

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE GRÃOS VERDES E TORRADOS DE CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DO IAPAR

Maria Brígida dos Santos Scholz¹, Vitória Ribeiro Garcia de Figueiredo²,
Joyce Vania Nogueira da Silva³, Cíntia Sorane Good Kitzberger¹

(Recebido: 21 de novembro de 2010; aceito 30 de agosto de 2011)

RESUMO: As condições ambientais exercem forte influência na qualidade de bebida do café, de maneira que a seleção de novos cultivares requer informações sobre a composição e características do café produzido em diferentes locais. Objetivou-se, no presente estudo avaliar os componentes físico-químicos do grão verde e torrado dos cultivares de café (*Coffea arabica* L.) IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108, IAPAR 59, Catuaí, Bourbon, Tupi e Icatu, colhidos em campos experimentais nos municípios de Paranavaí e Itaguajé – PR, na safra de 2007-2008. No café beneficiado determinou-se granulometria e densidade aparente e no grão verde moído, quantificaram-se proteínas, açúcares totais, açúcares redutores, sacarose, lipídios, taninos hidrossolúveis, ácidos clorogênicos e cafeína. A densidade aparente, expansão de volume e componentes cromáticos foram determinados no grão torrado. Observaram-se diferenças significativas na composição físico-química e nas características da bebida dos cafés de cada local. Através da ACP, observou-se que cultivares de Itaguajé e Paranavaí foram diferenciados em função da densidade e tamanho do grão, açúcares redutores, proteínas, lipídios, pH, acidez titulável e componentes de cor. Os cultivares de um mesmo local se diferenciaram principalmente em função da concentração de ácidos clorogênicos presente. Observou-se ainda que, cultivares reunidos em mesmo grupo na AAH (Análise de Agrupamento Hierárquico) apresentaram características similares entre si, demonstrando os efeitos ambientais na expressão genética dos cultivares.

Palavras-chave: Genótipos, composição, análise multivariada.

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GREEN AND ROASTED COFFEE BEANS (*Coffea arabica* L.) OF IAPAR

ABSTRACT: Environmental conditions exert strong influence on the quality of the coffee beverage in such a way that selection of new cultivars requires information about the composition and characteristics of coffee beans produced in different places. The objective of the present study was to evaluate the physico-chemical components of the green and roasted coffee beans (*Coffea arabica* L.) of the cultivars: IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108, IAPAR 59, Catuaí, Bourbon, Tupi and Icatu, harvested in experimental fields in Paranavaí and Itaguajé - PR, in the 2007-2008 harvest. In the processed coffee we determined the apparent density. Total proteins and sugars, reducing sugars, sucrose, hydrosoluble tannin, chlorogenic acids and caffeine were determined in the green coffee beans. The apparent density, expansion of volume and chromatic components had been determined in the roasted coffee beans. Significant differences were observed in the Physico-chemical composition and characteristics of the coffees beverage of each location. Through PCA we noted that Itaguajé and Paranavaí cultivars were differentiated according to the grain size and density, sugars, proteins, lipids, pH, titratable acidity and the color components. In the same location cultivars differ mainly in function of the concentration of chlorogenic acids. It was also noted that cultivars, grouped through HCA (Hierarchical Clustering Analysis), exhibited similar characteristics among themselves, demonstrating environmental effects on genetic expression in the cultivars.

Key words: Genotypes, composition, multivariate analysis.

1 INTRODUÇÃO

Entre as diversas espécies existentes de café, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex

A. Froehner, são as mais plantadas comercialmente em várias regiões do mundo devido às suas características de qualidade de bebida e de produção (NEBESNY; BUDRYN, 2006). Novos cultivares

¹Pesquisadora Instituto Agronômico do Paraná, Doutora em Ciência de Alimentos, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375 - 86047-902 - Três Marcos - Caixa Postal 481, Londrina - PR – mbscholz@iapar.br, Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Área de Ecofisiologia, Laboratório de Fisiologia Vegetal.

²Agente de Ciência e Tecnologia Instituto Agronômico do Paraná, Doutoranda em Ciência de Alimentos, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375 - 86047-902 - Três Marcos - Caixa Postal 481, Londrina - PR – Brasil cintiasorane@yahoo.com.br, Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Área de Ecofisiologia, Laboratório de Fisiologia Vegetal.

³Acadêmica do curso de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, vic_figueiredo@hotmail.com, CAMPUS LONDRINA Avenida dos Pioneiros, 3131 - 86036-370 - Londrina - PR.

³Farmacêutica, Supervisora de Produção, Nortis – Farmacêutica, joyce.farm@hotmail.com, Rua João Guilherme, 500 - 86042-290 - Londrina – PR.

resultantes de cruzamentos artificiais ou de hibridações naturais são encontrados nos vários institutos de pesquisa com a finalidade de oferecer alternativas de combate às doenças e pragas que atacam a cultura ou ainda possuir uma característica agrônômica favorável.

No Paraná, foram lançadas pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) diferentes cultivares de café (Iapar 59, IPR 98, IPR 99, IPR 104, IPR 107 e IPR 108) resultantes de cruzamentos entre o *C. arabica* Villa Sarchi e o Híbrido de Timor, que apresentam resistência à ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) do café. Outras cultivares (IPR 100, IPR 102, IPR 103, IPR 105 e IPR 106) também foram disponibilizadas com características agrônômicas especiais e de resistência a doenças (SERA et al., 2007).

A origem genética e as condições ambientais são fatores determinantes na formação da composição química do café, que após a torra, definirão a qualidade sensorial da bebida.

Os principais compostos associados à qualidade da bebida do café são carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos clorogênicos, taninos hidrossolúveis, cafeína e trigonelina (AGRESTI et al., 2008; BANDEIRA et al., 2009). Entre os diversos compostos sabe-se que sacarose, cafeína e trigonelina são geneticamente controladas e são passíveis de seleção para a melhoria de qualidade (KY et al., 2001; LEROY et al., 2006).

A influência das condições ambientais de altitude, precipitação pluviométrica e luminosidade foram estudadas em várias situações (BOSSELMANN et al., 2009; VAAST, 2006). Estes estudos relatam que em cafés cultivados em maiores altitudes o desenvolvimento dos grãos é mais lento, resultando em maior tamanho e em aumento de sacarose e acidez da bebida. Quando a formação dos grãos ocorre em temperaturas mais elevadas, a maturação acontece antecipadamente impedindo a completa translocação de compostos responsáveis pelas características de aroma e sabor típicos do café (DAMATA, 2004).

Estudos realizados por Scholz, Sera e Androcioli Filho (2007) na região cafeeira do Paraná demonstraram forte influência na composição físico-química e sensorial de genótipos de café cultivados em Londrina, Itaguajé e São Jorge do Patrocínio. Os cultivares Iapar 59, IPR 100, IPR 103 e Catuaí Vermelho apresentaram variabilidade na concentração

de lipídios, cafeína, taninos hidrossolúveis, ácidos clorogênicos e, conseqüentemente, características sensoriais diferentes.

No processo de torra do café, o objetivo principal é a formação de aroma e sabor da bebida de café. Esse processo de aquecimento modifica a textura do grão até atingir um ponto que permite a moagem e posterior extração dos aromas e sabores (BAGGENSTOSS et al., 2008). Durante a torra ocorre expansão de volume sem o rompimento das paredes celulares com formação de poros na estrutura intracelular da parede celular.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é aplicada para reduzir o número de um grupo de variáveis a um menor número (componentes ou fatores) baseado em modelos de correlação entre as variáveis originais. Essas correlações permitem a visualização de estruturas dos complexos multivariados dos dados e pode orientar na interpretação das relações entre as características físico-químicas e sensoriais do produto.

Objetivou-se, neste estudo, avaliar as características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de cafés desenvolvidos pelo IAPAR e cultivados em Itaguajé e Paranaíba – PR, na safra de 2007-2008.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo das amostras de grão verde

Na safra de 2007/2008 foram colhidos cerca de 5 kg de café cereja dos cultivares de café IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108, IAPAR 59, Catuaí, Bourbon, Tupi e Icatu nos municípios paranaenses de Paranaíba (23° 04' 22" S 52° 27' 54" O) e Itaguajé (22° 37' 04" S 51° 57' 57" O). As amostras foram secas em peneiras diretamente no sol até umidade de 12,5% e foram beneficiadas para a realização das análises físico-químicas.

A granulometria das amostras foi realizada em peneira (BRASIL, 2003) de tamanho 17/64, própria para café. Os resultados foram expressos em porcentagem de grãos retidos nessa peneira.

2.1.1 Análises físico-químicas do grão verde beneficiado

Para as análises físico-químicas, os grãos de café verde foram congelados com nitrogênio líquido

(-196°C), moídos em moinho de disco PERTEN 3600, passados em peneiras com malha 0,5 mm, acondicionados em frascos plásticos com tampa rosqueável e mantidos em freezer a -18°C.

Para determinar proteínas, lipídios, taninos hidrossolúveis e acidez titulável nos grãos de café verde moído foram empregados os respectivos métodos descritos no Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990). Os ácidos clorogênicos totais foram avaliados segundo a metodologia proposta por Clifford e Wight, (1976). A cafeína foi extraída pelo método descrito no AOAC (1990) e foi determinada por espectroscopia, com leitura em 272 nm.

A umidade do café moído foi determinada por aquecimento em estufa a 105°C até peso constante (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - ISO, 2003).

Para determinar os açúcares redutores e açúcares totais um grama de café moído adicionado de 30 mL de água foi aquecido a (70°C) em banho-maria, durante 30 minutos. Após o resfriamento, adicionou-se à mistura, 3,0 mL de acetato de zinco e 3,5 mL de ferrocianeto de potássio, completando-se o volume em balão volumétrico de 100 mL com água destilada. No filtrado, determinaram-se os açúcares redutores pelo método de Somogyi & Nelson (SOUTHGATE, 1976).

Os açúcares totais foram determinados em 25 mL do filtrado obtido anteriormente, hidrolisado com 2,5 mL de HCl 1:1 durante 16 horas em temperatura ambiente. A solução foi neutralizada com solução até pH 7,0 e completou-se o volume em balão volumétrico de 50 mL com água destilada. Determinaram-se os açúcares totais pelo método de Somogyi & Nelson (SOUTHGATE, 1976), a concentração de sacarose foi calculada a partir da diferença entre açúcares totais e açúcares redutores.

2.2 Torra do café

O café beneficiado foi padronizado passando os grãos em peneira 16 e separando os possíveis defeitos existentes (grãos verdes, pretos, brocados, ardidos). Cerca de 100 g de café verde com tamanho padronizado foram torrados em torrador para pequenas amostras (Rod Bel, São Paulo). A temperatura de torra foi mantida entre 200-240°C, durante o tempo de 8-10 minutos, dependendo da

umidade inicial de cada amostra. O ponto final de torra foi controlado pela perda de peso dos grãos verdes e pela coloração formada durante a torra (FRANCA et al., 2009).

2.2.1 Análise de cor do café torrado

A análise de cor foi feita utilizando-se um colorímetro portátil (Konica Minolta), empregando iluminante C, colocado em ângulo de 10° e observador padrão CIE. Foram obtidos os valores de L* (luminosidade), os valores de a* (componente vermelho-verde) e de b* (componente amarelo-azul), segundo proposto por Schenker et al. (2000).

2.2.2 Densidade e expansão de volume do grão torrado

A densidade aparente do café verde e do café torrado foi determinada pelo método de queda livre (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). A expansão do volume foi calculada a partir da densidade aparente do café verde e do café torrado, aplicando-se a expressão: $Exp V (\%) = \{(V_{tor} - V_{ver}) \times 100\} / V_{tor}$, onde Exp V = expansão de volume; V_{tor}: volume do café torrado e V_{ver}: volume do café verde.

2.2.3 Acidez titulável e pH

A bebida de café foi preparada com 70g de café torrado e moído adicionada de 1000 mL de água filtrada e aquecida a 98-100°C. Após 2 minutos de repouso, a mistura foi passada em papel de filtro para café (Mellita n°102) e após atingir temperatura ambiente (25°C) determinou-se pH da bebida de café em potenciômetro digital (Metrohm mod.744). A acidez titulável foi determinada em 20 mL da bebida e titulado com solução de NaOH 0,1N até pH 8,2, medido em potenciômetro digital, os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1N, gastos para 20 mL de bebida (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002).

2.3 Análise estatística dos dados

As determinações físico-químicas do grão verde e do torrado foram realizadas em duplicatas e todos os resultados foram expressos em base seca. O programa XLSTAT, (ADDINSOFT, 2008) foi empregado para as análises de variância, teste de Tukey (comparação das médias) e para determinar a

correlação entre as variáveis (Pearson), bem como para as análises multivariadas: Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises físico-químicas do grão verde, torrado e da bebida

As condições ambientais e de cultivo determinam a composição e estrutura dos grãos de café e, portanto, têm efeito direto no tamanho de grão e densidade aparente (VAAST, 2006). Diferenças significativas foram observadas em relação ao tamanho de grão (P17), em que cultivares provenientes de Itaguajé tiveram 33,40% de grãos retidos em peneira 17 (P17), enquanto que cultivares de Paranavaí apresentaram, em média, apenas 8,73% de grãos retidos nessa peneira (Tabela 1). A densidade aparente dos grãos verdes foi semelhante nos locais estudados (Tabela 1) e são similares a valores encontrados em outros cafés do Paraná (DAL MOLIN et al., 2008; MACHADO; SCHOLZ; BACCETI, 2005).

Em relação à composição química dos grãos verdes, valores médios de sacarose, proteínas, ácidos clorogênicos, taninos hidrossolúveis e lipídios dos cultivares de cada local não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). Somente foram observadas diferenças significativas na concentração de açúcares redutores, com valores mais elevados em cultivares de Paranavaí (0,38%) maiores do que em cultivares de Itaguajé (0,32%).

As concentrações de sacarose, de ácidos clorogênicos e de taninos hidrossolúveis estão associadas ao estágio de maturação dos grãos de café e altos valores desses compostos apontam para maturação incompleta no momento da colheita (VAAST, 2006). Em cafés cultivados na sombra e a pleno sol, Vaast (2006) encontrou concentrações de sacarose superiores (8,4%) àquelas observadas no presente estudo (Tabela 1). Tal fato possivelmente se deve às diferentes cultivares em estudo e/ou as diferentes condições ambientais.

Os valores de ácidos clorogênicos encontrados em Itaguajé apresentaram pequenas variações, ao contrário de Paranavaí, onde foi observada grande variabilidade indicada pelos desvios padrões (Tabela 1).

Os valores de ácidos clorogênicos foram mais elevados que aqueles encontrados por Geromel et al. (2006) para a cultivar Iapar 59 a pleno sol (6,59%) e em condições de sombreamento (6,55%).

Os valores médios de taninos hidrossolúveis foram, respectivamente, de 5,66 e 5,73% para os cafés de Itaguajé e Paranavaí e, aos ácidos clorogênicos está associado o grau de maturação do café.

A concentração média de proteínas nos cafés foi semelhante nos locais e seus valores foram respectivamente, 16,32 e 16,43 % para Itaguajé e Paranavaí.

Os valores médios de lipídios observados no presente estudo são comparáveis aos encontrados por diferentes autores (Tabela 1). Os teores de lipídios dependem de vários fatores, particularmente da espécie e variedade. Nas variedades Mundo Novo e Bourbon vermelho, os teores de lipídios foram em média de 11,98% e de 13,96%, respectivamente (MAZZAFERA et al., 1998). Segundo Geromel et al. (2006) a variedade Iapar 59 apresentou valores de lipídios mais elevados (15,36%), quando cultivados a pleno sol do que aqueles cultivados na sombra (14,80%).

Durante a torra do café os inúmeros compostos do grão verde reagem entre si, originando novos componentes, causando modificações na aparência e na estrutura do grão. A densidade e a expansão dos grãos torrados dos cafés não apresentaram diferenças significativas nos locais estudados (Tabela 2). Os valores médios de densidade do grão torrado dos cultivares de café foram mais elevados que aqueles encontrados em cafés brasileiros (0,30 g/mL), observados por Dutra et al. (2001). Essa diferença pode ser atribuída à composição própria dos cafés em estudo e/ou à resistência característica da parede celular do grão, devido ao estágio de maturação do grão colhido.

Ainda como consequência das inúmeras reações químicas favorecidas pelo aquecimento entre os diversos compostos presentes no grão, tem-se a formação das principais características físico-químicas e sensoriais da bebida. A coloração do grão torrado depende da composição e da intensidade de aquecimento aplicada. Observa-se que a luminosidade (L^*) dos cultivares de Itaguajé é menor que os de Paranavaí, indicando café de cor menos intensa para esses últimos (Tabela 2). Os valores dos componentes

Tabela 1 – Valores médios (%) das características físico-químicas dos cultivares de café (*Coffea arabica* L.), provenientes de Itaguajé e Paranavaí.

	Itaguajé	Paranavaí
Peneira 17 (P17)	32,40 ^a ±14,94	8,73 ^b ±8,80
Densidade de grão verde (Dv)	0,64 ^a ±0,01	0,64 ^a ±0,02
Sacarose (Sac)	7,73 ^a ±0,45	7,45 ^a ±0,56
Açúcares redutores (Ar)	0,32 ^b ±0,05	0,38 ^a ±0,07
Cafeína (Caf)	1,26 ^a ±0,14	1,23 ^a ±0,09
Proteínas (Pro)	16,32 ^a ±0,53	16,43 ^a ±0,67
Ácidos clorogênicos (Acg)	8,81 ^a ±0,77	9,34 ^a ±1,07
Taninos hidrossolúveis (Th)	5,66 ^a ±0,87	5,73 ^a ±1,13
Lipídios (Lip)	14,14 ^a ±1,36	14,33 ^a ±1,59

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5%.

Tabela 2 – Valores médios de características de torra e bebida.

	Itaguajé	Paranavaí
L*	29,77 ^b ±0,90	31,19 ^a ±1,32
a*	10,70 ^b ±0,23	10,95 ^a ±0,26
b*	15,74 ^b ±1,07	17,15 ^a ±1,46
Densidade de grão torrado (Dt)	0,42 ^a ±0,02	0,41 ^a ±0,02
Expansão de volume (Exp)	63,01 ^a ±7,64	64,34 ^a ±5,25
pH	5,12 ^b ±0,09	5,24 ^a ±0,15
Acidez titulável (Act)**	3,21 ^a ±0,30	2,73 ^b ±0,43

** mL de NaOH 0,1N gastos para 20 mL de bebida.

de cor a* e b* estão apresentados na Tabela 4. À medida que a torra acontece a coloração dos grãos de café se modifica progressivamente de cor verde ou verde-amarelado para marrom-escuro. Pode-se observar que as amostras de café estão localizadas na região formada pelas cores vermelha e amarela, com valores que correspondem à torra entre clara e média, conforme citado por (PITTIA; NICOLI; SACCHETTI, 2007).

O grau de acidez da bebida do café é formado pelos compostos com características ácidas gerados nas etapas iniciais da torra e que, posteriormente, quando degradados diminuem a acidez inicial (GINZ et al., 2000). No presente estudo, o valor de pH foi de 5,12 e 5,24 para os genótipos de Itaguajé e Paranavaí, respectivamente (Tabela 2), encontrando-

se dentro da faixa considerada ideal (5,08 a 5,22) para aceitação do produto pelo consumidor (MANZOCCO; LAGAZIO, 2009).

3.2 Correlações entre as variáveis

Nas correlações binárias das variáveis, observou-se que grãos verdes mais densos resultaram em grãos torrados de coloração escura (-0,40), com menores valores de luminosidade (L*), com menos coloração amarela (baixo valor de b*) e resultaram em grãos torrados de menor expansão (-0,87). A bebida resultante de grão verde denso apresentou maior acidez medida pelo pH (-0,59) e pela acidez titulável.

A composição físico-química do grão influencia diretamente a estrutura do grão de café. Nota-se que grãos verdes mais densos apresentam menor

concentração de proteínas (-0,68) e maior concentração de taninos hidrossolúveis. A bebida com maior acidez (pH e acidez titulável) foi observada em grãos com menor teor de proteínas (0,50 e -0,47, respectivamente) e maior concentração de sacarose (-0,49 e 0,44, respectivamente), como indicado na Tabela 4. Ainda a maior acidez titulável de bebida foi encontrada em grãos de maior granulometria (0,38), conforme Tabela 3, e naqueles que apresentaram maiores teores de taninos hidrossolúveis-Th (0,41) indicado na Tabela 4.

Grãos de coloração mais clara, isto é, com valores mais elevados de L*, foram observados em grãos com altos teores de açúcares redutores e de proteínas.

Observou-se ainda na Tabela 5 que maior concentração de taninos hidrossolúveis ocorre juntamente com a maior concentração de ácidos clorogênicos (0,64), baixa concentração de proteínas (-0,45) e a bebida resultante com elevada acidez titulável (0,41) indicado na Tabela 4. Essas características estão associadas à maturação incompleta dos grãos de café, como observado por Mazzafera (1999).

Proteínas e lipídios relacionados com a formação e persistência de aroma na bebida indicaram correlação negativa entre si (-0,43). Esses resultados para os diferentes cultivares estudados foram semelhantes ao estudo conduzido por Scholz (2008), quando avaliou cafés paranaenses. Ainda constatou-se que grãos mais densos apresentaram menores concentrações de proteínas (-0,68) e maiores valores de taninos hidrossolúveis (0,49).

3.3 Análise multivariada

A análise multivariada permite avaliar um conjunto de amostras, tendo como base os componentes formados a partir das variáveis originais e projetá-los no espaço formado por esses componentes. Considerando esse ponto de vista, foi aplicada a ACP à matriz original formada pelas avaliações físico-químicas do grão verde, grão torrado e a bebida do café (colunas) e os cultivares de café (linhas). Nesta análise, verificou-se que os seis primeiros componentes (até atingir autovalor 1,0) explicaram 85,32% da variabilidade existente entre as amostras. Esses valores são comparáveis com estudos de classificação de vinhos a partir de seus compostos fenólicos, que atingiram 79% com seis componentes (VILLIERS et al., 2005).

As variáveis densidade aparente, tamanho do grão (P17), os teores de açúcares redutores, proteína, lipídios no grão verde, o pH, acidez titulável na bebida, L* e b* contribuíram para a formação do primeiro componente (F1). Essas variáveis apresentaram as maiores correlações (em negrito) com este fator como indicados na Equação 1.

O componente F2 foi formado a partir dos valores de ácidos clorogênicos, componente cromático a*, densidade e expansão do grão torrado, demonstrado pelas maiores correlações (valores em negrito) dessas variáveis com esse componente.

Equação 1

$$F1 = -0,71Dv - 0,47P17 + 0,45Ar - 0,29Sac + 0,12Caf + 0,72Pro - 0,2Acg - 0,37Th - 0,30Lip + 0,78pH - 0,72Act + 0,80L^* + 0,46a^* + 0,79b^* - 0,30Dt + 0,01Exp$$

Equação 2

$$F2 = 0,37Dv - 0,34P17 + 0,17Ar + 0,30Sac + 0,26Caf - 0,24Pro + 0,55Acg + 0,37Th - 0,14Lip - 0,32pH + 0,43Act + 0,49L^* + 0,67a^* + 0,52b^* + 0,64Dt + 0,59Exp$$

A ACP apresentou separação entre os cultivares provenientes de diferentes locais e entre os cultivares de um mesmo local, em função de sua composição química de grão verde e torrado. As variáveis formadoras do F1 contribuíram para a variabilidade entre os cultivares e promoveram, principalmente, a separação entre os locais de cultivo. Na Figura 1, a maioria dos cultivares de Paranaíba situa-se nos quadrantes à direita, enquanto que os de Itaguajé estão à esquerda.

As variáveis que compuseram a F2 (Equação 1) separaram os genótipos de um mesmo local e, dentre as variáveis, algumas estão associadas ao grau de maturação (ácidos clorogênicos, densidade e expansão), sugerindo que os cultivares apresentaram diferentes níveis de adaptação ao mesmo ambiente. Por exemplo, os cultivares localizados no quadrante superior esquerdo apresentaram parâmetros que dão indicação de menor grau de maturação.

Os demais compostos avaliados (taninos hidrossolúveis e sacarose) pouco contribuíram para explicar a variabilidade das amostras, apresentando somente contribuições importantes para a formação dos demais componentes de ACP.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis físico-químicas do grão verde, torrado e da bebida de cultivares de café (*Coffea arabica* L.).

	pH	Act	L*	a*	b*	Exp
P17	-0,31	<u>0,38</u>	<u>-0,50</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,47</u>	-0,02
Dv	<u>-0,59</u>	<u>0,45</u>	<u>-0,40</u>	-0,13	<u>-0,44</u>	-0,09
Dt	-0,35	0,35	0,00	0,13	0,03	<u>-0,87</u>

Os valores em destaque são diferentes com um nível de significância 5%. Legenda na Tabela 1 e 2.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson por entre as variáveis físico-químicas do grão verde, características de grão torrado e da bebida dos cultivares de café (*Coffea arabica* L.).

	Ar	Sac	Caf	Pro	Acg	Th	Lip
Dv	-0,07	0,1	0,1	<u>-0,68</u>	0,25	0,49	0,2
P17	-0,28	0,09	0,09	-0,13	-0,15	-0,03	0,06
Dt	-0,12	0,15	0,03	-0,25	0,12	0,04	-0,03
Exp	0,02	-0,11	-0,07	-0,06	0,00	0,26	0,16
pH	0,25	<u>-0,49</u>	0,16	<u>0,50</u>	0,04	-0,29	-0,07
Act	-0,28	<u>0,44</u>	0,08	<u>-0,47</u>	0,16	<u>0,41</u>	-0,01
L*	<u>0,38</u>	-0,03	0,11	<u>0,42</u>	0,18	-0,13	-0,23
a*	0,21	0,19	0,1	0,08	0,18	0,07	0,02
b*	0,33	0,05	0,14	<u>0,39</u>	0,15	-0,16	-0,2

Os valores em destaque são diferentes com um nível de significância 5%. Legenda na Tabela 1 e 2.

Tabela 5 – Matriz de correlação entre as características do grão de café verde (*Coffea arabica* L.).

	Dv	P17	Ar	Sac	Caf	Pro	Acg	Th	Lip
Dv	1								
P17	-0,07	1							
Ar	-0,07	-0,28	1						
Sac	0,10	0,09	-0,34	1					
Caf	-0,18	0,01	-0,11	0,25	1				
Pro	<u>-0,68</u>	-0,13	0,20	-0,13	0,18	1			
Acg	0,25	-0,15	0,31	-0,04	<u>0,45</u>	-0,29	1		
Th	<u>0,49</u>	-0,03	0,05	-0,13	0,12	<u>-0,45</u>	<u>0,64</u>	1	
Lip	0,20	0,06	-0,32	0,24	-0,14	<u>-0,43</u>	-0,13	-0,10	1

Os valores em destaque são diferentes, com um nível de significância 5%. Legenda na Tabela 1.

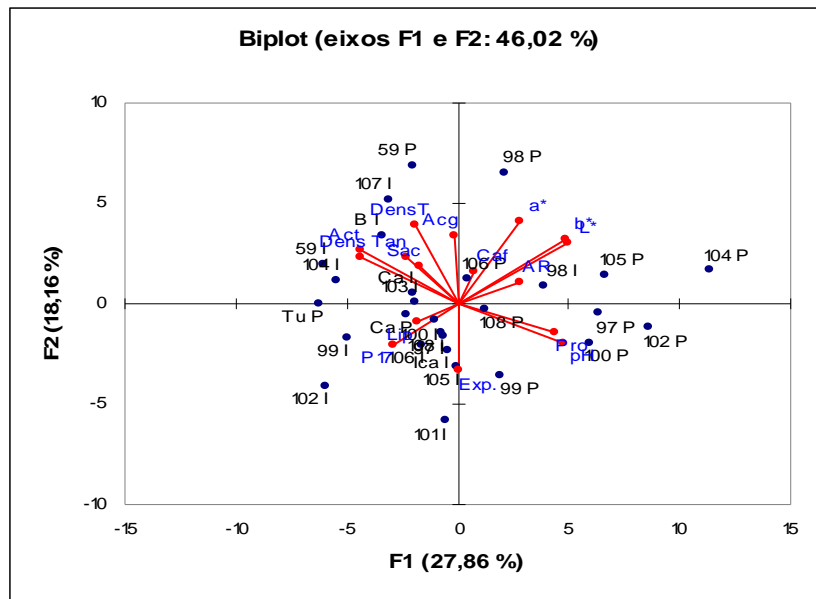


Figura 1 – Biplot dos genótipos de café (*Coffea arabica* L.) formado pelos componentes F1 e F2 da ACP.

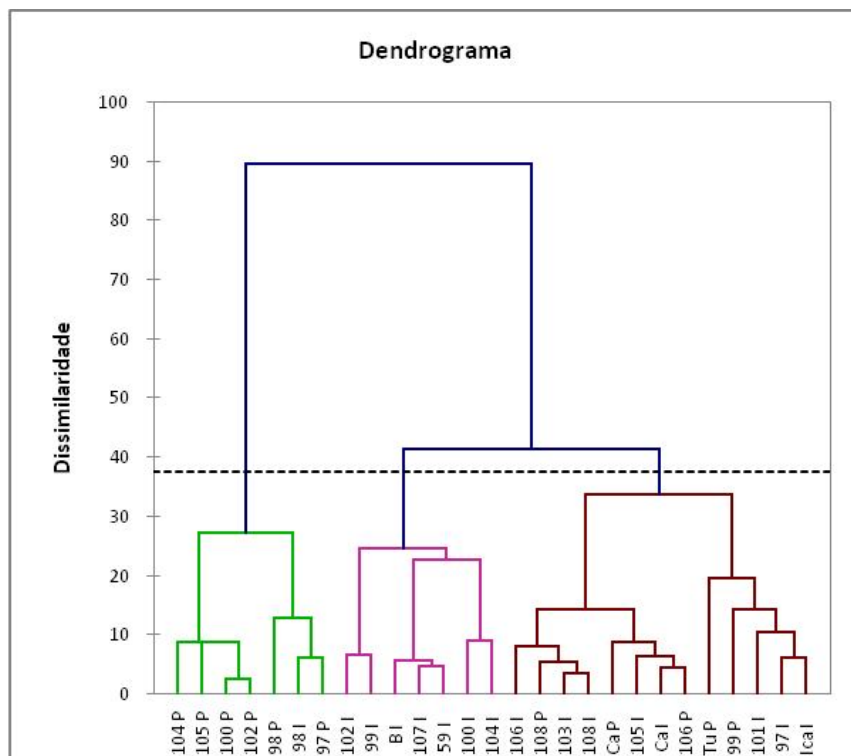


Figura 2 – Dendrograma dos resultados físico-químicos dos grãos verdes, torrados e da bebida pelo método de Ward e distâncias euclidianas.

A interpretação principal da ACP está baseada na análise das dispersões das variáveis e das amostras (cultivares de café) no plano formado pelos componentes obtidos das variáveis originais. Os cultivares IPR 104, IPR 102, IPR 100, IPR 105, IPR 97 e IPR 99 provenientes de Paranavaí apresentaram os grãos de tamanho pequeno, pouco denso, com altos valores de proteínas e açúcares redutores e baixo conteúdo de lipídios. Os grãos torrados desses genótipos são de coloração clara e bebida de baixa acidez (pH e acidez titulável). Essas características, juntamente com as baixas concentrações de ácidos clorogênicos, remetem a grãos maduros como foi demonstrado por vários autores (LELOUP et al., 2004; MAZZAFERA, 1999).

Em Itaguajé, os grãos verdes apresentaram maior tamanho, quando comparados com os de Paranavaí, são mais densos, e quanto à sua composição química, encontrou-se maior concentração de lipídios e menores concentrações de proteínas e açúcares redutores. Quando torrados apresentaram coloração mais intensa (menores valores de L*) e maior densidade e bebida de acidez mais elevada (acidez titulável e pH).

Cultivares como Iapar 59, IPR 98 e Catuaí têm projeções próximas independente do local de cultivo (Figura 1), indicando menor efeito ambiental sobre o desenvolvimento do grão e conseqüentemente sobre a sua composição. A separação promovida pelo componente F2 mostra que o Iapar 59, tanto de Paranavaí como de Itaguajé, está associado à maior concentração de ácidos clorogênicos e apresentam maior densidade e expansão do grão torrado que o IPR 101 e IPR 102, cultivados em Itaguajé.

As cultivares IPR 97, IPR 99 e IPR 102, nos locais estudados apresentaram baixas concentrações de sacarose e ácidos clorogênicos, características essas de maturação completa (GEROMEL et al., 2006).

Na AAH, os cultivares foram classificados e agrupados com base nas dissimilaridades das suas características. No dendograma obtido (Figura 2), as variáveis físico-químicas, sensoriais e de bebida foram consideradas simultaneamente obtendo-se três grupos distintos.

O primeiro grupo foi formado pelos genótipos IPR 100, IPR 102, IPR 104, IPR 107, IPR 99, Bourbon e Iapar 59, todos provenientes de Itaguajé. Outro

grupo foi constituído de 13 genótipos (IPR 101, IPR 103, IPR 106, IPR 108, IPR 97, Catuaí e Icatu) cultivados em Itaguajé e IPR 106, IPR 108, IPR 99, Catuaí e Tupi oriundos de Paranavaí. Os genótipos IPR 100, IPR 102, IPR 104, IPR 105, IPR 97 e IPR 98 cultivados em Paranavaí e IPR 98 de Itaguajé formaram o grupo seguinte.

As informações da AAH complementam aquelas obtidas na ACP em que demonstrou-se a influência dos locais na composição dos cultivares em estudo.

4 CONCLUSÃO

Nos locais estudados, os genótipos de cafés apresentaram diferenças significativas nas características físico-químicas dos grãos verdes, em relação ao tamanho do grão e açúcares redutores. Foram encontradas correlações significativas de densidade do grão verde, taninos hidrossolúveis, acidez titulável e componentes cromáticos com os demais compostos do grão verde e torrado e da bebida do café.

Os cultivares de Itaguajé e Paranavaí foram diferenciados em função da densidade do grão, tamanho do grão, açúcares redutores, proteínas, lipídios, pH, acidez titulável e componentes de cor, quando analisados na ACP. Os cultivares de um mesmo local diferenciaram-se principalmente, em função da concentração de ácidos clorogênicos presentes. Observou-se ainda que, cultivares reunidos em mesmo grupo na AAH apresentaram características similares entre si, demonstrando os efeitos ambientais na expressão genética dos cultivares.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDINSOFT. **Software for statistical analysis**. Paris, 2008.
- AGRESTI, P. D. C. M. et al. Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile. **Food Chemistry**, Oxford, v. 106, n. 2, p. 787-796, 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. 1298 p.
- BAGGENSTOSS, J. et al. Coffee roasting and aroma formation: application of different time-temperature conditions. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v. 56, n. 14, p. 5836-5846, 2008.

- BANDEIRA, R. D. C. C. et al. Composição volátil dos defeitos intrínsecos do café por CG/EM headspace. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 309-314, mar./abr. 2009.
- BOSSSELMANN, A. S. et al. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Zürich, v. 129, n. 1/3, p. 253-260, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília, 2003.
- BUENAVENTURA-SERRANO, C. E.; CASTAÑO-CASTRILLÓN, J. J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 53, n. 2, p. 119-131, 2002.
- CLIFFORD, M. N.; WIGHT, J. C. The measurement of feruloylquinic acids and caffeoylquinic acid in coffee beans: development of the technique and its preliminary application to green coffee beans. **Journal of Science and Food Agriculture**, Sussex, v. 27, n. 1, p. 73-84, 1976.
- DAL MOLIN, R. N. et al. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.
- DAMATA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Journal of Plant Physiology**, Kusterdingen, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.
- DUTRA, E. R. et al. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 47, n. 3, p. 241-246, 2001.
- FRANCA, A. S. et al. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree, assessment. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 92, n. 3, p. 345-352, 2009.
- GEROMEL, C. et al. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 57, n. 12, p. 3243-3258, Dec. 2006.
- GINZ, M. et al. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of fee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 6, p. 404-410, 2000.
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 6673**: international standard green coffee: determination of loss in mass at 105°C. Genebra, 2003.
- KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. Canephora*, P. accessions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.
- LELOUP, V. et al. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: WORKSHOP OF THE AMERICAN SOCIETY OF IRRIGATION CONSULTANTS, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Balgalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Pelotas, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.
- MACHADO, F. C.; SCHOLZ, M. B. S.; BACCETI, M. A. Potencial de qualidade de café produzido na microrregião de São Jerônimo da Serra, PR. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.
- MANZOCCO, L.; LAGAZIO, C. Coffee brew shelf-life modelling by integration of acceptability and quality data. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 24-29, 2009.
- MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 547-554, 1999.
- MAZZAFERA, P. et al. Oil content of green coffee beans from some coffee. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 45-48, 1998.

- NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. **European Food Research Technology**, Berlin, v. 224, n. 2, p. 159-165, 2006.
- PITTIA, P.; NICOLI, M. C.; SACCHETTI, G. Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. **Journal of Texture Studies**, Raleigh, v. 38, n. 1, p. 116-134, 2007.
- SCHENKER, S. et al. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 452-457, 2000.
- SCHOLZ, M. B. S. **Tipologia dos cafés paranaenses**: uma abordagem através da análise fatorial múltipla dos aspectos físico-químicos e sensoriais. 2008. 143 p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade de Londrina, Londrina, 2008.
- SCHOLZ, M. B. S.; SERA, T.; ANDROCIOLI FILHO, A. Qualidade de bebida de genótipos de café em diferentes condições ambientais na região cafeeira do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 2007. 1 CD-ROM.
- SERA, G. H. et al. Progênies de *Coffea Arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, 2007.
- SOUTHGATE, D. A. T. **Determination of food carbohydrates**. London: Applied Science, 1976. 197 p.
- VAAST, P. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 86, n. 1, p. 197-204, 2006.
- VILLIERS, A. et al. Classification of South African red and white wines according to grape variety based on the non-coloured phenolic content. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, n. 3/4, p. 520-528, 2005.