

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinados

Experimental design aiming at improving the trained panel efficiency

Autores | Authors

✉ **Daniela De Grandi Castro FREITAS**

Embrapa Agroindústria de Alimentos
Av. das Américas, 29501
CEP: 23020-470
Rio de Janeiro/RJ - Brasil
e-mail: daniela@ctaa.embrapa.br

Fábio Mathias CORREA

Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Departamento de Ciências Exatas
e-mail: fmcron@gmail.com

Aline Leandro Silva e SOUZA

Embrapa Agroindústria de Alimentos
e-mail: aline@ctaa.embrapa.br

Marcela de ALCANTARA

Jeanne Cristine Carniato GODINHO

Pamela Castro de Assis PEREIRA

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Instituto de Tecnologia
e-mail: marceladealcantara@gmail.com
jeannecarniatogodinho@yahoo.com.br
pamela.alimentos@gmail.com

Rosires DELIZA

Embrapa Agroindústria de Alimentos
e-mail: rodeliza@ctaa.embrapa.br

Resumo

Em um ensaio para avaliar diferenças sensoriais entre amostras, sabe-se que fontes de variações indesejáveis podem gerar conclusões equivocadas se não forem identificadas corretamente pelo pesquisador. Na análise sensorial de alimentos, nem sempre é possível alocar todos os tratamentos em uma mesma sessão de avaliação, pois a fadiga sensorial está frequentemente relacionada ao número elevado de amostras ou à presença de sabores residuais de certos produtos. O objetivo deste estudo foi aplicar o delineamento de blocos incompletos e avaliar seu impacto na eficiência da equipe de provadores. Cinco amostras de soluções salinas com fortes sabores residuais foram avaliadas por cinco provadores selecionados e treinados utilizando o delineamento proposto e o delineamento de blocos completos casualizados. No delineamento de blocos incompletos látice quadrado, as amostras foram divididas em dois blocos de três amostras, sendo uma amostra em repetição. O delineamento de blocos completos foi conduzido em uma sessão de avaliação seguindo o delineamento balanceado para cinco tratamentos como ordem de apresentação das amostras, com uma repetição. Os atributos salgado, ácido, amargo, adstringente e metálico foram avaliados através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) utilizando-se escalas lineares de intensidade de 9,0 cm. Os resultados foram avaliados através da Análise de Variância ($p < 0,05$) e teste de eficiência relativa, utilizando o software estatístico R (Versão 2.1.10). A análise de variância obtida do delineamento casualizado mostrou efeito significativo na variável 'provador' para os atributos gosto ácido, gosto amargo, sabor metálico e adstringência, indicando ausência de homogeneidade na avaliação destes atributos. Para o delineamento de blocos incompletos o efeito significativo ocorreu apenas para o atributo adstringência. A análise de eficiência mostrou que o delineamento de blocos incompletos foi superior ao de blocos casualizados com exceção do atributo metálico, apresentando ganho mínimo de 10% de eficiência relativa nos demais atributos. Estes resultados demonstraram melhor desempenho da equipe de provadores através do uso do delineamento de blocos incompletos, podendo este ser de grande valia para minimizar os efeitos da fadiga sensorial em testes descritivos.

Palavras-chave: *Delineamento de blocos incompletos; Fadiga sensorial; Paineis sensoriais.*

■ Summary

In conducting a test to evaluate sensory differences between samples, it is known that undesirable sources of variation can generate misleading conclusions, if not properly identified by the researcher. It is not always possible in the sensory analysis of foods to allocate all treatments in one session of assessment, because the sensory fatigue is often related to the high number of samples or the presence of residual flavors of certain products. The aim of this study was to apply the incomplete block design and evaluate its impact on the efficiency of panelists. Five samples of salt solutions with strong off-flavors were evaluated by six selected and trained assessors using the design proposed, and the randomized complete block design. In an incomplete block design square lattice, the samples were divided into two blocks of three samples and one sample in repetition. A randomized complete block was conducted in a session with one repetition following the balanced design for five treatments such as order of presentation. The attributes salty, sour, bitter, astringent and metallic were evaluated by Quantitative Descriptive Analysis (QDA) using 9.0 cm linear scales of intensity. The data were analyzed by analysis of variance ($p < 0.05$) and relative efficiency test using the statistical software R (Version 2.1.10). The analysis of variance obtained from a randomized block design showed a significant effect on the variable 'assessor' for the attributes sour, bitter, astringency, metallic, indicating lack of homogeneity in the evaluation of these attributes. For the incomplete block design significant effect was observed only for the attribute astringency. The efficiency analysis showed that the incomplete block design was superior to the block design except for the metallic attribute, with minimum gain of 10% efficiency on the other attributes. These results demonstrated improved performance of the panelists through the use of incomplete block design, which may be of great value to minimize the effects of fatigue in sensory descriptive tests.

Key words: *Incomplete block design; Sensory fatigue; Sensory panel.*

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinados

FREITAS, D. G. C. et al.

1 Introdução

Ao conduzir um ensaio para avaliar diferenças entre tratamentos, um dos maiores desafios da pesquisa experimental reside no fato de que fontes de variações indesejáveis podem gerar conclusões equivocadas, se não forem identificadas corretamente pelo pesquisador. Tal fato torna crucial, em experimentação, o desenvolvimento de técnicas que possam eliminar ou, pelo menos, controlar tais fontes, de modo a proporcionarem maior precisão e eficiência ao experimento. Um aspecto importante relacionado com fontes indesejáveis de variação reside em avaliar um número elevado de tratamentos. Por diversas razões, nem sempre é possível alocar todos os tratamentos em cada um dos blocos. Em situações como essa, os delineamentos denominados blocos incompletos (BIB), introduzidos por Yates (1936) e generalizados por Bose e Nair (1939) com os delineamentos em blocos incompletos parcialmente balanceados (PBIB), são os mais indicados (RIBEIRO e MORAIS, 2008).

Diz-se que a estrutura de um experimento é de um delineamento inteiramente casualizado se as unidades experimentais são relativamente uniformes e as observações podem ser reunidas em apenas um grupo (ou bloco de parcelas). Caso contrário, se as unidades experimentais são agrupadas em subgrupos homogêneos dentro de si e heterogêneos entre os subgrupos, esses podem constituir uma estrutura de blocos propriamente ditos (MILLIKEN e JOHNSON, 1984).

Dentre as ferramentas da Análise Sensorial, a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), desenvolvida por Stone et al. (1974), fornece completa descrição das propriedades ou atributos sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais utilizados por analistas sensoriais para a caracterização sensorial de alimentos e bebidas (STONE e SIDEL, 2004). Tal metodologia envolve uma série de etapas, que incluem recrutamento, pré-seleção, treinamento, avaliação da *performance* e seleção final de uma equipe de provadores (STONE e SIDEL, 2004). O número de amostras a serem testadas pela equipe sensorial depende da natureza, da intensidade e complexidade das propriedades sensoriais do produto. A adaptação que os sentidos sofrem após exposição contínua de um estímulo causa diminuição ou mudança na sensibilidade do provador. Esta é uma reação normal, porém indesejável nos testes sensoriais (OLIVEIRA, 2009) e pode acontecer principalmente quando o produto apresenta propriedades sensoriais complexas, como por exemplo, forte sabor residual. Para minimizá-la, lança-se mão de estratégias durante os testes, como por exemplo, solicitar aos provadores aguardar 30 s entre uma amostra e outra e limpar o palato com água, biscoito neutro, pão branco, maçã verde (que possuem propriedades adstringentes que auxiliam na limpeza da boca e da faringe), entre outros.

Um dos principais objetivos da análise descritiva é avaliar e comparar as propriedades do produto com base nas respostas da equipe de provadores treinados. Geralmente, tal avaliação é composta por um grande número de tratamentos e variáveis (atributos), e a confiabilidade das respostas obtidas depende da qualidade do delineamento empregado (DEPPE et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi aplicar delineamentos de blocos incompletos e avaliar seu impacto na eficiência da equipe de provadores treinados para descrever os atributos sensoriais de soluções salinas com fortes sabores residuais.

2 Material e métodos

2.1 Material

Cinco amostras de solução salina foram utilizadas neste estudo. Os sais minerais cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de magnésio anidro, cloreto de cálcio anidro e lactato de sódio foram fornecidos pela Fortitech South America Industrial e Comercial Ltda. (Campinas-SP).

Uma vez necessário o conhecimento do poder de salga dos sais minerais estudados em relação ao cloreto de sódio, inicialmente, foi estimada sua salinidade equivalente em referência a uma solução de concentração conhecida de cloreto de sódio. Esta etapa fez-se necessária para que as soluções salinas estudadas fossem apresentadas para a avaliação sensorial em níveis iguais de salinidade e, conseqüentemente, com diferentes intensidades dos sabores residuais inerentes a cada sal mineral. O equivalente de salinidade foi determinado utilizando-se a escala de estimação de magnitude (MEILGAARD et al., 1991) e função de potência para cada sal. Seis diferentes concentrações em água mineral foram avaliadas para cada sal. A solução aquosa de 0,5% de cloreto de sódio foi utilizada como referência (R) em todos os testes.

Seis provadores foram selecionados de acordo com suas habilidades em discriminar os quatro gostos básicos e familiarizados com o modo de utilização da escala. O poder de salga de cada sal estudado foi avaliado em sessões diferentes, nas quais os provadores avaliaram todos os seis níveis de concentração do sal. Com exceção da referência (R), todas as soluções foram apresentadas com códigos de três dígitos e servidas em ordem balanceada aos provadores segundo MacFIE et al. (1989). Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos, em cabines individuais, sob iluminação vermelha.

As funções de potência foram determinadas segundo Moskowitz (1977) e estabelecidas por meio

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinadosFREITAS, D. G. C. *et al.*

da análise de regressão (Microsoft Excel) associada à Equação 1:

$$P = kS^n \quad (1)$$

onde: P = percepção; S = concentração do estímulo; e n = valor associado ao poder de salga do sal avaliado.

2.2 Metodologia e delineamento experimental

As soluções dos sais minerais em equivalência de salinidade foram avaliadas através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) a fim de se obter seus perfis sensoriais. Foram recrutados provadores entre funcionários da Embrapa Agroindústria de Alimentos e pré-selecionados os aprovados em teste sequencial triangular para gostos básicos. O levantamento de atributos foi realizado através do método tradicional, em que as soluções salinas foram apresentadas aos provadores em prova aberta. A partir dos atributos levantados foram debatidos e escolhidos os termos mais apropriados e considerados importantes, definindo-se uma lista consensual de cinco atributos. Os atributos 'gosto salgado', 'gosto ácido', 'gosto amargo', 'sabor metálico' e 'adstringência' foram avaliados através de escalas lineares de 9,0 cm, ancoradas em seus extremos com termos de intensidade. O treinamento dos provadores foi realizado em um período de um mês,

através da apresentação dos materiais de referência dos extremos de cada escala escolhidos em função dos termos descritivos selecionados e das sugestões da equipe. Para verificar a eficiência do treinamento, foram avaliadas três amostras distintas (cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de cálcio) em três repetições, com a finalidade de constatar a capacidade de discriminação entre as amostras, repetibilidade entre os julgamentos e consenso da equipe (dados não incluídos no trabalho). Cinco provadores foram selecionados para compor a equipe final. As soluções salinas foram apresentadas codificadas com números de três dígitos e servidas em copos de 50 mL. Os testes foram realizados em cabines individuais sob iluminação vermelha.

Dois experimentos foram conduzidos diferindo o delineamento utilizado. Utilizou-se o delineamento de blocos incompletos látice quadrado, no qual as cinco amostras foram divididas em dois blocos de três amostras, sendo uma amostra em repetição, conforme apresentado no Quadro 1. O delineamento de blocos completos casualizados foi conduzido seguindo o delineamento balanceado para cinco tratamentos, segundo MacFIE *et al.* (1989), como ordem de apresentação das amostras (Quadro 2), com uma repetição.

Quadro 1. Delineamento de blocos incompletos utilizado no experimento.

Repetição	Provador	Amostra	Repetição	Provador	Amostra
1	1	1	2	1	4
1	1	2	2	1	5
1	1	3	2	1	2
1	2	2	2	2	3
1	2	1	2	2	4
1	2	5	2	2	1
1	3	3	2	3	5
1	3	4	2	3	1
1	3	2	2	3	3
1	4	4	2	4	2
1	4	5	2	4	3
1	4	1	2	4	5
1	5	5	2	5	1
1	5	3	2	5	2
1	5	4	2	5	4

Quadro 2. Delineamento de blocos completos balanceados utilizado no experimento.

Repetição	Provador	Amostras			
1	1	1	5	2	3
1	2	2	1	3	4
1	3	3	2	4	5
1	4	5	4	1	2
1	5	4	3	5	1
2	1	1	5	2	3
2	2	2	1	3	4
2	3	3	2	4	5
2	4	5	4	1	2
2	5	4	3	5	1

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinados

FREITAS, D. G. C. et al.

2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram avaliados através da Análise de Variância utilizando o software estatístico R (Versão 2.1.10) e teste de Tukey para comparação de médias no nível de 5% de significância. As causas de variação consideradas foram 'provador' e 'amostra' para o delineamento completo casualizado; e 'repetição', 'amostra' e interação 'repetição/provador' para o delineamento de blocos incompletos. Para a avaliação da eficiência dos delineamentos utilizados, foi realizada a análise de recuperação da informação interblocos, seguida do cálculo da eficiência relativa.

Na análise de recuperação da informação interblocos (HINKELMANN; KEMPTHORNE, 2005), Q_1^* é a variância efetiva média da análise do látice com recuperação da informação interblocos (V_r), dada pela Equação 2:

$$Q_1^* = V_r = \left[1 + \left(\frac{r}{(r-1)(k+1)} \frac{(V_b - V_r)}{V_b} \right) \right] V_r \quad (2)$$

onde: r é o número de repetições; k é o número de parcelas em cada bloco; V_b é o quadrado médio da análise intrablocos para o efeito de blocos dentro de repetições (ajustado); e V_r é o quadrado médio do resíduo intrablocos.

Após a análise de recuperação da informação interblocos, utilizou-se a análise de eficiência relativa (SILVA et al., 2000) para comparação entre os delineamentos. A equação (3) da eficiência relativa é dada por:

$$Ef = \frac{QMR}{V_r} \times 100 \quad (3)$$

onde: V_r = variância efetiva média da análise do látice com recuperação de informação interblocos; e QMR = quadrado médio do resíduo da análise do látice como blocos casualizados completos.

3 Resultados e discussão**3.1 Equivalência de salinidade dos sais**

O poder de salga dos sais minerais foi obtido através das respectivas funções de potência extraídas da análise de regressão simples. Os equivalentes de salinidade em relação ao cloreto de sódio a 0,5% estão apresentados na Tabela 1.

3.2 Análise descritiva e de eficiência entre delineamentos

A partir dos resultados dos testes descritivos conduzidos nos diferentes delineamentos, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) e obtidos os valores do quadrado médio das fontes de variação. Os provadores não discriminaram as amostras apenas com relação à acidez, não apresentando diferença significativa entre as amostras avaliadas em ambos os delineamentos utilizados (Tabelas 2 e 3). Foi observada ausência de homogeneidade da equipe de provadores na avaliação dos atributos ácido, amargo, adstringência e sabor metálico, apresentando efeito significativo da variável 'provador' para o experimento realizado utilizando o delineamento de blocos completos (Tabela 2). Para o delineamento de blocos incompletos, o efeito significativo ocorreu apenas para o atributo adstringência (Tabela 3).

No experimento realizado utilizando delineamento de blocos incompletos, verificou-se que a equipe sensorial manteve adequada reprodutibilidade ($p > 0,05$) nos julgamentos durante a avaliação das soluções de sais minerais, discriminando ($p < 0,30$) a maioria dos atributos avaliados. A eficiência do delineamento de blocos incompletos em relação ao de blocos completos casualizados foi investigada considerando os cinco atributos avaliados (Tabela 4). O delineamento de blocos incompletos foi mais eficiente que o de blocos casualizados para os atributos salgado, ácido, amargo e

Tabela 1. Equivalente de salinidade dos sais minerais.

Sal mineral	Coefficiente*	Função potência*	Equivalente de salinidade (g.100 mL ⁻¹)
Cloreto de potássio	$R^2 = 0,9532$	$y = 0,9455x^{1,12}$	$N = 1,12$
Cloreto de magnésio	$R^2 = 0,9685$	$y = 0,9528x^{0,9663}$	$N = 0,96$
Cloreto de cálcio	$R^2 = 0,9734$	$y = 0,9445x^{1,1419}$	$N = 1,14$
Lactato de sódio	$R^2 = 0,9553$	$y = 0,6614x^{0,7415}$	$N = 0,74$

*Dados obtidos da análise de regressão (Microsoft Excel) a partir de seis pontos referentes às seis concentrações avaliadas para cada sal mineral.

Tabela 2. Quadrados médios (QM) obtidos da ANOVA do experimento realizado utilizando delineamento de blocos completos.

F.V.	G.L.	Salgado	Ácido	Amargo	Metálico	Adstringência
Provador	5	12,1080	32,413*	11,170*	12,874*	21,469*
Amostra	6	16,399*	8,2001	111,18*	11,958*	57,866*
Residual	48	5,8410	4,5187	2,9329	4,4826	4,7705

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinadosFREITAS, D. G. C. *et al.***Tabela 3.** Quadrados médios (QM) obtidos da ANOVA do experimento realizado utilizando delineamento de blocos incompletos.

F.V.	G.L.	Salgado	Ácido	Amargo	Metálico	Adstringência
Rep	1	15,408	4,641	2,883	0,033	1,160
Amostra	4	18,330*	3,221	80,114*	19,298*	79,072*
Rep:Prov	8	7,006	6,900	10,948	4,090	14,051*
Residual	16	4,693	3,816	4,949	4,390	4,924

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Eficiência relativa do Delineamento em Blocos Incompletos em relação ao Delineamento de Blocos Completos.

Atributo	Salgado	Ácido	Amargo	Metálico	Adstringência
Eficiência	121,80	110,28	115,77	101,34	117,34

Tabela 5. Perfil sensorial dos sais minerais estudados.

Sal mineral	Salgado	Ácido	Amargo	Metálico	Adstringência
Cloreto de sódio	4,9 ^{ab}	0,5 ^a	1,7 ^c	0,7 ^b	1,7 ^b
Lactato de sódio	1,9 ^b	1,3 ^a	1,4 ^c	4,9 ^a	1,8 ^b
Cloreto de magnésio	2,7 ^{ab}	1,0 ^a	9,3 ^a	1,6 ^{ab}	9,2 ^a
Cloreto de potássio	6,1 ^a	1,9 ^a	4,1 ^{bc}	1,4 ^b	7,7 ^a
Cloreto de cálcio	4,0 ^{ab}	2,3 ^a	7,6 ^{ab}	1,0 ^b	3,2 ^b

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

adstringência, com exceção do atributo sabor metálico, apresentando ganho mínimo de 10% de eficiência relativa. O maior ganho em eficiência foi observado para o atributo salgado, com aumento de 21,8%.

No delineamento de blocos incompletos, cada provador realizou a análise das cinco soluções salinas em duas sessões compostas de três amostras cada. O delineamento permitiu desta maneira que apenas uma amostra fosse repetida por provador, diminuindo a fadiga sensorial do provador. No delineamento utilizando blocos casualizados, duas sessões de cinco amostras, constituindo primeira e segunda repetição, foram realizadas por cada provador. Observou-se também que o tempo de experimento e disponibilidade do provador foram reduzidos, quando aplicado o delineamento de blocos incompletos. Estes fatores devem ser considerados como vantagens importantes que contribuíram para a maior eficiência do experimento.

Na Tabela 5, está apresentado o perfil sensorial considerando as médias ajustadas para o delineamento em blocos incompletos. A solução de cloreto de sódio foi descrita como 'salgada', com intensidade semelhante às soluções de cloreto de potássio e cloreto de cálcio. No entanto, estas soluções apresentaram maior intensidade de sensação adstringente e gosto amargo. O cloreto de potássio foi considerado mais adstringente ($p < 0,05$) e o cloreto de cálcio mais amargo ($p < 0,05$) que a solução de cloreto de sódio. As soluções de lactato de sódio e cloreto de magnésio foram descritas como 'metálica' e adstringente, respectivamente, e apresentaram menor intensidade de gosto salgado.

4 Conclusões

Os resultados demonstraram melhor desempenho da equipe de provadores através do uso do delineamento de blocos incompletos. A aplicação do delineamento proporcionou maior homogeneidade na avaliação pelos provadores, boa discriminação e repetibilidade das amostras. O ganho mínimo na eficiência relativa foi de 10% na maioria dos atributos, quando avaliado sobre o de blocos completos casualizados. Estes resultados indicaram que o uso do delineamento de blocos incompletos látice quadrado pode ser de grande valia para minimizar os efeitos da fadiga sensorial em testes descritivos.

Agradecimentos

À empresa Fortitech South America Industrial e Comercial Ltda. (Campinas-SP) pelo fornecimento dos sais minerais.

Referências

- DEPPE, C.; CARPENTER, R.; JONES, B. Nested incomplete block designs in sensory testing: construction strategies. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 5, p. 281-290, 2001.
- HINKELMANN, K.; KEMPTHORNE, O. **Design and Analysis of Experiments: Advanced Experimental Design**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005. 780 p. (Wiley Series in Probability and Statistics).
- MacFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and

Delineamento experimental para aumento da eficiência de provadores treinadosFREITAS, D. G. C. *et al.*

first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x>

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 354 p.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. **Analysis of Messy Data: Designed Experiments**. London: Lifetime Learning Publications, 1984.

MOSKOWITZ, H. R. Magnitude estimation: notes on what, how, when, and why to use it. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 1, n. 3, p. 195-227, 1977. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.1977.tb00942.x>

OLIVEIRA, M. A. B. **Análise Sensorial de Alimentos: Práticas e Experiências**. Cachoeiro de Itapemirim: Noryam, 2009. 90 p.

RIBEIRO, P. C. M.; MORAIS A. R. Análise de covariância intrablocos de delineamentos em blocos incompletos parcialmente balanceados com duas classes de associados e p variáveis auxiliares. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 7-23, 2008.

SILVA, H. D.; FERREIRA, D. F.; PACHECO, C. A. P. Avaliação de quatro alternativas de análise de experimentos em látice quadrado, quanto à estimação de componentes de variância. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 117-123, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052000000100018>

STONE, H. S.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. London: Academic Press, 2004. 311 p.