

USO DA ANÁLISE MULTIVARIADA NO ESTUDO DE FATORES HUMANOS EM OPERADORES DE MOTOSSERRA

Cleverson de Mello Sant'Anna¹, Jorge Roberto Malinovski²

RESUMO: Este trabalho foi realizado em plantios comerciais de eucalipto, nos municípios de Marliéria e Córrego Novo, no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. Seu objetivo foi aplicar a análise multivariada no estudo de fatores humanos relacionados com a atividade de corte com motosserra, agrupando os operadores de motosserra em classes, levando-se em consideração a sua produtividade individual e os fatores humanos envolvidos. A análise de agrupamento classificou os operadores de motosserra em quatro grupos. Dos 20 fatores avaliados, 13 foram importantes na classificação dos operadores de motosserra em grupos. A produtividade no trabalho foi um fator de grande importância no agrupamento de operadores de motosserra, sendo que os três operadores de maior produtividade formaram um grupo e o operador de menor produtividade formou outro grupo.

Palavras-chave: motosserra, análise multivariada, análise de agrupamento, fatores humanos.

USE OF MULTIVARIATED ANALYSIS IN THE STUDY OF HUMAN FACTORS IN CHAINSAW OPERATORS

ABSTRACT: This research was developed in eucalyptus plantations, in Marliéria and Córrego Novo, in the state of Minas Gerais, Brazil, with the objective of multivariate analysis applying in the study of human factors related to chainsaw cutting, clustering the chainsaw operators, considering the individual productivity and the involved human factors. The cluster analysis classified the chainsaw operators in four groups. Thirteen factors were important in clustering the chainsaw operators, among the 20 factors analysed. The productivity on the job was a very important factor in the chainsaw operators clustering, because the three most productive chainsaw operators have formed one group and the less one has formed another group.

Key words: chainsaw, multivariate analysis, cluster analysis, human factors.

1 INTRODUÇÃO

As técnicas de análise multivariada possibilitam avaliar um conjunto de características, levando em consideração as correlações existentes, o que permite que interferências sobre o conjunto de características sejam feitas em um nível de significância conhecido.

O seu emprego na engenharia florestal vem aumentando muito nos últimos anos, abrangendo principalmente a genética, o melhoramento, a ecologia e o manejo florestal. A análise de agrupamento tem sido um dos métodos estatísticos de análise multivariada mais empregados no setor florestal (Trugilho, 1995).

¹ Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras, MG, santanna@ufla.br

² Departamento de Silvicultura e Manejo – Universidade federal do Paraná, 800335-010 Curitiba, PR

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação, as unidades amostrais em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (Cruz & Regazzi, 1994; Johnson & Wichern, 1992).

O uso das técnicas de análise multivariada na colheita florestal constitui um campo bastante promissor, podendo ter aplicações no estudo de trabalhadores, máquinas e sistemas florestais.

Este trabalho teve por objetivo a aplicação da análise multivariada no estudo de fatores humanos relacionados com a atividade de corte com motosserra, agrupando os operadores de motosserra em classes, levando-se em consideração a sua produtividade individual e os fatores humanos envolvidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em plantios de *Eucalyptus* spp de uma empresa florestal, nos municípios de Marliéria e Córrego Novo, no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. A área de estudo está compreendida na região bioclimática número 5 do estado de Minas Gerais, cujo clima é classificado como subtropical úmido-subúmido, com temperatura média anual variando de 20°C a 23°C, precipitação média anual variando de 1.100 a 1.400 mm e altitude de 200 a 900 m, em relevo que varia de suave ondulado a montanhoso (Golfari, 1975).

Foram coletadas informações de 29 operadores de motosserra, número que corresponde a 43,28% dos operadores de motosserra da empresa que atuavam em áreas montanhosas, realizando derrubada e traçamento, com motosserras profissionais de 3,0kW de potência, equipadas com sabres de 37 cm de comprimento.

2.1 Caracterização da amostra

Os dados relativos à produtividade no trabalho, idade e experiência profissional foram

fornecidos pela empresa. Foram feitas as seguintes medições antropométricas nos indivíduos da amostra: estatura, peso corporal, circunferência do braço, circunferência da perna, diâmetro do úmero, diâmetro do fêmur, dobra tricipital, dobra suprailíaca, dobra subescapular, dobra da perna e dobra abdominal. Foram calculadas, a partir dos dados antropométricos as seguintes variáveis: índice de massa corporal, endormorfia, mesomorfia e ectomorfia, segundo a metodologia de Heath-Carter, citada por De Rose et al. (1984). A capacidade aeróbica de cada indivíduo foi obtida por intermédio de teste com bicicleta ergométrica.

2.2 Análise multivariada

Nesse estudo, as técnicas de análise estatística multivariada foram utilizadas para agrupar os operadores de motosserra de forma que os indivíduos fossem próximos entre si, dentro do mesmo grupo e que os grupos fossem distantes um do outro. Foram utilizadas as seguintes técnicas: diagnóstico de colinearidade, análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher e análise de componentes principais.

Da amostra de 29 operadores de motosserra, foram analisadas 20 variáveis de interesse: produtividade, em m³/dia; idade, em anos; experiência na atividade, em meses; capacidade aeróbica, em ml O₂/kg/min; peso corporal, em kg; estatura, em m; circunferência do braço, em cm; circunferência da perna, em cm; diâmetro do úmero, em cm; diâmetro do fêmur, em cm; dobra cutânea do tríceps, em mm; dobra cutânea suprailíaca, em mm; dobra cutânea subescapular, em mm; dobra cutânea da perna, em mm; dobra cutânea abdominal, em mm; gordura corporal, em porcentagem; índice de massa corporal, adimensional; bem como os três componentes do somatótipo do ser humano: endormorfia, mesomorfia e ectomorfia, adimensionais.

Utilizou-se o *software* GENES para fazer as análises estatísticas citadas a seguir.

2.3 Diagnóstico de multicolinearidade

Antes da aplicação das técnicas de análise multivariada, procedeu-se ao diagnóstico de dependência linear na matriz de correlação residual, dependência essa que pode levar à formação de matrizes singulares ou mal-condicionadas. Coeficientes de correlação elevados são uma das causas da multicolinearidade, sendo recomendável o descarte das características pertinentes, consideradas redundantes nas análises. Para esse descarte, foram considerados os fatores de inflação da variância, a magnitude dos autovalores e o valor singular (Cruz, 1997).

2.4 Análise de agrupamento (*cluster analysis*)

O processo de agrupamento envolve basicamente duas etapas. A primeira refere-se à estimação de uma medida de dissimilaridade entre os indivíduos e a segunda refere-se à adoção de uma técnica de formação de grupos.

Utilizou-se a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade. Para a delimitação dos grupos, utilizou-se a técnica de otimização de Tocher, citada por Rao (1952). Essa metodologia adota o critério de que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos (Cruz, 1997).

A partir da matriz de dissimilaridade, identificou-se o par de indivíduos mais similares, os quais formaram o grupo inicial. A partir daí, avaliou-se a possibilidade de inclusão de novos indivíduos, adotando-se o critério anteriormente citado (Cruz & Regazzi, 1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diagnóstico de colinearidade

O diagnóstico de colinearidade, feito por intermédio do programa GENES, com a presença das 20 variáveis originais, indicou a existência de *colinearidade severa*, recomendando a exclusão da variável percentual de gordura corporal que,

na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras 14 variáveis.

A seguir a análise foi feita com 19 variáveis, sem a presença da variável percentual de gordura corporal. Ainda assim foi constatada a existência de colinearidade severa, com a recomendação de exclusão da variável mesomorfia que, na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras 11 variáveis.

Em seguida, foram avaliadas 18 variáveis e ainda assim constatado o problema de colinearidade, com a recomendação de exclusão da variável endomorfia que, na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras 13 variáveis.

Na sequência foram avaliadas 17 variáveis e ainda assim constatado o problema da colinearidade, com a recomendação de exclusão da variável peso corporal que, na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras 14 variáveis.

A seguir foram avaliadas 16 variáveis e também ficou constatado o problema da colinearidade, com a recomendação de exclusão da variável ectomorfia, que, na análise de correlação apresentou correlação, significativa a 5%, com outras 11 variáveis.

Em seguida, foram avaliadas 15 variáveis e ainda assim ficou constatado o problema da colinearidade, com a recomendação de exclusão da variável dobra cutânea abdominal que, na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras 13 variáveis.

Em seguida foram avaliadas 14 variáveis e ainda assim ficou constatado o problema da colinearidade, com a recomendação de exclusão da variável índice de massa corporal que, na análise de correlação, apresentou correlação significativa a 5%, com outras variáveis.

Por fim, foram avaliadas 13 variáveis e constatou-se a existência de colinearidade fraca entre elas, o que permitiu que se prosseguissem as análises sem a retirada de outras variáveis do modelo. As 13 variáveis restantes foram: produtividade, idade, experiência na atividade, capaci-

dade aeróbica, estatura, circunferência do braço, circunferência da perna, diâmetro do úmero, diâmetro do fêmur, dobra cutânea tricipital, dobra cutânea suprailíaca, dobra cutânea subescapular e dobra cutânea da perna.

3.2 Análise de agrupamento (*cluster analysis*)

Como técnica de agrupamento foi utilizado o método de otimização de Tocher, adotando-se a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade.

Quatro grupos foram criados, segundo o método de otimização de Tocher. A Tabela 1 mostra os indivíduos pertencentes a cada grupo.

Os indivíduos receberam números de 1 a 29, em ordem decrescente de produtividade. Assim, o indivíduo número 1 é o que apresenta a maior produtividade (13,08 m³/dia) e o número 29 tem a menor produtividade (7,98 m³/dia).

Nota-se, inicialmente, que o grupo I é formado pelos três operadores de motosserra com maior produtividade; o grupo II é formado pela maioria dos indivíduos da amostra (24 pessoas); o grupo III é constituído de apenas um indivíduo e o grupo IV é formado pelo operador de motosserra com menor produtividade. A análise discriminante dos grupos permite a obtenção de informações mais detalhadas a respeito de cada grupo.

Como forma de obter maiores informações sobre cada grupo, foi feita a análise discriminante para as médias das 20 variáveis originais (Tabela 2).

Os quatro grupos apresentam as seguintes características:

a) Grupo I: nesse grupo, formado pelos três operadores de motosserra com maior produtividade no trabalho, destacam-se as seguintes características:

- maior média de produtividade (12,67 m³/dia);
- maior média de circunferência do braço (33,33 cm);
- maior dobra cutânea tricipital (15,93 mm);
- maior dobra cutânea da perna (8,30 mm).

b) Grupo II: nesse grupo, formado pela grande maioria dos operadores de motosserra da amostra, apenas duas características se destacaram:

- menor média de idade (31,50 anos);
- menor média de experiência na atividade (65,46 meses).

Esses resultados eram previsíveis, pois sendo um grupo grande (24 indivíduos), não se poderia esperar a ocorrência de médias muito baixas ou muito altas. As médias de cada variável desse grupo refletiram o perfil de um operador de motosserra normal da Empresa.

Tabela 1. Agrupamento de 29 operadores de motosserra, tendo como base variáveis ergonômicas, antropométricas e a produtividade, utilizando o método de otimização de Tocher e a distância euclidiana média.

Table 1. Cluster of 29 chainsaw operators based on ergonomic and anthropometric variables and productivity, using the Tocher optimisation method and average Euclidian distance.

Grupos	Operadores de motosserra
I	1, 2, 3
II	4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28
III	8
IV	29

Tabela 2. Médias dos quatro grupos de operadores de motosserra, para as 20 variáveis estudadas.
Table 2. Average of four chainsaw operators clusters for the 20 studied variables.

Variável	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Unidades
Produtividade	12,67	10,05	10,79	7,98	m ³ /dia
Idade	34,00	31,50	34,00	45,00	anos
Experiência	134,67	65,46	213,00	174,00	meses
Capac. aeróbica	34,57	44,36	22,62	54,40	ml O ₂ /Kg
Peso corporal	73,83	63,10	81,00	50,50	Kg
Estatura	1,67	1,69	1,72	1,58	m
Circ. do braço	33,33	31,02	32,50	27,00	cm
Circ. da perna	37,67	34,83	38,00	30,50	cm
Diâm. do úmero	6,57	6,59	6,60	6,70	cm
Diâm. do fêmur	9,53	8,93	10,00	8,30	cm
Dobra tricipital	15,93	7,59	10,80	5,50	cm
Dobra suprailíaca	11,00	6,74	19,50	5,50	cm
Dobra subescapular	14,40	10,80	22,90	8,70	cm
Dobra da perna	8,30	5,38	4,50	5,60	cm
Dobra abdominal	34,0	14,2	38,0	15,0	cm
Gordura corporal	17,31	11,81	19,74	11,09	%
Índ. massa corporal	26,41	22,18	27,38	20,23	-
Endomorfia	4,2940	2,5337	5,2396	2,0678	-
Mesomorfia	5,8409	4,6181	5,5933	4,3318	-
Ectomorfia	0,8678	2,5386	0,7755	2,7099	-

c) Grupo III: nesse grupo, formado por um operador de motosserra isolado, o número oito, destacam-se as seguintes características:

- maior média de experiência na atividade (213 meses);

- menor média de capacidade aeróbica (22,62 ml O₂/kg);

- maior média de estatura (1,72 m);

- maior média de circunferência da perna (38,00 cm);

- maior média de diâmetro do fêmur (10,00 cm);
- maior média de dobra cutânea suprailíaca (19,50 mm);
- maior média de dobra cutânea subescapular (22,90 mm);
- menor média de dobra cutânea da perna (4,50 mm).

Com tantos extremos, esse indivíduo realmente teria que estar em um grupo separado dos demais. Trata-se de um operador de motosserra atípico, com muitos anos de experiência profissional, baixa capacidade aeróbica e tendência à obesidade. No mesmo grupo, formado por um operador de motosserra isolado, o número 29, destacam-se as seguintes características:

- menor média de produtividade (7,98 m³/dia);
- maior média de idade (45,00 anos);
- maior média de capacidade aeróbica (54,40 ml O₂/kg);
- menor média de estatura (1,58 m).
- menor média de circunferência da perna (30,50 cm);
- menor média de circunferência do braço (27,00 cm);
- maior média de diâmetro do úmero (6,70 cm);
- menor média de diâmetro do fêmur (8,30 mm).
- menor média de dobra cutânea tricipital (5,50 mm);
- menor média de dobra cutânea suprailíaca (5,50 mm);
- menor média de dobra cutânea subescapular (8,70 mm).

Com tantos extremos, esse indivíduo realmente teria que estar em um grupo separado dos demais. Trata-se de um operador de motosserra atípico, com baixa produtividade no trabalho, baixa estatura e tipo físico franzino.

4 CONCLUSÕES

A análise multivariada dos fatores humanos dos operadores de motosserra da amostra permitiu chegar às seguintes conclusões:

Dos 20 fatores avaliados, 13 foram importantes na classificação dos operadores de motosserra em grupos, a saber: produtividade no trabalho, idade, experiência na atividade, capacidade aeróbica, estatura, circunferência do braço, circunferência da perna, diâmetro do úmero, diâmetro do fêmur, dobra cutânea tricipital, dobra cutânea suprailíaca, dobra cutânea subescapular e dobra cutânea da perna.

A produtividade no trabalho foi um fator de grande importância no agrupamento de operadores de motosserra, sendo que os três operadores de maior produtividade formaram um grupo e o operador de menor produtividade formou outro grupo.

Um dos grupos representa os típicos operadores de motosserra da empresa, pois os mais produtivos e o de menor produtividade ficaram fora desse grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 420 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- DE ROSE, E. H.; PIGATTO, E.; DE ROSE, R. C. F. **Cineantropometria, educação física e treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: MEC/FAE, 1984. 80 p.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PNUD/FAO/IBDF, 1975. 65 p. (Série técnica).

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. 642 p.

RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley, 1952. 390 p.

TRUGILHO, P. F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus***. 1995. 152 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.