

ALTERNATIVAS DE ÍNDICES DE SELEÇÃO EM UMA POPULAÇÃO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Ildeu Soares Martins¹, Rosana de Carvalho Cristo Martins², Daniel dos Santos Pinho³

(recebido: 11 de novembro de 2005; aceito: 30 de junho de 2006)

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo verificar a eficiência dos índices de seleção, em uma população de *Eucalyptus grandis*, visando o melhoramento genético desta espécie. Foram usados o índice clássico Hazel (1943) e Smith (1936) e o índice baseado nos ganhos desejados (PESEK & BAKER, 1969), além dos índices base (WILLIAMS, 1962), livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963) e o baseado na soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978). As seleções direta e indireta não foram eficientes, pois não apresentaram a distribuição de ganhos desejada. Os índices de seleção não foram eficientes no sentido de se obter uma distribuição de ganhos equilibrada, exceto o Índice Livre de Pesos e Parâmetros (ELSTON, 1963) que apresentou respostas esperadas equilibradas, de acordo com os propósitos do presente trabalho.

Palavras-chaves: Seleção, índices de seleção, melhoramento florestal.

ALTERNATIVES OF INDICES OF SELECTION IN A *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden POPULATION

ABSTRACT: Due to its high variability and adaptability to different regions, the *Eucalyptus* species are planted in the whole world. This work aimed to verify the efficiency of the selection indices, in a population of *Eucalyptus grandis*. The classic index Hazel (1943) and Smith (1936) and the index based on the desired profits had been used (PESEK & BAKER, 1969), besides the indices base (WILLIAMS, 1962), free of weights and parameters (ELSTON, 1963) and the based one on the addition of Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978). The direct and indirect selections had not been efficient; therefore they had not gotten the distribution of profits desired. The selection indices had not been efficient in the direction of getting a balanced profit distribution, in accordance to the objectives of the work. The Free Index of Weights and Parameters (ELSTON, 1963) presented waited balanced answers, in accordance to the aims of this work.

Key words: Selection, indices of election, forest improvement.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, formado por aproximadamente 600 espécies, a maioria originada da Austrália, apresenta grande importância no setor florestal em todo o mundo devido à sua alta variabilidade genética e adaptabilidade a diferentes regiões (ELDRIDGE et al., 1993).

O *Eucalyptus grandis* é o mais plantado no mundo devido às características silviculturais desejáveis e a aplicabilidade da madeira para diversos fins, aliada à grande variabilidade genética e à facilidade de aquisição de sementes em quantidade e qualidade (MARTINS, 1999).

O objetivo básico do melhoramento é garantir o aumento da produtividade e da qualidade da madeira a cada ciclo de seleção, sem com isso comprometer a base genética da população.

Nos trabalhos de melhoramento, a seleção é uma ferramenta de considerável importância, pois a

obtenção de fenótipos superiores passa pela seleção e recombinação de famílias e indivíduos. Neste contexto, a seleção baseada em uma ou poucas características pode se mostrar inadequada por não levar a um produto final superior com relação a vários caracteres. Uma alternativa seria a adoção da teoria de índices de seleção, a qual permite combinar as múltiplas informações contidas nas unidades experimentais, de modo a selecionar com base em um grupo de características.

O uso dos índices de seleção apresenta algumas dificuldades e limitações, mas, de modo geral, eles são vantajosos, pois proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento, como alguns trabalhos têm apontado (MARTINS, 1999; MARTINS et al., 2003; PAULA, 1997).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo, verificar as eficiências dos índices de seleção, em uma população de *Eucalyptus grandis*.

¹Professor do Departamento de Engenharia Florestal da UNB – Cx. P. 04357 – 70919-970 – Brasília, DF – ildmarti@unb.br

²Professora do Departamento de Engenharia Florestal da UNB – Cx. P. 04357 – 70919-970 – Brasília, DF – rccristo@unb.br

³Mestrando da Universidade Federal de Viçosa/UFV – Departamento de Engenharia Florestal – 36.571-000 – Viçosa, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho são relativos a um teste de progênies implantado pela Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA), no município de Governador Valadares/MG, envolvendo 248 famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis*. Foi utilizado o modelo estatístico de blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas lineares de seis plantas, no espaçamento 3 x 2 m, na idade de 48 meses.

Foram avaliadas as características circunferência à altura do peito (CAP), altura (ALT), número de árvores com ferrugem (FER), número de árvores com cancro (CAN) e número de árvores/parcela (NAR).

Foram efetuadas análises de variância, em nível de médias de plantas por parcela, segundo o modelo estatístico encontrado em Steel & Torrie (1980):

$$Y_{ij} = \mu + p_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

$i = 1, 2, \dots, I$ famílias de meio-irmãos;

$j = 1, 2, \dots, J$ repetições (blocos);

Y_{ij} = é a observação referente à família i , no bloco j ;

μ é a média geral;

p_i é efeito da família i ($p_i \sim \text{NID } 0, \sigma_g^2$);

b_j é o efeito do bloco j ;

e_{ij} é o erro aleatório ($e_{ij} \sim \text{NID } 0, \sigma_g^2$).

Foram estimadas as variâncias genotípicas e fenotípicas, bem como a herdabilidade com base nas médias das famílias e os ganhos genéticos pela

seleção direta e indireta para os caracteres avaliados, conforme Vencovsky & Barriga (1992).

Foram usados o índice clássico Hazel (1943) e Smith (1936) e o índice baseado nos ganhos desejados (PESEK & BAKER, 1969). Na aplicação do índice clássico consideraram-se pesos econômicos baseados em estatísticas dos próprios dados experimentais, conforme Cruz (1990) e outras combinações de pesos econômicos, tendo em vista a distribuição de ganhos mais convenientes, de acordo com os propósitos deste trabalho.

Utilizaram-se ainda os índices base (WILLIAMS, 1962), livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963) e o baseado na soma de Rancks (MULAMBA & MOCK, 1978), com o objetivo de melhorar a eficiência dos resultados. A metodologia usada para avaliar as eficiências destes índices seguiu os procedimentos estatísticos descritos por Cruz & Regazzi (1994).

Os ganhos genéticos obtidos pelos índices, nas diversas características, foram usados de forma a fazer deduções a respeito de suas eficiências.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados das análises de variâncias para todas as características avaliadas. Os valores de F foram significativos em nível de 1% de probabilidade, o que evidencia a existência de variabilidade genética entre as famílias, para as características em estudo. Estes resultados estão em conformidade com os obtidos por Castro (2001), Martins (1999), Oliveira (2000) e Paula (1997), para todas as características.

Tabela 1 – Resultados das análises de variâncias para as características avaliadas aos 48 meses de idade.

Table 1 – Results of the analysis of variance for the evaluated characteristics at 48 months of age.

| FV | QM | | | | | |
|----------|-----|---------|---------|--------|-------|-------|
| | GL | CAP(cm) | ALT (m) | FER | CAN | NAR |
| Blocos | 3 | 645,63 | 244,99 | 1,06 | 1,73 | 7,56 |
| Famílias | 247 | 231,90* | 37,51* | 0,155* | 0,30* | 0,56* |
| Resíduos | 741 | 71,24 | 11,71 | 0,56 | 0,12 | 0,41 |
| Total | 991 | | | | | |
| CV | | 24,13 | 24,37 | 23,40 | 25,85 | 13,57 |
| Média | | 17,49 | 7,02 | 0,47 | 0,67 | 2,36 |

* Significativos ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste “F”.

Em relação às médias das características de crescimento, observou-se que os mesmos são condizentes com o comumente encontrado em espécies do gênero *Eucalyptus*, na idade em que se encontrava a população em estudo.

Pela Tabela 2, apresentam-se as estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas e residual, bem como as herdabilidades e a razão entre os coeficientes de variação genotípicos e fenotípicos para as características avaliadas.

Tabela 2 – Variâncias fenotípicas (σ^2_p), variâncias genotípicas (σ^2_g), variáveis residuais (σ^2), herdabilidades (h^2) e a razão entre os coeficientes de variância genotípicos e residuais (cv_g/cv_e) para as características avaliadas.

Table 2 – Phenotypic variances (σ^2_p), genotypic variances (σ^2_g), residual variables (σ^2), heritability (h^2) and the relation genotypic variance-residuals coefficients (cv_g/cv_e) for the evaluated characteristics.

| Parâmetro | CAP | ALT | FER | CAN | NAR |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| σ^2_p | 57,98 | 9,38 | 0,04 | 0,07 | 0,14 |
| σ^2_g | 40,16 | 6,45 | 0,02 | 0,04 | 0,04 |
| σ^2 | 17,81 | 2,93 | 0,01 | 0,03 | 0,10 |
| * h^2 | 69,28 | 68,77 | 63,90 | 59,80 | 26,47 |
| Cv_g/cv_e | 0,75 | 0,74 | 0,67 | 0,61 | 0,30 |

*Herdabilidade é expressa em porcentagem.

Os valores de herdabilidade foram considerados moderadamente altos para todas as características, exceto para NAR cujo valor foi baixo.

As características que apresentam maiores valores de herdabilidade respondem mais facilmente à seleção, entretanto, a variável NAR, apesar de apresentar um baixo valor de herdabilidade, é uma variável muito importante, e qualquer ganho nela deve ser considerado, conforme Assis (1996).

As razões CV_g/CV_e foram todas inferiores a 1 indicando uma situação não muito favorável à seleção, entretanto algum progresso genético é possível e deve ser considerado.

Na Tabela 3 estão apresentadas as estimativas das respostas diretas e indiretas à seleção, considerando uma proporção selecionada de 25%, com seleção no sentido de acréscimo para as características CAP, ALT e NAR, e, no sentido de decréscimo para FER e NAR.

A seleção direta e indireta não foram eficientes no sentido de proporcionar uma distribuição de ganhos equilibrada de acordo com os propósitos do trabalho que são ganhos positivos para as características CAP, ALT e NAR e ganhos negativos para FER e CAN, pois quando se seleciona para uma característica na qual se quer ganho positivo obtém-se ganhos no mesmo sentido para todas as outras e vice-versa. Neste caso é recomendável a utilização da teoria dos índices de seleção, numa tentativa de se obter respostas mais equilibradas nos ganhos, para as características consideradas.

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados, em termos de ganhos percentuais esperados, nas características avaliadas com a seleção praticada nos índices de Hazel (1943), Pesek & Baker (1969) e Smith (1936).

Tabela 3 – Estimativas de respostas diretas e indiretas à seleção em (%).

Table 3 – Estimates of direct and indirect answers to the selection in (%).

| Seleção | Resposta em : | | | | |
|---------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| | CAP | ALT | FER | CAN | NAR |
| CAP | 40,23 | 40,02 | 32,90 | 29,12 | -3,24 |
| ALT | 40,08 | 40,30 | 32,25 | 29,25 | -3,68 |
| FER | -36,46 | -36,25 | -33,85 | -30,08 | 2,42 |
| CAN | -35,71 | -35,62 | -31,51 | -31,56 | 3,00 |
| NAR | -18,82 | -18,70 | -12,25 | -13,64 | 5,44 |

Os índices clássicos, construídos com pesos econômicos iguais para todas as características, e também, iguais a um coeficiente de variação genético, não foram capazes de proporcionar distribuição de ganhos condizentes com os propósitos do trabalho.

Em relação ao índice de Pesek & Baker (1969), com pesos econômicos iguais a um desvio padrão para cada característica, não se conseguiu também uma distribuição de ganhos equilibrada, conforme os objetivos almejados.

Outras alternativas de índices de seleção são apresentadas na Tabela 5.

Verifica-se que todos os índices avaliados não

mostraram ganhos satisfatórios, resultando em ganhos similares aos anteriores para as características em estudo.

Observa-se que, o índice Livre de Pesos e Parâmetros, de Elston (1963), mostrou uma tendência de melhora para as características avaliadas, isto se deve à estrutura de construção do índice, que estabelece níveis mínimos de seleção, para cada uma das características.

Para a população em estudo, recomenda-se a realização de trabalhos de divergência genética, indicando as 248 progênies para hibridação, visando uma melhoria na estrutura genética da população, em futuros trabalhos de melhoramento.

Tabela 4 – Respostas esperadas nas características avaliadas, com a seleção praticada nos índices de Hazel (1943), Pesek & Baker (1969) e Smith (1936).

Table 4 – Waited answers in the evaluated characteristics, with the selection practiced in the Hazel (1943), Pesek & Baker (1969) and Smith (1936) indices.

| Índice | Resposta esperada em (%) | | | | |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | DAP | ALT | FER | CAN | NAR |
| SH ₁ | 39,92 | 39,65 | 32,81 | 27,52 | -2,86 |
| SH ₂ | 39,14 | 39,13 | 35,37 | 32,74 | -7,07 |
| PB ₁ | 7,42 | 11,09 | 15,16 | 12,68 | -2,31 |

SH₁ = Índice de Hazel (1943) & Smith (1936), com pesos econômicos iguais para todas as características; SH₂ = Índice de Hazel (1943) & Smith (1936), com pesos econômicos iguais a um coeficiente de variação genotípico para cada característica; PB₁ = índice de Pesek & Baker (1969), com pesos econômicos iguais a um desvio-padrão genético, para cada característica.

Tabela 5 – Respostas esperadas nas características avaliadas, com a seleção praticada nos índices base (WILLIAMS, 1962), livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963), baseado na soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978).

Table 5 – Waited answers in the evaluated characteristics, with the selection practiced in the base indices (WILLIAMS, 1962), free of weights and parameters (ELSTON, 1963), based in the addition of Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978).

| Índice | Resposta esperada em (%) | | | | |
|--------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|
| | DAP | ALT | FER | CAN | NAR |
| IB | 40,21 | 40,00 | 32,62 | 28,69 | -3,24 |
| IE | 8,95 | 5,52 | -4,75 | -0,48 | 2,48 |
| IR | -16,35 | -17,25 | -15,92 | -15,19 | 4,77 |

IB = Índice Base (WILLIAMS, 1962); IE = Índice Livre de Pesos e Parâmetros (ELSTON, 1963); IR = Baseado na soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978).

4 CONCLUSÕES

Na seleção de genótipos superiores, no presente caso, as seleções direta e indireta não foram eficientes, pois não apresentaram a distribuição de ganhos desejados;

Os índices de seleção não foram eficientes no sentido de se obter uma distribuição de ganhos equilibrada.

O Índice Livre de Pesos e Parâmetros (ELSTON, 1963) apresentou respostas esperadas equilibradas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, p. 32-51, 1996.
- CASTRO, P. R. **Eficiência de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus camaldulenses***. 2001. 12 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2001.
- CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, H.; WYK, G. van. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon, 1993. 288 p.
- ELSTON, R. C. A. Weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, North Carolina, v. 19, p. 85-97, 1963.
- HAZEL, L. N. The genetic basics for constructing selections indexes. **Genetics**, [S.l.], v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.
- MARTINS, I. S. **Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis***. 1999. 94 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 327-333, 2003.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays L.*) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal Genetic Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.
- OLIVEIRA, M. C. **Divergência genética em uma população de *Eucalyptus camaldulensis***. 2000. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.
- PAULA, R. C. **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. 1997. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.
- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics**, [S.l.], v. 7, p. 240-250, 1936.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics a biometrial approach**. 2. ed. [S.l.]: MacGraw-Hill Book, 1980. 633 p.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 406 p.
- WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.