



USO DE ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA PARA ESTUDOS FENOLÓGICOS EM FRUTEIRAS

Aline de Holanda Nunes Maia¹; Luiz Antonio Junqueira Teixeira².

¹Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Meio Ambiente, 13820-000, Jaguariúna, SP. E-mail: ahmaia@cnpma.embrapa.br; ²Eng. Agrôn., D.Sc., Centro de Solos e Recursos Ambientais/IAC, 13012-970, Campinas, SP. email: teixeira@iac.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

Métodos estatísticos conhecidos como análise de sobrevivência, são comumente utilizados em medicina, ciências sociais e engenharia, em estudos onde a variável-resposta de interesse é o tempo até ocorrência de um evento (morte, divórcio, falha de um equipamento). Esses métodos permitem a estimação de curvas ditas funções de sobrevivência, que representam a probabilidade de ocorrência de um evento num tempo superior a t ($\text{Prob } Y > t$), para diferentes valores de t (KALBFLEISH e PRENTICE 1980; ALLISON, 1995; COLOSIMO e GIOLO, 2006). Na pesquisa agrícola, informações sobre eventos fenológicos, mensuradas em escala temporal (ex. tempo até o florescimento, tempo até a colheita), são fundamentais para o manejo eficiente da cultura. Apesar do seu uso generalizado nas áreas anteriormente citadas, a análise de sobrevivência ainda é pouco utilizada em estudos fenológicos (GIENAPP; HEMERIK; VISSER, 2005). A análise de sobrevivência apresenta uma série de vantagens em relação às abordagens tradicionais baseadas na duração média de estádios fenológicos, entre as quais: a) permite comparar o padrão de ocorrência do evento fenológico de interesse (floração, maturação) ao longo do tempo; b) possibilita estimar probabilidade de ocorrência de eventos em intervalos específicos, importantes para o planejamento de atividades de manejo ou comercialização; c) fornece informações sobre percentis (ex. data em que 50% das plantas floresceram, data em que 90% dos cachos atingiram o ponto de colheita); d) permite avaliar o efeito de tratamentos sobre as referidas medidas e e) não requerem os pressupostos de homogeneidade de variâncias nem normalidade. Neste trabalho apresentamos e discutimos o uso de métodos não paramétricos de análise de sobrevivência em estudos de fenologia de fruteiras, utilizando como exemplo, um estudo sobre o efeito de diferentes tipos de adubos minerais e orgânicos sobre aspectos fenológicos da bananeira.



MATERIAL E MÉTODOS

Para demonstrar o uso dos métodos de análise de sobrevivência em estudos fenológicos, foram utilizados dados de florescimento, provenientes de um experimento para avaliar o efeito de diferentes tipos de adubos orgânicos e convencionais (Tabela 1), sobre a duração do ciclo na cultura da banana. O experimento foi implantado em setembro de 2001 no Pólo Regional Vale do Ribeira (Rodovia BR-116, km 459,7. Pariqüera-Açu, SP).

TABELA 1 - Tratamentos de adubação com biossólido e fertilizantes minerais.

Tratamento	Adubação ⁽¹⁾	Dose de biossólido		Dose de N ⁽²⁾
		t/ha LU	t/ha LS	kg/ha
	Ciclo 2001/2002			
T0	Adubação mineral com P e K (sem N)	--	--	--
TL1	Biossólido + adubação mineral com K	74	12,7	160
TL2	Biossólido + adubação mineral com K	147	42,6	500
TL3	Biossólido + adubação mineral com K	294	83,0	1000
TM1	Adubação mineral com N, P e K	--	--	400
TM2	Adubação mineral com N, P e K	--	--	800

⁽¹⁾ Doses de P e K calculadas segundo a recomendação para o Estado de São Paulo (TEIXEIRA et al., 1997).

⁽²⁾ Dose de N do biossólido estimada em função da quantidade aplicada, resultado de análise química do lodo utilizado em cada tratamento e do N disponível calculado de acordo com CETESB (1999).

Neste trabalho, apresentamos apenas uma análise exploratória dos dados, baseada em percentis e curvas de sobrevivência ajustadas pelo método de Kaplan-Meier. As curvas foram comparadas, pelo teste não paramétrico log-rank, para investigar o efeito do tipo de adubação sobre o padrão temporal de florescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativas dos percentis 25, 50 (mediana) e 75 das distribuições do tempo até o florescimento, com respectivos intervalos de confiança, são apresentadas na Tabela 2. Na Figuras 1, observam-se os padrões de ocorrência do florescimento ao longo do tempo, em cada tratamento. Observa-se, principalmente, o florescimento foi mais tardio no tratamento T0, quando comparado aos demais. Utilizando a abordagem de análise de sobrevivência, é possível comparar tratamentos quanto ao risco de florescimento tardio, como por exemplo: a probabilidade de o florescimento ocorrer depois de 210 dias após o transplântio é cerca de 80%, enquanto nos tratamentos com adubação mineral (TM1 e TM2), essa probabilidade é



inferior a 25%. A diferença entre os tempos medianos de T0 e TM1 (ou TM2) foi superior a um mês (Tabela 2).

A disponibilidade N diferenciada em função dos tratamentos foi a principal causa da resposta obtida, pois observou-se que a duração do ciclo foi significativamente reduzida com o aumento nas doses de N mineral e de biossólido. Ciclos mais curtos representam economia para o produtor, pois implicam menos gastos com a manutenção da cultura (controle de pragas, doenças e invasoras), menor exposição às intempéries (ventos ou granizo) e retorno mais rápido do capital investido. Os efeitos do N sobre a duração do ciclo, elatados na literatura, são divergentes. Arunachalam; Ramaswamy; Muthukrishnan, (1976) observaram encurtamento de até um mês no ciclo promovido pela adubação nitrogenada. Teixeira et al. (2002), em experimento com bananeiras Cavendish cultivadas no Planalto Paulista, também relataram significativa diminuição no ciclo em função da aplicação de N. Diferentemente, Lahav (1995) e Borges; Silva; Oliveira, (1997) observaram que incrementos nas doses de N prolongaram o ciclo da bananeira.

TABELA 2 - Percentis 25, 50 (mediana) e 75 da distribuição das datas até o florescimento, em cada tratamento, com respectivos intervalos de confiança de 95%.

Tratamento	Percentil	Tempo até o florescimento(dias)		
		Estimativa	Intervalo de confiança de 95%	
			Limite inferior	Limite superior
T0	75	246	238	259
T0	50	238	225	238
T0	25	217	217	225
TL1	75	217	217	238
TL1	50	209	209	217
TL1	25	202	202	209
TL2	75	225	225	231
TL2	50	225	217	225
TL2	25	209	202	217
TL3	75	225	217	225
TL3	50	209	202	217
TL3	25	202	195	209
TM1	75	209	209	225
TM1	50	202	202	209
TM1	25	202	188	202
TM2	75	209	202	217
TM2	50	202	202	209
TM2	25	202	195	202

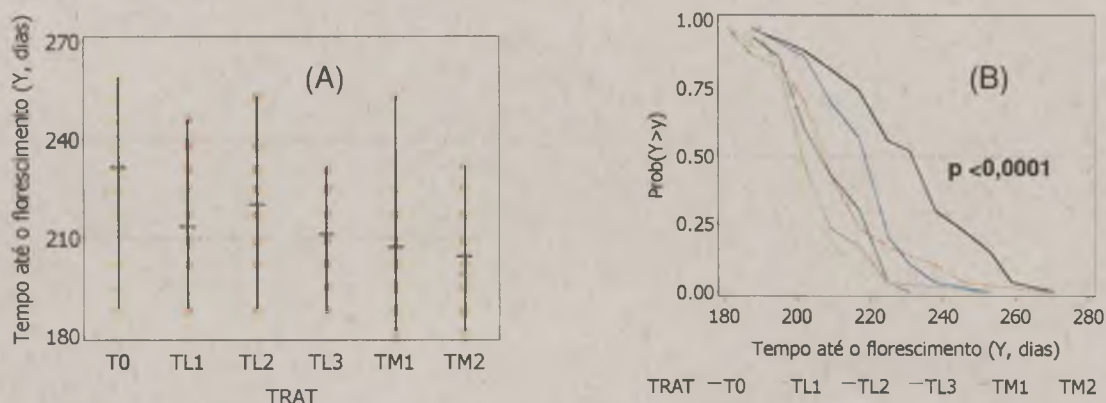


FIGURA 1 - Padrões de florescimento para cada tratamento (TRAT). (A) Desenho esquemático; (B) Curvas de sobrevivência, $\text{Prob}(Y > y)$. ($p =$ valor p do teste log-rank)

Análise mais detalhada, considerando o efeito de blocos e a correlação espacial entre plantas na mesma parcela, pode ser feita utilizando abordagens paramétricas ou semiparamétricas (KALBFLEISH e PRENTICE 1980; COLOSIMO e GIOLO, 2006). Um exemplo de aplicação à área agrícola é apresentado em Colosimo e Giolo (2006), onde foram avaliados os efeitos de combinações de copas e porta-enxertos sobre o tempo de vida de mangueiras.

CONCLUSÕES

A abordagem de análise de sobrevivência tem grande potencial de aplicação em estudos fenológicos, contribuindo para a geração de informações probabilísticas, úteis para o planejamento eficiente de práticas de manejo em fruticultura.

REFERÊNCIAS

ALLISON, P. D. **Survival Analysis Using the SAS System: A Practical Guide**. Cary, NC, SAS Institute Inc., 1995.

ARUNACHALAM, A., RAMASWAMY, N., MUTHUKRISHNAN, C.R. Studies on the nutrient concentration in leaf tissue and fruit yield with nitrogen level for Cavendish clones.

Progressive Horticulture, Chaubattia, v.8, p.13-22, 1976.



BORGES, A. L., SILVA, J. T. A., OLIVEIRA, S. L. Adubação nitrogenada e potássica para bananeira cv. Prata Anã irrigada: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, p.179-184, 1997.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 1999. 32p.

COLOSIMO, E. A., GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada**. São Paulo, Edgard Blücher, 2006.

GIENAPP, P. HEMERIK, L., VISSER, M. E. A new statistical tool to predict phenology under climate change scenarios. **Global Change Biology**, v. 11, p. 600-606, 2005.

KALBFLEISCH, J. D; PRENTICE, R.L. **The Statistical Analysis of Failure Time Data**, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1980.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.) Bananas and plantains. London: Chapman & Hall, 1995. p. 258-316. TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Nitrogen and potassium fertilization of 'Nanicão' banana (Musa AAA Cavendish subgroup) under irrigated and non-irrigated conditions. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 275, p. 771-779, 2002.

TEIXEIRA, L. A. J., SPIRONELLO, A., QUAGGIO, J. A., FURLANI, P. Banana. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.rev. Campinas: IAC, 1997. p.131-2. (Boletim Técnico, 100).