

Qualidade de cafés especiais: uma avaliação sensorial feita com consumidores utilizando a técnica MFACT¹

Quality of specialty coffees: a sensory evaluation by consumers using the MFACT technique

Paulo César Ossani^{2*}, Marcelo Ângelo Cirillo², Flávio Meira Borém³, Diego Egídio Ribeiro³ e Ricardo Miguel Cortez³

RESUMO - A qualidade sensorial de cafés especiais, cujas características se relacionam com o meio geográfico é apreciada pelo setor produtivo e o mercado, no qual, uma relação comercial é pautada na livre escolha, por parte do consumidor e na agregação de valores e diferenciação de preços em função da qualidade do produto. Neste cenário, focar as tendências dos consumidores é primordial para que um café seja diferenciado em relação aos demais; para isso, novas metodologias de análise devem ser exploradas para que os resultados sejam dignos de contemplarem inúmeros fatores inerentes às particularidades de cada consumidor e/ou produto. Com esse propósito, o objetivo desse artigo é propor o uso da técnica de múltiplos fatores aplicada a tabelas de contingência (MFACT), em dados categorizados obtidos em um experimento sensorial realizado com diferentes grupos de consumidores com a finalidade de identificar similaridades entre quatro cafés especiais. Concluiu-se que o uso dessa técnica é viável, por permitir discriminar os cafés especiais produzidos em diferentes ambientes (altitudes) e processamentos, considerando a heterogeneidade entre os consumidores envolvidos na análise sensorial.

Palavras-chave: Altitude. Análise de correspondência. Consumidores. Processamento.

ABSTRACT - The sensory quality of specialty coffees, whose characteristics are related to the geographical environment, is appreciated by both the productive sector and the market, where the commercial relationship is guided by free choice on the part of the consumer, and the added value and price differentiation which depend on the quality of each product. In such a scenario, focusing on consumer trends is fundamental if one coffee is to be seen as different to the others. For that reason, new methods of analysis should be investigated so that the results are able to take into account the many factors which are inherent to the peculiarities of each customer and/or product. To that end, the aim of this paper is to propose the use of a technique of Multiple Factor Analysis for Contingency Tables (MFACT) on categorised data from a sensory experiment conducted with different groups of consumers, for the purpose of identifying similarities between four speciality coffees. It was concluded that the use of this technique is feasible, as it allows discrimination of specialty coffees produced in different environments (altitudes) and processing methods, considering the heterogeneity between consumers involved in the sensory analysis.

Key words: Altitude. Correspondence analysis. Consumers. Processing.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170010

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação 17/11/2014; aprovado em 11/05/2016

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária da Universidade Federal de Lavras

²Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras, Av. Doutor Sylvio Menicucci 1001, Caixa Postal 3037, Kennedy, Lavras-MG, Brasil, 37.200-000, ossanipc@hotmail.com, macufla@dex.ufla.br

³Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, Av. Doutor Sylvio Menicucci 1001, Kennedy, Lavras-MG, Brasil, 37.200-000, flavioiborem@deg.ufla.br, diegoagro10@hotmail.com, ricardomcortez@hotmail.com

INTRODUÇÃO

De modo geral, ao considerar os testes de aceitação ou preferência, na análise dos resultados de um experimento sensorial, o principal foco é avaliar a intenção do provador, em discernir a qualidade sensorial de um produto em relação aos demais. A questão é que, além do problema de natureza estatística, a ser exemplificado pelo erro de medida, no preenchimento de uma ficha sensorial, ou na análise de dados categorizados, resultantes da distribuição de classes de frequência das notas sensoriais alguns fatores externos pertinentes à formação do painel sensorial, tais como a experiência anterior do degustador, o treinamento do painel e as preferências individuais, poderão não ser contemplados.

Diante desse fato, há evidências para acreditar que, as análises estatísticas poderão gerar resultados e conclusões incoerentes, portanto, é notório um amplo campo de pesquisa, no que tange a proposta e uso de novas abordagens estatísticas que agreguem resultados mais precisos na análise, aceitação e discriminação da qualidade sensorial de um produto. Com esse propósito, a análise de dados categorizados multivariados, representados em tabelas de contingência, merece uma atenção especial, pois além de resultar uma perda de informação, os fatores, em geral, desconhecidos, porém relacionados à qualidade sensorial devem ser identificados.

Dentre as inúmeras técnicas propostas para analisar dados categorizados, a análise de múltiplos fatores aplicada a tabelas de contingência, conhecida por MFACT (BÉCUE-BERTAUT; PAGÈS, 2004; ESCOPIER; PAGÈS, 2008) se caracteriza por permitir analisar grupos de variáveis com tamanhos diferentes e de natureza distinta.

Esta técnica analisa simultaneamente várias tabelas de contingência. Entretanto, ao comparar com outras técnicas, Zárraga e Goitisoló (2009) ressaltam que ao analisar tabelas com diferentes estruturas, definidas pelo número de linhas e colunas, nas quais, representam as relações entre as variáveis, certamente os resultados fatoriais são afetados. Diante desses problemas, nota-se que a técnica MFACT é promissora em relação à análise de procrustes generalizada (SUGNET; GOWER; LE ROUX, 2006), por considerar pesos atribuídos a cada tabela, na estimação dos fatores.

Em se tratando da aplicabilidade da técnica MFACT em experimentos sensoriais, uma característica a ser ressaltada na viabilidade do uso dessa técnica, pode ser justificada por Chagas, Carvalho e Costa

(1996), ao mencionarem que, a subjetividade da prova de xícara é limitada pela aptidão do provador, podendo ser deformada e que não é possível de ser medida. Nesse contexto, ao discretizar as notas relacionadas a um atributo sensorial, dada a variabilidade dos dados, e o método utilizado para determinar o número de classes de uma tabela de contingência, diferentes estruturas poderão ser geradas. Ao considerar outros atributos, múltiplas tabelas de contingência são geradas, porém analisadas individualmente. A vantagem em utilizar a técnica MFACT é justamente em analisar simultaneamente inúmeras tabelas.

Quanto aos fatores externos, exemplificados pelos perfis dos consumidores, Chagas, Carvalho e Costa (1996) citam um experimento sensorial, relacionado à prova de xícara de café, em que, as amostras foram provadas por diferentes degustadores. Decorrente da análise estatística, visando avaliar a validade da prova de xícara, os degustadores treinados evidenciaram que a prova de xícara é perfeitamente válida dentro de certos limites especificados pelos autores.

Assim, esse trabalho tem por objetivo, propor uma análise estatística utilizando a técnica MFACT em um experimento sensorial formado por quatro grupos de consumidores, com o propósito de avaliar a qualidade sensorial de quatro tipos de cafés especiais, produzidos com diferentes métodos de processamentos e altitudes.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da matéria prima para análise sensorial

A matéria prima utilizada neste experimento era composta por amostras de café natural e Cereja Descascado, de dois genótipos de café Arábica (Bourbon Amarelo e Acaíá). O processamento natural refere-se à secagem dos frutos do café mantendo-se todos seus componentes anatômicos intactos. Já o processamento Cereja Descascado, refere-se à secagem do café a partir da remoção do exocarpo e mesocarpo dos frutos.

Amostras representativas da combinação entre genótipo e processamento foram coletadas em duas faixas de altitude: abaixo de 1.100 m e acima de 1.200 m. Após a coleta, foi realizada a remoção de sujidades e materiais estranhos selecionando-se somente os frutos maduros e sadios. Em seguida, as amostras foram processadas e secadas ao sol. O teor de água final das amostras foi igual a 11%. Após período de descanso de 30 dias, as amostras foram beneficiadas com o objetivo de se obter os grãos destinados para a torra do café.

Preparo das amostras e realização do experimento sensorial

O preparo das amostras de café para a avaliação sensorial foi feito retirando-se todos os grãos defeituosos. A torra do café ocorreu respeitando-se o prazo máximo de 24 horas para a degustação, de acordo com protocolo da associação americana de cafés especiais (SCAA, 2009). Além disso, as normas da Re 466/12 foram obedecidas, e os cuidados gerais inerentes ao preparo de alimentos foram seguidos, conforme parecer consubstanciado do Conselho de Ética e Pesquisa, registrado no CAAE: 14959413.1.0000.5148.

O ponto de torra foi determinado visualmente, utilizando o sistema de classificação de cor por meio de discos padronizados (SCAA/AgtronRoast Color Classification System, 2009). Em relação ao preparo da bebida, manteve-se a concentração de 7% m/v utilizando água potável filtrada e sem adição de açúcar. Com estas especificações, quatro tipos de cafés especiais foram codificados nas amostras por A, B, C e D dada à descrição na Tabela 1.

Para cada tipo de café, as características sensoriais foram avaliadas no teste de aceitação em relação às suas características sensoriais: acidez, corpo, doçura e nota geral em quatro sessões, nas quais, os consumidores voluntários com conhecimentos pautados em suas experiências pessoais em relação à análise sensorial de cafés.

A estruturação da tabela justaposta considerando as notas sensoriais obtidas nos grupos para os atributos, corpo, acidez e doçura é apresentada no *layout* na Tabela 2.

Os grupos $G = 1$ e 2 foram formados por consumidores que receberam um treinamento em relação às avaliações sensoriais, constituídos respectivamente de 52 e 47 indivíduos. Os integrantes dos demais grupos ($G = 3$ e 4), não receberam qualquer treinamento, porém, eram profissionais técnicos ou pesquisadores da área relacionada a pesquisa cafeeira, com 32 e 43 indivíduos respectivos.

Em se tratando do perfil dos consumidores em relação a alguma preferência de cafés especiais, a estruturação da tabela justaposta é apresentada na Tabela 3.

Notação matricial para implementação e entendimento do método MFACT

Segundo, Bécue-Bertaut e Pagès (2008), a estrutura de uma tabela de contingência é representada pela relação entre linhas e colunas, conforme usualmente é feito na análise de correspondência (BÉCUE-BERTAUT; PAGÈS, 2004; ESCOPIER; PAGÈS, 2008; GREENACRE; BLASIUS, 2006). Desta forma, para que o método MFACT torne compreensível o seu entendimento, é necessário rever, a fundamentação básica da análise de correspondência.

Tabela 1 - Descrição dos cafés especiais avaliados na análise sensorial

Tipo	Genótipo	Altitude	Processamento
A	Bourbon Amarelo	acima de 1.200 m	Natural
B	Acaíá	abaixo de 1.100m	Cereja Descascado
C	Acaíá	abaixo de 1.100m	Natural
D	Bourbon Amarelo	acima de 1.200m	Cereja Descascado

Tabela 2 - Layout da tabela justaposta para análise de cada grupo de indivíduos em relação às avaliações sensoriais para os cafés especiais (Tabela 1)

Categoria das Notas	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Grupo 4			
	N_T	C_T	A_T	D_T	N_T	C_T	A_T	D_T	N_T	C_T	A_T	D_T	N_T	C_T	A_T	D_T
[0; 2,5)																
[2,5; 5)																
[5; 7,5)	f_{iTG}															
[7,5; 10]																

N = Nota Geral, C = Corpo, A = Acidez e D = Doçura. G = 1, 2, 3, 4 (Grupos de Indivíduos) e T = A, B, C, D (Grupos dos Cafés). f_{iTG} = frequência da categoria i no grupo T e tabela G

Tabela 3 - Layout da tabela justaposta para análise dos cafés especiais em relação às avaliações sensoriais para os cafés especiais (Tabela 1)

Categoria das Notas	Café A				Café B				Café C				Café D			
	N _G	C _G	A _G	D _G	N _G	C _G	A _G	D _G	N _G	C _G	A _G	D _G	N _G	C _G	A _G	D _G
[0; 2,5)	<i>f_{iGT}</i>															
[2,5; 5)																
[5; 7,5)																
[7,5; 10]																

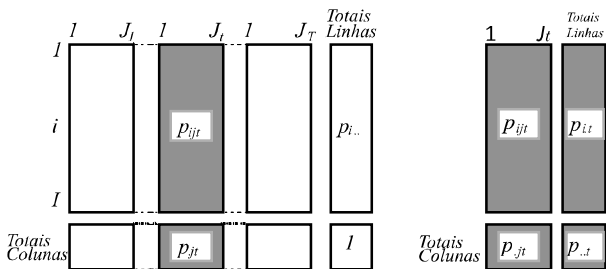
N = Nota Geral, C = Corpo, A = Acidez e D = Doçura. G = 1, 2, 3, 4 (Grupos de Indivíduos) e T = A, B, C, D (Grupos dos Cafés). *f_{iGT}* = frequência da categoria *i* no grupo *G* e tabela *T*

Com este propósito, considera-se *X* como uma tabela de contingência de ordem *I*×*J*. O termo geral *p_{ij}* representa a proporção relativa, com a qual, a *i*-ésima linha (*i*=1,...,*I*) está associada com a *j*-ésima coluna (*j*=1,...,*J*), de tal modo que $\sum_{ij} p_{ij} = 1$. Assumindo, a *i*-ésima linha marginal representada por $p_{i.} = \sum_j p_{ij}$, sendo *D_i* uma matriz diagonal formada por *p_{i.}*. De forma análoga, tem-se a *j*-ésima coluna marginal definida por $p_{.j} = \sum_i p_{ij}$.

Análise de correspondência para tabelas justapostas

Considera-se várias tabelas de contingência, representadas por *X₁*,...,*X_t*,...,*X_T*, porém, justapostas em uma única tabela, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Layout de tabelas de contingência justapostas



Dado que, cada tabela indica uma sub-tabela *X_t*, de dimensão *I*×*J_t* denota-se *p_{ijt}* como a frequência relativa, na tabela *t*(*t*=1,...,*T*), com a qual, a *i*-ésima linha (*i*=1,...,*I*) está associada com a *j*-ésima coluna (*j*=1,...,*J*), restrito a $\sum_{ijt} p_{ijt} = 1$.

Ressalta-se, por meio da Figura 1, que o número de colunas não é o mesmo e todas as subtabelas, e denominando a tabela “global” por *X_G* com dimensão *I*×*J*, torna-se possível, representar a linha marginal de *X_G* pela proporção $p_{i.} = \sum_{jt} p_{ijt}$. Analogamente, a proporção da coluna marginal é dada por $p_{.j} = \sum_{ijt} p_{ijt}$.

A implementação do método MFACT foi realizada considerando inicialmente a fundamentação teórica da análise de correspondência interna, cujo acrônimo é denominado por ICA, (BÉCUE-BERTAUT; PAGÈS, 2004; ESCOFIER; PAGÈS, 2008; GREENACRE; BLASIUS, 2006), sendo esta uma generalização da análise de correspondência simples, na qual, permite comparar várias tabelas de frequência com estruturas e marginais diferentes. Contudo, as marginais referentes às variáveis categóricas descritas na linha, são proporcionais entre todas as tabelas. Desta forma, nota-se que ICA é equivalente à CA aplicada às tabelas concatenadas (BÉCUE-BERTAUT; PAGÈS, 2004; ESCOFIER; PAGÈS, 2008; GREENACRE; BLASIUS, 2006).

Seguindo esta metodologia, o método MFACT foi implementado em dois procedimentos, descritos nos passos 1 e 2 a seguir:

Passo 1: Implementou-se a análise de correspondência, considerando os pesos *p_{i.}* e *p_{.j}*, em cada tabela, representada por *P_t* (Tabela 4).

Passo 2: Combinou-se a ICA com o método MFA, de modo a ponderar a influência da estrutura das subtabelas na análise global. Esta ponderação consistiu em multiplicar o peso (*p_{.j}*) da coluna (*j*,*t*) em ICA por $1/\lambda_1^t$ sendo, λ_1^t , o primeiro autovalor do PCA separado da subtabela *p_t*, com os pesos determinados na ICA, isto é, *p_{i.}* para linhas *i*, e *p_{.j}* para a coluna (*j*,*t*); (Tabela 1).

A combinação destes dois métodos é denominada por MFACT, no qual, as distâncias entre as linhas *i* e *l*, fixada a *j*-ésima coluna do conjunto *t*, considerando o peso $\frac{p_{i.}}{\lambda_1^t}$ é definida em (1).

$$d^2(i, l) = \left[\sum_t \frac{1}{\lambda_1^t} \sum_{j \in J_t} \left(\frac{p_{ijt}}{p_{i.}} - \frac{p_{ljt}}{p_{l.}} \right)^2 \times \frac{1}{p_{.j}} \right] - \left[\sum_t \frac{1}{\lambda_1^t \times p_{.j}} \left(\frac{p_{i.}}{p_{i.}} - \frac{p_{l.}}{p_{l.}} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Ressalta-se que em (1), desprezando a ponderação pelo inverso do primeiro autovalor, tem-se que, o primeiro termo corresponde à distância (entre os perfis *i* e *l*) na CA

Tabela 4 - Coeficiente relativo à tabela t nas análises CA e ICA aplicado na tabela P

	Termo Geral	Peso das Linhas = Métrica no espaço das colunas	Peso das Colunas = Métrica no espaço das linhas
CA aplicado em N(J _t)	$\frac{P_{ijt} - \frac{P_{i.t}}{P_{..t}} P_{.jt}}{\frac{P_{i.t}}{P_{..t}} P_{.jt}}$	$\frac{P_{i.t}}{P_{..t}}$	$\frac{P_{.jt}}{P_{..t}}$
ICA aplicado em N(J _t)	$\frac{P_{ijt} - \frac{P_{i.t}}{P_{..t}} P_{.jt}}{P_{i..} P_{.jt}}$	$P_{i..}$	$P_{.jt}$

N(J_t) corresponde a subnível do perfil da coluna que corresponde à tabela de contingência P_t. Em ICA, cada N(J_t) é transferida para que o *centroide* coincida com o *centroide* global

das tabelas justapostas. O segundo termo corresponde à distância (entre os perfis i e l) do CA da tabela que contém as somas por linha e por subtabela. O termo geral i.t nesta tabela é a soma da linha i na tabela t. Em relação à distância entre as colunas, o quadrado da distância entre a coluna j pertencente à tabela t e à coluna k, pertencente à tabela de r é definida em (2) e (3).

$$d^2(j \in t, k \in r) = \sum_i \frac{1}{P_{i..}} \left[\left(\frac{P_{ijt}}{P_{.jt}} - \frac{P_{ikr}}{P_{.kr}} \right) - \left(\frac{P_{i.t}}{P_{..t}} - \frac{P_{i.r}}{P_{..r}} \right) \right]^2 \quad (2)$$

$$d^2(j \in t, k \in r) = \sum_i \frac{1}{P_{i..}} \left[\left(\frac{P_{ijt}}{P_{.jt}} - \frac{P_{i.t}}{P_{..t}} \right) - \left(\frac{P_{ikr}}{P_{.kr}} - \frac{P_{i.r}}{P_{..r}} \right) \right]^2 \quad (3)$$

As aproximações entre as colunas podem ser interpretadas em duas situações:

1ª - Se as colunas pertencem à mesma tabela (t=r). A proximidade entre as duas colunas é interpretada em termos de semelhança entre os perfis, exatamente como na CA usual.

2ª - Se as colunas pertencem a diferentes tabelas (t≠r). Os perfis das colunas são relativos ao quadrado da distância, conforme apresentado em (2) evidencia que o perfil de uma coluna intervém por seu desvio a partir do perfil significativo da tabela correspondente. Em (3), as diferenças entre os perfis de coluna são relativos às

diferenças entre os perfis médios (BÉCUE-BERTAUT; PAGÈS, 2004; ESCOFIER; PAGÈS, 2008).

Determinadas as distâncias, as representações das linhas e colunas são analisadas conjuntamente, dispostas em um mapa perceptual, sobrepostas a um biplot. Desta forma, seguem as interpretações de forma semelhante à análise de correspondência. Por fim, seguindo a metodologia apresentada, utilizou-se o software R para implementação das rotinas computacionais que permitiram a obtenção dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise dos perfis dos consumidores considerando o agrupamento das notas em função dos grupos de indivíduos

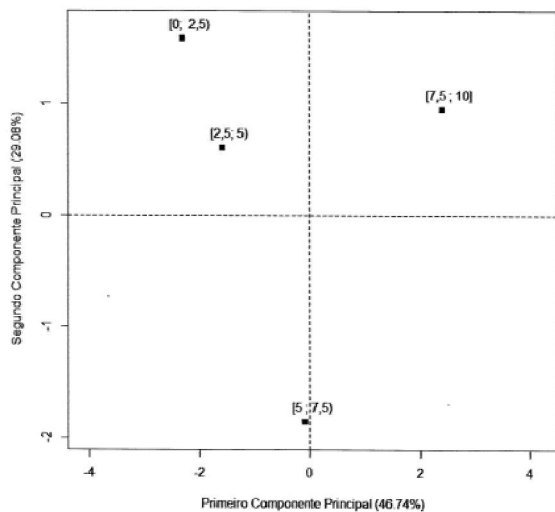
Em concordância com a descrição da metodologia apresentada na seção anterior, seguindo a estruturação, conforme o *layout* da Tabela 2, os resultados descritos na Tabela 5, evidenciaram que o estudo das associações, entre as variáveis categóricas representadas em cada subtabela, analisadas simultaneamente, poderá ser explicada em um gráfico bidimensional, uma vez que, a proporção da variação explicada nos dois primeiros componentes é igual a 75,81%.

Tabela 5 - Proporção da variação amostral explicada pelos três primeiros componentes

Componentes	λ_i	% da variação amostral	% da variação amostral acumulada
1	3,003	46,74	46,74
2	1,869	29,08	75,81
3	1,554	24,19	100,00

Em continuidade a esse resultado, os perfis ilustrados na Figura 2, correspondem às notas dadas pelos indivíduos, classificadas em categorias. Nesse contexto, a interpretação dessa figura em relação aos grupos de indivíduos é compreendida, como cada grupo de indivíduos está associado às notas classificadas nas categorias. Assim, torna-se perceptível, visualizar que os grupos de consumidores diferiram as notas nas categorias [5,0; 7,5) e [7,5; 10], justamente por apresentar suas respectivas localizações em quadrantes diferentes em relação às demais categorias.

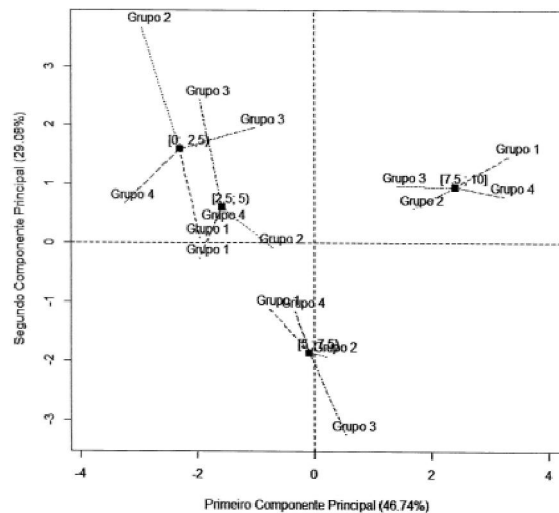
Figura 2 - Gráfico correspondente a análise global das faixas dos indivíduos



Com o propósito de buscar uma associação de cada grupo na classificação dessas notas, os resultados ilustrados na Figura 3, na qual, as projeções das categoriais de notas dos indivíduos, tendo por base, cada categoria resultante da análise global, correspondem ao centroide das posições em relação aos grupos de consumidores avaliados. Desta forma, as “linhas” que unem os grupos com a posição global das categorias de notas dos indivíduos corroboram em afirmar que, o efeito do treinamento realizado com os consumidores classificados nos Grupo 1, resultou em uma avaliação sensorial com respostas homogêneas em relação aos demais grupos. Tal efeito foi perceptível para as categorias de notas [5,0; 7,5) e [7,5; 10].

Ressalta-se que essa última categoria de notas se enquadra dentro das especificações da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2009), na qual, classifica os cafés especiais com apresentação de nota final acima ou igual a 80 pontos (ALVES *et al.*, 2011; LINGLE, 2011).

Figura 3 - Gráfico correspondente a análise global das faixas dos indivíduos com as análises dos grupos de indivíduos



No caso dos outros Grupos, nota-se nas projeções um distanciamento não homogêneo em relação ao centroide, o que impede de fazer as mesmas afirmações relacionadas ao efeito do treinamento, uma vez que, parte-se do pressuposto que em uma análise sensorial, provedores treinados com a habilidade de discriminar pequenas diferenças entre as amostras, dada a homogeneidade entre os resultados, proporcionados pelas avaliações dos treinadores, os resultados obtidos por meio de uma metodologia estatística são precisos e coerentes.

Entretanto, ao considerar as notas provenientes de consumidores, naturalmente surge uma limitação nos estudos sensoriais, caracterizada por fatores diversos como fadiga, indisposição para realizar todas as provas, diferença entre as habilidades dos consumidores. Enfim, todos estes fatores contribuem para que notas discrepantes possam surgir no decorrer da análise sensorial. Nesse sentido, o efeito do treinamento dado a um grupo de provedores não treinados para a realização desse experimento proporcionou um resultado favorável em relação a apresentar respostas homogêneas com os demais grupos.

No que tange aos resultados referentes à inércia parcial estimada em cada grupo, sendo essa, interpretada como a quantidade de variação restituída em cada componente obtido na análise global, os resultados descritos na Tabela 6 corroboram com as afirmações relacionadas à similaridade entre os Grupos 1 e 4 já relatados nos resultados anteriores.

Análise dos perfis dos consumidores considerando o agrupamento das notas em função dos cafés especiais

Seguindo a metodologia relacionada à técnica MFACT e a estruturação da tabela, conforme o *layout*

representado na Tabela 3, os resultados descritos na Tabela 7 evidenciam que o estudo das associações entre as variáveis categóricas representadas em cada subtabela, analisada simultaneamente poderá ser explicada em um espaço bidimensional, haja vista a proporção da variação explicada nos dois primeiros componentes a 80,94% da variação amostral.

Assim como na análise anterior, os resultados ilustrados na Figura 4 referentes às categorias de notas, percebe-se que novamente, a categoria de notas [7,5; 10] é projetada em um quadrante separado em relação aos demais.

Em se tratando da distribuição das faixas de notas, dada pelos consumidores em relação aos tipos de cafés avaliados, os resultados ilustrados na Figura 5, dada as projeções das faixas dos indivíduos, na qual a posição de cada faixa na análise global, corresponde ao centroide das posições em relação aos cafés especiais avaliados.

Logo, as linhas que unem os cafés com a posição global das faixas dos indivíduos corroboram em afirmar uma similaridade das notas em relação aos cafés A e D, ou seja, segundo a classificação dada na Tabela 1, ambos têm em comum, a altitude e o genótipo Bourbon amarelo, diferenciando apenas no processamento, o que é corroborado pelos resultados descritos na Tabela 8.

Tabela 6 - Valores referentes às inércias computadas nos três primeiros eixos para cada grupo de consumidor

Eixo	Grupos de consumidores				Inércia total
	1	2	3	4	
1	0,9251	0,5943	0,4986	0,9852	3,0032
2	0,2734	0,5397	0,7693	0,2861	1,8685
3	0,1967	0,6720	0,4397	0,2459	1,5543

Tabela 7 - Proporção da variação amostral explicada pelos três primeiros componentes

Componentes	λ_i	% da variação amostral	% da variação amostral acumulada
1	2,989	47,31	47,31
2	2,125	33,63	80,94
3	1,204	19,06	100,00

Figura 4 - Gráfico correspondente a análise global das faixas dos indivíduos

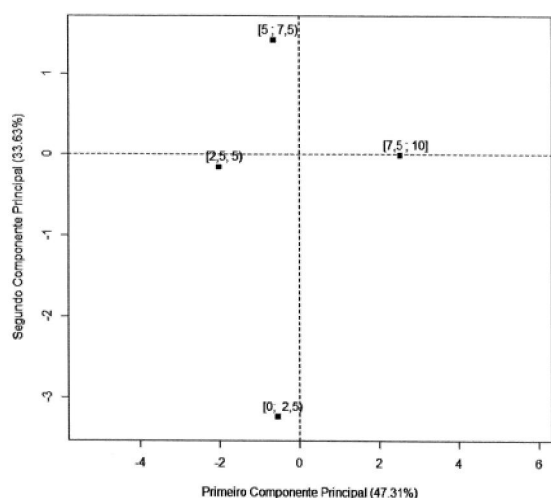


Figura 5 - Gráfico correspondente a análise global das faixas dos indivíduos com as análises dos tipos de cafés

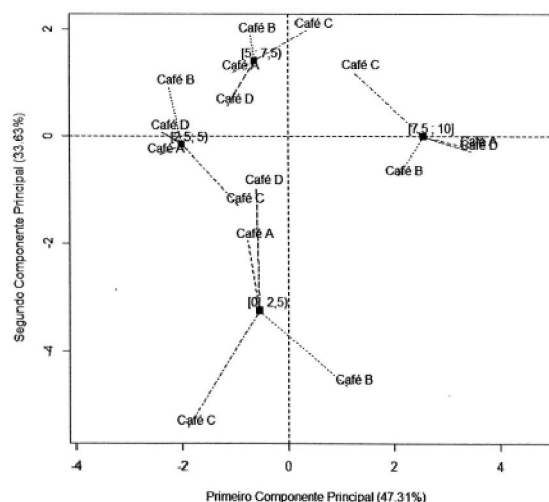


Tabela 8 - Valores referentes às inércias computadas nos três primeiros eixos para cada grupo de tipos de cafés

Eixo	Grupos de Tipos Especiais de Cafés				Inércia total
	A	B	C	D	
1	0,9923	0,6568	0,3521	0,9881	2,9893
2	0,3633	0,7379	0,8532	0,1709	2,1254
3	0,2963	0,5101	0,2707	0,1272	1,2043

Importante ressaltar, que embora os resultados sejam provenientes de uma análise exploratória, muitos trabalhos (AVELINO *et al.*, 2005; BARBOSA *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2014; BERTRAND *et al.*, 2008; CHAGAS *et al.*, 2013; DECAZY *et al.*, 2003; KITZBERGER *et al.*, 2013) confirmam que a localização geográfica com altitudes mais elevadas é um dos principais fatores que influenciam a qualidade sensorial.

Em se tratando da inércia parcial de cada grupo, interpretada como a quantidade de variação restituída em cada componente inerente a análise global, os resultados descritos na Tabela 8 corroboram com as afirmações relacionadas à similaridade dos cafés A e D, ou seja, verifica-se uma concordância entre a discriminação dos cafés A e D, sendo esses, diferenciados apenas no processamento, ou seja, o café A processado via seca (natural) e D via úmida (cereja).

Em relação aos cafés B e C, segundo Abrahão *et al.* (2008), essa similaridade poderá ser explicada pela composição química dos grãos de café, uma vez que, tal composição é influenciada por fatores genéticos, ambientais e condições de manejo pré e pós colheita. Uma vez que, os cafés B e C são do mesmo genótipo, produzidos em um mesmo ambiente (altitude), há evidências para afirmar que esses fatores contribuíram para a similaridade na análise dos resultados sensoriais para todos os grupos de consumidores.

Outra característica, conveniente de ser ressaltada, é que em comum os cafés B e C são caracterizados por frutos vermelhos e que a produção desses cafés em regiões com altitude abaixo de 1.000 m, em geral, resultam em bebidas com menor acidez, doçura e sabores menos complexos, predominando sabores de caramelo e corpo mediano a baixo. Com certa frequência, essas variedades podem também produzir cafés com leve adstringência. Esse perfil sensorial está mais próximo do padrão conhecido pela maioria dos consumidores brasileiros, excetuando o consumo de cafés defeituosos.

Em se tratando da similaridade entre os cafés A e D, justifica-se esse agrupamento inicialmente pelo

fato desses cafés serem de altíssima qualidade. Porém, era esperado que os consumidores apresentassem uma tendência em preferir o café do tipo D, uma vez que, esse café é mais popular por ser mais suave e adocicado, com fácil percepção na identificação de sabores agradáveis. Em se tratando do tipo de processamento, o café natural, por sua complexidade e presença de notas muito exóticas, dificulta essa percepção e preferência dos consumidores, pois se trata de uma bebida muito diferente, em relação aos cafés convencionais, os quais, os consumidores estão acostumados a beber.

De um modo geral, as similaridades entre os cafés A, D e B, C, vários componentes são atuantes, dignos de serem justificados em relação à qualidade sensorial. Os principais aspectos citados por Figueiredo *et al.* (2013) e Borém (2008), envolvem os sistemas de cultivo; no entanto, a característica final (fenótipo) depende da constituição genética e das condições ambientais (LEROY *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2010).

CONCLUSÕES

1. Em concordância com os objetivos e a metodologia proposta, conclui-se que, a técnica MFACT - Múltiplos fatores aplicada a tabela de contingência é viável para ser aplicada em análise de dados sensoriais categorizados na identificação de perfis sensoriais de grupos de consumidores com diferentes habilidades em relação à qualidade de cafés especiais;
2. Em se tratando da análise da qualidade sensorial dos cafés especiais, a técnica MFACT permitiu identificar a similaridade entre os cafés especiais produzidos em ambientes (altitudes) e processamentos diferentes em todos os grupos de consumidores avaliados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio científico e financeiro necessários à realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. *et al.* Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2008.
- ALVES, H. M. R. *et al.* Características ambientais e qualidade da bebidas dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 18-29, 2011.
- AVELINO, J. *et al.* Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, 2005.
- BARBOSA, J. N. *et al.* Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 4, p. 181-190, 2012.
- BARBOSA, J. N. *et al.* Discrimination of production environments of specialty coffees by means of stable isotopes and discriminant model. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, p. 55-64, 2014.
- BÉCUE-BERTAUT, M.; PAGÈS, J. A principal axes method for comparing contingency tables: MFACT. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 45, p. 481-503, 2004.
- BÉCUE-BERTAUT, M.; PAGÈS, J. Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 52, p. 3255-3268, 2008.
- BERTRAND, B. *et al.* Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 6, p. 2273-2280, 2008.
- BORÉM, F. M. Processamento do café. In: BORÉM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- CHAGAS, E. N. *et al.* Selection of robust estimators used in analysis of sensory characteristics and identification of environments conducive to specialty coffee production. **Advanced Crop Science**, v. 3, p. 515-524, 2013.
- CHAGAS, S. J. R.; CARVALHO, V. D.; COSTA, L. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 8, p. 555-561, 1996.
- DECAZY, F. *et al.* Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003.
- ESCOFIER, B.; PAGÈS, J. **Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation**. 4th ed. Paris: Dunod, 2008. 318 p.
- FIGUEIREDO, L. P. *et al.* The potential for high quality bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 87-98, 2013.
- GREENACRE, M.; BLASIUS, J. **Multiple correspondence analysis and related methods**. 1st ed. New York: Taylor and Francis Group, 2006. 607 p.
- KITZBERGER, G. C. S. *et al.* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2013.
- LEROY, T. *et al.* Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- PEREIRA, M. C. *et al.* Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of Upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 635-641, 2010.
- SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. SCAA Protocols. **Cupping Specialty Coffee**. Long Beach: SCAA, 2009. 7 p.
- SUGNET, G.; GOWER, J. C.; LE ROUX, N. J. A synthesis of canonical variate analysis, generalized canonical correlation and Procrustes analysis. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 50, n. 1, p. 107-134, 2006.
- ZÁRRAGA, A.; GOITISOLO, B. Simultaneous analysis and multiple factor analysis for contingency tables: two methods for the joint study of contingency tables. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 53, n. 8, p. 3171-3182, 2009.