



# III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAGRO 2018

## EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO NO VOLUME DA COPA DE LARANJA “PERA” SOB DIFERENTES PORTA- ENXERTOS

## DIRECT AND INDIRECT EFFECTS OF GROWTH CHARACTERISTICS ON THE VOLUME OF THE ORANGE "PERA" CUP UNDER DIFFERENT RUBBER DOORS

Apresentação: Comunicação Oral

Thiago Feliph Silva FERNANDES<sup>1</sup>; Janete Silva do NASCIMENTO<sup>2</sup>; Priscila dos Santos FERREIRA<sup>3</sup> Fábio de Lima GURGEL<sup>4</sup>; Davi Henrique Lima TEXEIRA<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00110>

### Resumo

A análise de trilha é uma importante ferramenta da estatística multivariada, no qual as correlações entre caracteres são desdobradas em efeitos diretos e indiretos que mensura a influência de uma variável, independente das demais, sobre a outra. Este método vem sendo bastante aplicado em diversos campos de pesquisa. Objetiva-se neste trabalho estimar correlações fenotípicas entre características de crescimento e verificar quais as características de maior efeito direto e indireto sobre o volume da copa de laranja Pêra enxertada em diferentes porta-enxertos. Para isso, foram avaliados seis porta-enxertos: limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarins ‘Riverside’ e ‘San Diego’, e os híbridos LVK x LCR – 010, TSKC x CTSW – 028 e TSKC x CTSW – 033. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições e dez plantas por parcelas. As características de crescimento avaliadas foram a altura da planta, diâmetros dos caules do porta-enxerto e do enxerto e o volume da copa aos 12, 24 e 36 meses após o plantio. Anteriormente a análise de trilha, a matriz de correlação fenotípica ao diagnóstico de multicolinearidade para garantir confiabilidade nos resultados. Os resultados mostram-se todas as correlações significativa diferentes de zero pelo teste t, positivas e fortes, na qual, pelos coeficientes de correlação estimados, o acréscimo em qualquer característica seria acompanhado pelas demais. A utilização da análise de trilha neste experimento mostrou que o volume da copa é positivo e fortemente correlacionado com a altura e os diâmetros do porta-enxerto e enxerto, o diâmetro do enxerto e altura possuem fortes efeitos diretos sobre o volume da copa e o diâmetro de porta-enxerto não possui efeito direto ou indireto no volume da copa.

---

<sup>1</sup> Graduando de Eng<sup>o</sup> Agrônômica da UFRA-CPP/Bolsista PIBIC/CNPq/Embrapa Amazônia Oriental, [ThiagoFeliph@hotmail.com](mailto:ThiagoFeliph@hotmail.com).

<sup>2</sup> Graduando de Eng<sup>o</sup> Agrônômica, Universidade Federal Rural da Amazônia – Capitão Poço, [janetenascimento@outlook.com](mailto:janetenascimento@outlook.com)

<sup>3</sup> Graduando de Eng<sup>o</sup> Agrônômica, Universidade Federal Rural da Amazônia – Capitão Poço, [Priscilamamedes@yahoo.com.br](mailto:Priscilamamedes@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> D.Sc Coordenador/Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, [fabio.gurgel@embrapa.br](mailto:fabio.gurgel@embrapa.br).

<sup>5</sup> D.Sc Orientador/Docente da UFRA, [davihlima@yahoo.com.br](mailto:davihlima@yahoo.com.br).

**Palavras-Chave:** Processo de seleção; análise de trilha; *Citrus sinensis*.

### **Abstract**

Track analysis is an important tool of multivariate statistics, in which the correlations between characters are deployed in direct and indirect effects that measure the influence of one variable, independent of the others, on the other. This method has been widely applied in several research fields. The objective of this work is to estimate phenotypic correlations between growth characteristics and to verify the characteristics of the greatest direct and indirect effect on the volume of the orange pear crown grafted on different rootstocks. For this, six rootstocks were evaluated: 'Cravo Santa Cruz' lemon, Citrandarins 'Riverside' and 'San Diego', and hybrids LVK x LCR-010, TSKC x CTSW-028 and TSKC x CTSW-033. The experiment was used at random, with four replications and ten plants per plot. The growth characteristics evaluated were plant height, stem and graft stalk diameters, and crown volume at 12, 24 and 36 months after planting. Previously track analysis, the phenotypic correlation matrix to the multicollinearity diagnosis to ensure reliability in the results. The results show all significant correlations different from zero by the t test, positive and strong, in which, by the estimated coefficients of correlation, the addition in any characteristic would be accompanied by the others. The use of the trail analysis in this experiment showed that the crown volume is positive and strongly correlated with the height and diameters of the rootstock and graft, the graft diameter and height have strong direct effects on crown volume and diameter does not have a direct or indirect effect on the volume of the crown.

**Keywords:** Selection process; track analysis; *Citrus sinensis*.

### **Introdução**

A redução do porte da planta é um dos aspectos principais na escolha do porta-enxerto (HARTMANN et al., 2002). Plantas de menor porte favorecem os tratos culturais e ainda permitem o adensamento das plantas. Por isso é importante a utilização de porta-enxerto de menor porte.

A correlação é um parâmetro útil ao melhoramento por permitir prever as modificações ocorridas em um caráter de acordo com a seleção praticada em outro (CRUZ et al., 2012). Além disso, esse parâmetro permite otimizar a seleção para um caráter específico pela seleção combinada das características a esse correlacionado (JOHNSON; WICHERN, 2007).

As estimativas dos coeficientes de correlação são úteis no entendimento de um caráter complexo, mas elas não determinam a importância relativa das influências diretas e indiretas dos outros caracteres com o volume de copa (FURTADO et al. (2002). Isso porque a correlação entre duas características mede a combinação entre ambas, entretanto, não determina a relação de causa e efeito entre elas, que pode ser determinada por meio da análise de trilha.

A análise de trilha ("Path analysis"), proposta por Wrigth (1921), permite, por meio de regressão das variáveis padronizadas, decompor as correlações fenotípicas para verificar se a relação entre as características em estudo é de causa e efeito, ou influenciada por outra

característica.

Pelo exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar correlações fenotípicas entre características de crescimento e verificar quais as características de maior efeito direto e indireto sobre o volume da copa de laranja Pêra enxertada em diferentes porta-enxertos.

### **Fundamentação Teórica**

A laranja Pêra é uma fruta cítrica produzida pela laranjeira *Citrus sinensis* L. Osbeck que pertence à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae e gênero *Citrus* originária principalmente das regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia. Três gêneros têm importância econômica: *Citrus*, *Fortunella* e *Poncirus*.

Caracteriza-se como árvore de porte médio, galhos mais ou menos eretos, folhas acuminadas. Segundo Simão (1971), os frutos têm forma ovalada, com três a quatro sementes e peso médio de 145 g; a casca é de cor alaranjada, de espessura fina a média, quase lisa e com vesículas de óleo em nível. Tem polpa de cor laranja viva e textura firme, com suco abundante.

O destino do fruto é para consumo ao *in natura*, nos mercados internos ou externos, ou para suco concentrado. A citricultura é umas das mais importantes atividades do agronegócio brasileiro, onde o Brasil é responsável por cerca de 50% da produção mundial de suco de laranja e exporta 98% do que produz, alcançando assim 85% de participação no mercado mundial (IBGE, 2017).

Nota-se que apesar da importância econômica e social desta cultura, há uma lacuna enorme no ramo do melhoramento genético vegetal. Por isso se faz necessário a adversidades nos pomares cítricos, a obtenção de novos porta-enxertos para diversificação nos plantios, é uma das premissas dos programas de melhoramento de citros a nível nacional.

De acordo com Pompeu Junior (2005), os porta-enxertos afetam muitas características das variedades copa, entre destaca-se: vigor, precocidade de produção, época de maturação e massa de fruto, coloração da casca e do suco, teor de açúcares e de ácidos dos frutos, permanência dos frutos na planta, conservação da fruta após a colheita, tolerância da planta à salinidade, à seca, à geadas e a doenças. Outro fator a ser considerado na atual conjuntura cítrica é o Huanglongbing [HLB], considerada a mais destrutiva das doenças dos citros.

O melhoramento genético é uma das modernas tecnologias de produção que merece destaque, pois tem contribuído significativamente para o desenvolvimento de outras espécies frutíferas de importância econômica para o Brasil, com ganhos significativos de produtividade

e qualidade de frutos. A grande maioria dos estudos objetiva a seleção e/ou criação de cultivares copa adaptada às condições de clima temperado, enquanto que, no caso de porta-enxertos, os estudos são bastante incipientes (GIACOBBO et al., 2007).

Um parâmetro de grande uso pelos melhoristas é a correlação entre caracteres, pois dá condições de orientar a seleção de forma indireta para as variáveis desejáveis. É importante ressaltar que somente os estudos de correlações entre as variáveis desejais não proporcionar obter inferências sobre as relações de causa e efeito, sendo necessário seu desdobramento, por meio da análise de trilha (CRUZ et al., 2012).

De acordo com Wright (1921), a análise de trilha é um desdobramento das correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos sobre uma variável básica. Para Ribeiro Junior (2001), a decomposição da correlação é dependente do conjunto de variáveis estudadas, da importância de cada uma e das possíveis inter-relações expressas em diagrama de trilha. A análise de trilha surge como uma das técnicas bastante utilizadas por melhoristas vegetais em múltiplas culturas de interesse econômico, e vem auxiliando no processo de formulação de procedimentos adequados de seleção (Carvalho et al., 1999; Caierão et al., 2001; Kurek et al., 2001; Furtado et al., 2002; Coimbra et al., 2005; Vieira et al., 2007).

## **Metodologia**

O experimento foi instalado em março de 2015 na Fazenda Lima, localizada no Município de Capitão Poço – PA. Parte da microrregião do Guamá, o município encontra-se a 71m de altitude, entre as coordenadas geográficas 01°44'47" de latitude sul e 47°3'57" de longitude oeste de Greenwich. O clima da região é do tipo Ami, chuvoso, mas com pequena estação seca, conforme a classificação de Köppen.

Os tratamentos constaram de seis porta-enxertos: 1 – limoeiro ‘Cravo’ seleção Santa Cruz (*C. limonia* Osbeck). 2 – híbrido TSKC x TRENG-314: tangerina ‘Sunki’ comum (*C. sunki* Hort. ex Tan.) com *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Seleção ‘English’. 3 – híbrido TSKC x TRENG-264: tangerina ‘Sunki’ comum com *P. trifoliata*. 4 – híbrido LVK x LCR-10: limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Ten. & asq.) com limoeiro ‘Cravo’. 5 – híbrido TSKC x CTSW-028: tangerineira ‘Sunki’ comum com citrumelo ‘Swingle’ (*C. paradisi* Macfad. x *P. trifoliata*); 6 – híbrido TSKC x CTSW-033: tangerineira ‘Sunki’ comum com e citrumelo ‘Swingle’. A copa utilizada foi a laranjeira ‘Pera’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC) com quatro

repetições e parcelas de dez plantas. O espaçamento adotado foi o 6m x 4m. As características mensuradas foram: altura da planta (AP), medida a partir da base do solo até o último par de folhas; diâmetros do caule abaixo e acima do ponto de enxertia (DC<sub>AB</sub> e DC<sub>AC</sub>), mensurados 5 cm abaixo e 5 cm acima da linha da enxertia, respectivamente, e volume de copa. As avaliações ocorreram aos 12, 24 e 36 meses após o plantio.

Anteriormente a análise de trilha, a matriz de correlação fenotípica ao diagnóstico de multicolinearidade para garantir confiabilidade nos resultados. O diagnóstico foi realizado pelo número de condição da matriz, proposto por Montgomery e Peck (1981). Este número de condição (NC) é obtido pela razão do maior pelo menor autovalor da matriz de correlação fenotípica. A multicolinearidade é considerada fraca, e não traz prejuízos aos resultados, se o NC for inferior a 100. Em caso de multicolinearidade moderada (100 < NC < 1000) ou severa (NC > 1000), esta pode ser atenuada ou pela eliminação das variáveis de maior correlação ou pela aplicação de uma constante k na diagonal da matriz  $X'X^{-1}$ , à semelhança do método de regressão em crista, proposto por Carvalho et al. (1995).

A análise de trilha foi realizada conforme um diagrama causal em uma cadeia no programa computacional GENES (CRUZ, 2013). O volume da copa foi considerado como variável básica, e as demais variáveis como explicativas.

## Resultados e Discussão

Todas as correlações foram significativamente diferentes de zero pelo teste t, positivas e fortes (Tabela 1). Dancy e Reidy (2006) apontam para uma classificação estimada para definir graus de interação na correlação:  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,6$  (moderada);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte). Dessa forma, pelos coeficientes de correlação estimados, o acréscimo em qualquer característica seria acompanhado pelas demais.

**Tabela 1** – Correlações fenotípicas entre a altura, diâmetro do caule abaixo da enxertia (DC<sub>AB</sub>), diâmetro do caule acima da enxertia (DC<sub>AC</sub>) e volume de copa (Vl) de laranja ‘Pêra’ sobre diferentes porta-enxertos. Capitão Poço, PA. 2018. Fonte: Própria.

Caracteres	Altura	DC <sub>AB</sub>	DC <sub>AC</sub>	Volume
Altura	1	0,953**	0,964**	0,873*
DC <sub>AB</sub>		1	0,954**	0,936**
DC <sub>AC</sub>			1	0,915*
Volume				1

\*\*, \* e ns: significativo a 1% de probabilidade, 5% de probabilidade e não significativo pelo teste t.

A matriz de correlação apresentou multicolinearidade forte ( $NC=1.239$ ). A multicolinearidade surge na presença de correlações fortes na matriz de correlação (CARVALHO; CRUZ, 1996). Se a análise de trilha fosse realizada sem correção da multicolinearidade, os coeficientes de regressão estimados na análise, possivelmente, seriam afetados pela inflação das variâncias do estimador de mínimos quadrados ordinários (CARVALHO et al., 1999). Para atenuar os efeitos da multicolinearidade foi aplicada uma constante ( $k = 0,89$ ) na diagonal da matriz de correlação. Assim, o número de condição da matriz caiu para 89, o que configura multicolinearidade fraca, o que não traz prejuízos aos resultados.

O coeficiente de determinação do diagrama causal foi de 0,92 (Tabela 2), com isso, as variáveis altura e diâmetros do porta-enxerto e enterro explicaram 92% da variação no volume. O diâmetro acima da enxertia (do porta-enxerto) foi o que apresentou maior efeito direto, seguido da altura. A altura era esperada em função desse caráter ser considerado no cálculo do volume. Já o diâmetro do enxerto ( $DC_{AC}$ ) favorece o volume da copa, talvez porque essa é a responsável pela formação de compostos orgânicos que serão translocados para outros órgãos, como as raízes (SILVA et al., 2013), um maior diâmetro contribui para uma melhor estabilidade da planta e condução de nutrientes.

O diâmetro do porta-enxerto ( $DC_{AB}$ ) não apresentou efeito direto, uma vez que ficou abaixo da variável residual. Este resultado demonstra de a estimativa de correlação pode induzir a erros. Constatou-se que a forte correlação do diâmetro do porta-enxerto com o volume ocorreu por efeitos indiretos do diâmetro do enxerto e da altura. Este resultado não era esperado, uma vez que os fatores genéticos dos porta-enxertos contribuem para o crescimento da copa, e podem determinar se a mesma terá crescimento reduzido (SOARES et al., 2015).

**Tabela 2** – Estimativa dos efeitos diretos e indiretos da altura, dos diâmetros do caule abaixo da enxertia ( $DC_{AB}$ ) e acima da enxertia ( $DC_{AC}$ ) sobre o volume de copa de laranja ‘Pêra’ sobre diferentes porta-enxertos. Capitão Poço, PA. 2018. Fonte: Própria.

Caracteres	Efeito sobre Volume	Trilha
Altura	Direto sobre o volume	0,413
	Indireto via $DC_{AB}$	0,084
	Indireto via $DC_{AC}$	0,431
	Total (correlação)	0,992
$DC_{AB}$	Direto sobre o volume	0,090
	Indireto via Altura	0,385
	Indireto via $DC_{AC}$	0,399
	Total (correlação)	0,889

	Direto sobre o volume	0,432
DC <sub>AC</sub>	Indireto via Altura	0,412
	Indireto via DC <sub>AB</sub>	0,831
	Total (correlação)	0,994
R <sup>2</sup> (%)		0,920
Efeito da variável residual		0,281

## Conclusões

O volume da copa é positivo e fortemente correlacionado com a altura e os diâmetros do porta-enxerto e enxerto.

O diâmetro do enxerto e altura possuem fortes efeitos diretos sobre o volume da copa.

O diâmetro de porta-enxerto não possui efeito direto ou indireto no volume da copa.

## Referências

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. Avaliação de citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos para citros em São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cordeirópolis, v. 27, p. 264-267, 2005.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F.; PACHECO, M.T. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.32 p.231-236, 2001.

CARVALHO, C. G. P. et al. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 603-613, abr. 1999.

CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, V.R.; CRUZ, C.D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.603-613, abr. 1999.

CARVALHO, P. C.; CRUZ, C. D. Diagnosis of multicollinearity: assesment of the condition of correlation matrices used in genetic studies. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 479-484, 1996.

CARVALHO, S.P. de. **Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade**. Viçosa: UFV, 1995. 163p.

COIMBRA, J.L.M.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.347-352, 2005.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, 35: 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012. v. 1. 514p.

DANCEY, Christine; REIDY, John. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artmed, 2006. FAVERO, L. P.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. **Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FURTADO, M.R.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A.; COELHO, A.D.F.; PETERNELLI, L.A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.217-220, abr./jun. 2002.

FURTADO, M.R.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A.; COELHO, A.D.F.; PETERNELLI, L.A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.217-220, abr./jun. 2002.

GIACOBBO, C.L.; FACHINELLO, J.C.; PICOLOTTO, L. Compatibilidade entre marmeleiro port-enxerto cv. EMC e cultivares de pereira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.1, p.33-37, 2007.

HARTMANN, H.T. et al. Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2017. Produção Agrícola Municipal – 2016. Disponível em: . Acesso em: 10 out. 2018.

JOHSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Multivariate distributions**: applied multivariate statistical analysis. New Jersey: Pearson, 2007. 488p

KUREK, A.; CARVALHO, F.I.F.; ASSMANN, I.C. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.29-32, 2001.

Montgomery DC & Peck EA (1981) Introduction to linear regression analysis. **New York**, John Wiley. 504p

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

SILVA, S. A.; TECHIO, V. H.; CASTRO, E. M.; FARIA, M. R.; PALMIERI, M. J. Reproductive, Cellular, and Anatomical Alterations in *Pistia stratiotes* L. Plants Exposed to Cadmium. *Water, Air, & Soil Pollution*, v.224, p.1454-1461, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-013-1454-z>

SIMÃO, S. Manual de fruticultura. Piracicaba: **Agronômica Ceres**, 1971. 529p.

SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. DE; SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, E. S. de. Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 211-217, 2015.

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; MARTINS, L.F.; BENIN, G.; SILVA, J.A.G. da; COIMBRA, J.; MARTINS, A.F.; CARVALHO, M.F. de; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.169-174, 2007.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agriculture**, Washington, v.20, p.557-85, 1921.