

Desenvolvimento, florescimento e análise morfoanatômica do maracujazeiro-amarelo enxertado em espécies silvestres do gênero passiflora

Alejandro Hurtado Salazar¹, Danielle Fabiola Pereira da Silva¹, Edgard Toledo Picoli², Claudio Horst Bruckner¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: alhuza@gmail.com; daniellefpsilva@gmail.com; bruckner@ufv.br

² Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Biologia, Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: epicoli@ufv.br

RESUMO

As doenças do solo reduzem a vida útil das lavouras de maracujá-amarelo, forçando à prática do cultivo itinerante. O uso de porta-enxertos tolerantes pode auxiliar no controle da morte prematura de plantas, fornecendo lavouras mais saudáveis, uniformes e longevas. Este trabalho buscou quantificar a influência de duas espécies de passifloráceas silvestres *Passiflora mucronata* Lam e *P. gibertii* N.E. Brow como porta-enxertos sobre as características agrônômicas do maracujazeiro-amarelo. A análise morfoanatômica da região do enxerto evidenciou a rediferenciação celular resultando na conexão dos tecidos do hipo e do epibíoto. As alterações de características como altura da planta, número de nós, taxa de ocorrência de nós, acúmulo de unidades térmicas até o florescimento também discutidas. Foi observado que *P. mucronata* como porta-enxerto influenciou positivamente o número de nós, a altura da planta, o número de flores e a taxa de ocorrência de nós. As espécies silvestres empregadas como porta-enxerto desenvolveram botões florais mais precocemente. A espécie *P. mucronata* foi a que apresentou o melhor desempenho como porta-enxerto.

Palavras-chave: floração, *Passiflora edulis* Sims, porta-enxertos

Development, flowering and morphoanatomical analysis of yellow passion fruit grafted onto wild species of the genus passiflora

ABSTRACT

Soil diseases reduce the lifetime of the yellow passion fruit crops, forcing the practice of shifting cultivation. The use of tolerant rootstocks could help control premature demise of plants, providing healthier crops, uniform and long-lived. This paper has aimed quantify the influence of two species of wild passionfruit *Passiflora mucronata* Lam and *P. gibertii* NE Brown as rootstocks on the agronomic characteristics of yellow passion fruit. The morphological and anatomical analysis of graft region highlighted the cellular redifferentiation resulting in the connection of the graft and the rootstock hypo and epibiot tissues. The changes in characteristics such as plant height, number of nodes, occurrence rate of nodes, accumulation of thermal units to flowering also discussed. It was observed that *P. mucronata* as rootstock positively influenced the number of nodes, plant height, the number of flowers and the rate of occurrence of nodes. The wild species used as rootstock developed flower buds prematurely. The specie *P. mucronata* showed the best performance as rootstock.

Key words: rootstocks, flowering, *Passiflora edulis* Sims

Introdução

As doenças estão entre os principais fatores responsáveis pelas baixas produtividades e prejuízos em pomares comerciais de maracujá no Brasil. Dentre os agentes causadores de patologias vegetais, os fungos de solo *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *passiflorae*, *Fusarium solani* Sacc e *Phytophthora* spp. merecem atenção (Silva et al., 2013).

A utilização de cultivares resistentes destaca-se entre as medidas mais eficazes, econômicas e ecológicas de controle de doenças. No caso do maracujá-amarelo, esta estratégia é essencial em razão da alta suscetibilidade dos cultivares atuais (Silva et al., 2013). *Fusarium solani* normalmente compromete a eficiência do sistema radicular, assim como dos vasos condutores de seiva, reduzindo a longevidade da planta e limitando a utilização de áreas contaminadas pelo fungo.

A tolerância a *F. solani* foi encontrada em *Passiflora gibertii*, *P. nitida*, *P. macrocarpa*, *P. quadrangularis*, *P. setacea*, *P. alata* e *P. caerulea* (Oliveira et al., 2013), sendo a enxertia com uso de espécies de maracujazeiro tolerantes uma alternativa viável para contornar os problemas causados pela fusariose.

A utilização de espécies silvestres tolerantes como porta-enxerto de maracujazeiro permite a convivência com a morte prematura das plantas e proporciona a formação de lavouras mais sadias e uniformes (Mahunu et al., 2013). A técnica de enxertia em porta-enxertos silvestres é descrita por vários pesquisadores, como Santos et al. (2014), sendo considerada como possibilidade de controle para diversas doenças que afetam o sistema radicular na cultura do maracujazeiro (Silva et al., 2013). Contudo, são escassas as informações sobre o efeito de espécies silvestres de passifloráceas como porta-enxerto para o maracujazeiro amarelo. Objetivou-se neste trabalho quantificar características agrônômicas e descrever morfoanatomicamente a junção das plantas do maracujazeiro-amarelo enxertadas sobre *P. mucronata* e *P. gibertii*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de outubro/2011 a dezembro/2012, em condições de ambiente protegido, estudando o comportamento dos porta-enxertos *P. edulis*, *P. gibertii*, e *P. mucronata* sob a copa maracujazeiro-amarelo (híbrido Flora Brasil 200). Como tratamentos testemunha utilizou-se *P. edulis* f. *flavicarpa* (híbrido Flora Brasil 200) provenientes de sementes e de plantas enxertadas com copa e porta-enxerto de *P. edulis* f. *flavicarpa* sobre a própria espécie. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 25 repetições. Cada parcela foi representada por uma planta conduzida em vaso de 30 litros.

As sementes de *P. edulis* Sims, *P. gibertii* N.E. Brow e *P. mucronata* Lam e os ramos de maracujá-amarelo para formação das mudas foram obtidos da coleção de passifloráceas do setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. A produção das mudas foi realizada com germinação das sementes em areia lavada utilizando caixas plásticas de 50 cm de comprimento, 40 cm de largura e 20 cm de altura. Após a completa expansão da folha cotiledonar, 150 plântulas de cada espécie foram transplantadas para sacos plásticos com

dimensão de 10 cm x 23 cm. Aos 60 dias após semeadura, realizou-se a enxertia do tipo topo em fenda cheia a 10 cm do colo da planta. Os garfos, com dois nós, foram retirados na porção mediana dos ramos de cinco plantas adultas de maracujazeiro-amarelo (híbrido Flora Brasil 200). As plantas enxertadas foram transferidas aos 40 dias (01/05/2012) para os vasos de 30 litros.

O substrato mistura de solo, areia e esterco na proporção 3:1:1. O solo foi corrigido de acordo com a análise do solo quanto à acidez (100 g de calcário/vaso de 30 litros), adubação (300 g de superfosfato simples/vaso de 30 litros). Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, onde a linha de irrigação possuía em cada vaso dois gotejadores com vazões de 0,5 – 5 L/h⁻¹ dispostos ao redor da planta. Irrigou-se diariamente 1L h⁻¹ por planta.

As variáveis avaliadas no crescimento das plantas incluíram a altura da planta (AP), o número de nós (NN) e a taxa de ocorrência de nós. A altura das plantas foi medida quinzenalmente a partir dos 75 dias após a semeadura, medindo a planta do colo ao ápice. Avaliou-se o número de nós, por contagem direta. A taxa de ocorrência de nós foi calculada com base no número de nós, formado após cada data de amostragem. Foi estimada a taxa de aparecimento de nós e o filocrono. Usaram-se dias de calendário e graus-dias (Massawe et al., 2003).

Para cada uma das plantas foi observado o início da floração. A mudança fenológica das plantas de cada tratamento foi considerada quando 50% floresceram. O número médio de flores por planta foi obtido do total de flores do tratamento dividido pelo total de plantas das repetições, sendo computado o número total de flores em cada planta no período do mês de maio a agosto de 2012.

Para avaliar o acúmulo de unidades térmicas até o florescimento, os dados diários de temperatura foram obtidos por meio DataLog[®] na casa de vegetação, instalado a 2,50 m de altura do solo. Para a caracterização das exigências térmicas, foi calculado o somatório de graus-dias (GD) desde a fase de plântula até o florescimento, utilizando-se das Eqs. 1, 2 e 3, segundo Ometto (1981).

$$GD = \left(\frac{TM - Tm}{2} \right) + (Tm - Tb) \quad (1)$$

quando: $Tm > Tb$ e $TM < TB$

$$GD = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)} \quad (2)$$

quando: $Tm < Tb$ e $TM < TB$

$$GD = \frac{2(TM - Tm)(Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)^2}{2(TM - Tm)} \quad (3)$$

quando: $Tm > Tb$ e $TM > TB$

em que: GD: valor diário dos graus-dias; TM: temperatura máxima; Tm: temperatura mínima, TB: temperatura basal máxima; e Tb: temperatura basal mínima.

De acordo com Neves et al. (1999), considera-se a temperatura mínima basal a 10°C e a máxima, 36°C.

Para análise morfoanatômica foram coletadas amostras da região de união entre enxerto e porta-enxerto das plantas de maracujazeiro-amarelo enxertadas, aos 250 dias após a realização da enxertia para a verificação dos processos de cicatrização e reconstituição vascular das plantas enxertadas. Um segmento de caule de 10 cm da região da enxertia de cinco plantas amostradas aleatoriamente de cada tratamento foram coletadas e fixadas conforme Johansen (1940), em FAA. As amostras foram desidratadas em série etílica e incluídas em metacrilato (Historesin, Leica Instruments). Secções transversais e longitudinais foram obtidas em micrótomo rotativo de avanço automático (modelo RM2155, Leica Microsystems Inc.). Os cortes (5-7µm de espessura) foram corados com Azul de Toluidina pH 4,0 (O'Brien & McCully, 1981) e as lâminas montadas com resina sintética (Permount).

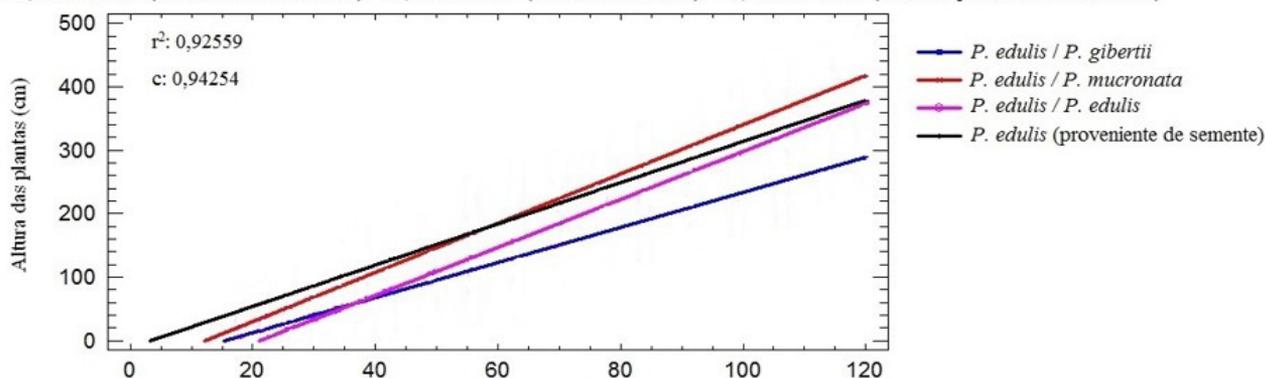
As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade e foi feita análise de regressão para as variáveis: altura da planta e número de nós. Os cálculos referentes às análises estatísticas foram executados, utilizando-se o software estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2002).

Resultados e Discussão

Na avaliação realizada aos 58 dias após transplante (DAT), houve superioridade na altura das plantas provenientes de sementes (Figura 1). Entre as plantas enxertadas, tanto *P. edulis*/*P. edulis* quanto *P. edulis*/*P. mucronata* recuperaram-se do estresse causado pela enxertia mais rápido do que os outros tratamentos. O coeficiente angular das equações referentes à altura das plantas das combinações *P. edulis*/*P. edulis* e *P. edulis*/*P. mucronata* foi ligeiramente superior ao das plantas não enxertadas, o que possibilitou a recuperação de seu crescimento. Desde o início das avaliações, *P. edulis*/*P. gibertii* apresentou plantas menores em comparação à *P. edulis* proveniente de semente, o que se manteve devido ao coeficiente angular inferior.

A altura das plantas das combinações *P. edulis*/*P. edulis*, *P. edulis*/*P. mucronata* foi ligeiramente superior aos 120 DAT à das plantas não enxertadas e, mais significativamente da combinação *P. edulis*/*P. gibertii*, cuja curva apresentou coeficiente angular inferior aos demais, permanecendo com altura inferior às demais combinações em todo o período avaliado (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Nogueira Filho et al. (2010a), com plantas de maracujá-amarelo enxertadas sobre *P. gibertii* e *P. edulis*, aos 90 dias de avaliação.

$$AP = -42,1785 + 2,75429 \cdot DAT - 4,4269 \cdot (P. edulis / P. mucronata) - 36,8862 \cdot (P. edulis / P. edulis) + 31,9246 \cdot (P. edulis \text{ proveniente de semente}) + 1,11762 \cdot DAT \cdot (P. edulis / P. mucronata) + 1,01272 \cdot DAT \cdot (P. edulis / P. edulis) + 0,489424 \cdot DAT \cdot (P. edulis \text{ proveniente de semente})$$



$$NN = 0,296743 + 0,317071 \cdot DAT - 0,0915706 \cdot (P. edulis / P. mucronata) - 3,32876 \cdot (P. edulis / P. edulis) - 0,230135 \cdot (P. edulis \text{ proveniente de semente}) + 0,0578362 \cdot DAT \cdot (P. edulis / P. mucronata) + 0,0237839 \cdot DAT \cdot (P. edulis / P. edulis) - 0,033084 \cdot DAT \cdot (P. edulis \text{ proveniente de semente})$$

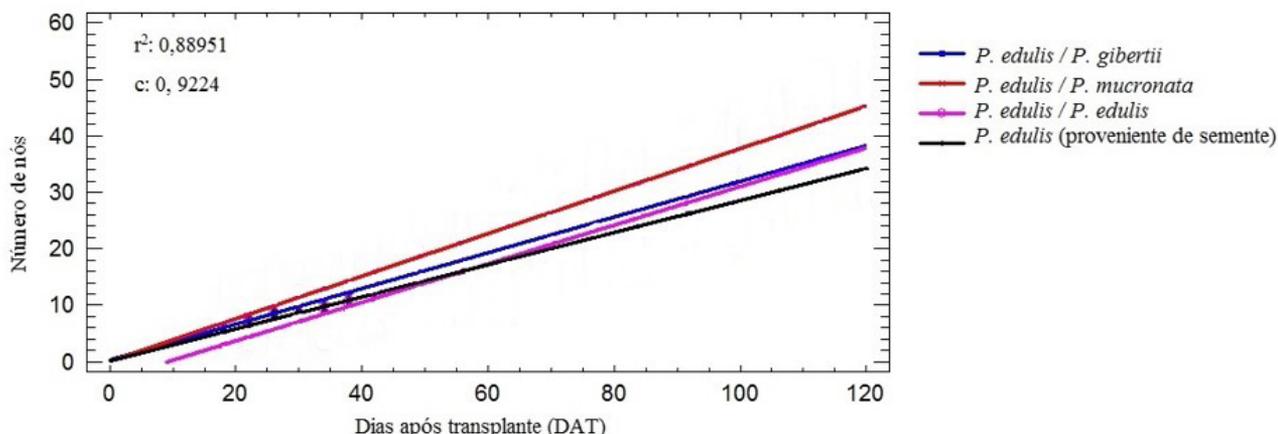


Figura 1. Regressão linear da altura (cm), e número de nós das plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) enxertadas sobre *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. mucronata* e provenientes de sementes, dos 18 até os 120 dias, após transplante (DAT), em Viçosa, MG. Índices estatísticos: coeficiente de determinação (r^2) e coeficiente de correlação do modelo (c) para as espécies em estudo

O maracujazeiro *P. edulis/P. edulis* tende a superar altura de *P. edulis* provenientes de sementes em torno dos 120 DAT, o que indica que a prática da enxertia influenciou negativamente a altura das plantas apenas no período imediatamente após a enxertia (30 DAT). O crescimento em longo prazo foi semelhante entre as plantas obtidas via auto enxertia e seminal, evidenciando que a planta supera o estresse do processo de enxertia, com velocidade de crescimento maior nos períodos posteriores (Figura 1). O crescimento mais rápido das plantas das combinações *P. edulis/P. mucronata*, constatado pelo maior coeficiente angular das curvas, indica que os eventos que envolvem a união da enxertia (soldadura, formação da ponte de calo entre as parte enxertadas e conexão dos tecidos vasculares) tenham sido superados por volta do segundo mês após a enxertia.

Plantas com maior crescimento da parte aérea são desejáveis, desde que essa característica seja convertida em aumento de produtividade sem comprometer o custo de produção. Entretanto, Cavichioli et al. (2009), na fase de viveiro, obteve as maiores médias de altura com a combinação *P. edulis/P. gibertii*, que não diferiu das plantas não enxertadas provenientes de sementes ($P < 0,05$). Estas discrepâncias entre os resultados sugerem a ocorrência de outros fatores não avaliados como o tipo de enxertia, a idade ontogenética e efeito do genótipo podendo influir no sucesso ou desenvolvimento dos enxertos.

A análise de regressão entre altura de planta e dias após transplante revelou a existência de correlação significativa entre essas variáveis, com coeficiente de determinação superior a 0,84 (Figura 1). De modo semelhante, a análise de regressão entre número de nós e dias após transplante revelou a existência de correlação significativa entre essas variáveis, com coeficiente de determinação superior a 0,81 (Figura 1). O coeficiente angular das equações referentes ao número de nós da combinação *P. edulis/P. mucronata* foi superior as outras combinações e provenientes de sementes. O número de nós das plantas enxertadas sobre *P. mucronata* e *P. gibertii* foi superior os das plantas originárias de sementes praticamente por todo o período avaliado. O número de nós da combinação *P. edulis/P. edulis* foi inferior ao de *P. edulis* obtido de sementes até aos 54 DAT e tendeu a se igualar ao da combinação *P. edulis/P. gibertii* no final do período de avaliação.

Com os dados sobre o número de nós visíveis na haste principal das plantas de maracujazeiro ao longo do tempo, obteve-se tendência linear positiva, cuja inclinação corresponde à taxa de ocorrência de nós (Figura 1). A maior taxa de aparecimento de nós, em média, foi de 0,3749 nós/dia, observada na combinação *P. edulis/P. mucronata*, o que correspondeu a um filocrono de 2,66 dias/nó. Seguem-se, em ordem decrescente de aparecimento de nós, as combinações *P. edulis/P. edulis* e *P. edulis/P. gibertii* com 2,93 e 3,15 dias/nós. As plantas provenientes de sementes apresentaram a menor taxa de aparecimento de nós com 0,28 nó/dia, correspondendo a um filocrono de 3,52 dias/nós.

O início da floração foi associado com o aparecimento do primeiro nó com botão floral em 50% das repetições. A precocidade de floração das combinações *P. edulis/P. mucronata* e *P. edulis/P. gibertii* merecem destaque, pois apresentaram

início da floração aos 30 e 70 DAT, respectivamente. Esta precocidade fica mais evidente considerando que o início da floração das plantas de *P. edulis/P. edulis* ocorreu aos 120 DAT, momento em que *P. edulis/P. mucronata*, atingiram em torno de 100% de plantas com flores. *P. edulis* (provenientes de sementes) apresentaram apenas 20% de plantas com flores aos 120 DAT (Tabela 1). A combinação mais precoce foi *P. edulis/P. mucronata* seguida de *P. edulis /P. gibertii* (Tabela 1). Os resultados demonstraram a redução do período juvenil com o emprego da enxertia, fato conhecido na fruticultura e atribuído ao acúmulo de carboidratos na parte superior da planta, maturidade fisiológica dos ramos enxertados, mas não explorado em maracujazeiro, em razão de esse ser relativamente precoce, mesmo propagado por sementes. Vale salientar que tanto a precocidade verificada neste trabalho como a tolerância à patógenos de solo são características que podem beneficiar a cultura do maracujazeiro.

Pelos resultados com o número médio de flores, verificou-se que a combinação *P. edulis/P. mucronata* produziu maior número de flores, diferindo significativamente dos demais tratamentos ($P < 0,05$). Com relação ao número de flores até 120 DAT (Figura 2), as plantas enxertadas sobre *P. mucronata* foram superiores aos demais tratamentos, que não diferiram significativamente entre si.

O período de observação do comportamento da planta ao acúmulo de unidades térmicas até o florescimento correspondeu a uma época de fotoperíodo decrescente (abril a agosto), com temperaturas médias diárias oscilando além da faixa de variação considerada ideal para a planta, que se situa entre 24 e 28 °C.

Na Tabela 2, a menor exigência em unidades térmicas confirmou a precocidade das plantas enxertadas. A ordem crescente de exigência em graus-dias para florescimento

Tabela 1. Plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) com floração enxertadas sobre *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. mucronata* e provenientes de sementes, aos 30, 70 e 120 dias após transplante (DAT), em Viçosa, MG

Especies	Dias após trasplante		
	30	70	120
<i>P. edulis</i> (provenientes de sementes)	0,00 c	0,00 c	20,00 c
<i>P. edulis / P. edulis</i>	7,81 b	18,70 c	65,79 b
<i>P. edulis /P. gibertii</i>	49,79 a	56,03 b	76,64 ab
<i>P. edulis /P. mucronata</i>	72,00 a	82,67 a	95,58 a
CV (%)	15,44	19,64	10,55

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

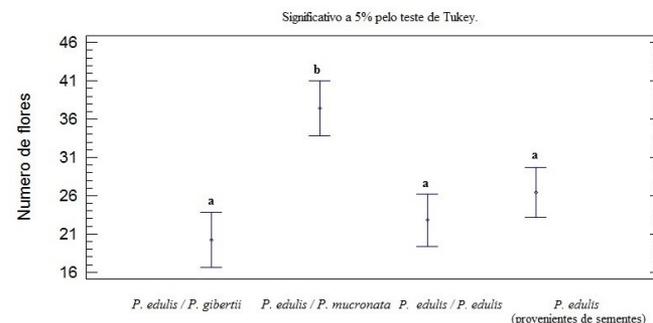


Figura 2. Número de flores das plantas de maracujazeiro-amarelo *Passiflora edulis* enxertadas sobre *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. mucronata* e provenientes de sementes, aos 120 dias após transplante (DAT). Viçosa, MG

Tabela 2. Graus-dias para o início do florescimento das plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) enxertadas sobre *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. mucronata* e proveniente de sementes, aos 120 DAT, em Viçosa, MG

Espécies	Graus-dias Método Ometto	Número de dias avaliados
<i>P. edulis</i> (provenientes de sementes)	1717,62	189
<i>P. edulis</i> / <i>P. edulis</i>	1025,59	120
<i>P. edulis</i> / <i>P. gibertii</i>	673,80	71
<i>P. edulis</i> / <i>P. mucronata</i>	296,7	31

teve início com as enxertias envolvendo espécies distintas, começando com a combinação *P. edulis*/*P. mucronata*, de menor exigência, seguida pela combinação *P. edulis*/*P. gibertii* e depois por *P. edulis*/*P. edulis*.

Segundo Tecchio et al. (2013), a escolha do porta-enxerto a ser utilizado num vinhedo fundamenta-se sobre características que são inerentes à interação entre ele e o meio ambiente. Esse mesmo autor relata as poucas informações relacionadas à influência do porta-enxerto na duração de cada fase fenológica nas condições de cultivo. Vale ressaltar que as informações sobre influência de porta-enxertos em relação à floração, requerimento de unidades térmicas e produtividade em maracujá ainda são escassas. De acordo com resultados em relação ao desenvolvimento vegetativo do maracujazeiro desde o estágio inicial juvenil até o florescimento em *P. edulis* (provenientes de sementes), o somatório dos graus-dias acumulados ficaram distantes dos encontrados por Souza et al. (2010), em maracujazeiro-roxo na localidade de Santo Antônio do Leverger, MT, que foram de 2.500 graus-dias do desenvolvimento das plantas até florescimento, durante 150 dias. A diferença provavelmente deve-se ao fato de que esses autores consideraram temperatura base máxima (TB) de 30 °C e temperatura base mínima (Tb) de 8 °C, enquanto neste trabalho foram considerados a temperatura base mínima de 10 °C e temperatura base máxima de 36 °C, conforme também preconizam Neves et al. (1999).

Caracterização morfoanatômica do caule na região do enxerto

As combinações apresentaram diferenças qualitativas quanto ao desenvolvimento das plantas (Figura 3A-D). O porta-enxerto *P. gibertii* (Figura 3A) resultou em menor desenvolvimento em diâmetro do epibíoto, enquanto o porta-enxerto *P. mucronata* e a enxertia sobre *P. edulis* não resultaram em diferenças morfológicas qualitativas perceptíveis (Figuras 3B e 3C).

Todas as combinações apresentaram descoloração dos tecidos do xilema até ao córtex do enxerto (Figuras 3A, 3B e 3C), em relação às plantas obtidas de sementes (Figura 3D). Independentemente do tratamento, alguns indivíduos enxertados apresentaram desenvolvimento de tecidos semelhante a uma galha ou hipertrofia do caule (Figura 3B). Esta observação aparenta estar relacionada à reorganização dos tecidos visando à conexão entre epi e hipobíoto ou ao próprio processo de enxertia.

Considerando que a enxertia realizou-se aos 60 dias após sementeira para todos os tratamentos, a diferença de crescimento observada para a combinação com *P. gibertii* como porta enxerto (Figura 3A) pode indicar uma menor

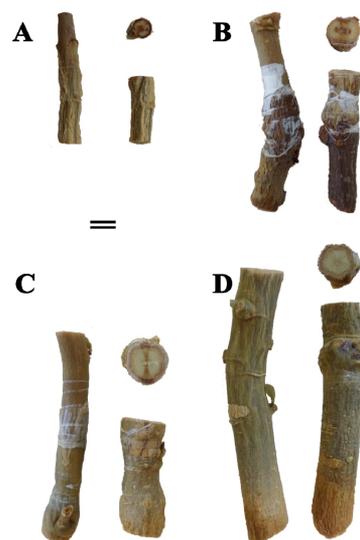


Figura 3. Região do caule do enxerto de plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) sobre *P. gibertii* (A), *P. mucronata* (B), *P. edulis* (C) e sem enxertia (D) (proveniente de sementes), aos 250 dias após a enxertia (DAE), em Viçosa, MG. Barra = 1.000µm

afinidade na enxertia entre essas duas espécies. Nogueira Filho et al. (2010a), avaliaram o desenvolvimento de plantas de maracujazeiro amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar sobre cinco porta-enxertos de passifloras silvestres e no caso da combinação com *P. gibertii* apresentaram resultados semelhantes aos obtidos neste estudo. Esta menor afinidade pode explicar o menor crescimento do enxerto, como também outras alterações morfológicas.

Na região do enxerto, foi observado fusão dos tecidos vasculares, devido a proliferação de tecidos do parênquima radial e, ou, axial (Figuras 4A-4F). A fusão dos tecidos na região da casca aparenta ser resultado da retomada de divisão celular de células da epiderme do parênquima cortical e do floema.

Comparado às demais combinações e considerando o sistema radial, o porta-enxerto *P. gilbertii* (Figura 4A) apresentou maior proporção de tecido xilemático lignificado, ainda que uma maior quantidade de células não lignificadas na região de fusão dos tecidos do enxerto e porta enxerto seja observada. Por outro lado, a enxertia em *P. mucronata* e *P. edulis* apresentou pronunciada proliferação de células do parênquima radial, região medular e xilema próximo à medula (Figura 4B = *P. mucronata* e 4C = *P. edulis*).

Nos tratamentos de enxertia (Figuras 4A-4C), observou-se a formação de uma faixa cambial, que produz células de xilema para o interior e floema para o exterior, mesmo na região de contato do xilema do enxerto e porta-enxerto. No tecido de *P. edulis* enxertado (Figura 4C) e proveniente de sementes (Figura 4D), foi observada uma maior proporção de células não lignificadas e ou a proliferação de células, principalmente das células do raio do xilema.

Na combinação de enxertia sobre a mesma espécie (Figura 4C) e provenientes de sementes (Figura 4D), observou-se a presença da epiderme, enquanto nas demais combinações (Figuras 4A e 4B) já era evidente a formação da periderme. Em todas as combinações, verificou-se a presença de células de esclerênquima nas regiões periféricas do córtex.

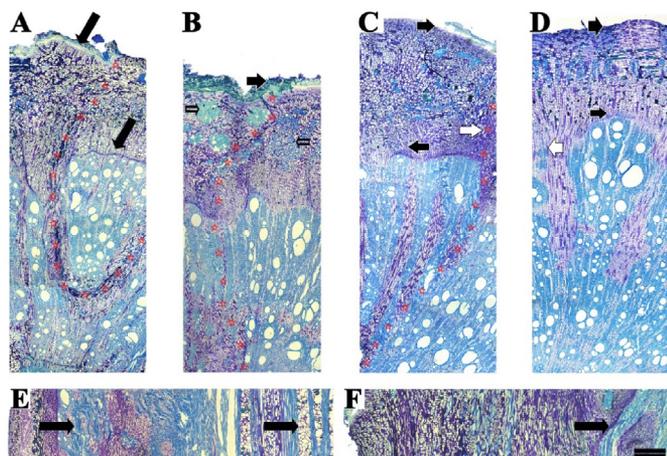


Figura 4. Secções transversais (A, B, C, D) e longitudinais (E, F) de plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) enxertadas (porta-enxerto - divisão das secções à esquerda) sobre *P. gibertii* (A, E), *P. mucronata* (B, F), *P. edulis* (C) e sem enxertia (proveniente de sementes) (D), aos 250 dias após a enxertia (DAE), em Viçosa, MG. Em 4A, as setas evidenciam o felogênio e o câmbio. As setas vasadas em 4B evidenciam as fibras com características diferentes entre o enxerto e porta enxerto. Em 4E, a seta da esquerda evidencia a região de conexão dos tecidos do enxerto e porta enxerto e formação de células do tecido vascular. A da direita evidencia a formação dos tilos em elementos de vaso em *P. gibertii*. Em 4F, a seta da evidencia a região de conexão dos tecidos do enxerto e porta enxerto e formação de células do tecido vascular em *P. mucronata*. As estrelas vermelhas (*) evidenciam a região meristemática associada à fusão dos tecidos, ou os tecidos resultados da atividade desta região. Barras = 1.000 µm

Nas secções longitudinais, podem ser visualizadas as regiões de fusão dos tecidos vasculares fundamentais e de revestimento (Figuras 4E – 4F, setas pretas). Os elementos de vaso (Figuras 4A-4F) e células do floema, resultados da rediferenciação de células parenquimáticas na região da fusão dos tecidos do enxerto e porta-enxerto, podem ser observados.

No plano longitudinal (Figuras 4E e 4F), as regiões da junção do enxerto e porta-enxerto também podem ser verificadas (setas pretas); observaram-se tilos em todos os tratamentos, mas em menor quantidade no proveniente de sementes.

Lignificação irregular das células do xilema foi observada em todas as combinações (Figuras 4A-4F). Detalhes das secções transversais e longitudinais do enxerto de *P. edulis*/*P. gibertii* podem ser observados na figura 4. Na figura 4F, verifica-se a instalação de um felogênio e formação da periderme em regiões internas do córtex (seta preta), com posterior eliminação de tecidos corticais e de fibras (Figura 4E-F). Células com felogênio de formato tendendo a retangular (Figura 4E) é responsável pela formação da periderme. Os tilos (Figuras 4E-F) foram observados em todas as combinações, o que é característica inerente das espécies de *Passiflora* avaliadas. A ocorrência de tilos pode ser constatada tanto nas regiões próximas à medula quanto ao câmbio vascular (Figura 4E). Um detalhe da obliteração dos elementos de vaso pelos tilos pode ser observado em secções transversal (Figura 4A-C) e longitudinal (Figura 4E-F).

Nas combinações *P. edulis*/*P. gibertii* (4A-E) e *P. edulis*/*P. mucronata* (Figura 4B-F), além de as células do parênquima radial e, ou, medular estarem associadas ao processo de fusão do enxerto e porta-enxerto, verificou-se a proliferação

dessas células para dentro do elemento de vaso, o que também contribui para sua obliteração, comprometendo sua funcionalidade. Apesar da obliteração dos elementos de vaso, novos elementos traqueais, resultado da transdiferenciação ou da rediferenciação de células desse parênquima, pode ser observado, ligando tecidos do enxerto e porta-enxerto.

De acordo com as análises morfoanatômicas, a união entre os tecidos apresentou as mesmas características em todas as combinações entre enxerto e porta-enxertos, com a proliferação de parênquima e conexão vascular, resultando na conexão dos tecidos no ponto de junção do epibíoto com o hipobíoto. Isto indica a viabilidade da enxertia entre espécies de *Passiflora*, o que deve estar relacionado à afinidade entre as espécies estudadas.

Observa-se que existem algumas diferenças quanto ao processo de lignificação dos tecidos bem como precocidade na diferenciação da periderme, eventos que podem estar associados à injúria realizada para a enxertia e ou a interação entre as espécies envolvidas. Mahunu et al. (2013) relatam a formação de peridermes devido a injúrias, fato que envolve mudanças complexas no padrão de divisão e diferenciação celular. A reorganização histológica, mais evidente nos tecidos vasculares, não resultou em problemas para a viabilidade dos enxertos, pelo contrário representam uma resposta de modo a contribuir para o pegamento dos enxertos. Conforme fora constatado, a reorientação de células condutoras do floema e xilema possibilitaram a conexão de forma eficiente nos enxertos.

A capacidade de diferenciação ou transdiferenciação é outro aspecto que deve ser salientado. Esta capacidade foi registrada com a formação de células condutoras a partir de células parenquimáticas do raio ou associadas ao calo cicatricial e contribui efetivamente para a conexão dos tecidos entre o enxerto e porta enxerto. Nogueira Filho et al. (2010b) verificaram que a região de conexão do enxerto e porta-enxerto foi igualmente preenchida por tecido parenquimático cicatricial abundante nove dias após a enxertia hipocotiledonar em maracujazeiro-amarelo sobre *P. alata*. Contudo, a formação deste calo cicatricial pode também dificultar o pegamento da enxertia quando resulta na descontinuidade dos tecidos vasculares e da casca (Darikova et al., 2011).

A união do enxerto acompanhou o mesmo padrão histológico apresentado por Fan et al. (2015); Temperini et al. (2013). Segundo esses autores, a união compatível entre enxerto e porta-enxerto é compreendida por três eventos básicos: adesão entre os tecidos do enxerto e porta-enxerto, proliferação e entrelaçamento de células do calo na interface de união e diferenciação vascular ao longo da interface. Darikova et al. (2011) levantaram uma série de aspectos histológicos relacionados à incompatibilidade de enxertos, dentre eles a pobre conexão vascular ou descontinuidade, degradação do floema e a insuficiente conexão dos plasmodesmos nos estádios iniciais da enxertia. O desenvolvimento irregular no local da fusão dos tecidos das combinações de enxertia de maracujá pode estar associada à formação do calo cicatricial reorganização e conexão dos tecidos observada nas figuras 4A e 4B, resultando no ao aspecto morfológico de galha ou hipertrofia na região da enxertia (Figura 3B).

A maior abundância de tilos nas combinações de enxertia sugere também uma possível resposta como mecanismo de proteção contra eventos de cavitação ou infecção por patógenos oportunistas. As plantas enxertadas devem apresentar uma boa adaptação às condições de cultivo, o que é reflexo da adequada junção entre os tecidos do enxerto e do porta-enxerto, necessária para uma translocação de água e nutrientes, para o crescimento da planta, a floração e, por fim, bons níveis de produtividade.

Conclusões

O porta-enxerto *P. mucronata* influenciou positivamente nas características, número de nós, número de flores e taxa de ocorrência de nós.

O maracujazeiro-amarelo enxertado sobre *P. mucronata* e *P. gibertii* emitiu precocemente os botões florais.

A cicatrização e conexão dos tecidos ocorreu a partir de células do parênquima axial e ou radial cuja reorganização espacial contribuiu para esta conexão.

A diferenciação de elementos condutores ocorreu a partir da rediferenciação ou transdiferenciação das células parenquimáticas, e os indivíduos que sofreram enxertia apresentaram maior quantidade de tilos.

Literatura Citada

- Cavichioli, J.C.; Corrêa, L.; Boliani, A.; Oliveira, J.C. Uso de câmara úmida em enxertia hipocotiledonar de maracujazeiro-amarelo sobre três porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31 n. 2, p.532-538, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000200030>>
- Darikova, J. A., Savva, Y. V., Vaganov, E. A., Grachev, A. M. y Kuznetsova, G. V. Grafts of Woody Plants and the Problem of Incompatibility Between Scion and Rootstock (a review). *Journal of Siberian Federal University*, v. 1, n. 4, p.54-63, 2011. <<http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/2376/1/Darikova.pdf>>. 29 Ago. 2015.
- Fan, J.; Yang, R.; Li, X.; Zhao, W.; Zhao, F.; Wang, S. The processes of graft union formation in tomato. *Horticultural, Environmental, and Biotechnology*, v. 56, n. 5, p.569-574, 2015. <<https://dx.doi.org/10.1007/s13580-015-0009-1>>.
- Johansen, D.A. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book, 1940. 49p.
- Mahunu, G.K.; Osei-Kwarteng, M.; Quainoo, A.K. Dynamics of graft formation in fruit trees: a review. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, v. 12, n. 2, p.177-180, 2013. <<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d9ae56e0-7528-4a09-b916-1aed28ded34a%40sessionmgr4009&vid=0&hid=4112>>. 27 Fev. 2015.
- Massawe, F.J.; Azam-Ali, S.N.; Roberts, J.A. The impact of temperature on leaf appearance in Bambara groundnut landraces. *Crop Science*, v. 43, n. 4, p.1375-1379, 2003. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2003.1375>>.
- Neves, C.; Carvalho, S.; Neves, P. Porcentagem de frutificação, período de desenvolvimento dos frutos e unidades térmicas para maracujá amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 21, n. 2, p.128-130, 1999.
- Nogueira Filho, G.C.; Roncatto, G.; Ruggiero, C.; De Oliveira, C.; Malheiros, E. Desenvolvimento e produção das plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar sobre seis porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 2, p.535-543, 2010a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000071>>.
- Nogueira Filho, J.C.; Oliveira, C.; Roncatto, G.; Ruggiero, C.; Malheiros, E. Estudo da enxertia hipocotiledonar do maracujazeiro-amarelo sobre dois porta-enxertos, através de microscopia eletrônica de varredura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 2, p.647-652, 2010b. <<http://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000073>>.
- O'Brien, T.; Mccully, M.E. *The study of plant structure principles and selected methods*. Melbourne: Temarcaphi Ltda, 1981. 45p.
- Oliveira, E.J.; Soares, T.L.; Barbosa, C.J.; Santos, H.P.; Jesus, O.N. Disease severity from passion fruit to identify sources of resistance in field conditions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n.2, p.485-492, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000200018>>.
- Ometto, J. C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- Santos, V.A.; Ramos, J.D.; Chagas, E.A.; Dias, M.M.; Locatelli, G. Enxertia de diferentes combinações de copas e porta-enxertos em maracujazeiros. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 3, p.1201-1208, 2014. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1201>>.
- Statistical Analysis System - SAS. *Statistical Analysis Software*. Version 9.0. Cary: SAS, 2002.
- Silva, A.S.; Oliveira, E.J.; Haddad, F.; Laranjeira, F.; Jesus O.; Oliveira, A.S.; Freitas, J.P. Identification of passion fruit genotypes resistant to *Fusarium oxysporum* sp. *passiflorae*. *Tropical Plant Pathology*, v. 38, n.3, p.236-242, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762013005000008>>.
- Souza, F.E.; Chig, L.A.; Costa, R.H.; Batista, J.; Campelo, J.H. Relação entre acumulo de graus-dia e de unidades fototermicas e crescimento vegetativo do maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis* Sims). *Uniciências*, v. 14, n 1, p.39-51, 2010. <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/uniciencias/article/view/856>>. 27 Fev. 2015.
- Tecchio, M.A.; Moura, M.F.; Paioli-Pires, E.J.; Terra, M. Efeito do porta-enxerto e da época de poda na duração das fases fenológicas e no acúmulo de graus-dia pela videira 'niagara rosada'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 4, p.1073-1080, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000400019>>.
- Temperini, O.; Calabrese, N.; Temperini, A.; Roupheal, Y.; Tesi, R.; Lenzi, A.; Carito, A.; Colla, G. Grafting artichoke onto cardoon rootstocks: Graft compatibility, yield and Verticillium wilt incidence. *Scientia Horticulturae*, v. 149, p.22-27, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.014>>.