



AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA HORIZONTAL POR MEIO DA ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

Ana V. C. BUENO¹; César F. PAULA²; Eduardo S. FERNANDES³; Enriko P. LIMA⁴; João M. M. COSTA⁵

RESUMO

O Delineamento Inteiramente Casualizado (D.I.C) é um método da estatística experimental utilizado para distribuir as unidades experimentais de forma aleatória entre os tratamentos, sendo recomendado em condições homogêneas do ambiente. O objetivo deste trabalho compreende avaliar três métodos utilizados em medidas de distância horizontal na topografia: medição direta com trena e com distanciômetro a laser e medição indireta por meio de taqueometria. Foram realizadas 15 medições entre 2 pontos materializados em campo, com distância aproximada de 50 m, sendo 5 repetições para cada método utilizado. Em cada repetição, os métodos foram sorteados de forma aleatória segundo os critérios do D.I.C. Após medidos, os dados foram tratados seguindo o desdobramento estatístico por meio da análise da variância (ANOVA). Os resultados indicam que os métodos testados não diferem entre si no resultado se utilizados corretamente, ou seja, não apresentam diferenças significativas. As variáveis estatísticas calculadas mostraram que o distanciômetro a laser apresentou maior precisão e acurácia, enquanto a taqueometria revelou uma maior dispersão.

Palavras-chave: Delineamento Inteiramente Casualizado; Topografia; Taqueometria; Distanciômetro a laser; ANOVA.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Gomes (2009), a estatística experimental é um campo de estudo voltado a planejar, executar e analisar experimentos, verificando, assim, a relação entre variáveis e os efeitos de diferentes tratamentos na variável resposta. Seu surgimento foi marcado no início do século XIX com o pesquisador Ronald A. Fisher, autor de importantes teorias e técnicas estatísticas utilizadas no planejamento e análise de experimentos em diversas áreas.

Na literatura são encontrados três tipos de delineamentos experimentais: Delineamento Inteiramente Casualizado (D.I.C), Delineamento em Blocos Casualizados (D.B.C) e Delineamento em Quadrados Latino (D.Q.L). O D.I.C é caracterizado pela disposição aleatória das unidades experimentais entre os tratamentos, utilizado em ambientes homogêneos, garantindo a uniformidade do meio. Neste delineamento, os tratamentos são distribuídos de forma aleatória nas parcelas, utilizando os princípios de repetição e casualização (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

A distância horizontal pode ser obtida por três métodos principais: taqueometria,

¹Discente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: ana2.bueno@alunos.ifsuldeminas.edu.br

²Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: cesar.depaula@ifsuldeminas.edu.br

³Discente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: eduardo.santos@alunos.ifsuldeminas.edu.br

⁴Discente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: enriko.lima@alunos.ifsuldeminas.edu.br

⁵Discente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: joao.mazoni@alunos.ifsuldeminas.edu.br

distanciômetro de estação total e trena. A taqueometria usa um teodolito e cálculos trigonométricos para medições indiretas. O distanciômetro da estação total mede por feixes de luz ou ondas eletromagnéticas, calculando a distância pelo tempo de retorno. Já a trena é uma medição direta e manual, prática e econômica, ideal para distâncias curtas e terrenos simples (COMASTRI, 2001).

Na literatura são encontrados inúmeros trabalhos relacionados à estatística experimental no campo da agropecuária. Santos (2021) utilizou a estatística experimental em seu trabalho cujo objetivo foi a impacto de tipos de ração na produção de leite. O estudo investigou o efeito de rações na produção de leite e o teor de gordura em vacas leiteiras, aplicando o D.I.C. para controlar variáveis como idade e peso. A ração com proteínas aumentou a produção de leite de forma mais eficaz. Na área da Agrimensura e Cartografia, são poucos os trabalhos que utilizam a estatística experimental como subsídio para a realização de experimentos.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar três técnicas de medição de distâncias horizontais. As conclusões deste trabalho são fundamentadas por meio da análise de variância (ANOVA) realizada para o experimento conduzido seguindo as diretrizes estabelecidas no D.I.C., bem como mediante a análise de variáveis estatísticas calculadas a partir das medições realizadas em campo com os três métodos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar diferentes técnicas de medição de distância horizontal adotadas em Topografia, foram utilizados três equipamentos: trena; distanciômetro a laser de uma estação total e teodolito, juntamente com uma mira estadimétrica graduada.

Em campo, foram materializados dois pontos, aproximadamente, 50 metros um do outro. A partir desses pontos foram realizadas as medidas de distância horizontal variando as técnicas, sendo sorteadas aleatoriamente sua ordem de execução a fim de obedecer ao princípio da aleatoriedade nos delineamentos da estatística experimental. O experimento foi conduzido seguindo cinco repetições, sempre considerando a aleatoriedade da execução e alterando a técnica de medição entre os dois pontos, garantindo a variabilidade e a eliminação de possíveis erros grosseiros.

O tratamento estatístico foi realizado por meio do cálculo da análise de variância (ANOVA) no experimento conduzido segundo o D.I.C., cujo objetivo consiste em calcular o valor da variável $F^{Calculado}$ e comparar com o valor do $F^{Tabelado}$, obtido por meio da tabela da Distribuição *Fisher-Snedecor*, considerando os valores dos graus de liberdade e nível de significância. As hipóteses a serem testadas neste experimento, e que trazem as respostas ao objetivo deste trabalho são:

H0: Não existe diferença significativa entre os equipamentos/técnicas de determinação de distância horizontal utilizados na topografia.

H1: Existe diferença significativa entre os equipamentos/técnicas de determinação de

distância horizontal utilizados na topografia.

Também foram calculadas variáveis da estatística descritiva (média, erro padrão, mediana, desvio padrão, intervalo, mínimo, máximo e nível de confiança), de modo a enriquecer melhor a análise dos resultados deste experimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores das distâncias entre os dois pontos materializados em campo, utilizando as diferentes técnicas de medição de determinação de distância horizontal.

Tabela 1 - Quadro de medidas de distâncias obtidas pelas diferentes técnicas.

Equipamento/Técnica	Distâncias determinadas nas diferentes repetições (m)				
	R1	R2	R3	R4	R5
Trena	50,910	50,900	50,943	50,910	50,960
Distanciômetro	50,958	50,967	50,957	50,954	50,972
Taqueometria	50,800	51,099	50,994	50,890	50,773

Fonte: Os Autores.

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para as variáveis da ANOVA considerando o experimento realizado. O valor obtido da variável $F^{Tabelado}$ foi determinado considerando os graus de liberdade (G.L.) do tratamento (2) e resíduos (12), respectivamente (Tabela 2). Esta variável foi obtida considerando a tabela de distribuição de probabilidade *Fisher-Snedecor* com nível de probabilidade de 1%. Caso a hipótese H_0 seja rejeitada nesta probabilidade, realiza-se uma nova análise considerando 5% para o nível de probabilidade.

Tabela 2 - ANOVA calculada para o experimento realizado seguindo o D.I.C.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	$F^{Calculado}$	$F^{Tabelado} - (2,12)_{1\%}$
TRATAMENTOS	2	0,007	0,003	0,540	6,930
RESÍDUOS	12	0,077	0,006		
TOTAL	14	0,084	-		

Fonte: Os Autores.

A comparação dos valores obtidos para as variáveis F (Tabela 2), exigem qualquer diferença estatística ao nível de probabilidade de 1% ($F^{Calculado} \leq F^{Tabelado}$), confirmando a hipótese H_0 , ou seja, não existe diferença significativa entre os equipamentos/técnicas de determinação de distância horizontal utilizadas na topografia. A Tabela 3 apresenta os elementos da estatística descritiva calculados. Como pode-se observar pelos valores obtidos para as variáveis média e erro

padrão, ambas as técnicas apresentaram valores próximos, o que nos leva a confirmar que existe qualidade dos equipamentos/técnicas de determinação de distância horizontal desde que empregados corretamente.

Tabela 3 - Variáveis da estatística descritiva calculadas para os equipamentos/técnicas utilizadas no experimento.

Variável Estatística	TRENA	DISTANCIÔMETRO	TAQUEOMETRIA
Média (m)	50,925	50,962	50,911
Erro padrão (m)	0,011	0,003	0,061
Mediana (m)	50,910	50,958	50,890
Desvio padrão (m)	0,026	0,008	0,136
Intervalo (m)	0,060	0,018	0,326
Mínimo (m)	50,900	50,954	50,773
Máximo (m)	50,960	50,972	51,099
Nível de confiança (95,0%)	0,032	0,009	0,169

Fonte: Os Autores.

5. CONCLUSÃO

As técnicas de experimentação estatísticas se fazem eficientes na análise dos resultados, podendo ser empregadas para avaliar trabalhos da área de agrimensura e cartografia, fato este comprovado pelo delineamento estatístico realizado para a análise das técnicas de medição de distância horizontal. Os erros aleatórios, cuja causa é desconhecida, sempre irão existir em qualquer trabalho que envolva experimentação, porém, tais erros podem ser avaliados por meio de variáveis estatísticas, que permitem analisar a magnitude de sua influência em um experimento.

Ainda pelos resultados apresentados na Tabela 3 podemos observar que o distanciômetro a laser mostrou-se menos discrepante na determinação das medidas de distância e a distância obtida pela taqueometria apresentou piores resultados. Fato este comprovado pela variável estatística desvio padrão, onde para o distanciômetro apresentou o menor valor e para a taqueometria o maior valor.

REFERÊNCIAS

- COMASTRI, J. A. J. **Topografia aplicada: medição, divisão e demarcação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. 2ª Edição. Viçosa/MG, 2001.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15ª ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.
- PIMENTEL-GOMES, F. P; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SANTOS, G. C. L. **Meta-análise e análises de componente principais do uso de oleaginosas na dieta de vacas leiteiras**. 2021. 124 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2021.