

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS DANOS DE GEADA EM MUDAS DE *Eucalyptus viminalis* LABILL^{*}

Luciano Lisboa Júnior^{**}

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo comparar dois métodos de avaliação e análise da resistência à geada de mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill., consistindo de: (a) classificação das mudas em seis classes: 0 = muito, até 5 = não afetada pela geada, simulada em um fitotron. As mudas com notas de 0, 1, e 2 foram reclassificadas como 0 = severamente afetadas e aquelas com notas 3, 4 e 5, como 1 = ligeiramente afetadas, com os dados analisados pelo teste χ^2 ; (b) resistência à geada avaliada pelo conteúdo de umidade das mudas, após o teste frio, com os valores transformados em $Y = \sqrt{x + 0,5}$ e analisados pelo teste F, análise de variância. Os resultados evidenciaram uma eqüivalência de interpretações, indicando que o método (a) deveria ser preferido sobre (b), nos casos em que não se tem interesse por estudos de prognose.

PALAVRAS-CHAVE: resistência a geadas, fertilização, mudas, procedências.

COMPARISON BETWEEN TWO METHODS TO EVALUATE FROST DAMAGES IN *Eucalyptus viminalis*.

ABSTRACT

A comparison between two methods of assessment and analysis of *Eucalyptus viminalis* Labill. seedling to frost resistance, was made: (a) Foliage damage was assessed visually, in six grades, in a scale varying from 0 (dead) to 5 (undamaged). Seedlings with scores of 0, 1, and 2, were classified as 0 (severely damaged) and those of 3, 4, and 5, as 1 (slightly damaged), with the data analysed by the χ^2 test; and (b) damage assessed as the moisture content of seedlings (fresh weight basis), with the data analysed by the F-test (ANOVA). The results indicated that both methods led to equivalent interpretations, except in cases of minor importance. Thus, the method (a) would be preferred over (b) in cases where prediction is not desired.

KEY-WORDS: frost resistance, seedling fertilization, provenances.

1. INTRODUÇÃO

Vários são os métodos propostos para a avaliação dos danos ou resistência à geada de mudas de espécies de eucalipto (ASHTON 1958; PATON 1972; HARWOOD 1981; ELDRIDGE et al. 1983). Contudo, as análises estatísticas dessas

* Trabalho apresentado no 5º Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, 1986.

** Eng. Agrônomo, Ph.D., pesquisador da EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

avaliações empregam, quase que invariavelmente, métodos paramétricos de análises de variância (ROOK et al. 1980; LISBÃO JR. 1980), muito embora esses dados e/ou suas transformações raramente sigam a necessária distribuição normal (PATON 1972; KIRKPATRICK 1975; ROOK et al. 1980; HARWOOD 1981; LISBÃO JR. 1986). Assim, a violação de princípios assumidos pela análise de variância, como a normalidade de distribuição dos dados (resíduos), pode levar a inválidas análises e/ou errôneas conclusões (STEEL & TORRIE 1980).

O presente trabalho teve por objetivo comparar interpretações de dados de resistência de mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill. à geada, quando avaliados e analisados por dois métodos diferentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill. de cinco procedências, listadas na Tabela 1, foram produzidas em condições de casa de vegetação, em tubetes cônicos de plástico ("Leach tubes") com capacidade de 150 ml cada, preenchidos com solo arenoso padrão, adubados com cinco dosagens: 0, 3, 6, 9 e 12 g de 6-12-6 (NPK)/tubete. Quatro ensaios foram conduzidos, cada qual representando uma idade (sete, nove, onze e doze semanas após a semeadura), em que as mudas foram submetidas a uma geada artificial simulada em um fitotron, compreendendo dois ciclos de 24 horas, com o seguinte regime de temperatura: iniciando a 20°C, com uma variação constante de -2°C/hora, até atingir a temperatura mínima, em teste, de -4°C. Após um período de quatro horas, nesta mínima, a temperatura foi elevada a uma taxa constante de 3°C/hora, até atingir os 20°C iniciais, completando um ciclo de 24 horas.

O delineamento estatístico de cada ensaio seguiu o esquema de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, cinco repetições, com os tratamentos (doses de fertilizante) dispostos em parcelas de 5 x 5 plantas úteis, com bordadura simples e as cinco procedências em subparcelas lineares de cinco plantas úteis.

TABELA 1. Origem das cinco procedências de *Eucalyptus viminalis* em estudo, de Victoria, Australia e Rio Grande do Sul.

Ordem	Origem	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	Swift Creek District, VIC	37°15'S	147°35'E	680
P2	Wye River, East Otway, VIC	38°41'S	143°50'E	150
P3	Timbarra, Nowa-Nowa, VIC	37°12'S	148°00'E	950
P4	Quarry Ck., Bruthen, VIC	37°25'S	147°34'E	760
P5	Canela, RS, Brasil	29°28'S	50°45'W	920

A avaliação da resistência das mudas às geadas foi efetuada de seis a dez dias após o teste frio, usando-se dois métodos distintos:

- (a) Através de notas de uma escala de zero a cinco, correspondendo a:
 0 = morta, 1 = menos que 25% funcional, 2 = 25-50% funcional, 3 = 50-75% funcional, 4 = mais que 75% funcional, porém afetada, e 5 = não afetada.
- (b) Pelo método de Paton, porém, determinando-se o conteúdo de umidade (base peso verde) das mudas após o teste (PATON 1972).

Para efeito de normalização da distribuição dos dados e análise de variância, seguindo o esquema apresentado na Tabela 2, a média dos valores do índice de Paton de cada unidade experimental foi transformada em $Y = \sqrt{x + 0,5}$. Contudo, nenhuma transformação de dados foi julgada adequada para as notas de danos por geadas em (a), de distribuição multinomial. Assim, as notas 0, 1 e 2 foram reclassificadas como danos severos, nota zero, enquanto que as notas 3, 4 e 5, foram consideradas levemente danificadas, sendo-lhes atribuída a nota 1 (MENZIES 1977). Esse novo esquema resultou em uma distribuição binomial, permitindo a análise através do teste qui-quadrado: χ^2

Tabela 2. Esquema de análise de variância para o índice de Paton transformado e a esperança dos quadrados médios, assumindo todos os fatores, exceto blocos como efeitos fixos.

Causas de Variação		GL	E (QM)
Blocos	(R)	4	$\sigma^2 + 5\sigma_{rf}^2 + 25\sigma^2$
Fertilizante	(F)	4	$\sigma^2 + 5\sigma_{rf}^2 + 25\sum(f_i)^2/4$
Erro A		16	$\sigma^2 + 5\sigma_{rf}^2$

Procedência	(P)	4	$\sigma^2 + 25\sum(p_j)^2/4$
F x P		16	$\sigma^2 + 5\sum(fp_{ij})^2/16$
Erro B		60	σ^2

Uma vez detectada, na análise de variância, significância ao nível de probabilidade $p < 0,05$, os quatro graus de liberdade do efeito de fertilizantes foram decompostos em polinômios ortogonais, e os de procedências, na seguinte estrutura de contrastes ortogonais: (a) brasileira **vs** outras procedências (P_5 **vs** *viminalis*), (b) entre procedências de baixa elevação (P_1 **vs** P_2), (c) entre procedências de altitude elevada (P_3 **vs** P_4) e (d) baixa **vs** procedências de altitude elevada (P_1 & P_2 **vs** P_3 & P_4).

Finalmente, na análise dos efeitos das dosagens de fertilizante através do teste χ^2 , os quatro graus de liberdade foram decompostos nos seguintes contrastes: (a) sem fertilizante **vs** com fertilizante (F_0 **vs** outros)(b) F_3 **vs** F_6 (entre baixas doses), (c) F_9 **vs** F_{12} (entre altas doses), (d) F_3 & F_6 **vs** F_9 & F_{12} (baixas **vs** altas doses).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os contrastes entre médias de resistência à geadas, dado pelo índice transformado de Paton, auferido pelas procedências nas diversas idades em estudo. Os mesmos contrastes entre procedências para a resistência à geadas, quando avaliada por escores e analisada pelo teste χ^2 , são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3. Contrastes entre procedências para resistência à geadas, dada pelo índice de Paton, nas idades de 7, 9, 11 e 12 semanas^{a/}

Contrastes	Idade das Mudanças			
	7 Semanas	9 Semanas	11 Semanas	12 Semanas
P ₅ vs outras	1,02 vs 1,01ns ^{b/}	0,93 vs 0,94ns	0,97 vs 0,93**	0,91 vs 0,87*
P ₁ vs P ₂ c/	1,01 vs 1,01ns	0,96 vs 0,92ns	0,93 vs 0,93ns	0,88 vs 0,88ns
P ₃ vs P ₄	1,01 vs 1,01ns	0,95 vs 0,91ns	0,96 vs 0,94ns	0,90 vs 0,89ns
P ₁ & P ₂ vs P ₃ & P ₄	1,01 vs 1,01ns	0,94 vs 0,94ns	0,93 vs 0,95ns	0,87 vs 0,90*

^{a/} Valores transformados em $Y = \sqrt{X + 0,5}$

^{b/} Níveis de significância: * = p < 0,05; ** = p < 0,01,
ns = não significante

^{c/} P₁, ... P₅ (vide Tabela 1)

Tabela 4. Freqüência de mudas severamente afetadas (mortas) e ligeiramente afetadas (vivas), pelos testes de geada, e os contrastes entre procedências, dados pelo teste Qui-quadrado nas idades 7, 9, 11 e 12 semanas.

Idade das Mudas contrastes	7 Semanas		9 Semanas		11 Semanas		12 Semanas	
	Morta	Viva	Morta	Viva	Morta	Viva	Morta	Viva
Procedência: ^{b/} P ₁	49	76	85	40	76	49	98	27
P ₂	47	78	95	28	74	51	105	20
P ₃	55	70	88	35	71	53	93	32
P ₄	49	76	92	32	70	55	88	37
P ₅	40	85	77	48	47	78	78	47
Valor do Qui-quadrado (4GL)	3,923 Não significante		8,695 Não significante		17,956 (p = 0,001)		17,313 (p < 0,001)	
Contrastes	χ^2	Pr > χ^2	χ^2	Pr > χ^2	χ^2	Pr > χ^2	χ^2	Pr > χ^2
P ₅ vs outros	2,706	0,1000	5,940	0,0147 ^{a/}	17,280	0,0001	10,756	0,0010
P ₃ vs P ₂	0,068	0,7942	2,657	0,1032	0,067	0,7957	1,284	0,2571
P ₃ vs P ₄	0,593	0,4412	0,219	0,6398	0,040	0,8414	0,500	0,4796
P ₁ & P ₂ vs P ₃ & P ₄	0,533	0,4854	0,005	0,9438	0,584	0,4447	5,433	0,0197

^{a/} Significância não protegida pela análise global, na idade de 9 semanas.

^{b/} P₁ ... P₅ conforme descrição na Tabela 1.

As interpretações dos resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 são similares, indicando que as procedências tiveram um mesmo nível de resistência à geada, nas idades de sete e nove semanas. Entretanto, nas idades de onze e doze semanas, a procedência de Canela, RS, mostrou maior resistência que a média das procedências australianas. Já no último teste, doze semanas, os dois métodos de avaliação e análise indicaram a tendência de as procedências de altitudes elevadas (P₃ e P₄) terem maior resistência à geada que as provenientes de baixas elevações (P₁ e P₂).

O método utilizando o índice de Paton (Tabela 5) não demonstrou o efeito das dosagens de fertilizantes na idade de sete semanas. Contudo, o teste qui-quadrado revelou, nesta idade, que o potencial de sobrevivência das mudas após o teste frio (Tabela 6) está associado com os tratamentos de fertilização ($p < 0,05$). Pela análise dos contrastes estabelecidos, a freqüência de mudas potencialmente vivas nas parcelas testemunhas foi significativamente superior à das parcelas fertilizadas ($p < 0,002$). Esta aparente discrepância entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos de avaliação e análise estatística diz respeito a um diferente grau de sensibilidade entre os testes "F" e χ^2 . Enquanto no primeiro, apesar de robusto, a sensibilidade depende de quão normal ou próximo à normalidade os dados se distribuem, o último é a melhor maneira de se analisar dados de freqüência com distribuição binomial (STEEL & TORRIE 1980).

Nas demais idades, a interpretação dos resultados foi consistente por ambos os métodos de avaliação e análise. Assim, um efeito negativo das doses de fertilizante na resistência das mudas à geadas foi detectado nas idades de nove e onze semanas, mas, não na última (12 semanas). Na idade de nove semanas, o contraste entre as doses F_9 vs P_{12} (Tabela 6), foi significativo ($p < 0,0180$), indicando ter havido um aumento no potencial de sobrevivência das mudas na dose de 9 g/tubete para 12 g/tubete, fato que deve corroborar com a significância do efeito quadrático obtido com o uso do índice de Paton (Tabela 5). Na idade de onze semanas, o contraste F_3 & F_6 vs F_9 & F_{12} (Tabela 6), foi significativo ($p < 0,001$), indicando que as altas dosagens reduziram o potencial de sobrevivência das mudas após o teste de geadas, aspecto que, aliado à significância do contraste F_0 vs outras doses, corroboraria com o efeito linear das doses de fertilizante, quando analisado pelo índice de Paton (Tabela 5). Contudo, o contraste entre as menores doses (F_3 vs F_6) foi significativo ($p < 0,0134$), indicando um maior potencial de sobrevivência para as mudas sob a dosagem de 6g/tubete do que sob 3 g. Isto indica a existência de um provável ponto de inflexão, não detectado na análise de variância, com os dados avaliados pelo método de Paton. Este fato, contudo, seria irrelevante na interpretação dos resultados, embora possa indicar, uma vez mais, a maior sensibilidade do método de Menzies, analisado pelo x^2 .

Tabela 5. Efeitos das doses de fertilizantes na resistência à geadas das mudas nas idades de 7, 9, 11 e 12 semanas.

Idade da Muda efeito	7 Semanas		9 Semanas		11 Semanas		12 Semanas	
	Teste F	Pr>F	Teste F	Pr>F	Teste F	Pr>F	Teste F	Pr>F
Linear	1,84	0,1935	0,09	0,7678	6,69	0,0198	2,69	0,1207
Quadrático	1,26	0,2774	11,07	0,0043	2,09	0,1677	0,04	0,8466
Cúbico	0,15	0,7058	2,98	0,1048	1,02	0,3282	0,67	0,4246
49 gram	0,65	0,4304	2,14	0,1629	3,85	0,0673	0,03	0,8645

Tabela 6. Frequência de mudas severamente afetadas (mortas) e ligeiramente afetadas (vivas) pelos testes de geadas e os efeitos das dosagens de fertilizantes analisados pelo teste Qui-quadrado nas idades de 7, 9, 11 e 12 semanas.

Dose de Fertilizante	Idade e Condição das Mudas							
	7 Semanas		9 Semanas		11 Semanas		12 Semanas	
	Morta	Viva	Morta	Viva	Morta	Viva	Morta	Viva
F ₀ ^{a/}	33	92	77	48	40	85	85	40
F ₃	53	72	93	30	75	49	93	32
F ₆	48	77	86	38	56	69	90	35
F ₉	59	66	98	26	90	35	95	30
F ₁₂	47	78	83	41	77	48	99	26
Valor do Qui-Quadrado (4GL)	12,581 (p<0,0500)		11,478 (p<0,0500)		49,945 (p<0,0001)		4,616 Não significativa	
Contrastes:	χ^2	Pr> χ^2	χ^2	Pr> χ^2	χ^2	Pr> χ^2	χ^2	Pr> χ^2
F ₀ vs outros	9,512	0,0020	5,940	0,0147	30,937	0,0001	2,840	0,0920
F ₃ vs F ₆	0,415	0,5181	1,211	0,2712	6,142	0,0134	0,184	0,6679
F ₉ vs F ₁₂	2,358	0,1247	4,601	0,0180	3,048	0,0809	0,368	0,5441
F ₃ vs F ₆ vs F ₉ & F ₁₂	0,206	0,6500	0,017	0,8963	10,442	0,0012	1,305	0,2532

^{a/} F₀, F₃ ... F₁₂ = fertilização com NPK 6-12-6 nas dosagens de 0, 3... 12g/recipientes, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Ambos os métodos de avaliação e análise da resistência de mudas à geada conduzem a interpretações equivalentes, exceto em alguns casos de pouca relevância. A avaliação por notas e análise pelo teste χ^2 apresentaria, quando comparado com o método de Paton e ANOVA, as seguintes vantagens: a) método não destrutivo, permitindo a avaliação no campo ou no laboratório; b) não requer equipamentos (estufas e balanças de precisão); c) maior simplicidade de análise, não necessitando de transformações ou verificação da normalidade de distribuição dos dados, fatores que, possivelmente, aumentariam a sensibilidade do teste. Por outro lado, este método apresentaria as seguintes desvantagens: a) não permitiria a análise de possíveis interações entre tratamentos em ensaios fatoriais; b) não permitiria o uso de regressões (modelos matemáticos) e o conseqüente estudo de prognoses.

5. REFERÊNCIAS

- ASHTON, D.H. The ecology of *Eucalyptus regnans*: the species and its frost resistance. **Aust. J. Bot.**, **6**:154-76, 1958.
- ELDRIDGE, K.G.; OWEN, J.V.; GRIFFIN, A.R. & HARWOOD, C.E. Development of a method for assessing frost resistance of *Eucalyptus*. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES EUCALYPTUS RÉSISTANTS AU FROID, Bordeaux.1983. **Proceedings**. Nangis, AFOCEL, 1983. p.145-51.
- HARWOOD, C.E. Frost resistance of subalpine *Eucalyptus* species. II. Experiments using the resistance index method of damage assessment. **Aust. J. Bot.**, **29**:209-18, 1981.
- KIRKPATRICK, J.B. Geographical variation in *Eucalyptus globulus*. Canberra, Aus.For.Timb.Bur., 1975. (Bull., 47).
- LISBÃO JR., L. O efeito da geada e o comportamento inicial de três procedências de *Eucalyptus dunnii* Maiden, em ensaio conjugado de mini-espacamentos e adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, (1):28-49, 1980.
- . **Effects of NPK-fertilizer on growth and frost resistance of Eucalyptus viminalis Labill. seedlings**. Raleigh, North Carolina State University, 1986. 103p. Tese Doutorado.
- MENZIES, M.I. Frost. In: CHAVASSE, C.G.R. **Forest handbook**. North Wellington, New Zealand Institute of Foresters, 1977. p.92-4.
- PATON, D.M. Frost-resistance in *Eucalyptus*: a new method for assessment of frost injury in altitudinal provenances of *Eucalyptus viminalis*. **Aust.J. Bot.**, **20**:127-39, 1972.
- ROOK, D.A.; WILCOX, M.D.; HOLDEN, D.G. & WARRINGTON, I. J. Provenance variation in frost tolerance of *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Aust.For.Res.**,**10**:213-38, 1980.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**; a biometrical approach. 2.ed. New York, Mc Graw Hill, 1980. 633p.