadas em dois ambientes do agropolo Mossoró-Assu.

Genótipo	Caracteres					
	NF	PMF	IF	EP	FP	SS
MRL-03	9,89	1,89	1,23	4,83	3,52	11,81
MRL-04	9,76	1,30	1,30	3,97	3,52	11,48
MRL-05	9,72	2,14	1,25	4,69	3,50	11,63
MRL-06	10,12	2,20	1,26	4,88	3,33	11,28
MRL-07	9,92	1,74	1,44	4,53	3,90	12,81
MRL-08	9,97	2,31	1,37	4,89	3,78	12,81
MRL-09	10,10	1,69	1,39	4,48	3,33	11,27
MRL-11	10,35	1,29	1,23	4,08	2,97	12,17
MRL-12	9,90	1,33	1,23	4,20	3,03	11,41
MRL-13	9,81	1,64	1,25	4,50	3,32	11,37
MRL-14	10,22	1,20	1,21	4,04	3,00	11,50
MRL-15	10,12	1,87	1,34	4,68	4,40	11,38
MRL-16	10,01	1,89	1,32	4,85	4,47	12,03
MRL-17	10,28	1,79	1,22	4,75	4,46	11,10
MRL-18	10,08	1,75	1,28	4,50	3,75	11,48
MRL-19	10,37	1,56	1,20	4,43	3,15	11,52
MRL-22	10,05	1,38	1,28	4,14	2,99	11,13
MRL-23	10,06	1,51	1,25	4,40	3,08	11,95
Goldex	9,71	1,80	1,26	4,36	3,84	11,62
Titannium	10,22	2,08	1,30	4,65	4,75	12,15
Tântalo	9,99	2,10	1,28	4,47	4,11	12,42
Média	10,032	1,74	1,28	4,49	3,63	11,73

Número de frutos (NF), Peso médio do fruto (PMF), Índice de formato (IF), Espessura da polpa (EP), Firmeza da polpa (FP) e Sólidos solúveis (SS).

Todas as linhagens possuem frutos alongados, uma vez que os valores do índice de formato (IF) foram todos maiores do que 1,0 (Tabela 3). Frutos alongados têm sido preferidos para o mercado externo em virtude da sua adequação nas embalagens. Em razão disso, a maioria dos híbridos de melão amarelo cultivados e exportados no semiárido brasileiro possui frutos com $IF > 1,0$, como, por exemplo, o cultivar 'Goldex', híbrido mais exportado nos últimos vinte anos.

Embora presentes, as diferenças para a EP foram pequenas entre as linhagens, fato também constatado para a FP. As linhagens de maior destaque para a FP foram MRL-15, MRL-16, MRL-17, 'Titanium' e 'Tântalo' (Tabela 3). A firmeza é uma das variáveis mais utilizadas no acompanhamento da qualidade, pois frutos mais firmes são mais resistentes a injúrias mecânicas, proporcionando maior resistência ao manuseio e ao transporte. Genótipos com maior FP têm maior vida útil pós-colheita. Valores superiores a 2,50 Kgf são suficientes para garantir valores que permitam a comercialização sem problemas até 30 dias após a colheita. Valores mais elevados podem ser promissores para mercados mais distantes, como o chinês.

O teor de sólidos solúveis totais é a característica tradicionalmente utilizada para a qualidade do fruto. No caso do melão amarelo, frutos na faixa de 9 a 11% são comercializados no exterior (SALES JÚNIOR et al., 2004). Com efeito, neste trabalho, todas as linhagens possuem teores elevados de sólidos solúveis ($\geq 11^\circ\text{Brix}$) com qualidade para comercialização nos mercados externo e interno.

4 CONCLUSÕES

As linhas mais promissoras considerando o alto nível de resistência à mosca minadora, elevada produtividade e qualidade dos frutos são MRL-08, MRL-07, MRL-11, MRL-12, MRL-13, MRL-17 e MRL-18.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, F. A. S de; NUNES, G. H. de 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.
- ARAGÃO, F. A. S de. et al. Genetic divergence among accessions of melon from traditional agriculture of the Brazilian Northeast. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6356-6371, 2013.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 3rd ed. Woodburg, Minnessota: Stemma Press, 2020. 422 p.
- ARAÚJO, E. L. et al. Toxicity of insecticides used in melon crops to *Opius scabriventris* (Hymenoptera: braconidae). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1370-1377, 2015.
- COSTA, E. M. et al. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 571-575, 2017.
- CRUZ, C. D. GENES. A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- DOGIMONT, C. et al. Characterization of resistance to *Liriomyza trifolii* (Burgess) in melon (*Cucumis melo* L.). **Fruits**, v. 50, n. 6, p. 449-452, 1995.
- GUIMARÃES, I. P. et al. 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**, v. 38, n.1, p. 51-59, 2016.
- KENNEDY, G. G. et al. Leafminer resistance in muskmelon. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 5, p. 571-574, 1978.
- LIMA, M. A. A. **Resistência de genótipos de meloeiro à mosca minadora *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae)**. 2012. 120 f. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- MUSUNDIRE, R. et al. Host plant effects on morphometric characteristics of *Liriomyza huidobrensis*, *L. sativae* and *L. trifolii* (diptera: Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 136, n. 1, p. 97-108, 2012.

- NUNES, G. H. S. et al. 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. et al. Resistance of melon accessions to leaf miner *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n 3, p. 746-754, 2013.
- NUNES, G. H. de S. et al. Phenotypic stability of hybrids of Gália melon in Rio Grande do Norte state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 4, p. 1421-1433, 2011.
- OLIVEIRA, F. I. C. et al. Screening of melon genotypes for resistance to vegetable leafminer and your phenotypic correlations with colorimetry. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1155-1166, 2017.
- OLIVEIRA, L. A. A. et al. Stability, adaptability and shelf life of Cantaloupe melon hybrids. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019.
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, R Foundation for Statistical Computing. 2022. Available in: <http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- RESENDE, M. D. V. **SELEGEN REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas. 2007. 359 p.
- SALES JÚNIOR, R. et al. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 98-100, 2004.
- SILVA, J. M. et al. Implicações da interação genótipos x ambientes sobre ganhos com a seleção em meloeiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 51-56, 2011.
- VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.