



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

ANÂNIA DE OLIVEIRA RICARTE

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA DO ACESSO AC-02 ÀS RAÇAS 1 E 5 DE *Podosphaera xanthii* EM MELOEIRO**

MOSSORÓ

2016

ANÂNIA DE OLIVEIRA RICARTE

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA DO ACESSO AC-02 ÀS RAÇAS 1 E 5 DE *Podospaera xanthii* EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento genético e Propagação de plantas.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes

MOSSORÓ

2016

© 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.

R488h Ricarte, Anânkia de Oliveira.  
HERANÇA DA RESISTÊNCIA DO ACESSO AC-02 AS RAÇAS  
1 E 5 DE Podosphaera xantii EM MELOEIRO / Anânkia de  
Oliveira Ricarte. - 2016.  
41 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2016.

1. Cucumis melo. 2. Oídio. 3. Germoplasma. 4.  
Monogênica. 5. Ligação gênica. I. Nunes, Glauber  
Henrique de Sousa, orient. II. Título.

ANÂNIA DE OLIVEIRA RICARTE

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA DO ACESSO AC-02 ÀS RAÇAS 1 E 5 DE *Podospaera xanthii* EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento genético e Propagação de plantas.

Defendida em: 29/02/2016.

**BANCA EXAMINADORA**

Glauber Henrique de Sousa Nunes  
D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes  
(Orientador/Presidente)

Selma Rogéria de Carvalho Nascimento  
D.Sc. Selma Rogéria de Carvalho Nascimento  
(Membro Externo)

Elaine Welk Lopes Pereira Nunes  
D.Sc. Elaine Welk Lopes Pereira Nunes  
(Membro Externo)

## **Dedico**

Aos meus pais, Ivanilson Ricarte Lola e Ivanilde Maria de Oliveira Lola. Ao meu irmão, André Ismalho, e meu amor, D'Pedros Marinho, por todo o carinho e compreensão. Por estarem sempre presentes em minha vida, me incentivando e me apoiando em todos os momentos. Amo vocês!

Aos meus pais, por todo o amor, incentivo, compreensão e dedicação para que eu alcançasse mais esse objetivo na minha vida.

**Ofereço**

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela graça e infinita misericórdia em me amar e me proporcionar mais uma conquista.

À Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), pela oportunidade de ensino, e por toda a estrutura, me possibilitando crescer profissionalmente.

À Pós-graduação em Fitotecnia, em especial a todos que compõem o corpo docente, pelos ensinamentos transmitidos durante o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas críticas e sugestões para a qualificação da Dissertação.

Ao meu orientador, Prof.º D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes, por todos esses anos de ensinamento e paciência, pela confiança e disponibilidade em me ajudar.

À professora D. Sc. Selma Rogéria de Carvalho Nascimento, por toda a ajuda, em ter fornecido a casa de vegetação para execução do experimento, e pelo espaço que nos foi dado no laboratório de Fitopatologia 1.

Aos meus pais, Ivanilson Ricarte e Ivanilde Maria, por todo amor e dedicação durante todos esses anos. Ao meu querido irmão, André Ismalho, por todo o amor.

Ao meu amor, D'Pedros Marinho, por todo carinho e compreensão. Por estar sempre ao meu lado, me ajudando e me apoiando.

Em especial a D. Sc. Elaíne Welk Lopes Pereira Nunes, que tanto me ajudou, por todo o conhecimento que me foi repassado, e pelos vários dias no laboratório e na casinha de vegetação.

A todos os integrantes do GERMEV – Grupo de Estudos em Recursos Genéticos e Melhoramento Vegetal da UFERSA – em especial a Ana Carolina, José Maria, Isabela, Robson, Isabel e Juliana. Por todos os momentos juntos de trabalho, amizade e companheirismo.

Deus deu a Salomão sabedoria,  
discernimento extraordinário e uma  
abrangência de conhecimento tão  
imensurável quanto a areia do mar.

(1 Reis 4:29)

## RESUMO

RICARTE, Anânkia de Oliveira. **Herança da resistência do acesso AC-02 às raças 1 e 5 de *Podosphaera xanthii* em meloeiro.** 2016. 41f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2016.

O oídio é uma doença que causa perdas significativas na produção de melão em todo o mundo. A obtenção de cultivares resistentes é feita mediante introgressão de alelos de resistência. Neste estudo, investigou-se a herança da resistência do acesso AC-02 às raças 1 e 5 de *Podosphaera xanthii* por meio de cruzamento com a cultivar suscetível ‘Védrantais’, sob condições de casa de vegetação. As razões de segregações de resistência/suscetibilidade observadas nas diferentes populações (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>) indicaram que a herança da resistência do AC-02 às raças 1 e 5 é controlada, cada uma por um gene composto por dois alelos, de modo que o alelo que confere resistência domina o alelo para suscetibilidade. A distância entre o gene que controla a resistência à raça 1 (px1-ac02) e o gene que confere resistência à raça 5 (px5-ac02) é 28,5 cM.

**Palavras-chaves:** *Cucumis melo*. Oídio. Germoplasma. Monogênica. Ligação gênica.

## ABSTRACT

RICARTE, Anânkia de Oliveira. **Inheritance of Resistance in melon AC-02 to *Podosphaera xanthii* races 1 and 5.** 2016. 41p. Thesis (MS in Crop Science) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2016

Powdery mildew is a disease that causes substantial losses in melon production around the world. Obtaining resistant cultivars is possible through introgression of alleles in the breeding program. In this study, it was investigated the inheritance of resistance of AC-02 accession to races 1 and 5 of *Podosphaera xanthii* in cross with susceptible cultivar 'Védrantais', under greenhouses conditions. The segregations ratios for resistance/susceptibility observed in the different populations (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, RC<sub>1</sub> and RC<sub>2</sub>) indicated a monogenic and dominant inheritance in AC-02 to races 1 and 5. The distance between the gene controlling resistance to race 1 (px1-ac02) and the gene which confers resistance race 5 (px5-ac02) is 28.5 cM.

**Key Words:** Cucumis melo. Powdery mildew. Germplasm. Monogenic. Gene linking.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Frutos dos genitores utilizados no estudo de herança para resistência a <i>P. xanthii</i> . ‘Védrantais’ (A) e AC-02 (B). Mossoró, UFERSA, 2015.....	24
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Classificação intraespecífica do meloeiro conforme Munger e Robinson (1991) e Pitrat (2008) .....	16
Tabela 2	– Reação esperada de diferenciadoras de meloeiro quando inoculadas com diferentes raças de <i>Podosphaera xanthii</i> (FAZZA, 2006) .....	27
Tabela 3	– Frequência absoluta, razão esperada e teste de Qui-quadrado em seis populações derivadas do cruzamento entre AC-02 x ‘Védrantais’ inoculadas com o isolado Px 03 R1 (Raça 1). Mossoró, UFERSA, 2016.....	28
Tabela 4	– Frequência absoluta, razão esperada e teste de Qui-quadrado em seis populações derivadas do cruzamento entre AC-02 x ‘Védrantais’ inoculadas com o isolado AMA 107 (Raça 5). Mossoró, UFERSA, 2016. ....	29
Tabela 5	– Teste Qui-quadrado envolvendo simultaneamente as frequências de plantas resistentes e suscetíveis da geração F2 inoculadas com as raças 1 e 5 de <i>P. xanthii</i> , admitindo a ocorrência de distribuição independente. Mossoró, UFERSA, 2016.....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1	VARIABILIDADE GENÉTICA DO MELOEIRO.....	15
2.2	<i>Podospaera xanthii</i> EM MELOEIRO.....	17
2.3	ESTUDOS DE HERANÇA DA RESISTÊNCIA A <i>Podospaera xanthii</i> .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	LOCAL.....	23
3.2	GERMOPLASMA.....	23
3.3	OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DOS ISOLADOS: AMA 107 E PX 03 R1	24
3.4	IDENTIFICAÇÃO DA RAÇA DO ISOLADO AMA 107.....	25
3.5	ESTUDO DE HERANÇA.....	26
3.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO DA RAÇA DO ISOLADO AMA 107.....	27
4.2	HERANÇA DA RESISTÊNCIA EM AC-02 A <i>P. XANTHII</i> (RAÇAS 1 E 5)	27
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O oídio é a principal enfermidade de natureza fúngica da parte aérea das cucurbitáceas em todo o mundo. Os seus principais agentes causais são dois patógenos biotróficos obrigatórios: *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun and N. Shishkoff (BRAUN; TAKAMATSU, 2000), Shishkoff (SHISHKOFF, 2000), anteriormente conhecida por *Sphareotheca fuliginea* (Schlecht ex Fr.) Pollaci (*S. fusca*/Fr./Blumer, emenda Braun) (BRAUN, 1995); e *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta (1988), também denominada *Golovinomyces cichoracearum* (D.C.) V.P. Heluta (BRAUN, 1999), anteriormente conhecida por *Erysiphe cichoracearum* D.C. ex merat. No Brasil, as duas espécies foram identificadas em condições de casa de vegetação no estado do Paraná, em diversas cucurbitáceas de importância econômica (AGUIAR et al., 2012). No caso da região Nordeste, apenas a espécie *P. xanthii* foi encontrada (FAZZA, 2006).

No Nordeste do Brasil, a doença ocorre principalmente no segundo semestre do ano (junho a dezembro), período de baixa umidade relativa do ar e elevadas temperaturas. Os sinais do fungo são facilmente visualizados em folhas, pecíolos e hastes de cucurbitáceas, como um pó branco composto por micélio denso, conídios e conidióforos da sua fase imperfeita, podendo cobrir ambas as faces da folha e provocar desfolhação prematura nas plantas. A redução da produtividade e qualidade dos frutos se devem basicamente à diminuição da área foliar para fotossíntese (PÉREZ-GARCIA et al., 2009). No Brasil, não há registros da quantificação de perdas ocasionadas por *P. xanthii*, mas é consenso entre o setor produtivo e os acadêmicos que é a principal doença fúngica de parte aérea de meloeiro do país.

O controle químico é realizado com relativa eficiência por aplicações de fungicidas à base de enxofre (McGRANTH, 2001). No entanto, por ser um método oneroso e, sobretudo, prejudicial ao meio ambiente, a pressão por métodos alternativos de controle ecologicamente desejáveis é cada vez maior. Dentre estes métodos, destaca-se o uso de cultivares resistentes. As vantagens desse método de controle são a facilidade de adoção por parte do produtor, a compatibilidade com outros métodos e a não contaminação ou poluição do meio ambiente. O uso de cultivares resistentes tem se concretizado com sucesso no controle do oídio em meloeiro (DHILLON et al., 2012).

As populações do referido fungo ascomiceto são geneticamente heterogêneas e formadas por raças patogênicas. Este fato é um grande problema para os programas de melhoramento genético visando à resistência ao oídio, de vez que o fungo está sempre se especializando, ocasionando o surgimento de novas raças e, por conseguinte, a quebra da resistência nos genótipos em cultivo (HOSOYA et al., 1999).

A identificação de fontes de resistência no germoplasma disponível é uma das primeiras ações para se obter cultivares resistentes. Nos últimos anos no Brasil, têm sido realizadas coletas de variedades com o intuito de conhecer a variabilidade existente por caracterizações morfológica e molecular (NEITZKE et al., 2009; ARAGÃO et al., 2013). O conhecimento da variabilidade auxilia na preservação do germoplasma e no seu uso em programas de melhoramento genético. Dentre os acessos avaliados para a reação a *P. xanthii*, destacou-se o AC-02 como uma promissora fonte de resistência a várias raças (NUNES et al., 2014).

Todavia, não há informações referentes à resistência genética do acesso AC-02 a diferentes raças do patógeno em questão. Estudos de herança são fundamentais porque orientam sobre a melhor estratégia que deve ser utilizada pelo melhorista para introgressão dos alelos de resistência. Assim sendo, o presente trabalho teve o objetivo de estudar a herança da resistência do acesso AC-02 as raças 1 e 5 de *Podosphaera xanthii* de meloeiro.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Variabilidade genética do meloeiro

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma hortaliça que pertence à família Cucurbitaceae. A sua origem ainda é um tema polêmico entre os autores. Há autores que defendem que o meloeiro é originário da África em função do seu número de cromossomos, uma vez que as demais espécies de cucurbitáceas de origem africana deste gênero têm o mesmo número básico de cromossomos ( $x = 12$ ) (KERJE; GRUM, 2000). Por outro lado, as informações de sequências de DNA mitocondrial e nuclear de acessos africanos, asiáticos e australianos indicam a Ásia como local de origem do meloeiro a partir da espécie *Cucumis callosus* (Rottle) Cogn. et Harms (SEBASTIAN et al., 2010). Estudos sobre cruzamentos envolvendo o meloeiro têm confirmado a hipótese de que *Cucumis callosus* originou o meloeiro (JOHN et al., 2012).

O meloeiro possuiu uma grande variação de caracteres morfológicos e fisiológicos, em especial nos frutos, sendo considerado a espécie mais polimórfica do gênero *Cucumis* (LUAN et al., 2010). O primeiro esforço para estudar a diversidade do meloeiro foi feito pelo botânico Charles Naudin (NAUDIN, 1859). O referido autor trabalhou com uma coleção de 2.000 acessos e dividiu a espécie *C. melo* em variedades. Trabalhos subsequentes tendo como fonte a classificação de Naudin foram realizados por diversos autores (COGNIAUX; HARMS, 1924; FILOV, 1960; WHITAKER; DAVIS, 1962; GREBENŠCIKOV, 1986; MUNGER; ROBINSON, 1991). O meloeiro tem duas subespécies definidas a partir do comprimento de pelos no ovário (JEFREY, 1980). Segundo o referido critério, cultivares com ovários com pelos longos pertencem à subespécie *agrestes*; enquanto que ovários com pelos curtos identificam a subespécie *melo*.

As subespécies estão subdivididas em variedades ou grupos botânicos (BURGER et al., 2010). Uma das classificações da variação intraespecífica do meloeiro mais simples e aceita foi proposta por Munger; Robinson (1991), modificada posteriormente por Robinson; Decker-Walters (1997). Essa classificação baseia-se principalmente no tipo sexual e caracteres do fruto, dividindo a espécie em seis grupos botânicos, sendo os grupos *cantaloupensis*, *inodorus*, *flexuosus* e *dudaim* pertencentes à subespécie *melo*, e os grupos *momordica* e *conomon*, pertencentes à subespécie *agrestis*. Posteriormente, Pitrat (2008) subdividiu os seis grupos em 15 variedades botânicas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação intraespecífica do meloeiro conforme Munger e Robinson (1991) e Pitrat (2008).

Subespécie	Grupo <sup>1</sup>	Variedade <sup>2</sup>
<i>Melo</i>	<i>cantaloupensis</i>	<i>cantaloupensis</i>
		<i>reticulatus</i>
		<i>adana</i>
		<i>chandalak</i>
		<i>ameri</i>
	<i>inodorus</i>	<i>inodorus</i>
		<i>flexuosus</i>
		<i>chate</i>
	<i>Dudaim</i>	<i>dudaim</i>
		<i>momordica</i>
<i>agrestis</i>	<i>momordica</i>	<i>acidulus</i>
		<i>chinensis</i>
	<i>conomon</i>	<i>makuwa</i>
		<i>tibish</i>
		Melão silvestre

<sup>1</sup>Classificação de Munger e Robinson (1991). <sup>2</sup>Classificação de Pitrat (2008).

Dentro das variedades ou grupos botânicos há mais uma subdivisão denominada de tipo, sendo os seguintes tipos mais comercializados no Brasil: Amarelo, Honey Dew, Pele de sapo, Cantaloupe, Gália e Charentais. Os três primeiros tipos de melão pertencem à variedade botânica *inodorus* e se caracterizam por serem frutos sem aroma, boa resistência ao transporte e elevada vida pós-colheita.

Os melões do tipo Cantaloupe (americano) e Charentais (europreu) são aromáticos, têm elevados valores de sólidos solúveis e baixa conservação pós-colheita (NUNES et al., 2006). O melão Galia é de origem israelense a partir de um genitor Honey dew e outro Ogen (KARCHI, 2000). Todos são pertencentes ao grupo botânico *cantaloupensis* conforme a classificação de Munger; Robinson (1991).

Esses tipos de melão podem ser cruzados entre si e na verdade existe uma continuidade entre eles. Com efeito, as diferentes características fenotípicas dos tipos de melão podem ser combinadas e exploradas nos programas de melhoramento dessa cultura, propiciando a produção de genótipos superiores (PITRAT et al., 2000).

O Brasil não é o centro de origem e de domesticação do meloeiro, porém existem variedades tradicionais adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas nacionais. As variedades tradicionais de meloeiro ainda existem devido aos trabalhos de seleção realizados em vários ciclos por pequenos agricultores. As referidas variedades coletadas na agricultura de subsistência de vários estados do Nordeste brasileiro têm sido caracterizadas nos níveis morfológicos e molecular (TORRES et al., 2009; DANTAS et al., 2012; ARAGÃO et al., 2013). Em trabalho recente, Dantas et al. (2015) estudando o relacionamento genético de acessos provenientes de pequenas propriedades do Nordeste com acessos que representam a variabilidade genética do germoplasma do meloeiro por marcadores microssatélites observaram que a maior parte dos acessos nacionais pertencem ao grupo *momordica* de origem indiana. Foram identificados entre esses acessos algumas fontes de resistência a patógenos como *Monosporascus cannonballus* (GUIMARÃES, 2016), *Rhizoctonia solani* (MELO, 2014; SALES JÚNIOR et al., 2015), *Myrothecium roridum* (DANTAS, 2011; NASCIMENTO et al., 2008), *Macrophomina phaseolina* (AMBRÓSIO et al., 2015) e *Pseudoperonospora cubensis* (ALBUQUERQUE et al., 2015). Quatro acessos do grupo botânico *momordica* resistente à *Podosphaera xanthii* foram identificados por Nunes (2014).

## **2.2 *Podosphaera xanthii* em meloeiro**

O oídio é a principal enfermidade de natureza fúngica da parte aérea das cucurbitáceas em todo o mundo. Os seus principais agentes causais são dois patógenos biotróficos obrigatórios: *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun and N. Shishkoff (BRAUN; TAKAMATSU, 2000), Shishkoff (SHISHKOFF, 2000), anteriormente conhecida por *Sphareotheca fuliginea* (Schlecht ex Fr.) Pollaci (S. fusca/Fr./Blumer, emenda Braun) (BRAUN, 1995); e *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta (1988), também denominada *Golovinomyces cichoracearum* (D.C.) V.P. Heluta (BRAUN, 1999), anteriormente conhecida por *Erysiphe cichoracearum* D.C. ex merat. Ambos pertencem ao Filo Ascomycota, Subdivisão Pezizomycotina, Classe Leotiomycetes,

Ordem Erysiphales e Família Erysiphaceae (WANG et al., 2006; BRAUN; COOK, 2012). As duas espécies podem ocorrer ao mesmo tempo na planta originando infecções mistas (KŘÍSTKOVÁ et al. 2009; LEBEDA et al. 2007).

A distinção das duas espécies é feita somente pela observação de vários aspectos nos estágios sexual e assexual. Os conídios da *P. xanthii* são elípticos ou esféricos, com dimensões de  $25\text{--}37 \times 14\text{--}25 \mu\text{m}$  e possui um tubo de germinação lateral frequentemente bifurcado. Os conídios da *G. orontii* medem  $25\text{--}45 \times 14\text{--}26 \mu\text{m}$  e possui um tubo de germinação apical (LEBEDA, 1983). Outro aspecto determinante para a distinção das espécies é a exclusividade da presença dos corpos de fibrosina em *P. xanthii* (UCHIDA et al., 2009). As referidas estruturas são de inclusões celulares lipídicas visíveis ao tratar os conídios com uma solução de hidróxido de potássio a 3% (KABLE; BALLANTYNE, 1963). Além disso, as espécies diferem quanto ao tamanho do cleistotécio, o número de ascos e ascósporos. Em *P. xanthii*, o cleistotécio tem diâmetro entre 65-98, contém umasco com oito ascósporos hialinos enquanto que em *G. orontii* o seu tamanho varia de 80-140  $\mu\text{m}$  e possui de 10-15 ascos contendo 2-3 ascósporos (LEBEDA, 1983; BRAUN; COOK, 2012).

As espécies têm diferentes distribuições geográficas. A espécie *P. xanthii* predomina em áreas temperadas, tropicais e subtropicais (NARUZAWA et al., 2011), enquanto *G. orontii* parece ser prevalente no continente europeu (KŘÍSTKOVÁ et al., 2009). A distinção na distribuição geográfica das duas espécies pode ser devida às suas exigências ecológicas em especial devido às condições de temperatura e umidade (PIRONDI et al., 2015). A espécie *P. xanthii* possui faixa de temperatura para germinação conidial entre 20-30°C com um ótimo em 25°C contra uma faixa mais ampla de 10-30°C de *G. orontii* com ótimo de 22°C (NAGY, 1976; BERTRAND et al., 2002). Concernente à tolerância a umidade, *P. xanthii* é mais tolerante à alta umidade em relação a *G. orontii* durante o processo de infecção (REUVENI; ROTEM, 1974; NAGY, 1976).

Os autores concordam que *P. xanthii* é a principal espécie causadora de oídio em todo o mundo (HOSOYA et al., 2000; DEL PINO et al., 2002; COHEN et al., 2004; McCREIGHT, 2006; MIAZZI et al., 2011; ZHANG et al., 2012). Até o presente, a espécie *P. xanthii* é a única detectada em países como a Espanha (DEL PINO et al., 2002; FERNÁNDEZ-ORTUÑO et al., 2006), Israel e Turquia (KŘÍSTKOVÁ et al., 2009), Grécia (VAKALOUNAKIS et al., 1994), Egito (EL-KAZAZ, 1981) e Marrocos (ENDO et al., 2012). Em adição, a referida espécie é predominante em países como os Estados Unidos (McCREIGHT, 2004; McCREIGHT et al., 2012), Japão

(TAKIKAWA et al., 2015), República Tcheca (KŘÍSTKOVÁ et al., 2009), Itália (MIAZZI et al., 2011; PIRONDI et al., 2015; Bulgária (VELKOV; MASHEVA, 2002), Hungria (NAGY; KISS, 2006) e Ucrânia (TOMASON; GIBSON, 2006). No Brasil, as duas espécies foram detectadas causando oídio em diversas cucurbitáceas de importância econômica em condições de casa de vegetação no Estado do Paraná, (AGUIAR et al., 2012). No caso da região Nordeste, principal região produtora e exportadora do meloeiro, ainda não foi detectada a presença da espécie *G. orontii*.

A doença ocorre principalmente nos períodos de baixa umidade relativa do ar e elevadas temperaturas, características do semiárido nordestino. O oídio ocorre em folhas, pecíolos e gemas jovens do meloeiro como um pó branco composto por micélio denso e esporos. Sob condições ideais para o desenvolvimento do fungo e hospedeiros com alta suscetibilidade, as plantas severamente atacadas perdem o vigor e ocorre desfolhamento prematuro, tendo como consequência a redução da produtividade, que se deve basicamente à diminuição da área foliar para fotossíntese (PÉREZ-GARCIA et al., 2009). A redução da produtividade ocorre pela diminuição no tamanho e número dos frutos. Além disso, a qualidade do fruto pode ser reduzida pela senescência prematura das folhas que expõe os frutos ao sol (ZITTER et al., 1996).

As populações das espécies *P. xanthii* e *G. orontii* são heterogêneas em termos de raças fisiológicas em todas as regiões produtoras de melão ao redor do mundo. A variabilidade patogênica e virulência nestas espécies são manifestadas pela existência de grande número de raças e patótipos (LEBEDA; SEDLÁKOVÁ, 2006; McCREIGHT 2006; McCREIGHT et al., 2005; SEDLÁKOVÁ et al. 2014). A variabilidade constatada em *P. xanthii* é maior em relação àquela observada em *G. orontii* uma vez que foram registradas 45 raças de *P. xanthii* e 13 raças de *G. orontii* (McCREIGHT et al., 2012). A presença de raças é um grande problema para o melhoramento genético, isso porque a variação na população do patógeno diminui a vida útil das cultivares resistentes (HOSOYA et al., 1999; HOSOYA et al., 2000; HOSOYA et al, 2004). Com efeito, são importantes levantamentos anuais ou mesmo dentro do ano para conhecer as raças prevalentes nos campos de produção (BURGER et al., 2010). Essas informações serão úteis para nortear os melhoristas na condução dos programas de melhoramento para dada área geográfica.

No Brasil, um dos primeiros relatos sobre a heterogeneidade de *P. xanthii* foi realizado com isolados oriundos de várias regiões produtoras (REIS; BUSO, 2004). Os referidos autores

observaram que de 31 isolados, 21 eram da raça um e oito da raça 2, evidenciando a prevalência da raça 1. As raças 0, 1, 2 (Francesa), 3, 4 e 5, com prevalência das raças 1 e 2, foram constatadas em uma amostra de 65 isolados, sendo a maioria provenientes do Nordeste (FAZZA, 2006). No ano de 2016, em levantamento feito em cinco locais do Agropólo Mossoró-Assu, foram observadas as raças 0, 1, 3 e 5. Também foram detectadas raças ainda não mencionadas na literatura e a presença da raça 3.5, ainda não relatada no país, indicando uma mudança no conjunto de raças na principal região produtora de melão brasileira (Comunicação pessoal da Eng<sup>a</sup>. Agrônoma Anânkia de Oliveira Ricarte).

A medida de controle mais comum é a aplicação de fungicidas protetores ou sistêmicos à base de enxofre (McGRANTH, 2001; TORÉS et al., 2006; SEDLÁKOVÁ; LEBEDA, 2008). Não obstante, é um método oneroso, pouco eficiente em muitas situações e nocivo ao meio ambiente e ao homem. Em razão disso, a importância de métodos alternativos de controle tem aumentado significativamente frente às pressões por produtos com menores quantidades de resíduos e redução da contaminação ambiental. Outro método de controle do oídio é o uso de cultivares resistentes. Esta alternativa tem como vantagens a fácil adoção pelo produtor, maior segurança alimentar e ambiental e utilização complementar ao controle preventivo, reduzindo custos de produção. O melhoramento genético para resistência a *P. xanthii* em meloeiro tem sido realizado com sucesso em várias partes do mundo (JAHN et al., 2002).

### **2.3 Estudos de Herança da resistência a *Podosphaera xanthii***

Em razão da constante variação observada na população de *P. xanthii* em todas as regiões produtoras ao redor do mundo, os pesquisadores estão buscando continuamente novas fontes de resistência às raças novas ou prevalentes. Uma vez identificado acessos com alelos que conferem resistência às novas raças ou prevalentes em determinada região produtora, o passo seguinte é saber o controle genético da resistência. O conhecimento do controle genético é importante porque auxilia o processo de melhoramento utilizado para a introgressão de alelos em genótipos com excelente qualidade de fruto. No caso dos estudos de herança à diferentes raças de *P. xanthii* em meloeiro há muitas discrepâncias em função de alguns fatores como a identificação incorreta das

espécies, uso de misturas de raças em vez de isolados monospóricos, uso de diferentes germoplasma e metodologias na avaliação (EPINAT et al., 1993).

Os primeiros trabalhos de resistência genética a *P. xanthii* iniciaram-se nos Estados Unidos na década de trinta com a coleta de acessos de melão em diversas partes do mundo. Em um lote de sementes proveniente da Índia (PI 78374) identificou-se a resistência ao oídio. Em seguida, através de um programa de retrocruzamentos combinado com seleção de campo, observou-se que a resistência a raça 1 era controlada por um gene simples, denominado *Pm-1*, contido na cultivar ‘PMR 45’ (JAGGER et al., 1938). Epinat et al. (1993) observaram que a resistência da cultivar ‘PMR 45’ a raça 1 é controlada por um alelo dominante denominado de *Pm-A* (= *Pm-1*). A resistência da diferenciadora WMV-29 à raça 1 é determinada por um alelo dominante que está ligado ou é o próprio *Pm-A*. Kenigsbusch; Cohen (1992) observaram que a resistência do PI 124112 à raça 1 é controlada pelo alelo dominante *Pm-5*.

A resistência da cultivar ‘PMR 5’ a raça 1 é controlada pela presença simultânea de dois alelos dominantes de locos independentes (*Pm-C*<sup>1</sup> e *Pm-D*). O genótipo PMAR N°5 é uma linhagem quase isogênica da ‘PMR 5’. A sua resistência à raça 1 é condicionada por dois alelos dominantes de locos independentes (FUKINO et al., 2004). No entanto, Floris; Álvarez (1995) concluíram que a resistência da linhagem ‘PMR 5’ é controlada por um alelo dominante. Os autores relatam que a discrepância em relação ao trabalho de Epinat et al. (1993) é explicada pelas metodologias empregadas e a agressividades dos isolados.

No ano seguinte ao seu lançamento, ‘PMR 45’ e suas seleções foram suscetíveis ao oídio, evidenciando uma nova raça. Genes de resistência a essa nova raça, denominada de raça 2, foram obtidos em PI 78374. Trabalhos de seleção permitiram o lançamento, em 1942, da cultivar ‘PMR 5’ resistente à raça 2. Esta cultivar possui os genes *Pm-1* que confere resistência a raça 1 e o *Pm-2* mais modificadores que conferem resistência à raça 2 (BOHN; WHITAKER, 1964; HARWOOD; MARKARIAN, 1968). Segundo Epinat et al. (1993), a resistência da cultivar ‘PMR 5’ a raça 2 é controlada por um alelo dominante (*Pm-C*<sup>1</sup>). Segundo os autores, o alelo *Pm-C*<sup>1</sup> corresponde ao alelo *Pm-2* descrito por Bohn; Whitaker (1964) e Harwood; Markarian (1968). Estes mesmos autores verificaram que a resistência de WMV-29 à raça 2 é condicionada pelo alelo dominante *Pm-B*. Os autores relatam ainda que os locos *Pm-A* e *Pm-B* presentes neste material estão ligados (22±3 cM). A herança da resistência do PI 124112 à raça 2 foi estudada por

Kenigsbusch; Cohen (1992). Os autores verificaram que o alelo parcialmente dominante *Pm-4* confere resistência à raça 2. Todavia, Épinat et al. (1993) constataram que a resistência à 2 se deve ao alelo dominante *Pm-C<sup>2</sup>*. A resistência a raça 2 de *P. xanthii* no acesso PI 124111 é condicionada por um alelo parcialmente dominante (COHEN; COHEN, 1986).

A raça 3 de *P. xanthii* foi observada em casa de vegetação no Rio Grande Valley no ano de 1976 e em campo no ano seguinte (THOMAS, 1978). Posteriormente, esta raça foi relatada na Índia (KAUR; JHOOTY, 1986) e Israel (COHEN et al., 1996). Fontes de resistência à raça 3 como Edisto 47, PI 414723, PI 124111, PI 124112 e MR-1 foram identificadas (KUZUYA et al., 2006). Não há muitos trabalhos de herança para a referida raça. Fazza et al. (2013) estudaram a resistência do acesso PI 414723 verificaram que a resistência à raça 3 é controlada por um loco, com dominância do alelo que confere resistência.

A herança da resistência à raça 5 foi estudada nos acessos PI414723 e TGR 1551. No primeiro caso, observou-se controle genético monogênico com dominância do alelo que condiciona a resistência (FAZZA et al., 2013). No segundo caso, o acesso TGR 1551, proveniente de Zimbábue no sudeste africano, possui resistência à raça 5 controlada por dois locos que interagem em uma epistasia recessivo-dominante. Foi o primeiro relato da presença desse tipo de herança em meloeiro (YUSTE-LISBONA, 2010). Este acesso também é resistente às raças 1 e 2.

A raça denomina de “S” foi observada em 2009 em campos de melão em Holtville, Califórnia, Estados Unidos. Avaliando 12 diferenciadoras de raças de *P. xanthii*, McCreight; Coffey (2011) observaram que somente o acesso PI 313970 foi resistente. O referido acesso é proveniente da Índia pertence ao grupo botânico *acidulus* Naudin. Um loco com dois alelos sendo que o alelo recessivo pm-S determina a resistência. O relacionamento deste loco com os genes resistentes e codominantes que conferem as raças 1, 2US, 3, 3.5 e 5 ainda é desconhecido.

Estudando a resistência dos acessos AC-15, coletado em uma pequena propriedade do Rio grande do Norte, no Brasil; e do acesso de origem indiana AM-55, Nunes et al. (2014) observaram que para o primeiro acesso a herança é condicionada por dois genes independentes com interação epistática duplo recessiva no controle genético, enquanto que para o segundo a herança é monogênica e dominante. Este foi o primeiro relato da herança feito em um germoplasma nacional.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local

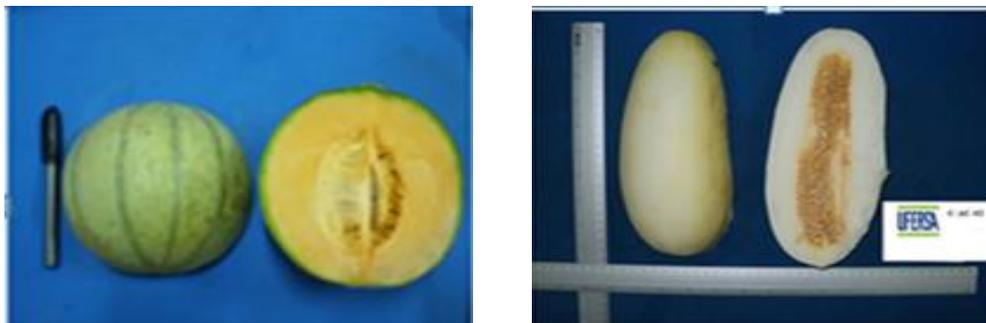
O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), na cidade de Mossoró-RN, de Maio a Julho de 2015. A temperatura média da estufa foi de 29,9°C e a umidade relativa do ar, de 75%. O município de Mossoró está situado na latitude Sul 5° 12'48''; longitude 37° 18'44'' W e com altitude de 37 m acima do nível do mar. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw<sup>h</sup>, ou seja, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995).

### 3.2 Germoplasma

A linhagem 'Védrantais' é uma cultivar francesa, pertencente ao grupo botânico *cantaloupensis*, desenvolvida pela Vilmorin Seed Company. Esta cultivar possui frutos do Tipo Charentais de forma arredondada (IF = 1,0), mesocarpo de coloração laranja e elevado teor de sólidos solúveis (> 11°Brix). É suscetível às raças identificadas até o presente momento, com exceção da raça 0. Em razão disso, vem sendo um dos principais genitores suscetíveis utilizados em estudos de herança. O genitor resistente é o acesso de meloeiro AC-02, que pertence à variedade botânica *momordica* (Roxb.) Duthie et Fuller, de origem indiana. Possui frutos alongados, de coloração de mesocarpo branca e reduzido teor de sólidos solúveis (< 6°Brix), os quais racham quando maduros. Este acesso foi coletado numa área de produção de melão localizada no município de Mossoró-RN. Em todos os ensaios anteriores, ele tem se mostrado resistente a *P. xanthii*. Ambos os genitores compõem a Coleção Ativa de Germoplasma do Departamento de Ciências Vegetais da UFERSA (Figura 2).

No ano de 2013, foi feito o cruzamento entre os referidos genitores, obtendo-se a primeira geração filial (F1). No mesmo ano, autofecundou-se a geração F1 para a obtenção da segunda geração filial (F2). Também foram obtidos os retrocruzamentos RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>, por meio do cruzamento da primeira geração filial (F1) com ambos os genitores. O retrocruzamento RC1 foi o

resultado do cruzamento da geração F1 com o genitor suscetível; e o RC2, da geração F1 com o genitor resistente.



A)

B)

Figura 2. Frutos dos genitores utilizados no estudo de herança para resistência a *P. xanthii*. ‘Védrantais’ (A) e AC-02 (B). Mossoró, UFRSA, 2015.

Fonte: Nunes, G.H.S. (2015)

### 3.3 Obtenção e manutenção dos isolados: AMA 107 e Px 03 R1

O isolado AMA 107 foi coletado em folhas de meloeiro infectadas com o oídio, provenientes de campo de produção de melão do Agropólo Mossoró-Assu. O isolado monospórico Px 03 R1, identificado previamente como raça 1, foi doado pela empresa Sakata<sup>®</sup>. Este isolado foi coletado no município de Baraúna, também pertencente ao Agropólo Mossoró-Assu, no Rio Grande do Norte.

Por se tratar de um parasita obrigatório, os isolados foram mantidos sob condições de laboratório em cotilédones da cultivar Védrantais. Para isso, as plântulas eram mantidas em bandejas de poliestireno com substrato comercial (Tropstrato<sup>®</sup>) até a fase de abertura total dos cotilédones, quando eram destacados e levados ao laboratório. Estes eram previamente desinfestados com álcool 70%, e logo em seguida colocados em placas de Petri contendo meio de cultura para mantê-los vivos por mais tempo.

Os cotilédones foram repicados com os isolados e mantidos, através de transferências periódicas, para outros cotilédones, com auxílio de um pincel fino n° 2 esterilizado. Após a transferência, as placas eram lacradas com filme plástico de polietileno de baixa densidade, e

mantidas em estufa tipo BOD (Demanda bioquímica de oxigênio) à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

O isolado AMA 107 foi submetido ao cultivo monospórico para manter sua pureza e evitar possíveis misturas com outras raças. O procedimento foi realizado com auxílio de um microscópio estereoscópio, em que um único conídio foi capturado de uma colônia do cotilédone de meloeiro Védraçais com um pincel de cílio humano (um pelo de cílio colocado na ponta de uma agulha de injeção de insulina) e transferido para um novo cotilédone contido em uma placa de Petri, com meio de cultura. As placas foram lacradas e mantidas sob mesmas condições descritas acima.

### **3.4 Identificação da raça do isolado AMA 107**

A identificação da raça do isolado AMA 107 foi realizada utilizando as seguintes diferenciadoras: 'Hale's Best Jumbo', 'Védraçais', 'PMR 45', 'PMR 5', 'PMR 6', WMR 29, 'Edisto 47' e PI 414723, referentes ao sistema de determinação de raças de *P. xanthii* desenvolvido por Pitrat et al. (1998).

As diferenciadoras de oídio foram semeadas em vasos plásticos de 400ml contendo a mistura na proporção 1:1 de solo autoclavado e substrato comercial (Topstrato<sup>®</sup>). Foi utilizada uma amostra de cinco plantas para cada diferenciadora. A inoculação foi feita aos 25 dias após a semeadura, na terceira folha verdadeira de cada uma das plantas, utilizando a metodologia de Yuste-Lisbona et al. (2010), que consiste no depósito de uma pequena quantidade (<2g) de partes do fungo (micélio e conídios) com o auxílio de um palito de dente.

A avaliação ocorreu 10 dias após a inoculação, com auxílio de uma lupa (10X), observando-se o desenvolvimento de micélio, conidióforos e conídios do isolado. Para distinguir os níveis de resistência das diferenciadoras, foi empregada a escala de notas proposta por Yuste-Lisbona (2010): Nota 1: sem colonização e reprodução do patógeno; Nota 2: pequeno crescimento de micélio e de conidióforos e cadeias curtas de conídios; Nota 3: crescimento de micélio, poucos conidióforos e cadeias longas de conídios; Nota 4: crescimento abundante de micélio, grande quantidade de conidióforos e cadeias longas de conídios. As notas 1 e 2 correspondem à resistência, quando a reprodução foi inexistente ou escassa, ao passo que notas 3 e 4 correspondem à susceptibilidade.

### **3.5 Estudo de herança**

As inoculações foram feitas conforme a metodologia empregada por Yuste-Lisbona et al. (2010), na terceira folha verdadeira em dois pontos equidistantes da nervura foliar central, com o auxílio de um palito de dente. Foram inoculadas um total de 255 plantas, sendo 5 plantas do genitor resistente, 5 plantas do genitor suscetível, 5 plantas da geração F1, 120 plantas da geração F2 e 60 plantas de cada um dos retrocruzamentos. Após a inoculação a irrigação foi feita cuidadosamente sem que as folhas das plantas fossem molhadas.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação isoladas e cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 2Kg contendo a mistura na proporção 1:1 de solo autoclavado e substrato comercial (Topstrato®). Foram feitas três avaliações, aos 10, 20 e 30 dias após inoculação, utilizando a mesma escala de notas de 1 a 4, descrita no subitem 3.4, os quais eram suscetíveis quando houve reprodução abundante de conídios (nota 3 e 4) e resistentes quando a reprodução foi inexistente ou escassa (nota 1 e 2).

### **3.6 Análises estatísticas**

As análises foram feitas a partir das frequências observadas nas plantas das populações segregantes em resistentes e suscetíveis. Adotou-se o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para testar modelos genéticos visando explicar a herança da resistência usando um erro nominal de 5% ( $\alpha = 0,05$ ). As análises foram processadas no programa SAS Versão 9.2® (SAS INSTITUTE, 2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Identificação da raça do isolado AMA 107

No estudo de herança, inicialmente deve-se ter o conhecimento da raça do isolado a ser utilizado. Na identificação das raças de *P. xanthii* geralmente é utilizado um grupo composto por cultivares de meloeiro diferenciadoras de raças (COHEN et al., 2004). Com base no sistema de classificação de raças proposto por Pitrat et al. (1998), foi identificada a raça do isolado AMA 107 inoculado nas diferenciadoras (Tabela 2).

Tabela 2. Relação e reação esperada de cultivares de meloeiro quando inoculadas com diferentes raças de *Podospaera xanthii*.

Fonte: Pitrat et al. (1998).

Diferenciadora	Raça						
	0	1	2US	2FR	3	4	5
‘Védrantais’	R	S	S	S	S	S	S
‘PMR 45’	R	R	S	S	S	S	S
‘PMR 5’	R	R	R	R	S	R	R
WMR 29	R	R	H	R	S	S	S
‘Edisto 47’	R	R	S	R	S	R	S
PI 414723	R	R	S	R	R	R	R
MR-1	R	R	R	R	R	R	R
PI 124112	R	R	R	R	R	R	R

H: Heterogêneo

Ao comparar a reação esperada apresentada na Tabela 1 com a reação de resistência observada nas diferenciadoras ‘PMR 6’, ‘PMR 5’, ‘MR-1’ e ‘PI414723’; e de susceptibilidade nas diferenciadoras ‘PMR 45’, WMR 29, ‘Edisto 47’ e ‘Védrantais’, definiu-se que o isolado AMA 107 pertence à raça 5 de *P. xanthii*. Reis; Buso (2004) relataram pela primeira vez a ocorrência da raça 5 no Brasil.

### 4.2 Herança da resistência em AC-02 a *P. xanthii* (raças 1 e 5)

Observa-se na Tabela 3 que todas as plantas do genitor AC-02 foram resistentes, assim como todas as plantas do genitor ‘Védrantais’ foram suscetíveis à raça 1 de *P. xanthii*. Todas as plantas da geração F1 foram resistentes ao fungo. Na geração F2, foram observadas 86 plantas resistentes e 34 plantas suscetíveis, ao passo que no retrocruzamento RC1 (F1 x VEN) foram verificadas 22 plantas resistentes e 21 suscetíveis. Todas as plantas do retrocruzamento RC1 (F1 x AC-02) foram resistentes.

Tabela 3. Frequência absoluta, razão esperada e teste de Qui-quadrado em seis populações derivadas do cruzamento entre AC-02 x ‘Védrantais’ inoculadas com o isolado Px 03 R1 (Raça 1). Mossoró, UFERSA, 2016.

Fonte: Ricarte, A. O. (2016)

População	Frequência absoluta		Razão	$\chi^2$	Probabilidade
	Resistente	Susceptível			
AC-02	5	0	(1:0)		
‘Védrantais’(VED)	0	5	(0:1)		
F1	5	0	(1:0)		
F2	86	34	(3:1)	0,71	0,39
RC1 (F1 x VED)	22	21	(1:1)	0,02	0,88
RC2 (F1 x AC02)	43	0	(1:0)		

Nota-se que não houve segregação na geração F1, confirmando que os genitores são puros. A geração F1 apresentou a mesma reação do AC-02, o genitor resistente. Na geração F2, o resultado parece se aproximar de uma relação de 3 resistentes para 1 suscetível. O retrocruzamento RC1 (F1 x VED) parece segregar numa proporção de 1 resistente: 1 suscetível. A partir dessas frequências observadas, foi proposto um modelo para explicar o controle genético da resistência verificada no acesso AC-02. O modelo propõe uma herança simples, explicada por um gene composto por dois alelos, em que o alelo que confere a resistência é dominante sobre o alelo que confere suscetibilidade. O referido modelo foi testado utilizando o teste de Qui-quadrado a partir dos desvios entre as frequências observadas e esperadas na população F<sub>2</sub> e no RC1.

De acordo com esse modelo, a proporção fenotípica esperada na geração F<sub>2</sub> é de três plantas resistentes para uma planta suscetível (3:1). No retrocruzamento RC1 (F1 x VED), a frequência

esperada é de uma planta resistente e uma planta suscetível (1:1). Os desvios entre as frequências esperadas e observadas dos fenótipos para ambas as populações foram não significativos segundo o teste de Qui-quadrado  $\chi^2_{F2} = 2,84$ ;  $p = 0,09$ ;  $\chi^2_{RC1} = 0,02$ ;  $p = 0,88$  (Tabela 2). Portanto, aceita-se a hipótese formulada, ou seja, a frequência observada se ajusta a uma frequência esperada, considerando uma segregação de 3:1 na geração F2 e de 1:1 no retrocruzamento RC1 (F1 x VED). Em outras palavras, a diferença entre as frequências observadas e esperadas se deve ao acaso.

Resultados semelhantes foram observados ao interpretar a reação de segregação à raça 5 de *P. xanthii* (Tabela 4), onde os desvios entre as frequências esperadas e observadas dos fenótipos também não são significativos pelo teste Qui-quadrado,  $\chi^2_{F2} = 0,71$ ;  $p = 0,39$ ;  $\chi^2_{RC1} = 0,02$ ;  $p = 0,89$ .

Tabela 4. Frequência absoluta, razão esperada e teste de Qui-quadrado em seis populações derivadas do cruzamento entre AC-02 x 'Védrantais' inoculadas com o isolado AMA 107 (Raça 5). Mossoró, UFERSA, 2016.

Fonte: Ricarte, A. O. (2016)

População	Frequência absoluta		Razão	$\chi^2$	Probabilidade
	Resistente	Susceptível			
AC-02	5	0	(1:0)		
'Védrantais'(VED)	0	5	(0:1)		
F1	5	0	(1:0)		
F2	82	38	(3:1)	2,84	0,09
RC1 (F1 x VED)	22	21	(1:1)	0,02	0,88
RC2 (F1 x AC-02)	43	0	(1:0)		

Desse modo, para as duas raças, a herança da resistência do acesso AC-02 foi explicada por um modelo com um gene composto por dois alelos (*A* e *a*), sendo que o alelo que confere a resistência (*A*) possui dominância completa sobre o alelo que confere suscetibilidade (*a*). Assim, o genótipo do genitor suscetível 'Védrantais' pode ser descrito por *aa*, ao passo que o genótipo do acesso resistente é *AA*. Todas as plantas resistentes na geração F<sub>1</sub> têm o genótipo *Aa*. Na geração F<sub>2</sub>, os genótipos das plantas resistentes podem ser *AA* e *Aa*, totalizando proporção fenotípica de  $\frac{3}{4}$ , ao passo que o genótipo das plantas suscetíveis é *aa*, com uma proporção de  $\frac{1}{4}$ . No

retrocruzamento RC<sub>1</sub>, o genótipo das plantas resistentes é *Aa*, ao passo que em plantas suscetíveis é *aa*.

A ocorrência de uma herança monogênica e dominante é a mais frequente em estudos realizados com diferentes fontes de resistência à distintas raças de *P. xanthii* (JAGGER et al., 1938; BOHN; WHITAKER, 1964; HARWOOD; MARKARIAN, 1968a; COHEN, COHEN, 1986; FLORIS; ALVAREZ, 1996; BARDIN et al., 1999; FUKINO et al., 2004; PITRAT, BESOMBLES et al., 2008). Todavia, o acesso PI 313970 possui resistência à raça “S”, condicionada por um alelo recessivo denominado *pm-S* (McCREIGHT; COFFEY, 2011). Também possui resistência às raças 1 e 2US, conferida por alelos recessivos (McCREIGHT, 2003). Além disso, em dois estudos observou-se a presença de epistasia. No primeiro estudo, o acesso TGR 1551, coletado em Zimbábue (sudeste africano), tem resistência às raças 1, 2 e 5. A herança da resistência do referido acesso às três raças é determinada por dois *loci* que interagem em uma epistasia recessivo-dominante. Foi o primeiro relato da presença desse tipo de herança em meloeiro (YUSTE-LISBONA, 2010). No segundo estudo, Nunes et al. (2015) observaram que na resistência do acesso C-AC-15 estão envolvidos dois genes compostos por dois alelos com interação de dominância completa e interação gênica (epistasia) do tipo duplo recessiva. Os resultados discrepantes em estudos de herança são em função da variabilidade dos genitores, variabilidade do patógeno (raças fisiológicas), métodos empregados e variações ambientais (COHEN et al., 2004).

Realizado o estudo de herança para as duas raças, algumas questões precisam ser respondidas, tais como: a) a resistência às raças 1 e 5 é conferida pelo mesmo gene ou por genes diferentes? Em caso de genes diferentes, eles estariam ligados? Se ligados, qual a distância? Visando a responder às referidas questões, analisou-se ao mesmo tempo as frequências de plantas resistentes e suscetíveis na geração F<sub>2</sub> (Tabela 5).

Tabela 5. Teste Qui-quadrado envolvendo simultaneamente as frequências de plantas resistentes e suscetíveis da geração F2 inoculadas com as raças 1 e 5 de *P. xanthii*, admitindo a ocorrência de distribuição independente. Mossoró, UFERSA, 2016.

Fonte: Ricarte, A. O. (2016)

Fenótipos		Frequência		FR
Reação à raça 1	Reação à raça 5	FO	FE	(%)
Resistente	Resistente	68	67,5	0,57
Resistente	Susceptível	18	22,5	0,15
Susceptível	Resistente	14	22,5	0,12
Susceptível	Susceptível	20	7,5	0,17
Total		120	120	
$(\chi^2)$		24,94 (p < 0,05)		

FR: Frequência de recombinação; FO: Frequência observada; FE: Frequência esperada.

Quando se observa a reação às duas raças ao mesmo tempo, nota-se que a proporção fenotípica observada na F2 não é explicada pela lei da distribuição independente, a qual corresponde à lei do produto de probabilidades: (3:1) (3:1) = 9:3:3:1. Para comprovação, as comparações das frequências observadas (FO) e esperadas (FE) foram usadas no teste do  $\chi^2$ , que foi significativo, rejeitando-se a hipótese de segregação independente (Tabela 5).

A distribuição independente ocorre quando os genes considerados estão em cromossomos diferentes. Considerando que os resultados da Tabela 4 excluem a ocorrência de distribuição independente, pode-se deduzir que o gene que confere resistência à raça 1 e aquele que confere resistência à raça 5 estão no mesmo cromossomo, isto é, eles estão ligados.

Houve formação de recombinantes (Tabela 5), em função da permuta entre os genes. A estimativa pode ser obtida a partir da segregação da geração F<sub>2</sub>. Um por cento de recombinação é igual, em média, a um centimorgan (cM), que representa a distância linear de um gene para o outro. Assim, a distância entre os genes denominados px1-ac02 e px5-ac02 estimada foi de 28,5 cM. Apenas um relato foi encontrado na literatura sobre genes ligados que conferem resistência às diferentes raças de *P. xanthii*. Fazza et al. (2013), estudando a herança da resistência do acesso PI 414723 às raças 1, 3 e 5 de *P. xanthii*, constataram ligação completa entre os genes de resistência

às raças 1 e 5 (3,1 cM). Nesta situação, em razão da forte ligação entre os genes, a tarefa de obter materiais resistentes às duas raças fica facilitada, diferentemente do resultado do presente trabalho, devido à maior distância entre os genes.

Não obstante, ressalta-se que o acesso AC-02 é uma promissora fonte de resistência para ser utilizada em programas de melhoramento visando à resistência às raças 1 e 5 de *P. xanthii*, bem como a raça 3 (dado não publicado e herança não determinada). A introgressão dos genes px1-ac02 e px5-ac02 em *backgrounds* de materiais com boas características agronômicas, como elevada produtividade e qualidade do fruto, pode ser feita pelo método de retrocruzamento. Como o acesso AC-02 possui baixa qualidade de frutos, frutos alongados e que racham quando maduros (NUNES et al., 2015), serão necessários vários retrocruzamentos para obter genótipos resistentes, produtivos e com frutos de excelente qualidade. O tempo pode ser reduzido com o uso de marcadores moleculares nas gerações de retrocruzamento, como tem sido sugerido e aplicado em alguns programas (COLLARD et al., 2005).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A herança da resistência do AC-02 às raças 1 e 5 é controlada cada uma por um gene composto por dois alelos, sendo que o alelo que confere resistência domina o alelo para suscetibilidade. A distância entre o gene que controla a resistência à raça 1 (px1-ac02) e o gene que confere resistência à raça 5 (px5-ac02) é 28,5 cM.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, B.M.; VIDA, J.B.; TESSMANN, D.J.; OLIVEIRA, R.R.; AGUIAR, R.L.; ALVES, T.C.A. Fungal species that cause powdery mildew in greenhouse grown cucumber and melon in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 3, p. 247-252, 2012.
- ALBUQUERQUE, L.B.; ANTONIO, R.P.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, R.V.; SILVA FILHO, A.J.R. Caracterização morfológica de fontes de resistência de meloeiro a *Pseudoperonospora cubensis*. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 100-107, 2015.
- AMBRÓSIO, M.M.Q.; DANTAS, A.C.A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E.M.; MEDEIROS, A.C.; NUNES, G.H.S.; PICÓ, M.B. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, v. 203, p. 1-12, 2015.
- ARAGÃO, F.A.S., TORRES FILHO, J.; NUNES, G.H.S.; QUEIRÓZ, M.A.; BORDALLO, P.N.; BUSO, G.S.C.; FERREIRA, M.A.; COSTA, Z.P.; BEZERRA NETO, F. 2013. Genetic divergence among accessions of melon from traditional agriculture of the Brazilian northeast. **Genetic Molecular Research**, v. 12, p. 6356-6371, 2013.
- BRAUN, U. & S. TAKAMATSU; Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (*Erysipheae*) and *Cystotheca*, *Podospaera*, *Sphaerotheca* (*Cystothecaceae*) inferred from rDNA ITS sequences - some taxonomic consequences. - *Schlechtendalia* 4: 1-33, 2000.
- BERTRAND, F. AR Hale's Best Jumbo: a new differential melon variety (*Sphaerotheca fuliginea*) races in leaf disk test. p. 234-237. In: D.N.Maynard (ed.). **Cucurbitaccae 2002**. ASHS Press. Alexandria, Va. 2002.
- BOHN, G.W.; WHITAKER T.W. Genetics of resistance to powdery mildew race 2 in muskmelon. **Phytopathology**, v. 54, n.4, p. 587-591, 1964.
- BRAUN U.; COOK R.T.A. **Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)**. CBS Biodiversity Series no. 11. Utrecht, the Netherlands: CBS-KNAW Fungal Diversity Centre. 2012.
- BRAUN, U. **The Powdery Mildews (Erysiphales) of Europe**. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1995.
- BURGER, Y.; PARIS, H.S.; COHEN, R.; KATZIR, N.; TADMOR, Y.; LEWINSOHN, E.; SCHAFFER, A.A. Genetic diversity of *Cucumis melo*. **Horticulture Review**. v. 36, p. 165-198, 2010.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p. 1995.

COGNIAUX, A.; HARMS, H. *Cucurbitaceae - Cucurbiteae - Cucumerineae*, p. 116-157. In **Das Pflanzenreich. Regni vegetabilis conspectus** (A. Engler ed.). Vol: 88 (IV.275.II). ilhelm Engelmann, Leipzig (DE). 1924.

COHEN, S.; COHEN, Y. Genetics and nature of resistance to powdery mildew race 2 in *Cucumis melo* PI-124111. **Phytopathology**, v. 76, p. 1165-1167, 1986.

COHEN, R.; KATZIR, N.; SCHREIBER, S.; GREENBERG, R.; YARDEN, O. Occurrence of *Sphaerotheca fuliginea* race 3 on cucurbits in Israel. **Plant Disease**, v. 80, p. 344, 1996.

COHEN, R. BURGER, Y.; KATZIR, N. Monitoring physiological races of *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*), the causal agent of powdery mildew in cucurbits: factors affecting race identification and the importance for research and commerce. **Phytoparasita**, v. 32, p. 174-183, 2004.

COLLARD, B.C.Y. et al. An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The basic concepts. **Euphytica**, v. 142, p. 169-196, 2005.

DANTAS, D.A. Reação de acessos de meloeiro a *Myrothecium roridum*. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). 65p. 2011.

DANTAS, A.C.A.; NUNES, G.H.S.; ARAÚJO, I.S.; ALBUQUERQUE, L.B. Caracterização molecular de acessos de melão coletados no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 183-189, 2012.

DANTAS, A. C. de A. IDENTIFICAÇÃO DE QTLs E HERANÇA DE CARACTERES ASSOCIADOS À QUALIDADE DE FRUTOS DO MELOEIRO. 95p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2015.

DEL PINO, D.; OLALLA, L.; PEREZ-GARCIA, A.; RIVERA, M.E.; GARCIA, S.; MORENO, R.; VICENTE, A.; TORÉS, J.A. Occurrence of Races and Pathotypes of Cucurbit Powdery Mildew in Southeastern Spain. **Phytoparasitica**, v. 30, n.5, p. 1-8, 2002.

DHILLON, N.P.S., MONFORTE, A.J., PITRAT, M. Melon landraces of India: contributions and importance. **Plant Breeding Reviews**, v. 35, p. 85-150, 2012.

EL-KAZZAZ M.K. *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll. the causal agent of powdery mildew on many cucurbits in Egypt. **Egyptian Journal of Phytopathology**, v. 13, p. 65-66, 1981.

ENDO T., EL GUILLI M., FARIH A., TANTAOUI A. Identification of powdery mildew fungus on Moroccan cucurbitaceous plants. **Al Awamia**, v.1, p. 125–126, 2012.

EPINAT, C.; PITRAT, M.; BERTRAND, F. Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildews. **Euphytica**, v. 65, p. 135-144, 1993.

FAZZA, A. C. Caracterização e ocorrência de agentes causais de oídio em cucurbitáceas no Brasil e reação de germoplasma de meloeiro. (**Dissertação de Mestrado**). Piracicaba: ESALQ, 60p. 2006.

FAZZA, A.C.; DALLAGNOL, L.J.; FAZZA, A.C.; MONTEIRO, C.C.; LIMA, B.M.; WASSANO, D.T.; CAMARGO, L.E.A. Mapping of resistance genes to races 1, 3 and 5 of *Podosphaera xanthii* in melon PI 414723. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, p. 349-355, 2013.

FERNÁNDEZ-ORTUÑO D., PÉREZ-GARCÍA A., LÓPEZ-RUIZ F., ROMERO D., DE VICENTE A., TORÉS J.A. Occurrence and distribution of resistance to QoI fungicides in populations of *Podosphaera xanthii* in south central Spain. **European Journal of Plant Pathology**, v. 115, p. 215-222, 2006.

FILOV, A.I. [**The problem of melon systematics**]. Vestnik sel'skochozjajstvennoj nauki, v. 1, p. 126-132. 1960.

FLORIS, E.; ALVAREZ, J.M. Genetic analysis of resistance of three melon lines to *Sphaerotheca fuliginea*. **Euphytica**, v. 81, p. 181-186, 1995.

FLORIS, E.; ALVAREZ, J.M. Nature of resistance of seven melon lines to *Sphaerotheca fuliginea*. **Plant Pathology**, v. 45, p.155-160, 1996.

FUKINO, N.; KUNIHISA, M.; MATSUMOTO, S. Characterization of recombinant inbred lines derived from crosses in melon (*Cucumis melo* L.), PMAR 5 x 'Harukei No. 3'. **Breeding Science**, v. 54, p. 141-145, 2004.

GREBENŠCIKOV, I. **Cucurbitaceae**, In Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (J. Schultze-Motel ed.). Vol: 2. Akademie Verlag, Berlin (DE). p. 914-951. 1986.

GUIMARÃES, I.M. Reação de germoplasma de melão a *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* e herança da resistência do acesso AC-33 a *Monosporascus cannonballus*. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). 71p. 2016.

HARWOOD, R.R.; MARKARIAN, D. The inheritance of resistance to powdery mildew in the cantaloupe variety Seminole. **The Journal of Heredity**, v. 59, n.2, p. 126-130, 1968.

HOSOYA, K.; NARISAWA, K.; PITRAT, M.; EZURA, H. Race identification in powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) on melon (*Cucumis melo*) in Japan. **Plant Breeding**, v. 118, p. 259-262, 1999.

HOSOYA, K.; KUZUYA, M.; MURAKAMI, T.; KATO, K.; NARISAWA, K.; EZURA, H. Impact of resistant melon cultivars on *Sphaerotheca fuliginea*. **Plant Breeding**, v. 119, p. 286-288, 2000.

JAGGER, I.C.; WHITAKER, T.W.; PORTER, C.R. A new biologic form of powdery mildew on muskmelons in the Imperial Valley of California. **Plant Disease Reporter**, v. 22, n.2, p. 275-276, 1938.

JAHN, M.; MUNGER, H.M.; McCREIGHT, J.D. Breeding Cucurbit Crops for Powdery Mildew Resistance. In: **The powdery mildews: a comprehensive treatise**. (BÉLANGER, R.R.; BUSHNELL, W.R.; DIK, A.J.; CARVER, T.L.W., eds), Ed. APS Press, St. Paul (MN, USA). pp 239-248, 2002.

JEFREY, C. A review of the cucurbitaceae. **Botanic Journal Linneus Society**, v. 81, n.2., p. 233-247, 1980.

JOHN, K.J.; SCARIAH, S.; NISSAR, V.A.M.; LATHA, M.; GOPALAKRISHNAN, S.; YADAV, S.R.; BHAT, K.V. On the occurrence, distribution, taxonomy and genepool relationship of *Cucumis callosus* (Rottler) Cogn., the wild progenitor of *Cucumis melo* L. from India. **Genetic Resources Crop Evolution**, v. 59, n.1., p 1-10, 2012.

KABLE, F.P.; BALLANTYNE, J.B. Observation on the cucurbit powdery mildew in the Ithaca district. **Plant Disease Reporter**, v. 47, p. 482, 1962.

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

KAUR, J.; JHOOTY, J.S. Presence of race 3 of *Sphaerotheca fuliginea* on muskmelon in Pujab. **Indian Phytopathology**, v. 39, p.297-299, 1986.

KENIGSBUCH, D.; COHEN, Y. Inheritance and allelism of genes for resistance to races 1 and 2 of *Sphaerotheca fuliginea* in Muskmelon. **Plant Disease**, v. 76, p. 626-629, 1992.

KERJE, T., GRUM, M. The origin of melon, *Cucumis melo*: A review of the literature. **Acta Horticulture**, v. 510, n.1, p. 34-37, 2000.

KRISTKOVÁ, E.; LEBEDA, A.; SEDLTLKOVÁ, B. Species spectra, distribution and host range of cucurbit powdery mildews in the Czech Republic, and in some other European and Middle Eastern countries. **Phytoparasita**, v. 37, p. 337-350, 2009.

KUZUYA M.; YASHIRO K.; TOMITA K. Melon breeding for resistance to powdery mildew in respect to its races. **Proceedings Vegetable Tea Science**, v. 1, p. 39-43, 2004.

KUZUYA, M.; YASHIRO, K.; TOMITA, K.; EZURA, H. Powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) resistance in melon is categorized into two types based on inhibition of the infection processes. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 9, p. 2093-2100, 2006.

LEBEDA, A. The genera and species spectrum of cucumber powdery mildew in Czechoslovakia. **Journal of Phytopathology**, v.108, p. 71-79, 1983.

LEBEDA, A.; SEDLÁKOVÁ, B. Identification and survey of cucurbit powdery mildew races in Czech populations. In: G.J. Holmes (Ed.), **Proceedings of Cucurbitaceae 2006** (pp.444-452). Raleigh: Universal Press. 2006.

LEBEDA, A.; SEDLÁKOVÁ, B.; KŘÍSTKOVÁ, E. Temporal changes in pathogenicity structure of cucurbit powdery mildew populations. **Acta Horticulturae**, v. 731, p. 381-388, 2007.

LUAN, F.; SHENG, Y.; WANG, Y.; STAUB, J.E. Performance of melon hybrids derived from parents of diverse geographic origins. **Euphytica**, v. 173, n.1, p. 116, 2010.

McGRANTH, M.T. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: Experiences and challenges. **Plant Disease**, v. 85, n. 1, p. 236-245, 2001.

McCREIGHT, J. D. Genes for resistance to powdery mildew races 1 and 2 U.S. in melon PI 313970. **HortScience**, v. 38, n.4, p. 591-594, 2003.

McCREIGHT, J.D. Notes on the change of the causal species of cucurbit powdery mildew in the U.S. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, 27,8-23, 2004.

McCREIGHT, J.D.; COFFEY, M. D.; TURINI, T. A.; MATHERON, M.E. Field evidence for a new race of powdery mildew on melon. **HortScience**, v. 40, p. 888 (Abstr.). 2005.

McCREIGHT, J.D. Melon-powdery mildew interactions reveal variation in melon cultigens and *Podosphaera xanthii* races 1 and 2. **Journal American Society Horticulture Science**, v.131, p. 59-65, 2006.

McCREIGHT, J.D.; COFFEY, M.D. Inheritance of Resistance in melon PI 313970 to Cucurbit powdery mildew incited by *Podosphaera xanthii* race S. **Hortscience**, v. 46, n. 6, p. 828-840, 2011.

McCREIGHT, J.D.; COFFEY, M.; SEDLAKOVA, B.; LEBEDA, A. Cucurbit powdery of melon incited by *Podosphaera xanthii*: Global and western U.S. perspectives. **Cucurbitaceae 2012, Proceedings of the Xth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae** (eds. Sari, Solmaz and Aras) Antalya (Turkey), October 15-18th, 2012.

MELO, D.R.M. Métodos de inoculação, reação de acessos e herança da resistência do meloeiro à *Rhizoctonia solani*. 2014. 99p. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia).

MIAZZI, M.; CATALDO LAGUARDIA, C.; FARETRA, F. Variation in *Podosphaera xanthii* on Cucurbits in Southern Italy. **Journal Phytopathology**, v. 159, p. 538–545, 2011.

MUNGER, H.M.; ROBINSON, R.W. Nomenclature of Cucumis melo L. **Cucurbit Genetic Cooperative Report**, v. 14, n. 1, p. 43-44, 1991.

NAGY G.S.Z., KISS L. A check-list of powdery mildew fungi of Hungary. **Acta Phytopathologica Hungarica**, 41, 79-91, 2006.

NAGY, G.S. Studies on powdery mildews of cucurbits I. Life cycle and epidemiology of *Erysiphe cichoracearum* and *Sphaerotheca fuliginea*. **Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 11, p. 205-210, 1976.

NARUZAWA, E. S.; VALE, R. K. D.; SILVA, C. M.; CAMARGO, L. E. A. Estudo da diversidade genética de *Podosphaera xanthii* através de marcadores AFLP e sequencias ITS. **Summa Phytopathology**, v. 37, n. 2, p. 1-8, 2011.

NASCIMENTO, Í.J.B.; NUNES, G.H.S.; SALES JÚNIOR, R.; SILVA, K.J.P.; GUIMARÃES, I.M.; MICHEREFF, S.J. Reaction of melon accessions to crater rot and resistance inheritance. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 459-465, 2008.

NAUDIN, C.V. Review des cucurbitacées cultivées on Museum. **Annales des Sciences Naturelles: Botanique**. Serie .4, v.12, p.79-164, 1859.

NEITZKE, R.S. et al. Caracterização morfológica e dissimilaridade genética entre variedades crioulas de melão. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p. 534-538, 2009

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, E.W.L.P. Reação de germoplasma, herança e identificação de marcadores SNP associados a resistência a *Podosphaera xanthii* em meloeiro. **Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)**, 122p.,2014.

NUNES, E.W.L.P.; PÉREZ, E.M.M.; ARAGAO, F.A.S. ; NUNES, G.H.S.; PICÓ, M.B. Inheritance of resistance to *Podosphaera xanthii* in melon accessions AM-55 and C-AC-15. In: V ISHS INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CUCURBITS, 2015, Cartagena. **Programme and Book of Abstracts**. Cartagena: ISHS, 2015. v. 1. p. 84-84.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, R.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; LÓPEZ RUIZ, F.; VICENTE, A.; TORÉS, J.A. The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. **Molecular Plant Pathology**, v. 10, n.2, p. 153-160, 2009.

PIRONDI, A.; PÉREZ-GARCÍA, A.; BATTISTINI, G.; MUZZI, E.; BRUNELLI, A.; COLLINA, M. Seasonal variations in the occurrence of *Golovinomyces orontii* and *Podosphaera xanthii*, causal agents of cucurbit powdery mildew in Northern Italy, **Annals of Applied Biology**, v. 167, p. 298-313, 2015.

PITRAT M, DOGIMONT C, BARDIN M. 1998. Resistance to fungal disease of foliage in melon. *Cucurbitaceae* 98, 167–173.

PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. **Acta Horticulture**, v.510, p.29-36, 2000.

PITRAT, M. **Melon**. In: J. PROHENS and F. NUEZ (eds.), Handbook of plant breeding. Springer, New York. p. 283-315, 2008.

REIS, A.; BUSO, J.A. Levantamento preliminar de raças de *Sphaerotheca fuliginea* no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 122, n.3, p. 628-631, 2004.

REUVENI R.; ROTEM J. Effect of humidity on epidemiological patterns of the powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) on squash. **Phytoparasitica**, v. 2, p. 25-33, 1974.

ROBINSON, R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. **Cucurbits**. CAB International, Oxon (UK). p. 226. 1997.

SALES JÚNIOR, R.; NUNES, G.H.S.; SILVA, K.J.P.; COSTA, G.G.; GUIMARÃES, I. M.; MICHEREFF, S.J. Caracterização morfológica de fontes de resistência de meloeiro a *Rhizoctonia solani*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 196-202, 2015.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 9.2. 4<sup>th</sup> ed. Cary: SAS Institute, 2005. v.2. 846p.

SEBASTIAN, P.; SCHAEFERB, H.; TELFORD, I.R.H.; RENNER, S.S. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in asia and australia, and the sister species of melon is from Australia. **Proceedings National Academy Science USA**, v. 107, p. 14269–14273, 2010.

SEDLÁKOVÁ, B., LEBEDA, A., GRYZOVÁ, K., KRÍSTKOVÁ, E. Virulence structure (pathotypes, races) of cucurbit powdery mildew populations in the Czech Republic in the years 2010-2012. **In Cucurbitaceae 2014 Proceedings** (pp. 28-31). Alexandria: ASHS Press. 2014.

SEDLÁKOVÁ, B.; LEBEDA, A. Fungicide resistance in Czech populations of cucurbit powdery mildews. **Phytoparasitica**, v. 36, p. 272-289, 2008.

SHISHKOFF, N. The name of the cucurbit powdery mildew: *Podosphaera* (sect. *Sphaerotheca*) *xanthii* (Castag.) U. Braun & N. Shish. comb. nov. **Phytopathology**, 90, S133, 2000.

TAKIKAWA, Y.; NONOMURA, T.; MIYAMOTO, S.; OKAMOTO, N.; MURAKAMI, T.; MATSUDA, Y.; KAKUTANI, K. KUSAKARI, S.; TOYODA, H. Digital microscopic analysis of conidiogenesis of powdery mildew pathogens isolated from melon leaves. **Phytoparasitica**, v. 43, p. 517-530, 2015.

THOMAS, C.E. A new biological race of powdery mildew of cantaloupes. **Plant Disease Report**, v. 62, p. 223, 1978.

TOMASON Y., GIBSON P.T. Fungal characteristics and varietal reactions of powdery mildew species on cucurbits in the steppes of Ukraine. **Agronomy Research**, v. 4, p. 549-562, 2006.

TORRES FILHO, J.; NUNES, G.H.S.; VASCONCELOS, J.J.C.; COSTA FILHO, J.H.; COSTA, G.G. Caracterização morfológica de acessos de meloeiro coletados no Nordeste Brasileiro. **Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 174-181, 2009.

VAKALOUNAKIS D.J., KLIRONOMOU E., PAPADAKIS A. Species spectrum, host range and distribution of powdery mildew on Cucurbitaceae in Crete. **Plant Pathology**, 43, 813-818, 1994.

VELKOV N., MASHEVA S. Species and races composition of powdery mildew on cucurbits in Bulgaria. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, 25, 7-10, 2002.

WANG Z.; JOHNSTON P.R.; TAKAMATSU S.; SPATAFORA J.W.; HIBBETT D.S. Phylogenetic classification of the Leotiomyces based on rDNA data. **Mycologia**, v. 98, p. 1066-1076, 2006.

WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. **Cucurbits: botany, cultivation, and utilization**. London: [s.n], 1962. 249 p.

YUSTE-LISBONA, F.J.; LÓPEZ-SESÉ, A.L.; GÓMEZ-GUILLAMÓN, M.L. Inheritance of resistance to races 1, 2 and 5 of powdery mildew in the melon TGR 1551. **Plant Breeding**, v. 129, n.1, p. 72-75, 2010.

ZHANG, C.; REN, Y.; GUO, S.; HAIYING ZHANG, H.; GONG, G.; DU, Y.; XU, Y. Application of comparative genomics in developing markers tightly linked to the Pm-2F gene for powdery mildew resistance in melon (*Cucumis melo* L.). **Euphytica**, v. 181, n. 2, p. 1-12, 2012.

ZITTER, T. A; HOPKINS, D. L; THOMAS, C. E; **Compendium of curcubit diseases**. St. Paul: APS, 87 p, 1996.