



# O impacto de diferentes concentrações de reguladores vegetais 2,4-D nos efeitos fisiológicos em *Citrus sinensis* com cancro cítrico, via regressão multivariada.

Vinícius Basseto Félix<sup>1</sup>, Terezinha Aparecida Guedes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Estatística, UEM/PR

## RESUMO

Este trabalho visa a aplicação de regressão multivariada, buscando entender o comportamento de um modelo com múltiplas variáveis respostas. Assim, tem por objetivo modelar o impacto de diferentes doses (0, 15, 45 e 75 mg/ha) de reguladores vegetais 2,4-D nos efeitos fisiológicos (altura, diâmetro, casca, endocarpo e columela) em *Citrus sinensis* (laranja doce) com cancro cítrico, para que se possa compreender o efeito do regulador em todas as variáveis, permitindo o entendimento de estruturas implícitas em múltiplos modelos univariados.

**Palavras chave:** Regressão multivariada, reguladores vegetais, efeitos fisiológicos.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Regressão Multivariada

A regressão multivariada acomoda duas ou mais variáveis respostas [5], de forma que evita a inflação do erro similar, similar aos testes *post hoc*, provê testes mais poderosos quando estas variáveis são correlacionadas e formas de entender comportamento entre as variáveis respostas, como sua dimensionalidade e contribuição das preditoras para com estas.

## 1.2 *Citrus Sinensis*

O Brasil é o maior produtor de laranjas no mundo, com produção estimada em 188040 mil toneladas, sendo assim de suma importância para a economia nacional. Visto isso, é essencial um bom cultivo deste cítrico, porém o cancro cítrico, causado pela bactéria *Xanthomonas citri subsp. citri* [6], é considerado uma das doenças mais graves na cultura do citros, capaz de infectar grande parte das variedades comerciais de laranja doce [1], e conseqüentemente ferindo tecidos jovens das folhas, frutos e ramos vegetais, podendo resultar em injúrias maiores, como: desfolha da planta, seca de ramos e até a queda de frutos [4].

Uma proposta para evitar a propagação da bactéria é a utilização do regulador vegetal 2,4-D que pode controlar a queda dos frutos durante o período de pré-colheita de praticamente todas as espécies cítricas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Como visto em [2], o experimento foi realizado em Paranavaí, sendo analisado no laboratório do Núcleo de Pesquisa em Biotecnologia Aplicada, da Universidade Estadual de Maringá. Os tratamentos empregados nessa área experimental eram constituídos da aplicação do regulador vegetal 2,4-D em 4 diferentes concentrações (0, 0,15 0,45 e 0,75 mg/ha), posteriormente foram medidas 4 características fisiológicas, sendo elas: altura, diâmetro, casca, columela e endocarpo (Figura 1)

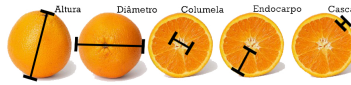


Figura 1: Características fisiológicas da laranja.

Com a existência de inúmeras variáveis respostas, partiu-se para um modelo linear multivariado, pois como visto em [3] um modelo linear multivariado (MLM), basicamente, acomoda 2 ou mais variáveis respostas, ou seja,

$$Y_{(n \times m)} = X_{(n \times k+1)}B_{(k+1 \times m)} + E_{(n \times m)}, \quad (1)$$

em que  $Y$  é uma matriz de  $n$  observações e  $m$  variáveis,  $X$  é a matriz do modelo para  $k$  regressores,  $B$  é a matriz dos coeficientes, em que cada coluna é referente à uma variável resposta e  $E$  é a matriz dos erros.

Inicialmente os dados foram submetidos a análise exploratória e, em seguida a análise multivariada com a utilização do software R [7].

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise descritiva preliminar, pôde-se ver (Tabela 1) aparentemente não há grandes diferenças entre as médias das variáveis nas diferentes dosagens.

Dose	Altura	Casca	Columela	Diâmetro	Endocarpo
0 mg/ha	68,42(4,70)	4,81(0,96)	11,36(2,14)	70,79(4,69)	24,82(2,06)
15 mg/ha	69,16(4,35)	4,81(1,07)	11,60(1,91)	71,35(7,31)	25,04(2,17)
45 mg/ha	69,40(5,90)	5,72(2,15)	12,99(3,16)	72,40(5,69)	25,58(2,52)
75 mg/ha	68,69(4,82)	5,00(1,49)	11,86(2,72)	71,76(4,74)	25,33(2,33)

Tabela 1: Tabela com as média e desvio padrão, em parênteses, dos dados para cada variável resposta e nível do fator.

Buscou-se, também, indicativos de alguma relação entre as variáveis respostas, através do coeficiente de correlação linear de *Pearson*, como visto na Figura 2. Nesta figura, nota-se que as variáveis diâmetro e altura possuem a maior correlação (0,61), seguida pelas variáveis columela e casca.

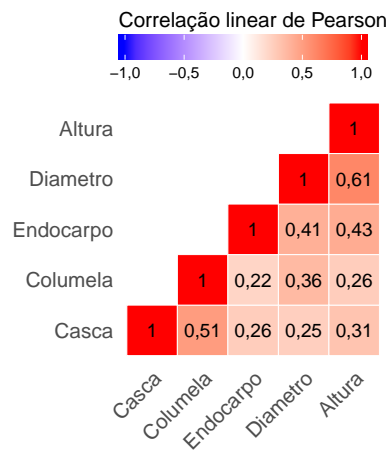


Figura 2: Correlação linear de Pearson das variáveis respostas.

Também, fez-se uma análise de variância multivariada, através da estatística de *Roy*, obtendo-se evidência estatística significativa de que há diferença entre as dosagens. Sendo analisado individualmente para dosagem, só as respostas casca, endocarpo e columela seriam significativas para análise de variância.

Por fim, usou-se dos *hypothesis error* (HE) *plots*, para avaliar a combinação par a par das variáveis (Figura 4), como exemplo na Figura 3, faz-se o gráfico para as variáveis altura e diâmetro.

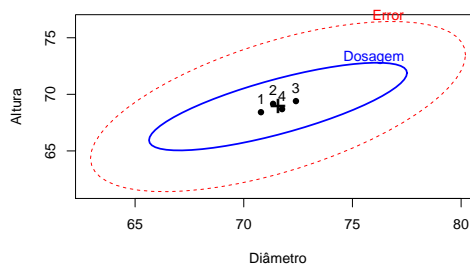


Figura 3: HE *plot* para as variáveis respostas altura e diâmetro.

Nota-se pela Figura 3 que a elipse do fator dosagem está contida na elipse de erro, sendo portanto o feito da dosagem não significativo para esta combinação de variáveis.

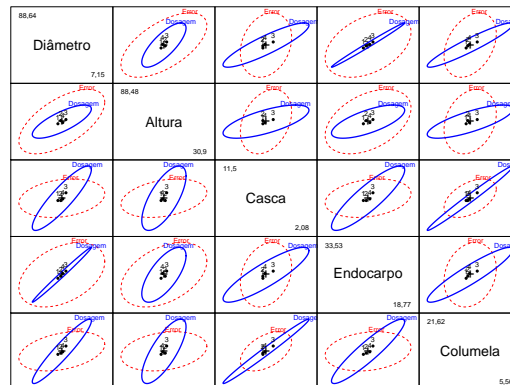


Figura 4: Matriz HE *plot* para todas as variáveis respostas.

## 4 CONCLUSÃO

O método multivariado permite uma análise concomitante das variáveis respostas, permitindo que em uma única análise seja levado em conta comportamento e estruturas entre as variáveis respostas bem como a correlação, além de evitar a inflação dos erros ao realizar os testes. Como na aplicação, em que se pôde perceber que há diferença na mudanças de dosagens, resultado este que poderia ser diferente ao analisar uma única variável resposta.

## Referências

- [1] ANTHONY, Michael F.; COGGINS, Charles W. The efficacy of five forms of 2, 4-D in controlling preharvest fruit drop in citrus. *Scientia horticultrae*, v. 81, n. 3, p. 267-277, 1999.
- [2] CATANI, Diego. et al. O efeito fisiológico do regulador vegetal 2,4-D em folhas destacadadas de laranja doce (*citrus sinensis*) com cancro cítrico, n. 9, p. 4-8, 2015.
- [3] FOX, John; WEISBERG, Sanford. *An R companion to applied regression*. Sage, 2010.
- [4] GOTTWALD, Tim R. et al. Geo-referenced spatiotemporal analysis of the urban citrus canker epidemic in Florida. *Phytopathology*, v. 92, n. 4, p. 361-377, 2002.
- [5] RAO, C. Radhakrishna. *Linear statistical inference and its applications*. John Wiley & Sons, 2009.
- [6] SCHAAD, Norman W. et al. Emended classification of xanthomonad pathogens on citrus. *Papers in Plant Pathology*, p. 96, 2006.
- [7] TEAM, R. Core. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2014. R Foundation for Statistical Computing. 2015.