

Análise de sobrevivência aplicada no processo de melhoramento genético do cafeiro

Lucas Pereira Belo¹ Paulo César Emiliano² Bruna Lopes Mariz³

¹Universidade Federal de Viçosa - lucas.p.belo@ufv.br

²Universidade Federal de Viçosa - paulo.emiliano@ufv.br

³Universidade Federal de Viçosa - bruna.mariz@ufv.br

Introdução

Novos cultivares surgem frequentemente no mercado, oriundos de um longo processo de melhoramento através de melhoristas que buscam, em geral, uma alta resistência a pragas, produtividade, vigor, longevidade e plantas adaptadas às diferentes regiões do país, como destacam Caixeta (2022). Diversas metodologias existem para auxiliar nesse processo, principalmente quando se fala em um contexto genético, diante disso, torna-se necessário incorporar novas tecnologias que possam incrementar a dinâmica e a capacidade de resposta dos fatores ligados ao fenótipo das plantas durante esse processo, de modo a corroborar com a análise genética.

Metodologia

Neste trabalho, utilizou-se uma população oriunda do cruzamento das cultivares Tupi Amarelo IAC 5162 e Híbrido de Timor MG0357. O evento de interesse foi definido como o momento em que a produção média por planta (em litros) foi igual ou superior as produções médias anuais das testemunhas Paraíso MG H419-1 e Catuaí Vermelho IAC 144. Foram analisadas características fenotípicas relacionadas à sanidade (ferrugem – *Hemileia vastatrix*, cercosporiose – *Cercospora coffeicola*, bicho-mineiro – *Leucoptera coffeella*) e à qualidade de bebida (ciclo de maturação, tamanho e uniformidade dos frutos). A probabilidade de produção foi estimada por curvas de Kaplan-Meier (1958), com comparações realizadas por meio dos testes de log-rank e Wilcoxon cujas definições podem ser encontradas em Colosimo e Giolo (2006).

Resultados e discussões

As Figuras 1 e 2 ilustram o comportamento produtivo da população em comparação com as testemunhas Paraíso e Catuaí Vermelho. Complementarmente, a Tabela 1 sintetiza as ocorrências de eventos de produção e as censuras registradas ao longo do período de observação.

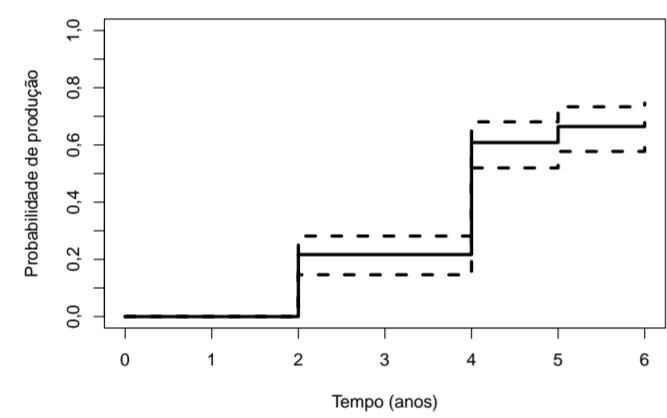


Figura 1. Comparação produtiva da população com a testemunha Paraíso.

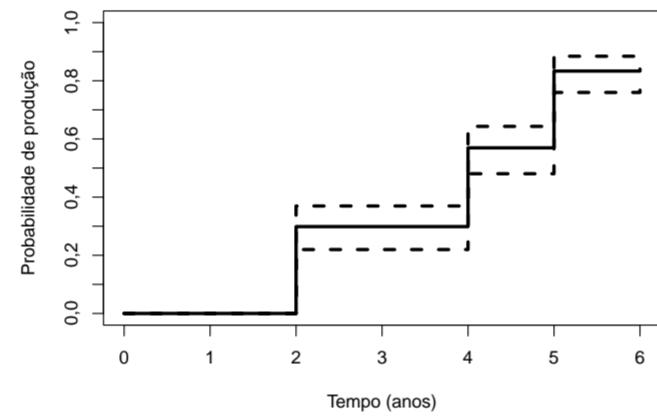


Figura 2. Comparação produtiva da população com a testemunha Catuaí Vermelho.

Tabela 1. Avaliação da produtividade estimada via Kaplan-Meier: comparação com as cultivares referência, Catuaí Vermelho e Paraíso.

Tempo	Catuaí Vermelho				Paraíso					
	nº risco	nº eventos	nº censura	Prod.	Erro p.	nº risco	nº eventos	nº censura	Prod.	Erro p.
0	200	0	56	0,00	0,00	200	0	56	0,00	0,00
2	144	43	0	0,30	0,05	144	31	0	0,22	0,04
4	112	39	0	0,67	0,09	113	56	0	0,61	0,10
5	62	38	0	0,84	0,18	57	8	0	0,67	0,11
6	24	1	23	0,85	0,19	49	2	47	0,68	0,12

Em relação às censuras, para a testemunha Catuaí Vermelho, registraram-se 56 plantas censuradas no tempo 0, correspondendo àquelas que não sobreviveram ao plantio inicial. Adicionalmente, 23 plantas foram censuradas no tempo 6, por não terem alcançado produtividade igual ou superior à da testemunha. Comparativamente, a testemunha Paraíso apresentou uma diferença notável no número de plantas censuradas ao final do estudo (tempo 6), totalizando 47 indivíduos. Os picos de ocorrência do evento de interesse foram registrados nos tempos 2 e 4 para as testemunhas Catuaí Vermelho e Paraíso, respectivamente. De modo geral, a comparação com a testemunha Catuaí Vermelho demonstrou um número superior de plantas com o evento de interesse em comparação à testemunha Paraíso ao longo dos anos.

Tabela 2. Testes de Log-rank e Wilcoxon: Comparação de curvas de produção por covariáveis.

Covariável	Log-rank		Wilcoxon	
	χ^2	valor - p	χ^2	valor - p
Qualidade da bebida				
Uniformidade de maturação (UMT)				
Tamanho de fruto (TF)	20,0	0,0002	15,1	0,0020
Ciclo de maturação (CMT)	22,8	< 0,0001	20,4	< 0,0001
	23,5	< 0,0001	19,4	0,0007
Sanidade das plantas				
Ferrugem (FER)	11,5	0,0007	4,0	0,0500
Bicho mineiro (BM)	30,0	< 0,0001	27,7	< 0,0001
Cercospora (CER)	5,6	0,0600	8,8	0,0100

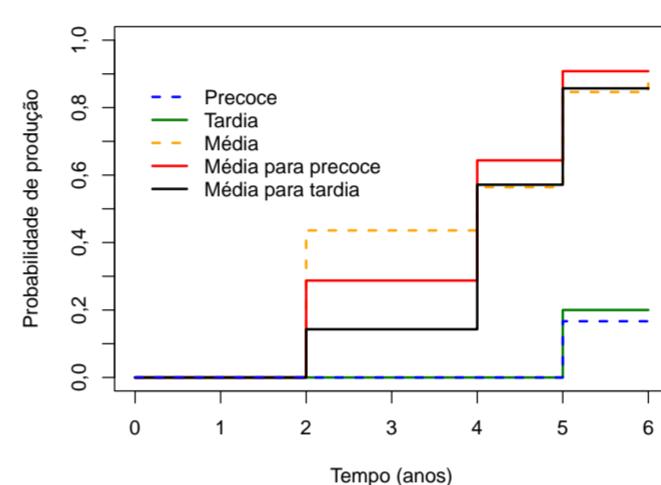
Valores menores que 0,05 rejeitam a hipótese de igualdade entre as curvas de produção nos diferentes níveis da covariável.

Procedeu-se então com os testes dois a dois nos níveis das covariáveis, para identificar quais níveis diferem entre si, os gráficos de produção se encontram nas Figuras de 3 a 8. Os testes apresentados na Tabela 2 para covariável ferrugem já foram conclusivos, pois a covariável apresentou apenas dois níveis ao longo do período de acompanhamento.

Destacaremos aqui as covariáveis cercospora e ciclo de maturação. Para a covariável ciclo de maturação os ciclos precoce e tardio não diferiram em produção, ambos os testes (log-rank e Wilcoxon) apresentaram valor -p = 0,9 e estatísticas $\chi^2 = 0,1$. Adicionalmente, as curvas de produção dos ciclos médio, médio para tardio e médio para precoce não apresentaram diferenças significativas em produtividade em nenhuma das comparações dois a dois realizadas, com valores -p > 0,5 em todos os testes e estatísticas $\chi^2 \leq 0,5$. Esses ciclos, entretanto, diferiram estatisticamente dos ciclos tardio e precoce, com valores -p < 0,0001 em todas as comparações. Para a covariável cercospora, o nível de incidência da doença "pouca para média" diferiu precocemente dos níveis "sem cercospora" e "pouca" pelo teste de Wilcoxon. Nestas comparações, os valores -p foram < 0,01, com estatísticas $\chi^2 = 6,1$ e $\chi^2 = 6,8$ respectivamente. Adicionalmente os níveis das plantas com "pouca" e "pouca para média" também apresentaram diferença significativa pelo teste log-rank, com valor -p = 0,03 e estatística $\chi^2 = 5,0$. Os níveis associados as plantas "sem cercospora" e com "pouca" incidência não diferiram em produção por nenhum dos dois testes.

Qualidade da bebida

Figura 3. Ciclo de maturação.



Sanidade das plantas

Figura 6. Ferrugem.

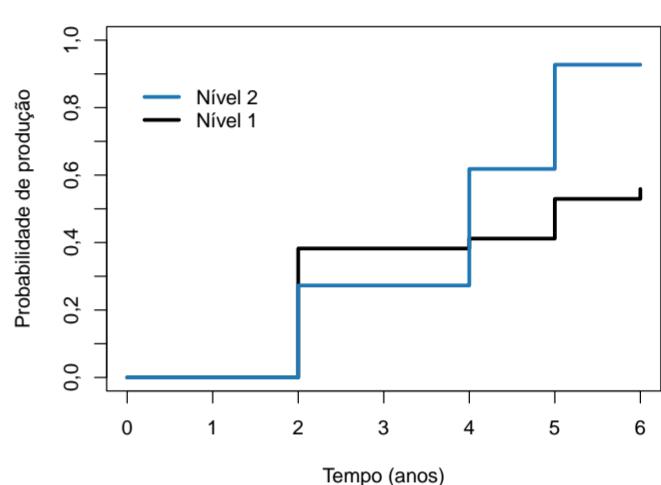


Figura 4. Uniformidade de maturação.

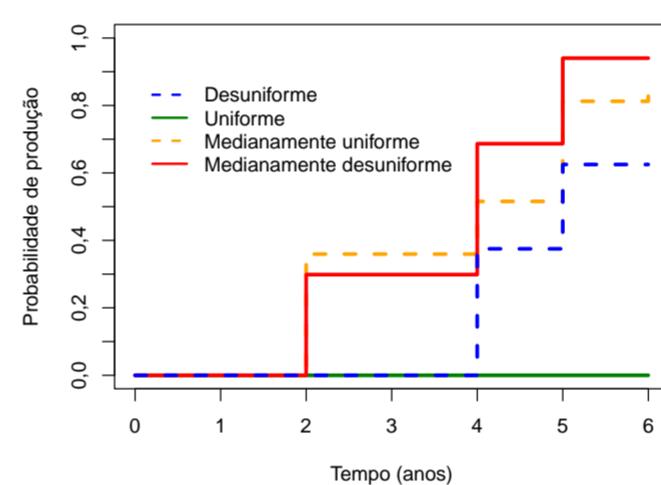


Figura 5. Tamanho do fruto.

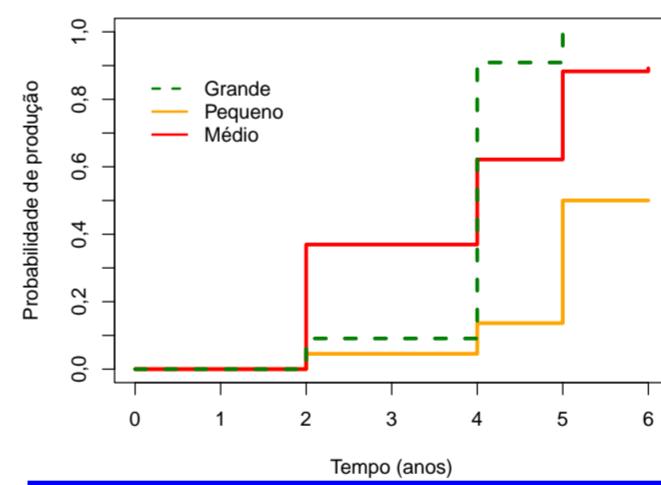
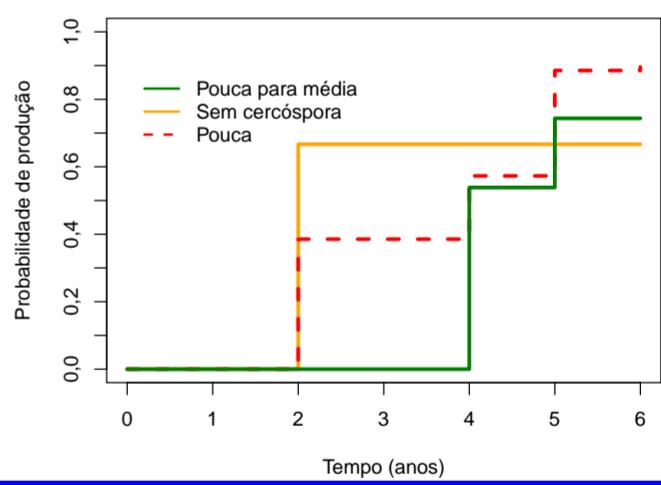


Figura 7. Bicho mineiro.



Conclusões

A abordagem permitiu identificar padrões temporais de produtividade associados às características fenotípicas, indicando que plantas com baixa ou moderada incidência de doenças apresentaram produtividade esperada em comparação com as testemunhas. Além disso, a cultivar demonstrou potencial para boa qualidade de bebida, e os testes empregados foram eficazes na identificação de diferenças precoces e tardias nas curvas de produção.

Referências

- COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada**. 1. ed. São Paulo, SP: Editora Blucher. 2006. 370 p.
- CAIXETA, E. T.; RESENDE, M. D. V.; ALKIMIM, E. R.; SOUZA, T. V.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; PEREIRA, A. A.; ALVES, R. S. **Aceleração do melhoramento do cafeiro via seleção genômica: agilidade e eficácia no lançamento de novas cultivares**. EMBRAPA, 2022. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/14342/Aceleracao-do-melhoramento-do-cafeeiro-Dокументos-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 12 jan. 2025.
- KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the american statistical association*, v. 53, n. 282, p. 457-481, 1958.

Agradecimentos/Financiamento