

**Avaliações Físicas, Químicas e Sensoriais
de Blends de Café Arábica com Café
Canephora (Robusta)**

**Evaluation of the Physical, Chemical and
Sensory Characteristics of Arabica and
Canephora (Robusta) Coffee Blends**

AUTORES

AUTHORS

✉ **Sílvia Cristina Sobottka Rolim de
MOURA**

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas (FRUTHOTEC)
Av. Brasil, 2680, VI. Brasil
Caixa Postal: 139
CEP: 13070-178
Campinas/SP - Brasil
e-mail: smoura@ital.sp.gov.br

Sílvia Pimentel Marconi GERMER

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas (FRUTHOTEC)
e-mail: sgermer@ital.sp.gov.br

Valéria Delgado de Almeida ANJOS

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Grupo de Engenharia e Pós-Colheita (GEPC)
e-mail: vanjos@ital.sp.gov.br

Emília Emico Miya MORI

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Unidade Laboratorial de Referência de Análises Físicas,
Sensoriais e Estatísticas (LAFISE)
e-mail: lafise@ital.sp.gov.br

Luiz Henrique Capparelli MATTOSO

Embrapa Instrumentação Agropecuária
e-mail: mattoso@crnpdia.embrapa.br

Alessandra FIRMINO

Universidade de São Paulo (USP)
e-mail: le_firmino@yahoo.com.br

**Camila Joana Fernandes
NASCIMENTO**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
e-mail: cjoana@fea.unicamp.br

PALAVRAS-CHAVE

KEY WORDS

Café arábica; Café robusta; Características físicas;
Características químicas; Análise sensorial; Língua eletrônica.

Arabica coffee; Robusta coffee; Physical characteristics;
Chemical characteristics; Sensory analysis; Electronic tongue.

✉ Autor Correspondente

✉ Corresponding Author

RESUMO

O trabalho teve como objetivo a produção e avaliação de *blends* de café arábica e café robusta. Realizaram-se torrações otimizadas, inicialmente para os cafés puros (café arábica a 215 °C por 17,5 s e café robusta a 225 °C por 24 s). A formulação de *blends* obedeceu a variação de 10 a 50% de adição de robusta e além dos *blends* foram analisadas também amostras de cafés arábica e robusta puros, resultando em 7 amostras. As amostras foram analisadas quanto às características químicas (umidade, acidez, sólidos solúveis, açúcares redutores, pH e cafeína), características físicas (densidade, grau de torra, reflectância e cor instrumental - L* a* b*), análise sensorial e análise de componentes principais de dados obtidos por meio de língua eletrônica. Os resultados físicos e químicos mostram que a adição de café robusta proporciona aumentos no pH, densidade, teor de cafeína e teor de sólidos solúveis, reduzindo a umidade, a acidez e a doçura da bebida. Os resultados da análise sensorial mostram que o café de qualidade superior passa à tradicional com a adição de robusta de 30 a 50%, decrescendo a qualidade gradativamente.

SUMMARY

The objective of this study was to produce arabica and robusta coffee blends. The roasting of the pure coffees was first optimised (arabica 215 °C/17.5' and robusta 225 °C/24'). The blend formulations varied from 10 to 50% robusta coffee and the pure arabica and robusta coffees were also analysed, resulting in 7 samples. The samples were analysed with respect to their chemical characteristics (moisture, acidity, soluble solids, reducing sugars, pH and caffeine), physical characteristics (density, roasting degree, reflectance and instrumentally measured colour - L* a* b*), and a sensory analysis and principal component analysis using an electronic tongue. The physical and chemical results indicated that the addition of robusta coffee promoted increases in the pH, density, caffeine and soluble solids contents, and decreased the moisture, acidity and beverage sweetness. The results of the sensory analysis indicated that the addition of 30 to 50% robusta changed the classification of the coffee from superior to traditional, with a gradual reduction in quality.

1. INTRODUÇÃO

O aroma do café, desenvolvido na torração, provém de compostos voláteis. A melhor qualidade do café arábica, em relação ao robusta, sugere que a maior quantidade de açúcares e lipídeos e a menor quantidade de ácido clorogênico e cafeína predispõem uma melhor qualidade de café. A maior concentração de açúcares e lipídeos pode simplesmente favorecer a formação de compostos voláteis de aroma ou modificá-los de alguma maneira (CLIFFORD, 1975).

A variabilidade de preços que ocorre no agronegócio de café, ao mesmo tempo em que gera problemas de qualidade dos produtos, abre espaço para um assunto há muito tempo discutido, mas pouco estudado: a formulação de *blends* do café arábica com o café robusta no setor de cafés torrados e moídos (MENDES, 1999).

Define-se o *blend* como a arte de combinar cafés com características complementares – acidez com doçura, muito encorpado com pouco encorpado, torra clara e torra escura, etc. (RELVAS et al., 1997).

As principais características da bebida de café, definidas para degustação, são: acidez, amargor, doçura, adstringência e corpo (KO, 2000; CLARKE, 1986; CLIFFORD, 1985).

Segundo William et al. (1989), em um amplo trabalho sensorial e analítico de cafés torrados e suas bebidas, um café robusta proveniente do Brasil caracterizou-se pela adstringência e pela alta sensação de corpo da bebida.

Uma caracterização digital de aromas, utilizando um nariz eletrônico para classificação de 6 variedades de café arábica e robusta, foi realizada por Dirinck, Van Leuven e Dirinck (2002). Com auxílio de análise de componentes principais (ACP) e tomando como base compostos fenólicos de aroma, os autores concluíram que o nariz eletrônico apresentou boa discriminação entre arábica e robusta. A língua eletrônica é outra ferramenta que tem demonstrado alta sensibilidade e resultados bastante promissores para discriminação de vários tipos de bebidas, inclusive para análise de qualidade global em café (RIUL JÚNIOR et al., 2003, CORREA et al., 2004).

No manual "Café Básico" da ABIC/Sebrae (RELVAS et al., 1997) é sugerido, por exemplo, o seguinte *blend*: 20% de café robusta com características de corpo forte, cor intensa, aroma fraco e sabor neutro e 80% de café arábica Paraná com características de bebida rio, encorpado e baixa acidez. A bebida resultante apresenta corpo normal, acidez equilibrada e aroma intenso com características de bebida dura.

É importante que os cafés usados em *blends* sejam torrados separadamente para que possam desenvolver de forma completa suas melhores propriedades sensoriais, já que possuem composição química, tamanho e umidade diferentes. A umidade do grão cru pode comprometer a qualidade do *blend*, já que um grão mais úmido, geralmente mais novo, torrá mais lentamente que um grão com umidade menor (CARVALHO et al., 1997).

Quando uma mistura de variedades, por exemplo, arábica e robusta, sofre a torração, é muito importante a determinação da dimensão do grão, que determina a área superficial de torração (HERNÁNDEZ et al., 2007). Estes parâmetros foram utilizados pelos autores na obtenção de um modelo, para controle on-line, de um processo piloto de torração.

O objetivo do trabalho foi a produção e avaliação física, química, sensorial e pela língua eletrônica de *blends* de café arábica e café robusta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O café arábica utilizado foi obtido de uma composição dos melhores cafés do Concurso de Qualidade dos Cafés do Brasil, organizado pela Associação Brasileira de Cafés Especiais e realizado no ITAL. A composição foi classificada como tipo 2, seca boa, cor verde clara e peneiras 18-17.

O café robusta utilizado foi classificado como tipo 6-5. Devido à má qualidade do café, possuindo este grande número de defeitos, foi necessário um tratamento prévio dos grãos. Para isso, foram retirados os grãos imperfeitos: pretos, ardidos, brocados, marinhos, verdes, além dos quebrados, e foi feita uma separação com relação ao tamanho ou peneira.

Para a produção de *blends* de café arábica e café robusta foram realizadas torrações otimizadas inicialmente para os cafés puros (café arábica a -215 °C por 17,5 s e café robusta a -225 °C por 24 s). O ponto ótimo de torração do café arábica foi obtido experimentalmente e o ponto ótimo de torração do café robusta foi obtido da literatura (MENDES, 1999). Na literatura em questão, a faixa ótima de torração do café robusta foi determinada como sendo de 22 a 28 min e de 225 a 230 °C, através de um teste de aceitação em nível de consumidor e de avaliação de um provador e classificador profissional. Para a formulação dos *blends* se fez necessária a padronização da cor dos cafés torrados individualmente para que não fossem muito perceptíveis as alterações de cor no *blend*.

As amostras foram preparadas em torrador piloto marca PROBAT-WERKE tipo PRE 1 Z e moedor marca PROBAT-WERKE tipo 55 LM 500.

A formulação de *blends* obedeceu a composição apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Composição dos *blends* de café.

Amostra	Arábica [%]	Robusta [%]
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	0	100

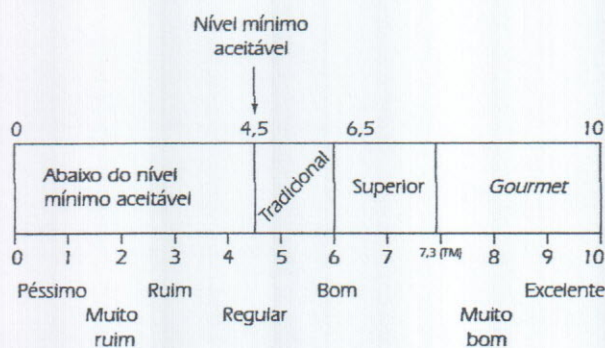
As amostras foram analisadas quanto às características químicas, físicas e sensoriais. A análise do comportamento destas respostas em função da composição do *blend* teve como finalidade a obtenção de uma torração otimizada (qualidade/custo).

Antes das análises químicas, o café torrado e moído foi peneirado em peneiras com furos de 0,42 mm de diâmetro, o que garantiu um padrão de qualidade a mais e uma maior uniformidade das amostras. As análises físicas e químicas foram realizadas em triplicata.

As seguintes respostas físicas e químicas foram avaliadas: pH, umidade, sólidos solúveis, acidez total, açúcares totais e densidade aparente do pó, empregando metodologia AOAC (1996); cafeína por HPLC (KAPER, 1987); cor (Lab Hunter) em colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300; grau de torração por comparação visual a padrões Agtron (STAUB); e reflectância em espectrofotômetro

Agtron E10-CP com comprimento de onda próximo à região do infravermelho.

A análise sensorial descritiva quantitativa do café foi realizada por equipe selecionada e treinada composta de oito a dez julgadores, fazendo uso de escala não estruturada de 0 a 10 cm para avaliação da fragrância do pó, aroma característico, sabor (característico, caramelo, chocolate, pão torrado e frutas cítricas), doçura, acidez, amargor, sabor residual, corpo da bebida, adstringência e qualidade global do café (MORI et al., 2003; ICO, 1991). O café torrado e moído foi preparado em infusão com o uso de filtro de papel, usando-se a proporção de 100 g de pó de café para 1,0 L de água mineral a 92 °C. Os cafés foram provados sem açúcar. A análise foi realizada individualmente e com repetição em cabines com iluminação vermelha, estas equipadas com o sistema computadorizado Compusense Five versão 4.2 para coleta dos dados, tendo sido a amostra apresentada com código de três dígitos aleatórios e de forma monádica. O delineamento estatístico foi de blocos completos casualizados, sendo os provadores treinados considerados blocos neste experimento. Para conclusão quanto à qualidade do produto baseou-se no sistema de classificação da Norma Técnica de Fixação de Identidade e Qualidade de Café em Grão e Café Torrado e Moído (Resolução SAA – 28, de 05/06/2007; Resolução SAA – 7, de 11/03/2004), com a seguinte escala. A Qualidade Global da amostra é representada por uma nota variando de 0 (zero) a 10 (dez), representando as seguintes Categorias de Qualidade:



- Café *Gourmet* (torrado e moído) $7,30 \leq G \leq 10,0$
- Cafés superiores $6,00 \leq S \leq 7,30$
- Cafés tradicionais $4,50 \leq T \leq 6,00$
- Cafés não aprovados: abaixo de 4,5

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística para verificar possíveis diferenças entre as amostras com relação a cada determinação física, química e característica sensorial. Aplicou-se uma análise de variância (ANOVA) seguida por um teste de comparação das médias (o teste de Tukey) aos dados obtidos do estudo de misturas e distribuídos em blocos completos casualizados em experimento sensorial e completamente casualizados em análises físicas e químicas, com o auxílio do software SAS (1993).

A análise em língua eletrônica foi realizada em um dispositivo desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária (FIRMINO, 2002). Este equipamento é composto por polímeros especiais que conduzem eletricidade (derivados de polianilina) e que são sensíveis às substâncias determinantes do paladar de bebidas, abaixo do limiar de percepção sensorial dos gostos básicos. Este sistema é formado por 10 microeletrodos interdigitados recobertos com filmes nanoestruturados de polímeros condutores (aproximadamente 2 nm de espessura por camada depositada), que compõem as unidades sensoriais individuais em contato com um meio líquido. Os dados utilizados são medidas de capacitância elétrica $C(F)$ na frequência fixa de 10 kHz para cada unidade sensorial, resultando numa impressão digital característica de cada tipo de bebida, que é relacionada à qualidade global da mesma. As unidades sensoriais foram exaustivamente lavadas com água entre cada medida de café, permitindo que a capacitância inicial em água fosse plenamente recuperada. A análise de componente principal (ACP) foi utilizada para fazer a correlação estatística das amostras e diminuir a dimensionalidade dos dados originais, evitando também redundância de informação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação das características físicas e químicas

Os valores de densidade do pó aumentaram com o aumento da porcentagem de café robusta no *blend* (Tabela 2). A amostra 1 (arábica puro) apresentou valores de densidade significativamente menores que os valores da amostra 7 (robusta puro). Os *blends* apresentaram valores intermediários.

O valor de L^* (Tabela 2) do café arábica puro foi significativamente menor que o valor de L^* do café robusta puro. Os *blends* apresentaram valores intermediários, sendo que o aumento da porcentagem de robusta no *blend* levou ao aumento de L^* , ou seja, ao clareamento da amostra.

Os valores de b^* observados aumentaram com o aumento da porcentagem de café robusta no *blend* (Tabela 2). A amostra 1

TABELA 2. Resultados das análises físicas de densidade e cor $L^* a^* b^*$ das amostras de café arábica e robusta, torrados e moídos, nos ensaios realizados.

Amostra	Arábica (%)	Robusta (%)	Densidade (g.mL ⁻¹)	L^*	a^*	b^*
1	100	0	0,3412 ^a ± 0,0026	31,64 ^c ± 0,16	8,60 ^a ± 0,06	7,28 ^b ± 0,12
2	90	10	0,3415 ^{a,c} ± 0,0021	32,54 ^{b,c} ± 0,14	8,73 ^a ± 0,11	8,28 ^b ± 0,16
3	80	20	0,3449 ^d ± 0,0024	32,81 ^b ± 0,04	8,55 ^a ± 0,07	8,72 ^{ab} ± 0,06
4	70	30	0,3528 ^c ± 0,0021	32,49 ^c ± 0,10	8,08 ^a ± 0,14	8,45 ^b ± 0,20
5	60	40	0,3583 ^b ± 0,0010	33,15 ^{b,c} ± 0,13	8,32 ^a ± 0,06	8,90 ^b ± 0,19
6	50	50	0,3607 ^b ± 0,0021	33,32 ^b ± 0,01	8,45 ^a ± 0,03	9,54 ^{ab} ± 0,08
7	0	100	0,3789 ^a ± 0,0016	33,97 ^a ± 0,12	8,32 ^a ± 0,05	10,92 ^a ± 0,21

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância.

(arábica puro) apresentou valores de b^* significativamente menores que os valores da amostra 7 (robusta puro). Já a coordenada a^* não apresentou valores significativamente diferentes com a adição de robusta.

Os valores de pH, listados na Tabela 3, demonstraram que quanto maior a porcentagem de robusta no blend maior é o seu pH, sendo que o valor do pH do café arábica puro (amostra 1) foi significativamente menor que o valor do pH do café robusta puro (amostra 7). Já os valores de acidez total correlacionam-se inversamente com os valores de pH, ou seja, quanto maior o pH menor o valor de acidez total. Os resultados estão condizentes com a literatura (CLIFFORD, 1985; CLARKE, 1986; MENDES, 1999), na qual foi demonstrado que o aumento da porcentagem de café robusta no blend tende a diminuir a acidez do café e, portanto, a aumentar o pH da bebida.

O teor de cafeína, como já era esperado, aumentou com o incremento da porcentagem de robusta no blend. A melhor qualidade do café arábica sugere uma menor quantidade de cafeína (CLIFFORD, 1975). O teor de cafeína para o café robusta foi significativamente maior que o teor de cafeína encontrado no café arábica. A faixa obtida de 1,4% (para café arábica) a 2,2% (para café robusta) foi condizente com a Portaria nº 377 da ANVISA (BRASIL, 1999), que fixa o teor mínimo de cafeína em 0,7%. Segundo Illy e Viani (1998), o teor de cafeína encontrado para o café robusta foi de 2,4% e para o café arábica 1,3%.

A umidade, observada na Tabela 3, diminuiu com o aumento da porcentagem de robusta no blend, e o café robusta puro apresentou umidade significativamente menor que a umidade de café arábica puro. A pior qualidade do café robusta leva a uma torração mais rigorosa e, portanto, a uma menor umidade. Segundo Illy e Viani (1998), a faixa de umidade encontrada tanto para o café robusta quanto para o café arábica foi de 0 a 5%.

Para os dados de sólidos solúveis (Tabela 3), foi possível concluir que quanto maior a porcentagem de robusta no blend

maior a porcentagem de sólidos solúveis. A amostra 1 (arábica puro) apresentou valores de sólidos solúveis significativamente menores que os valores da amostra 7 (robusta puro). Os resultados estão condizentes com a literatura (MENDES, 1999). Segundo Moraes et al. (1973/74), os valores de sólidos solúveis para o café robusta variam entre 26 a 31% e para o café arábica variam entre 24 e 27%. Os valores obtidos para os blends e os cafés puros encontram-se na faixa de 26,84 a 29,85%. O aumento da porcentagem de sólidos solúveis contribuiu para o aumento da densidade do café.

Em relação à quantidade de açúcares, os valores apresentados na Tabela 3 mostram que a adição de robusta no blend diminuiu a quantidade de açúcares redutores. A melhor qualidade do café arábica sugere uma maior quantidade de açúcares (CLIFFORD, 1975). Esta tendência também foi observada por Sabbagh et al. (1977) cujos valores obtidos de açúcares redutores foram de 0,84 a 1,31% para o café robusta e 0,89 a 1,36% para café arábica. Illy e Viani (1998) obtiveram valores de açúcares redutores de 0,3% tanto para café arábica quanto para café robusta torrados. Em Mori et al. (2001) os valores de açúcares redutores de 82 amostras de café arábica de diversas origens do Brasil foram de 0,1 a 2,2%. Os valores obtidos em nosso trabalho situam-se entre 1,47 (robusta puro) e 2,65% (arábica puro) de açúcares redutores e são significativamente diferentes. Os blends apresentaram valores intermediários. Os valores de açúcares não redutores apresentaram resultados inversos aos de açúcares redutores, e os valores de açúcares totais não apresentaram diferença significativa entre as amostras. Segundo Illy e Viani (1998), apesar de a quantidade de açúcares redutores nos grãos verdes de café robusta ser maior que nos grãos verdes de café arábica, estes se degradam rapidamente com a torração.

Os resultados de reflectância (Tabela 4) apresentaram muita variação e o grau de torração por comparação visual não apresentou diferença significativa entre as amostras, o que demonstra a difícil percepção visual da diferença de cor entre as amostras. Este resul-

TABELA 3. Resultados das análises químicas das amostras de café arábica e robusta, torrados e moídos, nos ensaios realizados.

Amostra	Arábica (%)	Robusta (%)	pH	Acidez total*	Cafeína (g.100 g ⁻¹)	Umidade (%)**
1	100	0	6,02 ^d ± 0,00	166,30 ^b ± 1,23	1,4 ^c ± 0,0	0,704 ^a ± 0,070
2	90	10	6,06 ^d ± 0,03	168,80 ^a ± 1,28	1,5 ^d ± 0,0	0,591 ^{b,c} ± 0,032
3	80	20	6,11 ^c ± 0,02	165,85 ^b ± 1,25	1,6 ^c ± 0,0	0,549 ^{b,c} ± 0,064
4	70	30	6,21 ^b ± 0,04	159,33 ^c ± 1,23	1,7 ^c ± 0,1	0,594 ^b ± 0,025
5	60	40	6,21 ^b ± 0,03	131,78 ^d ± 1,67	1,8 ^b ± 0,1	0,526 ^c ± 0,031
6	50	50	6,24 ^b ± 0,00	103,40 ^e ± 1,03	1,8 ^b ± 0,0	0,539 ^{b,c} ± 0,020
7	0	100	6,66 ^a ± 0,03	89,85 ^f ± 1,73	2,2 ^a ± 0,0	0,302 ^d ± 0,076

Amostra	Sólidos solúveis (%)	Açúcares (%)		
		Não redutores	Redutores	Totais
1	26,84 ^c ± 0,08	0,26 ^c ± 0,30	2,65 ^a ± 0,41	3,03 ^a ± 0,25
2	27,87 ^{b,c} ± 0,16	0,36 ^c ± 0,00	2,55 ^{a,b} ± 0,36	3,03 ^a ± 0,25
3	28,44 ^b ± 0,57	0,97 ^b ± 0,40	1,60 ^c ± 0,15	2,73 ^a ± 0,18
4	28,50 ^b ± 0,85	0,93 ^b ± 0,30	2,20 ^b ± 0,40	3,28 ^a ± 0,95
5	28,52 ^b ± 0,16	1,18 ^b ± 0,08	1,75 ^c ± 0,19	3,10 ^a ± 1,20
6	28,89 ^{a,b} ± 0,14	0,78 ^b ± 0,20	1,70 ^c ± 0,12	2,63 ^a ± 0,06
7	29,85 ^a ± 0,93	1,92 ^a ± 0,10	1,47 ^c ± 0,07	3,60 ^a ± 0,35

* mL NaOH 0,1 N.100 g⁻¹ amostra.

** % base úmida.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância.

tado era esperado, já que foi realizada uma padronização da cor dos cafés torrados individualmente para que não fossem perceptíveis as alterações de cor no blend. O valor obtido pela comparação visual com o disco Agtron (65) representa a torração médio claro, típica do ponto de torra do café expresso e do café gourmet.

3.2 Avaliação das características sensoriais

Na Tabela 5 encontram-se os resultados sensoriais quanto às características de fragrância do pó (1), aroma característico (2), sabor característico (3), sabor de caramelo (4), sabor de chocolate (5), sabor de pão torrado (6), sabor de frutas cítricas (7), doçura (8), acidez (9), amargor (10), sabor residual (11), corpo (12), adstringência (13) e qualidade global (14). O café arábica puro (amostra 1) apresentou notas significativamente maiores para fragrância do pó, aroma característico, sabor característico, caramelo, chocolate e frutas cítricas, doçura, acidez, sabor residual e qualidade global; e notas significativamente menores para amargor, em relação ao café robusta puro (amostra 7). Os blends apresentaram notas intermediárias. Os resultados obtidos mostram que as amostras dos blends

TABELA 4. Resultados das análises de reflectância e grau de torra das amostras de cafés arábica e robusta, torrados e moídos, nos ensaios realizados.

Amostra	Arábica (%)	Robusta (%)	Reflectância (pó)	Grau de torração por comparação visual com o disco Agtron
1	100	0	71,5 ^a ± 0,75	65 ^a
2	90	10	63,0 ^{b,c} ± 0,45	65 ^a
3	80	20	61,3 ^c ± 0,95	65 ^a
4	70	30	59,1 ^{d,e} ± 0,15	65 ^a
5	60	40	64,1 ^b ± 0,36	65 ^a
6	50	50	58,3 ^c ± 1,21	65 ^a
7	0	100	60,0 ^{d,e} ± 0,46	65 ^a

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância.

TABELA 5. Valores médios e desvios padrão obtidos de 8 a 10 julgadores do ITAL, para cada um dos atributos da análise sensorial* de amostras de café arábica, robusta e seus blends.

Atributo	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7
1	6,7 ^{a,b} ± 1,3	6,1 ^{a,b} ± 1,0	7,0 ^a ± 0,7	6,0 ^{a,b,c} ± 0,8	6,4 ^{a,b} ± 1,4	5,9 ^{c,b} ± 1,1	4,9 ^c ± 1,3
2	6,2 ^a ± 0,9	5,7 ^{a,b} ± 0,9	6,6 ^a ± 0,8	5,7 ^{a,b} ± 0,7	5,9 ^{a,b} ± 0,9	5,2 ^{b,c} ± 0,9	4,5 ^c ± 1,1
3	6,1 ^a ± 1,0	5,4 ^{a,b} ± 1,6	6,1 ^a ± 0,8	5,3 ^{a,b} ± 0,5	5,2 ^{a,b,c} ± 0,5	4,6 ^{b,c} ± 0,8	4,2 ^c ± 1,3
4	4,1 ^a ± 1,0	3,2 ^{a,b} ± 1,3	3,0 ^{a,b,c} ± 1,5	2,4 ^{b,c,d} ± 1,3	3,1 ^{a,b,c} ± 1,1	2,0 ^{c,d} ± 1,1	1,7 ^d ± 1,4
5	1,8 ^a ± 0,9	1,3 ^{a,b} ± 0,8	1,6 ^{a,b} ± 1,0	0,8 ^{c,d} ± 0,5	0,8 ^{b,c} ± 0,6	0,5 ^c ± 0,4	0,6 ^c ± 0,5
6	4,1 ^a ± 0,6	3,8 ^a ± 1,6	3,7 ^a ± 1,2	3,8 ^a ± 1,6	3,1 ^a ± 1,8	3,3 ^a ± 1,6	3,6 ^a ± 1,9
7	2,6 ^a ± 1,2	2,2 ^{a,b} ± 1,6	2,1 ^{a,b} ± 1,0	1,3 ^b ± 1,0	1,7 ^{a,b} ± 0,9	1,3 ^b ± 1,1	1,0 ^b ± 1,1
8	4,5 ^a ± 0,7	3,5 ^{a,b,c} ± 1,2	3,5 ^{a,b} ± 1,2	2,3 ^{c,d} ± 1,3	3,2 ^{b,c,d} ± 1,0	2,8 ^{b,c,d} ± 1,1	2,2 ^d ± 1,2
9	3,6 ^a ± 0,5	2,9 ^{a,b} ± 1,2	2,7 ^{a,b,c} ± 0,7	1,8 ^c ± 0,9	2,5 ^{b,c} ± 0,8	2,1 ^c ± 1,1	1,9 ^c ± 1,0
10	3,9 ^b ± 0,6	3,8 ^b ± 0,9	3,6 ^b ± 1,0	4,6 ^{a,b} ± 0,9	4,3 ^{a,b} ± 1,1	5,0 ^{a,b} ± 1,2	5,3 ^a ± 1,3
11	6,2 ^a ± 1,0	5,6 ^{a,b,c} ± 1,1	6,2 ^{a,b} ± 0,7	5,7 ^{a,b,c} ± 0,9	5,3 ^{a,b,c} ± 1,1	4,9 ^{b,c} ± 1,4	4,8 ^c ± 1,7
12	6,3 ^a ± 0,6	5,8 ^a ± 1,2	6,4 ^a ± 0,8	5,8 ^a ± 0,4	5,9 ^a ± 0,8	5,5 ^a ± 1,0	5,7 ^a ± 1,1
13	2,4 ^a ± 1,5	2,1 ^a ± 1,0	2,0 ^a ± 1,2	2,0 ^b ± 1,1	2,5 ^a ± 1,0	3,2 ^a ± 1,5	3,4 ^a ± 1,2
14	6,6 ^a ± 0,5	6,1 ^{a,b} ± 0,6	6,2 ^{a,b} ± 0,7	5,4 ^{b,c} ± 0,8	5,5 ^{b,c} ± 0,8	4,8 ^{c,d} ± 1,2	4,3 ^d ± 1,3

* Escala de 10 cm, sendo 1 = fraco, 5 = moderado e 10 = forte.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada linha, não diferem entre si em nível de 5% de significância.

apresentaram características sensoriais que resultaram em qualidade global, com médias que variam de 4,8 a 6,1 correspondentes à qualidade entre "regular e bom" da escala de qualidade. Pelo sistema de classificação da Norma Técnica de Fixação de Identidade e Qualidade de Café em Grão e Café Torrado e Moído (Resolução SAA – 28, de 05/06/2007; Resolução ANVISA – 277, de 22/09/2005; Resolução SAA – 7, de 11/03/2004), as amostras 4, 5 e 6 se classificaram como cafés "Tradicionais" e as amostras 1, 2 e 3 se classificaram como cafés "Superiores". A amostra 7 (100% robusta) foi classificada como abaixo do nível mínimo aceitável na escala de qualidade global. É importante lembrar que o café robusta utilizado foi um café selecionado, do qual foi retirada grande parte dos defeitos. Com isto foram obtidos blends de café com qualidade regular mesmo com 50% de robusta. Foi possível observar a diminuição das notas dadas à bebida com o aumento da porcentagem de robusta. A adição de robusta no blend também diminuiu a doçura e a acidez e aumentou o amargor, porém, a qualidade foi considerada regular ainda que com 50% de robusta.

Resultados semelhantes foram obtidos em Mendes (1999), que observou que para os provadores profissionais um blend de 20% de café robusta não alterou as características sensoriais da bebida se comparada com a de arábica 100%, recebendo nota 4 (numa escala de 1 a 5, sendo 1 = péssimo e 5 = ótimo).

Em nosso estudo (misturas de café variando de 10 a 50% de robusta no blend com arábica) as notas obtidas para a qualidade global da bebida ficaram acima do nível mínimo aceitável (4,5) na escala de qualidade sensorial.

3.3 Avaliação das respostas da língua eletrônica

A Figura 1 apresenta a configuração das amostras de café arábica, café robusta e de seus blends, segundo a análise de componentes principais (ACP) dos dados obtidos pela medida de capacitância elétrica de 10 unidades sensoriais da língua eletrônica. Estes dados constituem a impressão digital característica da bebida e são relacionados à sua qualidade global, de forma similar ao que o ser humano, ou seja, sem quantificar necessariamente substâncias

Proporção - % arábica: % robusta: amostras blends - ITAL - FUNCAFÉ

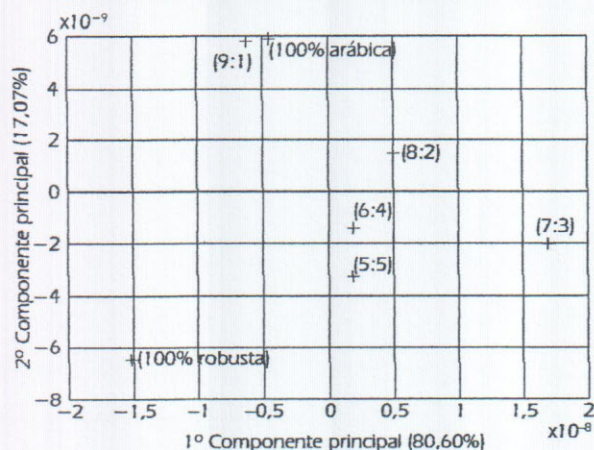


FIGURA 1. Configuração das amostras de café arábica, café robusta e de seus blends segundo a análise de componentes principais (ACP) dos dados obtidos por meio da língua eletrônica.

específicas como um sensor químico seletivo, mas usando o conceito de seletividade global.

Os componentes 1 e 2 da análise de componentes principais somam 97,67% das informações de diferenças na qualidade global entre as amostras analisadas. Pode-se observar que as amostras 1 e 7 se destacam bem umas das outras, sendo a amostra 1 a de melhor qualidade global (café arábica puro) e a amostra 7 a de pior qualidade global (café robusta puro). Os blends se encontram em regiões intermediárias destes extremos.

Uma possível explicação para a seletividade da língua eletrônica (RIUL JÚNIOR et al., 2003; CORREA et al., 2004) utilizada neste trabalho é o fato desta ser composta por sensores fabricados de polímeros condutores, que são extremamente sensíveis a mudanças de pH do meio e à presença de ácidos, pois têm seu processo de condução alterado pela presença de íons H⁺ (chamado processo de dopagem do polímero). Quando na presença de ácidos, o polímero constituinte da língua eletrônica passa de um estado de base para sal esmeraldina, resultando em alterações na resposta elétrica do sensor e, portanto, na impressão digital da bebida que está sendo analisada (FIRMINO, 2002). Os resultados mostram que a percepção da língua eletrônica distinguiu coerentemente as amostras. A amostra 7, que apresenta 100% de café robusta e tem pH maior, encontra-se na ACP em uma região distinta em relação às demais amostras, isso mostra que o sensor reagiu de acordo com a presença de ácidos nos blends.

No entanto, os resultados obtidos são preliminares, já que o dispositivo (língua eletrônica) faz parte de um projeto ainda em desenvolvimento na Embrapa de Instrumentação Agropecuária. É necessário ainda o estabelecimento de correlações entre as características sensoriais e os componentes presentes na bebida, além do estudo de outras variedades de café que permita uma calibração mais próxima da avaliação humana.

4. CONCLUSÕES

A adição de robusta no café arábica aumenta o pH, a densidade, o teor de cafeína e o teor de sólidos solúveis, reduzindo a umidade, a acidez e a doçura da bebida. Os resultados da análise

sensorial da bebida mostram que o café de qualidade superior passa à tradicional com a adição de robusta de 30 a 50%, decrescendo a qualidade gradativamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – EMBRAPA/FUNCAFÉ, à FAPESP e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemistry. **Official analysis of the A.O.A.C.** 13 ed. Washington D.C., USA, 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 377, de 26 de abril de 1999. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Café Torrado em Grãos e Café Torrado e Moído.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de abril de 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 277, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para Café Torrado e Torrado Moído.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 de setembro de 2005.
- CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; SOUZAS, S. M. C. de. Fatores que Afetam a Qualidade do Café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.
- CLARKE, R. J. The flavour of coffee. In: MORTON, I. D.; MACLEOD, A. J. **Food Flavours: Part B. The flavours of beverages.** Amsterdam: Ed. Elsevier Science Publ., 1986. cap 1.
- CLIFFORD, M. D. The composition of green and roasted coffee beans. **Part I - Process Biochemistry**, London, v. 10, n. 2, p. 20-29, março, 1975.
- CLIFFORD, M. D. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. D.; WILLSON, K. **Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage.** London & Sidney: CROOM HELM, 1985. cap 13.
- CORREA, A. A; PAULA, G. F de; OLIVEIRA, R. I; NAIME, J. M; MATTOSO, L. H. C. An electronic tongue for coffee quality evaluation. In: **Brazilian Meeting on Chemistry of Foods and Beverages - BMCFB**, São Carlos. Program and Abstracts. São Carlos: IQSC, 2004. 164 p.
- DIRINCK, I. M.; VAN LEUVEN, I.E.; DIRINCK, P.J. Classification of coffees from different origins by chemical sensor technology. **Gerstel - Global Analytical Solutions**, 2002, AppNote 13. Disponível em: <http://66.223.18.117/admin/prod_file.php?path='ramana'&file=an-2002-13_Classification_of_Coffee_by_ChemSensor.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2008.
- FIRMINO, A. **Desenvolvimento de materiais para aplicação em sensores gustativos de café, 2002.** Dissertação (Mestrado Programa InterUnidades) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. 137 p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura e Abastecimento - SAA. **Resolução SAA-28, de 05/06/2007** - Norma Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e café torrado moído. D.O.E. , São Paulo, 05 de jun. 2007, Seção I, 117 (105).
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura e Abastecimento - SAA. **Resolução SAA-7, de 11/03/2004** - Norma Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em

grão e café torrado e moído. D.O.E., São Paulo, 11 de mar. 2004, Seção I, 114 (48).

HERNÁNDEZ, J. A.; HEYD, B.; IRLES, C.; VALDOVINOS, B.; TRYSTRAM, G. Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. *Journal of Food Engineering*, Elsevier, Amsterdam, v. 78, p. 1141-1148, 2007.

ICO - International Coffee Organization. **Consumer Oriented Vocabulary for Brewed coffee**. Technical Unit - Quality Series. London, England, 1991, 23 p. Report n. 3. Disponível em: <<http://www.ico.org/vocab.asp>>. Acesso em: 04 mar. 2008.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee: The Chemistry of Quality**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 1998. 253 p.

KAPER, L. ISO activities on determination of caffeine in coffee products. In: **COLLOQUE Scientifique International Sur Le Café**, 12. Montreux, Suíça, 29 Junho - 3 Julho, 1987. Paris, França: ASIC. p. 169-178.

KO, Y. S. Characterization of the roasting temperature and time-dependent physicochemical and sensory evaluation of various coffee beans. *ACS Symposium Series*, Oxford University Press, v. 754, p. 216-229, 2000.

MENDES, L. C. **Otimização do processo de torração do café robusta (*Coffea canephora Conillon*) para formulação de blends com café arábica (*Coffea arábica*)**, 1999. 101 p. Dissertação [Mestrado em Tecnologia de Alimentos] - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MORAES, R. M.; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I.; MEDINA, J. C. Determinação de sólidos solúveis em cafés arábica e canephora. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 5, p. 199-221, 1973/74.

MORI, E. E. M.; BRAGAGNOLO, N.; MORGANO, M. A.; ANJOS, V. D. A.; YOTSUYANAGI, K.; FARIA, E. V.; IYOMASA, J. M. Brazil Coffee Growing Regions and Quality of Natural, Pulped Natural and Washed Coffees. *FFI Journal*, v. 208, n. 1, p. 416-423, 2003.

RELVAS, E.; PINTO, M. da C.; MONTEIRO, C. da R. **Arte e segredos do bom café: café básico**. Brasília: Ed Sebrae./ Rio de Janeiro: ABIC, 1997. 40 p.

RIUL JÚNIOR, A.; Gallardo SOTO, A. M.; MELLO, S. V.; BONE, S.; TAYLOR, D. M.; MATTOSO, L. H. C. An electronic tongue using polypyrrole and polyaniline. *Synthetic Metals*, Elsevier, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 109-116, 2003.

SABBAGH, N. K.; YOKOMIZO, Y.; FARIA, J. B. Influência da Torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arábica, robusta e do híbrido icatu. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 8, p. 111-130, 1977.

SAS Institute. **SAS User's Guide: statistics**. Cary, USA: SAS Inst., 1993.

WILLIAMS, A. A.; FARIA-MORALES, A.; KARI, P. Sensory and Analytical Examination of Groud and Cup Coffee with Particular Reference to Bean Maturity. In: **ASIC**. 13th Colloque, Paipa, p. 83-106, 1989.