

# Porta-enxertos de macieira: passado, presente e futuro

Frederico Denardi<sup>1</sup>, Marcus Vinicius Kvitschal<sup>2</sup> e Maraisa Crestani Hawerth<sup>3</sup>

**Resumo** – A evolução mundial do uso de porta-enxertos de macieira pode ser segmentada em três fases distintas: a) pé franco e *seedlings*: envolveu um período milenar, ao longo do qual a preocupação era a facilidade de propagação por sementes e a indução de vigor à copa; b) porta-enxertos clonais: com ênfase na facilidade de propagação, compatibilidade na enxertia, bom ancoramento radicular da planta, boa capacidade em controlar o vigor da copa e resistência ao pulgão-lanífero; c) porta-enxertos com características de interesse universal. Além dos atributos característicos dos porta-enxertos até então utilizados, a capacidade de controlar o vigor, induzir alta precocidade e produtividade, como também boa qualidade aos frutos, são caracteres de interesse universal presentes nos porta-enxertos desenvolvidos a partir da década de 1970. Além disso, tem-se como atributos complementares em porta-enxertos desenvolvidos nesta fase a incorporação de resistência a fatores bióticos, entre os quais a podridão do colo, o pulgão-lanífero e o fogo bacteriano.

**Termos para indexação:** *Malus domestica* Borkh.; propagação; enxertia.

## Apple rootstocks: past, present and future

**Abstract** – The global evolution of the use of apple rootstocks can be classified on three distinct phases: a) Own rooted and seedlings: involving a millennial period along of it the emphasis was on propagation ability by seeds and induction of vigor to the scion; b) Clonal rootstocks: developed with emphasis on propagation ability, grafting compatibility, good root anchorage, good ability to control scion vigor and resistance to woolly apple aphid; c) Clonal rootstocks with attributes of universal interest: in addition to some attributes peculiar to the previous used rootstocks, good ability on vigor control of the scion, induction of high precocity and high productivity of good fruit quality are attributes of universal interest from the rootstocks developed after the 1970's. Besides, several rootstocks developed in this presented have the resistance to biotic factors as complementary attributes, such as collar rot and root rot, woolly apple aphid and fire blight.

**Index terms:** *Malus domestica* Borkh; propagation; grafting.

## Introdução

O uso de porta-enxertos para fruteiras de clima temperado é uma prática milenar (Webster & Wertheim, 2003). No entanto, os maiores avanços em melhoramento genético de porta-enxertos para a macieira (MGPE) foram obtidos nos últimos cinquenta anos. Nesse contexto, a evolução histórica na busca de atributos de importância agrônoma pode ser segmentada em três fases distintas: a) pé franco e *seedlings*: é a fase na qual foi dada ênfase à facilidade de multiplicação via sementes e à capacidade de induzir vigor e sustentação à copa em produção (Webster, 2002); b) porta-enxertos clonais, dando enfoque às demandas locais: fase em que foi iniciado o melhoramento genético de porta-enxertos de macieira, com seu início em 1917, dando origem às séries inglesas “Malling” (“M”), “Merton

Immune” (“MI”) e “Malling Merton” (“MM”) (Cummins & Aldwinckle, 1983). Nessa fase, os atributos facilidade de propagação vegetativa, boa compatibilidade na enxertia, boa capacidade de induzir vigor à copa e resistência ao pulgão-lanífero (PL) (*Eriosoma lanigerum*, Hausm), foram os principais atributos incorporados aos porta-enxertos desenvolvidos. A alta resistência ao PL foi incorporada apenas nos porta-enxertos das séries “MI” e “MM”, na Inglaterra, objetivando atender demandas das ex-colônias britânicas do Hemisfério Sul: a Austrália, a Nova Zelândia e a África do Sul. Além desses, outros programas de MGPE desenvolvidos no Hemisfério Norte tiveram por objetivo central a resistência a frios intensos em atendimento a demandas de alguns países (Rússia, República Tcheca, Polônia, Suíça, Canadá e norte dos EUA), resistência à podridão do colo (PC) (*Phytophthora cac-*

*torum* Lebert & Cohn) na Polônia e vigor superanizante para cultivo em solos de alta fertilidade na Polônia, República Tcheca e Rússia (Webster, 2002). Embora muitos desses porta-enxertos sejam eficientes no controle do vigor, na indução de precocidade de frutificação, na produtividade e na qualidade dos frutos da copa, a maioria não evidencia resistência ao pulgão-lanífero, incluindo os da série inglesa “M” (Tabela 1), restringindo seu cultivo comercial no Sul do Brasil, onde essa praga é limitante; c) porta-enxertos clonais com enfoque universal: desenvolvidos a partir da década de 1970, marcaram uma nova era no uso de porta-enxertos para macieira. Nessa fase foi dada ênfase às demandas de caráter global, tais como facilidade de propagação, qualidade dos perfílios nos viveiros, compatibilidade na enxertia, capacidade de controlar o vigor da copa (desde superanizantes até semi-▶

Recebido em 8/12/2014. Aceito para publicação em 18/5/2015.

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, M.Sc. Epagri/Estação Experimental de Caçador, SC, e-mail: denardi@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri/Estação Experimental de Caçador, SC, e-mail: marcusvinicius@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Engenheira-agrônoma, Dra. Epagri/Estação Experimental de Caçador, SC, e-mail: maraisahawerth@epagri.sc.gov.br.

vigorosos), alta capacidade de induzir precocidade à copa, produtividade e qualidade dos frutos, resistência à PC, ao PL e ao fogo bacteriano (FB) (*Erwinia amylovora*), doença essa ainda não detectada no Brasil.

## A ascensão do uso de porta-enxertos clonais para macieira

O cenário atual do setor produtivo da macieira em nível mundial indica que os porta-enxertos das categorias mais vigorosas, procedentes de sementes (*seedlings*) caíram em desuso, dando espaço aos porta-enxertos clonais com maior capacidade de controlar o vigor, desde os superaninizantes aos semianinizantes (Cummins & Aldwinckle, 1983).

Mas além da melhor capacidade de controlar o vigor da copa, ao longo do tempo foram desenvolvidos diversos novos porta-enxertos ao redor do mundo, nos quais também foram agregadas outras características, tais como resistência a pragas e doenças, resistência ao frio intenso, compatibilidade de enxertia, facilidade de propagação no viveiro (Figura 1), bem como capacidade de induzir maior precocidade, produtividade e qualidade de frutos à copa.

Da série inglesa “M” permanecem no mercado somente quatro – ‘M.7’, ‘M.9’, ‘M.26’ e ‘M.27’ –, sendo todos suscetíveis ao PL e, portanto, considerados pouco adequados para cultivo no Sul do Brasil (Tabelas 1 e 2). Desses quatro, os aninizantes ‘M.9’ e ‘M.26’ são ainda hoje os porta-enxertos mais cultivados no Hemisfério Norte, principalmente na Europa e nos EUA, em virtude da grande adoção de sistemas de cultivo em alta densidade (Hrotkó, 2007). Porém ambos apresentam várias limitações, entre as quais se destaca a alta suscetibilidade ao PL e ao FB (Tabela 1). O ‘M.7’ ainda tem espaço em plantios de média densidade de cultivo nos Estados Unidos (Hirst, 2001), porém é altamente suscetível ao PL, lento em promover a frutificação da copa e muito propenso ao rebrotamento (Denardi, 2002). Já o superaninizante ‘M.27’, cultivado em alguns países europeus e nos EUA, tem como limitações a suscetibilidade ao PL

e ao FB, e induz produção de frutos de menor calibre, em comparação aos porta-enxertos menos aninizantes. Por ser de porte superaninizante e ter sistema radicular fraco e superficial, o ‘M.27’ só é indicado para combinações com cultivares vigorosos para cultivo em solos de alta fertilidade (Webster & Wertheim, 2003). Entre os porta-enxertos das séries inglesas “MI” e “MM”, apenas o MI.793 e o MM.106 continuam no mercado. Porém o primeiro é muito vigoroso e o segundo muito suscetível à PC, motivos que promoveram o desuso desses porta-enxertos no Sul do Brasil.

Pela constatação de que os porta-enxertos da série “M” apresentavam constantes infecções por vírus, as Estações Experimentais de *East Malling* e *Long Ashton* desenvolveram um projeto para a limpeza desses agentes infecciosos das plantas matrizes via termoterapia e cultura de meristemas *in vitro* (Ferre & Carlson, 1987). Os porta-enxertos incluídos nesse trabalho foram o M.7, o M.9, o M.26 e o M.27. Após a limpeza de vírus, foram reintroduzidos no mercado como novos clones com a sigla “EMLA” (*East Malling/Long Ashton*), como o ‘M.9 EMLA’. Por serem livres de vírus, esses clones são mais vigorosos e, geralmente, induzem à copa (também livre de vírus) maior produção e período produtivo mais longo.

Embora não haja nenhum programa

de melhoramento de porta-enxertos de macieira no Brasil, em 1987 a Epagri introduziu um lote de 45 novos porta-enxertos da série Geneva®, desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da Universidade de Cornell, EUA., com o objetivo de testar a adaptação desses materiais nas condições edafoclimáticas brasileiras, visto que as demais características existentes nessa série atendem as demandas dos produtores brasileiros. Após 27 anos de pesquisa, seis deles (‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.757’, ‘G.874’ e ‘G.896’) estão sendo indicados pela pesquisa, considerando as boas perspectivas de uso comercial no Brasil.

Da mesma forma, em 1997 a Epagri também introduziu alguns dos porta-enxertos da série JM, desenvolvidos pela Estação Experimental de Morioka, no Japão. No entanto, conforme resultados de pesquisa obtidos na Estação Experimental de Caçador, esses mostraram ser mais propensos ao rebrotamento e ao desenvolvimento de *burrknots* que os porta-enxertos da série Geneva®.

## Porta-enxertos desenvolvidos antes da década de 1970

Muitos dos porta-enxertos desenvolvidos no exterior até a primeira me-



Foto: Frederico Denardi

Figura 1. Viveiro de porta-enxertos de macieira

Tabela 1. Relação de porta-enxertos de macieira das duas primeiras gerações históricas; sendo dentre os clonais aqueles obtidos no período de 1917 até década de 1960 e suas características mais relevantes, considerando as demandas para a cadeia produtiva da maçã do Sul do Brasil.

Porta-enxerto	Parentais	Origem	Comparativo de Vigor	Potencial de produção <sup>1*</sup>	Reação a doenças e ao PL <sup>2*</sup>				Outros atributos agrônômicos importantes ou inconvenientes limitantes
					PC <sup>3*</sup>	PL <sup>3*</sup>	FB <sup>3*</sup>	DR <sup>3*</sup>	
'Seedling'	Polinização aberta	-	Vigoroso <sup>4*</sup>	Muito baixo	I	I	I	T	Plantas desuniformes; demorado a produzir
MM-106	Northern Spy x M.1	Inglaterra	Semivigoroso	Alto	MS	R	S	T	Muito suscetível à podridão do colo
P.2	M.9 x Antonovka	Polônia	= M.27 <sup>5*</sup>	Muito alto	R	S	S	S	Induz frutos pequenos; é difícil de propagar
P.16	Longfield x M.11	Polônia	= M.27	Muito alto	R	S	S	-	Suscetível aos <i>burrknots</i> e ao rebrotamento
P.22	M.9 x Antonovka	Polônia	= M.27	Muito alto	R	S	S	-	Muito ananizante e difícil de propagar
P.59	-	Polônia	< M.27	Muito alto	R	S	-	-	Muito ananizante e suscetível aos <i>burrknots</i>
P.61	-	Polônia	= M.27	Muito alto	R	S	-	-	Muito ananizante
P.62	A.2 x M.27	Polônia	= M.9 <sup>6*</sup>	Muito alto	R	S	-	-	Poucas informações na literatura
P.66	-	Polônia	= M.27	Muito alto	R	S	-	-	Muito ananizante
P.67	A.2 x P.2	Polônia	= M.9	Muito alto	R	S	-	-	Poucas informações na literatura
B.9	M.8 x Red Standard	Rússia	M.9 / M.26	Muito alto	R	S	S	S	Propagação difícil; sensível a solos secos
B.146	-	Rússia	= M.27	Muito alto	-	S	S	-	Propenso aos <i>burrknots</i> e ao rebrotamento
B.396	-	Rússia	= M.26	Muito alto	-	-	-	-	Sensível a solos secos
B.469	-	Rússia	= M.9	Muito alto	-	-	-	-	Poucas informações na literatura
B.490	B.9 x B.13.14	Rússia	= MM.106	Alto	T	S	T	-	Alguns rebrotamentos e <i>burrknots</i>
B.491	-	Rússia	= M.27	Muito alto	S	S	S	-	Tem rebrotamento, mas é fácil de propagar
J-TE-E	M.9 x Beauty Cronsels	Rep. Tcheca	= M.9	Alto	-	-	-	-	Propenso ao rebrotamento
J-TE-F	M.9 x Beauty Cronsels	Rep. Tcheca	= M.9	Alto	-	-	-	-	Muito rebrotamento
J-TE-G	M.9 x Beauty Cronsels	Rep. Tcheca	= M.27	Muito alto	-	-	-	-	Muito ananizante
Suporter 1	M.9 x <i>M. baccata</i>	Alemanha	= M.9	Muito alto	-	-	S	-	Algum rebrotamento; induz frutos pequenos
Suporter 2	M.9 x <i>M. micromalus</i>	Alemanha	= M.9	Alto	-	-	S	-	Induz à copa frutos pequenos
Suporter 3	M.9 x <i>M. micromalus</i>	Alemanha	= M.9	Alto	-	-	S	-	Induz à copa frutos pequenos; propaga fácil
Suporter 4	M.9 x M.4	Alemanha	= M.26	Alto	T	R	S	T	Fácil de propagar
J.9	M.9 x Polinização livre	Alemanha	= M.9	Muito alto	R	S	S	-	Algum rebrotamento e produz <i>burrknots</i>
Ottawa 3	M.9 x Robin	Canadá	> M.9	Muito alto	R	S	S	-	Difícil de propagar; sensível a vírus
Mark	M.9 x Polinização livre	EUA	= M.9	Muito alto	R	S	S	S	Propenso ao rebrotamento e aos <i>burrknots</i>
Bemali	Manks Codling x M.4	Suíça	= M.26	Alto	-	R	R	-	Propenso ao rebrotamento e aos <i>burrknots</i>
Pure 1	B.9 x Polinização livre	Bielorrússia	= M.27	Muito alto	-	-	-	-	Fácil de propagar, mas muito ananizante

<sup>1\*</sup> Em geral, a produtividade da copa, induzida pelo porta-enxerto, tem relação direta com a capacidade deste de induzir precocidade de frutificação.

<sup>2\*</sup> R = Resistente; MR = Medianamente resistente; T = Tolerante; S = Suscetível; I = Indefinida; '-' = não se obteve a informação.

<sup>3\*</sup> PC = podridão do colo (*P. cactorum*); PL = pulgão-lanífero (*E. lanigerum*); FB = fogo bacteriano (*E. amylovora*); DR = doença de replantio da macieira.

<sup>4\*</sup> Pé-franco (100%); <sup>5\*</sup> Comparativamente ao superananizante M.27 EMLA, com 20% a 25% do pé-franco; <sup>6\*</sup> M.9 EMLA, com vigor entre 35% e 40% do pé-franco.

tade do século 20 não atendem às principais demandas do Sul do Brasil. Os da série polonesa P, que são suscetíveis ao pulgão-lanífero, os das séries J-TE (República Tcheca) e os da série B (Rússia), os quais são suscetíveis ao rebrotamento ou muito ananizantes, foram desenvolvidos especificamente para atender demandas de seus países de origem, principalmente para resistência a frios intensos. O maior inconveniente desses porta-enxertos é a suscetibilidade ao PL, uma vez que, conforme Denardi (2002), apenas o 'Bemali' e o 'Suporter 4' são resistentes a essa praga (Tabela 1).

Os porta-enxertos M.27, P.2, P.16, P.22, P.59, P.61, P.62, P.69, B.146, B.491 e o J-TE-G são muito ananizantes, restringindo seu cultivo apenas em solos profundos, férteis ou com sistema de fertirrigação. Alguns deles ('P.16', 'P.59', 'B.146', 'B.490', 'J-TE-F', 'Mark' e o 'Bemali') são muito propensos ao rebrotamento ou aos *burrknots* (nódulos aéreos de formações radiculares). Outros são difíceis de propagar, tais como o 'B.9', 'P.2' e 'P.22'. Muitos, como o 'B.146', 'B.396', 'B.469', 'Bemali', o 'Pure 1', todos os da série 'J-TE' e alguns da série 'PiAu' ('Suporter 1', 'Suporter 2' e

'Suporter 3'), não foram testados para resistência à PC. Dezesesseis (57%) entre os 28 porta-enxertos mostrados na Tabela 1 são suscetíveis ao PL, e para os demais não foi possível encontrar informações na literatura, porém esses porta-enxertos são originários de países onde o PL não é limitante (Rússia, República Tcheca e Alemanha). Considerando todos os atributos necessários para atender as demandas do Sul do Brasil, só dois desses porta-enxertos poderiam ser de interesse: o 'Suporter 4', com vigor similar ao do 'M.26', fácil de propagar, resistente ao PL, tolerante à PC e ao ▶

Tabela 2 – Relação de porta-enxertos de macieira da terceira geração de melhoramento genético, obtidos a partir da década de 1970 e seus principais atributos, que os credenciam como sendo os mais adequados para as condições edafoclimáticas do Sul do Brasil.

Porta-enxerto	Parentais	Origem	Vigor comparativo <sup>(1)</sup>	Potencial de produção <sup>(2)</sup>	Reação a doenças e ao PL <sup>(3)</sup>				Outros atributos agrônômicos importantes ou inconvenientes limitantes
					PC <sup>(4)</sup>	PL <sup>(4)</sup>	FB <sup>(4)</sup>	DR <sup>(4)</sup>	
M.27 <sup>(5)</sup>	M.13 x M.9	Inglaterra	SRA	Muito alto	R	S	S	S	Muito ananizante e induz frutos pequenos
M.9	Desconhecidos	Inglaterra	A	Muito alto	R	S	S	S	Induz frutos grandes, mas muitos <i>burrknots</i>
M.26	M.16 x M.9	Inglaterra	A	Alto	S	S	MS	S	Não tolera solos mal drenados
M.116 <sup>(7)</sup>	M.27 x MM.106	Inglaterra	= MM.106	Alto	R	R	-	T	Substituto em potencial do MM.106
AR 86-1-20 <sup>(7)</sup>	M.27 x MM.106	Inglaterra	M.7/ MM.106	Alto	R	R	-	T	Ainda não introduzido no mercado
M.7	Desconhecidos	Inglaterra	SA	Médio	MR	MS	R	T	Rebrota muito; plantas desuniformes
G.11 <sup>(6)</sup>	M.26 x R.5	EUA	M.9/ M.26	Muito alto	R	S	T	S	Induz frutos grandes e bem coloridos
G.41	M.27 x R.5	EUA	M.9	Muito alto	R	R	R	R	É difícil de enraizar, mas induz frutos grandes
G.202	M.27 x R.5	EUA	= M.26	Alto	R	R	R	R	Emite alguns rebrotamentos; fácil de propagar
G.210	Ottawa 3 x R.5	EUA	M.26/ M.7	Alto	R	R	R	R	Emite alguns rebrotamentos; fácil de propagar
G.213	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.26	Muito alto	R	R	R	S	Induz abertura de ramos e boa ramificação
G.214	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.26	Muito alto	R	R	R	R	Fácil de propagar, mas rebrota no pomar
G.222	M.27 x R.5	EUA	M.9/ M.26	Alto	R	R	R	S	Fácil de propagar
G.757	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.9	Muito alto	R	R	R	-	Fácil de propagar; induz à copa ramos finos
G.874	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.7	Alto	R	-	R	R	Fácil de propagar; perfilhos bem uniformes
G.890	Ottawa 3 x R.5	EUA	M.7/ MM.106	Alto	R	R	R	T	Fácil de propagar
G.896	M.9 x R.5	EUA	= MM.106	Alto	R	R	R	R	Bem precoce para sua categoria de vigor
G.935	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.26	Muito alto	R	S	R	R	Fácil de propagar
G.969	Ottawa 3 x R.5	EUA	= M.26	Alto	R	R	R	S	Fácil de propagar
CG.056	PK x R.5	EUA	= M.7	Alto	R	R	R	T	Folhas vermelhas; raízes finas de absorção
V2 <sup>(8)</sup>	Keer x M.9	Canadá	= M.26	Alto	-	R	R	-	Difícil de propagar
V3	Keer x M.9	Canadá	= M.9	Alto	-	R	R	-	Alta resistência a frios intensos
V7	Keer x M.9	Canadá	= M.7	Alto	-	R	R	-	Alta resistência a frios intensos
JM.1 <sup>(8)</sup>	Maruba x M.9	Japão	= M.9	Muito alto	R	R	-	-	Enraizamento fácil por estacas
JM.7	Maruba x M.9	Japão	= M.9	Muito alto	R	R	S	-	Enraizamento fácil por estacas
JM.8	Maruba x M.9	Japão	= M.9	Alto	R	R	-	-	Enraizamento fácil por estacas

<sup>(1)</sup> SRA = Superananizante; A = Ananizante; SA = Semiananizante.

<sup>(2)</sup> Em geral, a produtividade da copa, induzida pelo porta-enxerto, tem relação direta com a capacidade deste de induzir precocidade de frutificação.

<sup>(3)</sup> R = Resistente; MR = Medianamente resistente; T = Tolerante; S = Suscetível; MS = Muito suscetível; '-' = Desconhecido.

<sup>(4)</sup> PC = podridão do colo (*P. cactorum*); PL = pulgão-lanífero (*E. lanigerum*); FB = fogo bacteriano (*E. amylovora*); DR = doença de replantio da macieira.

<sup>(5)</sup> Série "M" (Inglaterra); <sup>(6)</sup> Série "Geneva" (EUA); <sup>(7)</sup> Série "AR" (Inglaterra); <sup>(8)</sup> Série "V" (Canadá); <sup>(8)</sup> Série "JM" (Japão).

complexo de doenças do replantio (DR); e o 'Bemali', resistente ao PL, porém sua reação à PC e à DR é desconhecida.

## Porta-enxertos desenvolvidos após a década de 1970

Os programas de melhoramento de porta-enxertos desenvolvidos a partir da década de 1970 contemplam muito mais atributos agrônômicos relevantes (Cummins & Aldwinckle, 1983). Esses programas são os que têm disponibilizado no mercado as melhores séries de porta-enxertos das três últimas déca-

das, sendo os que melhor atendem às demandas sul-brasileiras. Entre os principais programas de melhoramento de porta-enxertos de macieira, destacam-se o inglês, da *Horticultural Research International* (HRI) (Série AR) (Webster & Tobutt, 2001), o canadense *Vineland* (Série V) (Elfvin et al., 1993), o japonês *Apple Rootstock Morioca* (ARM) (Série JM) (Soejima et al., 1999), e com mais ênfase o norte americano (Série Geneva\*) (Cummins & Aldwinckle, 1983).

Dos sete porta-enxertos da série canadense "V" introduzidos no mercado (Tabela 2), o 'V.2', o 'V.3' e o 'V.7' mostraram atributos agrônômicos promissores (Hirst, 2001). O 'V.3' é mais anani-

zante que o 'M.9'; já o 'V.2' induz vigor similar ao 'M.26'; e o 'V.7' se assemelha ao 'M.7' em vigor. Os três equivalem ao 'M.26' na indução de precocidade e produtividade à copa, induzem eficiência produtiva maior que o 'M.7' e são resistentes ao PL e ao FB. No entanto, não foram obtidas informações em relação a seu comportamento quanto à ocorrência de PC.

Entre os porta-enxertos da série japonesa "JM", Soejima et al. (1999) reportam que os melhores são o 'JM.1', o 'JM.7' e o 'JM.8'. Esses porta-enxertos são virtuais candidatos para substituir o 'M.9 EMLA' e o 'M.26 EMLA' no Japão por possuir os seguintes atributos: a)

resistência à PC e ao PL; b) facilidade de enraizamento, inclusive por estaquia; c) controle do vigor e precocidade de frutificação semelhantes ao 'M.9', porém com melhor eficiência produtiva, especialmente o 'JM.7' (Soejima et al., 1999). Em estudos realizados na Estação Experimental da Epagri de Caçador, o 'JM.7' e o 'JM.8' mostraram tendências de rebrotamento, porém menos propensos a emitir *burrknots* que o 'M.9', com destaque em produção para o 'JM.7' (Denardi, 2010). Russo et al. (2007) reportam que o 'JM.7' foi equivalente ao 'M.9 T337' em eficiência produtiva nos EUA.

Da série inglesa "AR", o principal destaque é o 'M.116' (AR86-1-5). Produto do cruzamento 'M.27' x 'MM.106', apresenta vigor semelhante ao do 'MM.106', porém com as vantagens de ter boa resistência simultânea à PC e ao PL, e maior resistência à DR. É comparável ao 'MM.106' em induzir precocidade de frutificação e alto potencial produtivo à copa (Webster & Tobutt, 2001). Além do 'M.116', o 'AR86-1-20' (ainda não introduzido no mercado), apresenta vigor intermediário entre o 'M.7' e 'MM.106', resistência à PC e ao PL, tolerância à DR e há indicativos de ser mais produtivo que o 'MM.106'. Outros porta-enxertos dessa série estão em estudos na Europa e na Nova Zelândia, dos quais muitos reúnem atributos importantes para as demandas das regiões produtoras de maçã no Sul do Brasil (Webster & Tobutt, 2001).

O programa de melhoramento da série americana "Geneva\*", considerando a ampla gama de atributos mapeados para serem incorporados aos novos porta-enxertos, é certamente o que vem desenvolvendo porta-enxertos que melhor atendem as demandas de interesse da pomicultura brasileira. Entre as dezenas de porta-enxertos desenvolvidos nessa série e selecionados para estudos avançados, 13 já foram introduzidos no mercado, que são: G.11, G.16, G.30, G.41, G.65, G.202, G.210, G.213, G.214, G.222, G.890, G.935 e G.969 (Russo et al., 2007; Fazio et al., 2013b) (Tabela 2). Nessa série de porta-enxertos são comuns as seguintes características: a) resistência à PC e ao FB; b) alguns com resistência ao PL; c) alguns tolerantes à DR; d) indução de maior precocidade de produção e de alto potencial produtivo à copa; e) pouco rebrotamento e *burrknots*

(Robinson et al., 2011; Kvitschal et al., 2013); f) resistência ao frio intenso.

Segundo Fazio et al. (2013b), muitos desses porta-enxertos superaram os tradicionais M.9, M.26, M.7 e MM.106 em produção acumulada e eficiência produtiva na maioria dos experimentos conduzidos nos EUA. O G.30 equivale ao G.210 em vigor e em vários outros atributos, mas é suscetível ao PL, pode romper no ponto de enxertia e ramifica muito no viveiro (Robinson et al., 2003). O 'G.11' e o 'G.935', embora sejam candidatos a substituir o 'M.9' ('G11') e o 'M.26' ('G.935') nos EUA e na Europa, têm limitações de uso nas regiões frutícolas brasileiras em função da suscetibilidade ao PL (Fazio et al., 2013b). O 'G.16' é muito sensível a viroses, e o 'G.65' é demasiadamente ananizante. Além desses, as seleções ainda não introduzidas no mercado G.757 e G.896 se destacaram em estudos conduzidos na Epagri (Denardi et al., 2014b), bem como o G.874, o CG.008 e o CG.056 (dados não publicados).

Em termos de vigor, essa série de porta-enxertos fica assim ordenada: a) ananizantes (vigor do M.9 ao M.26): G.11, G.41, G.202, G.213, G.214, G.222, G.757, G.935, CG.008, CG.5087; b) semiananizantes (vigor próximo ao do M.7): G.210, G.874; G.969 e CG.056; c) semivigorosos (vigor próximo ao do MM.106): G.896 e G.890 (Russo et al., 2007; Robinson et al., 2011). Além de resistentes à PC, ao PL e ao FB (Robinson et al., 2011), os porta-enxertos G.41, G.202, G.210, G.214 e G.890 são tolerantes à DR, com destaque para o G.202 e o G.210 (Tustin et al., 2003). O G.210 também tem induzido à copa eficiência produtiva semelhante ao ananizante 'M.9' (Robinson & Hoying, 2004; Denardi et al., 2014a; Denardi et al., 2014b), mostrando ser uma boa opção entre os porta-enxertos semiananizantes. O 'G.896' (embora não conste na rede de experimentos no exterior), bem como o 'G.874' e o 'CG.056', são destaques em experimento em condições de replantio conduzidos em Fraiburgo, SC (estudo em andamento). O 'G.874' mostrou eficiência produtiva nos EUA bem superior a seu controle, o 'M.7' (Robinson et al., 2011). Quanto à precocidade de frutificação e à eficiência produtiva, todos os 11 ananizantes citados e os semiananizantes 'G.210' e

'G.969' são equivalentes aos ananizantes 'M.9' e 'M.26' (Robinson & Hoying, 2004; Robinson et al., 2006). Para o caráter habilidade de propagação, apenas o 'G.41' parece ter alguma limitação, por ser difícil de enraizar (Robinson et al., 2003; Fazio et al., 2013b); todos os demais mostraram maior facilidade de propagação que o 'M.9'. De acordo com Fazio et al. (2013a), o 'G.41', embora difícil de enraizar e possuir lenho e raízes quebradiços, induz à copa alta precocidade em frutificar, alta eficiência produtiva, frutos grandes e boa angulação de abertura dos ramos. Para esses autores, o 'G.41' é uma excelente opção para substituir o 'M.9' em regiões com histórico de FB, PL ou DR. No entanto, esse porta-enxerto ainda não foi testado nas condições edafoclimáticas brasileiras. O 'G.202', que se destacou em estudos na Nova Zelândia (Tustin et al., 2003), pode ser uma opção interessante em substituição ao 'M.26' em regiões com problemas de PC e PL, como no Sul do Brasil (Fazio et al., 2013b). Fazio et al. (2013a) reportam que o 'G.11', o 'G.214' e o 'G.890' são muito fáceis de propagar. Em estudos conduzidos na Epagri, o 'G.213', o 'G.757', o 'G.874' e o 'G.969' mostraram ser mais fáceis de multiplicar que o 'M.9' (Figuras 2 e 3).

Importante ressaltar que os porta-enxertos de macieira parecem ter efeito sobre a copa na expressão de outros caracteres importantes, para as quais não se tinha informações. Segundo Fazio et al. (2009), estudos recentes de natureza genética mostram que esses porta-enxertos têm a habilidade de interferir na síntese de proteínas que afetarão vários componentes da copa. Resultados de pesquisa obtidos nos últimos seis anos mostram que alguns deles ('G.11', 'G.213', 'G.214', 'G.874' e 'G.935') induzem melhor brotação e mais ramificação, bem como melhor abertura dos ramos da copa (Fazio & Robinson, 2008; Denardi, 2010; Denardi et al., 2012; Denardi et al., 2013; Fazio et al., 2013a; Macedo, 2014).

Fazio et al. (2009) observaram que vários porta-enxertos da série Geneva\*, que se destacaram em induzir à copa boa precocidade, alta produtividade e boa qualidade de frutos, como o G.210, possuem sistema radicular com predominância de raízes de absorção (finas) em relação às raízes estruturais ►



Figura 2 - Viveiro do porta-enxerto de macieira da série americana Geneva G.213



Figura 3 - Perfilamento do porta-enxerto de macieira da série americana Geneva G.969

(grossas). Além disso, mostraram boa tolerância à DR, possivelmente relacionada à melhor capacidade de absorção de nutrientes e água do solo. O 'G.202' e o 'G.210' evidenciaram melhor desempenho em solo de replantio que o 'MM.106' na Nova Zelândia, com destaque para o segundo (White & Tustin, 2000). Por outro lado, de acordo com Yao et al. (2006), o 'G.210' apresenta sistema radicular mais profundo, permanecendo por mais tempo ativo (vivo) do que o do 'M.7', (similar em vigor), o que explicaria seu melhor comportamento em vigor e produção ante o 'M.7' em condições de replantio.

Um aspecto importante a ressaltar é a necessidade de tutoramento obrigatório dos porta-enxertos da série Geneva®, por apresentarem suscetibilidade ao rompimento no ponto de enxertia (Robinson et al., 2003) em relação à tradicional combinação Marubakaido/M.9. Porém, constata-se forte tendência de adoção do sistema de cobertura antigranizo nos pomares de macieira do Sul do Brasil, tecnologia que, por via de regra, agrega a instalação de espaldeira de sustentação das plantas.

### Considerações finais

É muito evidente a evolução que a cadeia produtiva da maçã obteve com o uso de porta-enxertos clonais ao longo das gerações, bem como os ganhos em razão das vantagens agrônomicas desses porta-enxertos desenvolvidos durante décadas de pesquisas em melhoramento genético. Entre as principais vantagens que foram sendo atribuídas às novas séries de porta-enxertos pelo mundo afora, pode-se destacar a maior capacidade de controle do vigor da copa, a resistência genética a doenças e pragas, bem como os atributos relacionados à produtividade.

Considerando a rica gama de atributos agronomicamente importantes para o setor produtivo da maçã incorporados aos porta-enxertos mais recentes (Tabela 2), aliada à necessidade agregada de reduzir os custos com mão de obra e, ao mesmo tempo, facilitar o manejo das plantas, os porta-enxertos de maior porte ou suscetíveis às principais doenças e pragas de solo (Tabela 1) estão sendo paulatinamente abandonados em favor das séries mais recentes. Nesse contexto, ressalta-se a série norte-

-americana Geneva®, visto que seus porta-enxertos em geral contemplam diversas características demandadas pela pomicultura brasileira, tais como bom controle do vigor da copa, resistência a PC, PL, DR e FB, baixo rebrotamento e poucos *burrknots*, indução de melhor brotação e maior ramificação da copa, indução de maior precocidade e de alto potencial produtivo à copa, e alta eficiência produtiva. Para o atendimento da atual composição de demandas da pomicultura sul-brasileira, podem-se destacar os seguintes porta-enxertos da série Geneva®: a) ananizantes: G.41, G.202, G.213, G.214 e G.757; b) semiananizantes: G.210, G.874; G.969 e CG.056; c) semivigorosos: G.890 e G.896.

Um aspecto de suma importância a ressaltar é a tendência de se estimular o aproveitamento das interações específicas existentes entre copa e porta-enxertos, como também entre as diversas regiões de cultivo dessa fruteira. Nesse contexto, combinações específicas entre porta-enxerto e cultivares copa, certamente, serão indicadas futuramente para cada um dos polos produtores de maçã, de forma que sejam exploradas ao máximo as potencialidades de cada cultivar em cada região.

Com essa ampla gama de novos porta-enxertos disponíveis, com capacidade diferenciada de controlar o vigor da copa, será possível diversificar o atendimento das demandas sul-brasileiras de acordo com as condições edafoclimáticas locais e dos sistemas de cultivo.

## Referências

CUMMINS, J.N. ALDWINKLE, H.S. Breeding apple rootstocks. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. Westport: Avi Publishing Company, 1983. p.294-394.

DENARDI, F. Porta-enxertos. In: Epagri (Ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2002. 743p.

DENARDI, F. Porta-enxertos para macieira: situação mundial e novas opções para o Sul do Brasil. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.23, n.2, p.25-36, 2010.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; BASSO, C. Efeito de porta-enxertos na indução de brotação à copa da cultivar de macieira Monalisa. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22., 2012, Bento Gonçalves, RS. **Anais... Embrapa Uva e Vinho**, 2012. p.3432-3435.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; SCHUH, F.S. et al. Efeito de porta-enxertos na indução da brotação da copa das macieiras 'Gala' e 'Fuji'. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.26, n.2, p.61-63, 2013.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; BASSO, C.; BONETI, J.I.S.; KATSURAYAMA, Y. Desempenho agrônômico de porta-enxertos de macieira da série americana 'Geneva' no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2014a (no prelo).

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; BASSO, C.; BONETI, J.I.S.; KATSURAYAMA, Y. Performance of new rootstocks for 'Gala' apple in Southern Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2014b (no prelo).

ELFVIN, D.C.; SCHECTER, I.; HUTCHINSON, A. The history of the Vineland (V) apple rootstocks. **Fruit Varieties Journal**, v.47, n.1, p.52-58, 1993.

FAZIO, G.; ROBINSON, T.L. Modification of nursery tree architecture with apple rootstocks: a breeding perspective. **New York Fruit Quarterly**, v.16, n.1, p.11-16, 2008.

FAZIO, G.; KVIKLYS, D.; ROBINSON, T.L. QTL mapping of root architecture traits in apple rootstocks. **HortScience**, v.44, p.986-987, 2009.

FAZIO, G.; ALDWINKLE, H.S.; ROBINSON, T.L. Unique characteristics of Geneva® apple rootstocks. **New York Fruit Quarterly**, v.21, n.2, p.25-28, 2013a.

FAZIO, G.; KVIKLYS, D.; GRUSAK, M.A. et al. Phenotypic diversity and QTL mapping of absorption and translocation of nutrients by apple rootstocks. **Aspects of Applied Biology**, v.119, p.37-50, 2013b.

FERREE, D.C.; CALRSON, R.F. Apple rootstocks. In: ROM, R.C.; CARLSON, R.F. (Ed.). **Rootstocks for fruit crops**. New York: John & Sons, 1987. p.107-143.

HIRST, P.M. Early performance of 'Gala' on 18 dwarf and 4 semi-dwarf rootstocks growing at 24 sites in North America. **Acta Horticulturae**, v. 557, p.199-205, 2001.

HROTKÓ, K. Advances and Challenges in Fruit Rootstock Research. **Acta Horticulturae**, v.732, p.33-42, 2007.

KVITSCHAL, M.V.; DENARDI, F.; SCHUH, F.S. et al. Rebrotamento e incidência de *burrknots* em porta-enxertos de macieira enxertados com as cultivares copa Gala e Fuji. Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, 13, 2013, Fraiburgo, SC. **Anais... Caçador: Epagri**, v.2 (Resumos), 2013. 240p.

MACEDO, T.A. **Avaliação de porta-enxertos em macieira 'Maxigala' até a terceira folha em Vacaria, RS**. 2014. 77f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agroveterinárias / Udesc, Lages, SC, 2014.

ROBINSON, T.L.; HOYING, S.A. Performance of elite Cornell Geneva apple rootstocks in long-term orchard trials on growers' farms. **Acta Horticulturae**, v.658, p.221-229, 2004.

ROBINSON, T.; HOYING, M.F.; FARGIONE, M. et al. On-Farm Trials of the Cornell-Geneva Apple Rootstocks in New York. **The Compact Fruit Tree**, v.36, n.3, p.70-73, 2003.

ROBINSON, T.L.; FAZIO, G.; ALDWINKLE, H.S. et al. Field performance of geneva apple rootstocks in the Eastern USA. **Sodiniskyste Ir Darzininkyste**, v.23, p.181-191, 2006.

ROBINSON, T.L.; HOYING, S.A.; FAZIO, G. Performance of Geneva rootstocks in on-farm trials in New York State. **Acta Horticulturae**, v.903, p. 249-256, 2011.

RUSSO, N.L.; ROBINSON, T.L.; FAZIO, G. et al. Field evaluation of 64 apple rootstocks for orchard performance and fire blight resistance. **Horticultural Science**, v.42, n.7, p.1517-1525, 2007.

SOEJIMA, J.; BESSHO, J.; KOMORI, S. et al. New apple rootstocks ARM1, ARM7 and ARM8. **Acta Horticulturae**, v.484, p.217-220, 1999.

TUSTIN, D.S.; PALMER, D.S.; WHITE, M.D. Cornell-Geneva rootstocks in New Zealand apple production systems for the 21st Century. **The Compact Fruit Tree**, v.36, p.57-59, 2003.

WEBSTER, A.D.; TABUTT, K.R. Breeding and selection of new apple rootstocks at Horticultural Research International - East Malling. **Acta Horticulturae**, v.557, p.189-192, 2001.

WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. Apple Rootstocks. In: FERRE, D.C.; WARRINGTON, I.M. (Ed.). **Apple: botany, production and uses**. Oxon: CAB/Publishing, 2003, 652p.

WEBSTER, T. Dwarfing rootstocks: past, present and future. **The Compact Fruit Tree**, v.35, n.3, p.67-72, 2002.

WHITE, M.; TUSTIN, S. New Apple Rootstocks Alternative for the Southern Hemisphere. **The Compact Fruit Tree**, v.33, p.112-115, 2000.

YAO, S.; MERWIN, I.A.; BROWN, M.G. Root dynamics of apple rootstocks in replanted orchard. **HortScience**, v.41, n.5, p.1149-1155, 2006. ■