

DESPERTANDO O ESPÍRITO CIENTÍFICO ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DE DIFERENÇAS ENTRE CAFÉ TRADICIONAL E SOLÚVEL

Eliza C. M. Pereira¹, Julianne C. M. Coelho¹ e Carla A. Vivacqua²

Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

1 – Bolsista do PET de Estatística, 2 – Orientador acadêmico

RESUMO

Este trabalho tem como meta reavaliar experimentos sobre café, complementando e enriquecendo a análise estatística e os conhecimentos. O objetivo do primeiro experimento era detectar possíveis diferenças entre café tradicional e solúvel de diferentes marcas. Seguindo o seqüencial da experimentação e com base nos resultados do experimento, foi realizado um outro para verificar se a preferência por um determinado tipo era afetada pela concentração. Ambos os experimentos foram planejados, executados e analisados considerando o escopo das disciplinas. Assim, limitações e simplificações foram necessárias ao longo do processo. Dessa forma foi feita uma avaliação crítica dos experimentos, incluindo todas as etapas.

INTRODUÇÃO

Na disciplina Planejamento de Experimentos I, lecionada no curso de Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) durante o semestre 2005.1, foi realizado um experimento cujo tema foi café, tendo como objetivo detectar possíveis diferenças entre café tradicional e solúvel de diferentes marcas. As concentrações de café (quantidade de pó por litro de água) utilizadas durante o experimento foram as mesmas para todos os tratamentos. De acordo com as conclusões do experimento, foi constatado que houve uma diferença significativa entre os dois tipos de cafés (solúvel e tradicional) nos quesitos sabor, aroma e cor, ao nível de significância de 1%, sendo o café solúvel preferido pelos degustadores. Contudo, foi observado, depois da execução do experimento, que a concentração utilizada pode ter favorecido o café solúvel, deixando dúvidas na confirmação deste resultado fora da situação em que foi trabalhada.

Na disciplina Planejamento de Experimentos II foi dada continuidade ao tema, sendo realizado um outro experimento com o objetivo de identificar se existe diferença entre esses dois tipos de café (solúvel e tradicional) com relação a algumas concentrações diferentes para cada tipo, e identificar em que combinações o café era preferido pelos degustadores. A realização deste experimento é interessante para verificar se a preferência por um determinado tipo de café pode ser afetada pela concentração do mesmo.

Ambos os experimentos foram planejados, executados e analisados considerando, em grande parte, o escopo da disciplina. Assim, limitações e simplificações foram necessárias ao longo do processo. Ao final da segunda disciplina, alguns pontos foram levantados, estimulando uma discussão mais detalhada de aspectos conceituais e metodológicos relacionados com o experimento. Nesse contexto, surge este trabalho com o objetivo de reavaliar os dois experimentos, complementando e enriquecendo a análise estatística e os conhecimentos sobre experimentação. Tanto o trabalho desenvolvido durante as disciplinas quanto o seu desdobramento têm como diretriz despertar o espírito científico em alunos de Graduação.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi feita uma avaliação crítica de dois experimentos, incluindo uma discussão de todas as etapas da experimentação (planejamento, execução e análise). A partir dessa avaliação, foram identificados pontos relevantes para aprofundamento. Foi, então, feita uma pesquisa bibliográfica preliminar para enriquecer o conhecimento em relação a esses pontos e selecionar um tópico para concentrar uma revisão mais detalhada. Os critérios de seleção foram existência de literatura recente na área e potencial para desenvolvimento de metodologia estatística inovadora.

DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO DOS EXPERIMENTOS

É importante para obter uma análise correta que a execução seja bem planejada de modo que os resultados dos experimentos expliquem somente a diferença entre os efeitos dos tratamentos. É necessário definir todos os passos da execução e executá-los de forma mais precisa possível, evitando variações de fatores externos.

Componentes Básicos do Experimento do Café

Os componentes básicos dos experimentos, incluindo os planos experimentais utilizados, estão dispostos no quadro a seguir.

Quadro 1 - Componentes Básicos do Experimento do Café

	Experimento I	Experimento II
Respostas	cor, aroma, amargo, acidez e sabor em uma escala de 5 a 10	cor, aroma e sabor em uma escala de 5 a 10
Fatores e Níveis	Marca (Melitta, São Braz, Santa Clara e Kimimo) e Tipo de café (solúvel e tradicional)	Tipo de café (solúvel e tradicional) e Concentração (35,0; 40,0 e 45,0 gramas de café por litro (g/l) de água

		para solúvel, 50,0; 65,0 e 80,0 g/l para tradicional)
Tratamentos	Oito	Seis
Blocos	4 pessoas	5 pessoas
Unidades experimentais	32 unidades	30 unidades
Plano experimental	Experimento fatorial 4×2 aleatorizado em blocos	Experimento hierárquico com dois fatores aleatorizado em blocos

Preparação do Café

Nos dois experimentos a preparação do café seguiu as normas sugeridas pela página da Associação Brasileira da Indústria de Café - ABIC. Os cafés foram armazenados em garrafas térmicas, uma para cada tratamento. Estas foram previamente preenchidas com água quente (com a temperatura próxima de 90°C) a fim de não perder calor do café para a garrafa, como sugerido no manual da mesma.

Aleatorização

Os detalhes da forma como os experimentos foram aleatorizados são importantes para determinar se a análise foi realizada corretamente. A aleatorização foi realizada dentro de cada bloco, ou seja, a ordem de cafés que cada degustador recebeu foi aleatória garantindo uma distribuição de referência na análise dos dados. Também foi aleatorizada a ordem de pesagem e da preparação do café, para garantir que todos os tratamentos tivessem a mesma chance de sofrer efeitos de variação.

Execução do experimento

O experimento foi realizado em um único dia e cada degustador (bloco) recebeu todos os tratamentos. Eles responderam um questionário antes da realização do experimento, com a finalidade de obter informações se estava apto a participar. Em seguida, os avaliadores foram treinados sobre os procedimentos para a experimentação.

Os participantes avaliaram cinco itens em cada degustação: cor, aroma, sabor, amargo e acidez do café. Os três primeiros itens, os avaliadores julgaram de acordo com a sua preferência com uma nota entre 5 e 10, sendo 5 ruim, e 10 muito bom. Nos dois últimos itens, eles davam nota de acordo com a sensibilidade apresentada nas papilas gustativas, atribuindo a mesma escala de notas, em que quanto menor a percepção do sabor amargo ou ácido menor a nota. Entretanto, estes itens não foram avaliados no segundo experimento por ter sido observado no primeiro que os avaliadores não sabiam distinguir a diferença entre eles.

Ao contrário do primeiro experimento, a avaliação do segundo foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, os degustadores julgaram todos os tratamentos nos itens aroma e sabor, respectivamente, com os olhos vendados para que as notas não tivessem influência do efeito visual do café. Na segunda etapa, o café foi avaliado em relação ao item cor da seguinte forma: foram expostos visualmente e ao mesmo tempo todos os cafés, com o mesmo nível de líquido em cada copo, e cada avaliador julgou cada um deles. Com esta forma de avaliação, o aroma e sabor foram julgados de forma independente da cor. Pelas observações feitas no primeiro experimento, este modo de avaliação foi adotado no segundo para que a aparência do café não influenciasse nas notas atribuídas ao aroma e ao sabor do café.

Um ponto importante desta etapa que determinaria a forma de análise é que cada café foi preparado uma única vez, não existindo, assim, reinicialização dos tratamentos a cada aplicação (WEBB *et al.*, 2004). Isto significa que todos os degustadores provaram do mesmo café.

Análise Estatística

Por se tratarem de experimentos aleatorizados, não se fez necessário fazer suposições. Portanto, as análises gráficas dos resíduos somente foram feitas com o intuito de verificar a presença de “outliers”. Após analisar os gráficos dos resíduos, constatou-se que estes não apresentaram “outliers” em todos os quesitos abordados. A ferramenta utilizada para a realização de todas as análises e todos os gráficos foi o software estatístico R.

No primeiro experimento, o plano experimental utilizado para a realização das análises foi o fatorial aleatorizado em blocos completos. Os blocos são os degustadores, sendo que cada um destes avaliou todos os tipos de café (tratamentos). No experimento seqüencial, o plano experimental adotado foi hierárquico aleatorizado em blocos por existir o fator concentração embutido no outro fator tipo de café. A diferença entre esses planos na análise é que no último não pode ser estimada a interação entre os seus dois fatores. Ambos os experimentos foram analisados sem levar em conta a ausência da reinicialização dos tratamentos a cada aplicação e uma análise multivariada das respostas.

Em relação ao primeiro experimento, em todos os quesitos, os blocos foram estatisticamente significantes ao nível de 5%, evidenciando que a utilização de blocagem foi bastante importante para um alcance mais preciso dos resultados obtidos na análise. Dos fatores utilizados nesta experimentação (tipo e marca de café), apenas o tipo de café (solúvel e tradicional) foi estatisticamente significativo ao nível de 1% em três das cinco respostas avaliadas: o sabor, o aroma e a cor, sendo café solúvel o que obteve os melhores resultados. No experimento seguinte, em relação ao fator tipo de café, apenas no quesito

cor foi detectada evidências da diferença entre os tipos utilizados ao nível de 5% de significância, favorecendo o café do tipo solúvel que possui melhor aparência.

PONTOS RELEVANTES

A partir da avaliação crítica dos dois experimentos, foram identificados três pontos relevantes para aprofundamento: escolha de escalas para as respostas de interesse, reinicialização dos tratamentos a cada aplicação e diferentes abordagens para análise de experimentos com respostas múltiplas. Uma pesquisa bibliográfica preliminar apontou o segundo tópico como candidato a uma revisão mais detalhada devido ao seu potencial para desenvolvimento de metodologia estatística inovadora evidenciado em Webb *et al.* (2004).

AValiação CRÍTICA

Em ambos os experimentos, descritos anteriormente, todos os cafés (tratamentos) foram preparados e armazenados em garrafas térmicas. Entretanto, cada tratamento diferente foi preparado uma única vez de modo que todos os degustadores provaram do mesmo café, significando que não houve uma reinicialização do tratamento para cada degustador. Portanto, a suposição de independência entre as observações de um mesmo tratamento não é válida podendo gerar uma tendência nas estimativas dos coeficientes do modelo adotado e conseqüentemente uma conclusão errônea dos resultados (WEBB *et al.*, 2004).

Para que houvesse independência entre as observações de um mesmo tratamento, seria necessário preparar novamente o mesmo tratamento para cada um dos degustadores. Isto tornaria a execução do experimento mais trabalhosa.

A conseqüência desta dependência entre os tratamentos muda a matriz de variância-covariância do modelo, diferentemente da matriz de variância-covariância do modelo adotado na análise dos dois experimentos. Para a elaboração desta nova matriz, esta teria que seguir a seguinte estrutura:

$$\begin{aligned} COV(\epsilon_{ij}, \epsilon_{i'j'}) &= 0, & \forall i \neq i' \text{ e } j \neq j' \\ COV(\epsilon_{ij}, \epsilon_{i'j'}) &= a, & \forall i = i' \text{ e } j \neq j' \\ COV(\epsilon_{ij}, \epsilon_{i'j'}) &= b, & \forall i \neq i' \text{ e } j = j' \end{aligned} \quad (I)$$

sendo i definido como o i -ésimo tratamento, j como o j -ésimo bloco e a e b são constantes diferente de zero.

Para verificar as conseqüências da análise realizada inicialmente nos dois experimentos seria necessário analisar novamente utilizado a matriz de variância-covariância definida pela estrutura apresentada em (I). Desta forma, poderia verificar qual foi o impacto gerado com as primeiras análises e averiguar os seus resultados podem ser aceitos. Se este impacto for significativo, a análise realizada primeiramente estará conseqüentemente errônea.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi feita uma análise crítica de dois experimentos, que culminou na identificação de tópicos relevantes para estudos mais aprofundados. Todas as atividades estão sendo desenvolvidas com o propósito de proporcionar aos alunos de Graduação a experiência do processo de investigação científica.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S.; WERKEMA, M.C.C., *Planejamento e análise de experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo* - Volume 8 da Série Ferramentas da Qualidade. Fundação Cristiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

Associação Brasileira da Indústria de Café. Disponível em: < <http://www.abic.com.br> >. Acesso em: 8 de dezembro de 2005.

WEBB, D. F.; LUCAS, J. M.; BORKOWSKI, J. J., “*Factorial Experiments when Factor Levels Are Not Necessarily Reset*”, *Journal of Quality Technology*, v.36, n.1, pp. 1-11, 2004.

VILLANUEVA, N. D. M. Avaliação do desempenho de quatro métodos de escalonamento em testes sensoriais de aceitação utilizando modelos normais aditivos de análise da variância e mapas internos de preferência. **Tese** (Doutorado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual de Campinas . Faculdade de Engenharia de Alimentos , Campinas, 2003.

NORONHA, R. L. F., A expectativa do consumidor e sua influencia na aceitação e percepção sensorial de cafe solúvel. **Tese** (Doutorado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual de Campinas . Faculdade de Engenharia de Alimentos , Campinas, 2003.

E-mails para contato:

eliza@ccet.ufrn.br / julianne@ccet.ufrn.br