

Aplicação de um teste *bootstrap* não paramétrico para o índice de qualidade sensorial de berinjela minimamente processada

Rafael Lemos Bastos ¹⁵

Eric Batista Ferreira ^{2 5}

Marcelo Silva de Oliveira ^{3 5}

Daniel Furtado Ferreira ^{3 5}

Ismael Simão ⁴⁵

1 Introdução

Um dos campos mais valorizados da ciência dos alimentos é a análise sensorial, na qual se avalia o produto com o objetivo de melhorar sua qualidade, atendendo às expectativas e ao gosto dos consumidores. Essa avaliação é realizada por meio de um conjunto de procedimentos que permite que um indivíduo perceba, identifique, pontue e ou classifique um estímulo externo por meio de seus sentidos humanos básicos: olfato, paladar, audição, visão e tato.

Uma ferramenta importante nessa avaliação é a escala hedônica, desenvolvida por Peryan e Pilgrim (1957), expressando o grau de gostar ou desgostar do consumidor em relação ao produto que está sendo analisado. As mais utilizadas são de 5, 7 e 9 pontos, dadas na Tabela 1.

Tabela 1: Esquema de escala hedônica de 5, 7 e 9 pontos

Categorias	5 pontos	7 pontos	9 pontos
Desgostei muitíssimo			1
Desgostei muito	1	1	2
Desgostei	2	2	3
Desgostei moderadamente		3	4
Nem desgostei nem gostei	3	4	5
Gostei moderadamente		5	6
Gostei	4	6	7
Gostei muito	5	7	8
Gostei muitíssimo			9

Um ponto importante no campo da análise sensorial é o estudo da vida de prateleira, pois as características sensoriais de muitos alimentos se deterioram ao decorrer do tempo. Essa variação pode ser intolerável pelo consumidor e prejudicial à sua saúde.

¹Licenciado em Matemática, UNIFAL-MG; Mestre em Estatística e Experimentação Agropecuária, UFLA; Doutorando do Programa de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, UFLA. e-mail: iel2702@yahoo.com.br

²ICEx - UNIFAL-MG

³DEX - UFLA

⁴Graduado em Engenharia Agrícola, UFLA

⁵Agradecimento a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Para auxiliar na compreensão da qualidade sensorial do produto, do início até o fim da vida de prateleira, Imm, Lee e Lee (2011) propuseram o *Sensory Quality Index*, aqui denominado Índice de Qualidade Sensorial (*IQS*), definido como a razão entre a aceitação global média de um produto no fim (\overline{AG}_F) e a aceitação global média no início (\overline{AG}_I), conforme na Tabela 2.

Tabela 2: Esquema de obtenção da estatística *IQS*

Consumidor	Aceitação Global Inicial (AG_I)	Aceitação Global Final (AG_F)	Índice de Qualidade Sensorial (<i>IQS</i>)
1	AG_{1I}	AG_{1F}	
2	AG_{2I}	AG_{2F}	
\vdots	\vdots	\vdots	
m	AG_{mI}	AG_{mF}	
Estatísticas	\overline{AG}_I	\overline{AG}_F	$\frac{\overline{AG}_F}{\overline{AG}_I}$

em que AG_{iI} e AG_{iF} , são as *i*-ésimas notas hedônicas da aceitação global inicial e final.

Devido ao fato do *IQS* ser estimado apenas pontualmente, sem estimar um intervalo com uma confiança previamente estabelecida e sem poder testar alguma hipótese de interesse, Bastos (2013) propôs, com sucesso, um teste *bootstrap* não paramétrico (*BNP*) para o *IQS*. Com este teste, o *IQS* tornou-se uma ferramenta mais promissora e versátil.

O objetivo do presente trabalho é apresentar o funcionamento do teste *BNP* na seção dos métodos, realizar um estudo preliminar dos dados de berinjelas de um estudo da vida de prateleira e aplicar o teste *BNP* para o *IQS* neles.

2 Material e métodos

Foram analisados dados reais de berinjelas minimamente processadas, fornecidos pela professora Flávia Della Lucia, do Departamento de Nutrição da Unifal-MG. Na amostragem, as análises das berinjelas, tanto no início, quanto no fim da vida de prateleira, foram realizadas no mesmo dia, pelos mesmos consumidores. Foi utilizado uma escala hedônica de 9 pontos, para que os consumidores pudessem expressar suas notas de aceitação global e o número de consumidores foi igual a 50.

Foi utilizado o software R (R CORE TEAM, 2013) para a aplicação do teste *bootstrap* não paramétrico para o *IQS* nos dados de berinjela e para representação gráfica.

No estudo da vida de prateleira das berinjelas, a hipótese que faz sentido e que é desejada testar, é saber se a qualidade sensorial das berinjelas se manteve ou aumentou, ou diminuiu. Portanto, no presente trabalho, o par de hipóteses adotado foi:

$$\begin{cases} H_0 : IQS \geq 1 \\ H_1 : IQS < 1 \end{cases} \quad (1)$$

2.1 Teste *bootstrap* não paramétrico (BNP) para o IQS

Para realizar o teste *BNP* para o *IQS* devem-se fornecer três informações que são:

1. amostra original: os dados de vida de prateleira que deseja avaliar;
2. número de reamostras: muitos autores recomendam um número maior ou igual a 1.000;
3. nível de significância: os níveis mais especificados são $\alpha = 1\%$, 5% ou 10% .

Após fornecer essas informações na função `bootstrapNP`, disponibilizada por Bastos (2013), o processo do teste é ilustrado seguindo o exemplo da Figura 1.

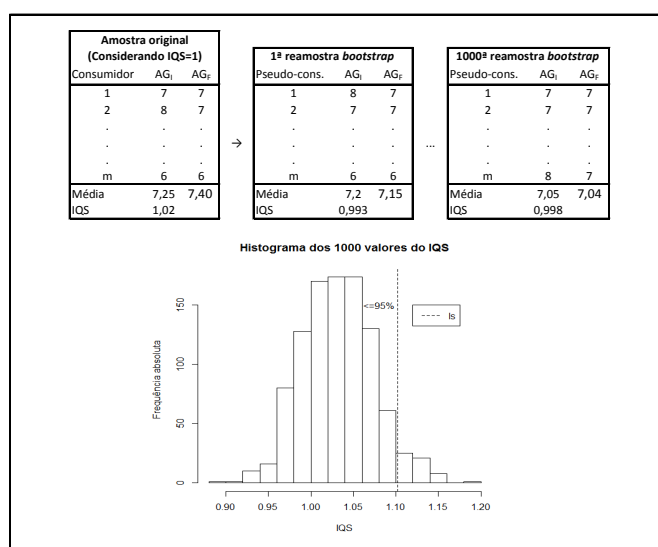


Figura 1: Exemplo ilustrativo do processo do teste *BNP*

em que a amostra original são dados simulados de acordo com a hipótese nula $H_0 : IQS=1$, m é o número de consumidores, *Pseudo – cons.* são os consumidores sorteados para tal reamostra e ls é o limite superior [quantil $(1-\alpha)$] encontrado após as 1000 reamostras serem realizadas.

Observando-se a Figura 1, a partir da amostra original são realizados sorteios com reposição, resultando reamostras de mesmo tamanho. Estes sorteios são realizados em pares, formados pelos valores do início e do fim da vida de prateleira, devido ao emparelhamento no consumidor.

Para cada reamostra, é estimado o *IQS*. Como foram realizadas 1.000 reamostras, tem-se 1.000 estimativas do *IQS*, estas são ordenadas de forma crescente e encontra-se o ls .

Na Figura 1, o histograma representa as 1.000 estimativas do *IQS* e a linha tracejada indica o ls , considerando o quantil de 95% (para $\alpha = 5\%$). Este teste é unilateral à esquerda.

Sejam as hipóteses dadas em (1), o critério de decisão desse teste é da seguinte forma:

Como a hipótese nula (H_0) é $IQS \geq 1$, se $ls \geq 1$, não se rejeita H_0 , pois o valor 1 está contido no intervalo $(0, ls]$ com 95% de confiança. Caso contrário, ou seja, se $ls < 1$, rejeita-se H_0 , pois o valor 1 não está contido no intervalo $(0, ls]$ com 95% de confiança.

3 Resultados e discussões

O estudo preliminar dos dados de berinjela foi realizado por meio do gráfico da Figura 2, sendo apresentadas as notas da aceitação global no início em relação as notas no fim.

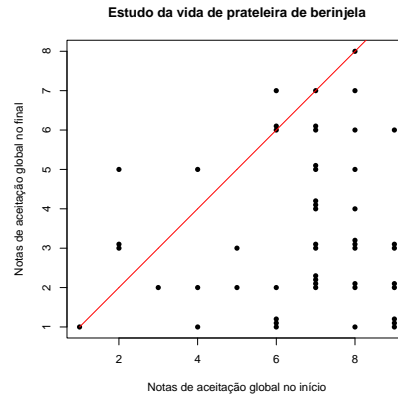


Figura 2: Notas de aceitação global no início \times Notas de aceitação global no fim

Observando a Figura 2, pode-se dizer que apenas 5 consumidores deram notas maiores no fim da vida de prateleira em relação ao início, 5 deram notas iguais no início e no fim e 40 deram notas maiores no início em relação ao fim. Note que a reta na cor vermelha está indicando as notas iguais no início e no fim; acima dela estão as notas que são maiores no fim em relação ao início e abaixo estão as que são maiores no início em relação ao fim.

A estimativa pontual do *IQS* para os dados de berinjela é igual a 0,509; informando que a qualidade sensorial da berinjela diminuiu, mas não está informando com uma confiança previamente estabelecida. Note que para esse valor da estimativa do *IQS*, considerando que esses dados foram avaliados com $k=9$ e $m=50$, Bastos (2013) mostra que o teste *BNP* apresenta taxa de poder, aproximadamente, igual a 1.

Para estimar um intervalo de confiança para o *IQS*, foi utilizado o método de percentis simples. Este intervalo, com 95% de confiança, é dado por

$$IC_{1-\alpha}(IQS) : \left[\left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \right)_{boot, \frac{\alpha}{2}} ; \left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \right)_{boot, 1-\frac{\alpha}{2}} \right] \quad (2)$$

$$IC_{95\%}(IQS) : [0,424; 0,605]. \quad (3)$$

Posteriormente, foi aplicado o teste *BNP* para o *IQS*, verificando se realmente a qualidade sensorial das berinjelas diminuiu.

Aplicando-se o teste *BNP* para o *IQS* aos dados de berinjela, o valor do *ls* foi igual a 0,588; ou seja, ao nível de 5% de significância, rejeita-se H_0 , concluindo-se que a qualidade sensorial da berinjela, do início da vida de prateleira até o fim, piorou.

O histograma dos 1.000 valores de *IQS* é da seguinte forma.

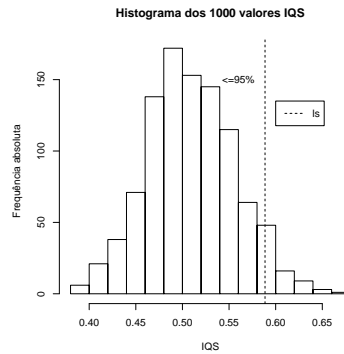


Figura 3: Histograma dos 1000 valores do *IQS*, via *bootstrap* não paramétrico, considerando como amostra original os dados de berinjela

4 Conclusões

No presente trabalho alcançaram-se os objetivos desejados, com as seguintes conclusões:

- 1) o funcionamento do teste *BNP* para o *IQS* foi apresentado em detalhes;
- 2) o teste *BNP* para o *IQS* aplicado nos dados de berinjela, ao nível de 5% de significância, informou que a qualidade sensorial das berinjelas avaliadas diminuiu significativamente.

Referências

- [1] BASTOS, R. L. **Proposição de testes bootstrap para o índice de qualidade sensorial**. 2013. 125 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- [2] IMM, B. Y.; LEE, J. H.; LEE, S. H. Sensory quality index (*SQI*) for commercial food products. **Food Quality and Preference**, Seul, v. 22, n. 8, p. 748-752, 2011.
- [3] PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology Symposium**, Chicago, v. 11, n. 9, p. 9-14, 1957.
- [4] R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Software.