

ROSÂNGELA MARIA BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SEIS CATEGORIAS
DA BEBIDA CAFÉ CLASSIFICADA PELO TESTE DA XÍCARA**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

Ao Deus trino, princípio e fim de todas as coisas.

“As misericórdias do Senhor eternamente eu cantarei...”

(Sl 117, 1)

À minha amada mãe

Rosalina Maia Barbosa,

pelo amor, compreensão e força.

Aos meus irmãos

Alfredo, José, Ronaldo e Silvânia

pelo incentivo, amizade e carinho

DEDI CO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Tecnologia de Alimentos e ao Centro de Treinamento e Armazenamento (CENTREINAR).

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé Ltda - COOXUPÉ, em especial ao Sr. Carlos César Gomes e a toda a sua equipe, pela colaboração na realização deste trabalho.

À Cooperativa dos Produtores de Café de Varginha - MINAS SUL, em especial ao Sr. Oswaldo Henrique Paula Ribeiro e a toda a sua equipe, pela colaboração na realização deste trabalho.

À Cafeeira INCOFEX, em especial ao Sr. Edivaldo Batista Generoso e a toda a sua equipe, pela colaboração na realização deste trabalho.

Ao professor Paulo Henrique Alves da Silva, pela orientação, apoio, confiança e paciência.

Ao professor Adair José Regazzi, pela colaboração, incentivo e sugestões oportunas.

Ao professor José Carlos Gomes, pela colaboração e sugestões oportunas.

Aos professores Paulo César Corrêa e Valéria Paula Rodrigues Minin, pelas valiosas sugestões.

Ao professor Frederico José V. Passos, pelo auxílio, confiança e sugestões oportunas.

Às amigas Cristina, Edimar, Ivaneide, Marlene, Silvia, pelo companheirismo, carinho e amizade.

Aos meus amigos Adriano Rodrigues, Carlos Alberto, Cristiane Patrícia, Denis Duarte, Érika Dagnoni, Fabrício de Souza, Gustavo de Freitas, Odilon Lemos, Paula Lúcia Sant'Ana, Madrith Sthel, Silvia Maria e Tatiana Leal, pela amizade, apoio e orações.

Aos meus amigos estagiários Aquiles, Danielle, Diogo, Priscila e Wellington pela amizade, força e dedicação imprescindíveis nesse trabalho.

A todos os membros do Grupo de Jovens JSC e da RCC de Viçosa por terem sido sinal de Deus em minha vida.

A todos os funcionários do DTA e em especial: Ademir, Antônio Tito, Geralda e Marcos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Rosângela Maria Barbosa, filha de Álvaro Brasil Barbosa e Rosalina Maia Barbosa, nasceu em Porto Velho, Estado de Rondônia, em 16 de julho de 1974.

Em Março de 1995, ingressou na Universidade Federal de Viçosa - UFV, onde, em Agosto de 1999, graduou-se em Engenharia de Alimentos.

Em Agosto de 1999, iniciou o Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, defendendo tese em junho de 2002.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspecto econômico do café.....	4
2.2. Qualidade do café.....	5
2.3. Classificação do café.....	7
2.4. Composição química do café.....	9
2.5. Mudanças nos compostos químicos do café com a torrefação.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Característica do experimento.....	18
3.2. Amostragem.....	19
3.3. Preparo das amostras.....	19

3.4. Delineamento experimental e análise estatística.....	20
3.5. Análises físico-químicas e enzimática.....	20
3.5.1. Preparo das amostras.....	20
3.5.2. Acidez total titulável.....	21
3.5.3. Determinação de pH.....	21
3.5.4. Sólidos solúveis totais.....	21
3.5.5. Açúcares totais, redutores e não redutores.....	21
3.5.6. Extrato etéreo.....	22
3.5.7. Compostos fenólicos totais.....	22
3.5.8. Atividade específica da polifenoloxidase.....	22
3.5.9. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter.....	23
4. RESULTADOS	E 24
DISCUSSÃO	
4.1. Acidez total titulável.....	24
4.2. Determinação do pH.....	27
4.3. Sólidos solúveis totais.....	29
4.4. Açúcares totais, redutores e não redutores.....	31
4.5. Extrato etéreo.....	33
4.6. Compostos fenólicos totais.....	34
4.7. Atividade específica da polifenoloxidase.....	35
4.8. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter.....	37
4.9. Caracterização físico-química e enzimática.....	39
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
APÊNDICE.....	52

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Classificação oficial do café pela bebida.....	8
2. Atividade da polifenoloxidase (U/min/g de amostra) em cafés previamente classificados pela prova de xícara.....	13
3. Teores de alguns constituintes de grãos crus e torrados das espécies Arábica e Robusta.....	15
4. Valores médios de acidez total titulável (mL de NaOH 0,1N/100g) de grãos torrados e verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.....	25
5. Valores médios de pH de grãos torrados e verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.....	28
6. Teores médios de sólidos solúveis totais de grãos torrados e verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.....	30
7. Teores médios de açúcares totais, redutores e não-redutores de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.....	32

8. Teores médios de extrato etéreo de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas do estado de Minas Gerais.....	34
9. Teores médios de compostos fenólicos totais de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.....	35
10. Valores médios da atividade específica da polifenoloxidase (U/min/ μ g de proteína solúveis) de grãos verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.....	36
11. Valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* do método de Hunter para avaliação da cor a partir de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.....	38
12. Dados médios de amplitude e valores máximos e mínimos da composição dos grãos de cafés torrados e verdes para as diferentes características analíticas estudadas.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Etapas envolvidas no processo produtivo do café.....	6

RESUMO

BARBOSA, Rosângela Maria, M. S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2002. **Caracterização físico-química de seis categorias da bebida café classificada pelo teste da xícara.** Orientador: Paulo Henrique Alves da Silva. Conselheiros: Adair José Regazzi e José Carlos Gomes.

Neste trabalho, avaliou-se a qualidade da bebida café (*Coffea arabica* L.), relacionando os parâmetros químicos e enzimáticos de grãos de cafés previamente classificados por degustadores, pelo teste da xícara, para seis classes de bebida (estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio), provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais. Foram realizadas, para os grãos torrados (torra clara), as análises de acidez, pH, sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e não-redutores, fração etérea, compostos fenólicos e avaliação da cor (extrato) pelo sistema de Hunter. Os três primeiros parâmetros, também foram determinados a partir dos grãos verdes, juntamente com atividade da polifenoloxidase. A variação significativa ($p < 0,05$) desses parâmetros foi avaliada, para as diferentes categorias da bebida café e entre fornecedores. Para as características analíticas sólidos solúveis totais de grãos verdes e compostos fenólicos de grãos torrados, a composição média determinada foi de aproximadamente 44% e 6%, respectivamente. Nas demais características analíticas foram observadas diferenças em relação as diferentes classes de bebidas, sendo

que essa variação na composição não apresentou uma relação crescente ou decrescente com a qualidade da bebida. Conclui-se, portanto, que a composição interfere na qualidade da bebida, não sendo possível, a partir das técnicas utilizadas neste trabalho, estabelecer uma correlação direta e, ou proporcional entre as diferentes classes de bebidas com a qualidade. Foram observadas também diferenças para a mesma classe de bebida entre diferentes fornecedores, sugerindo a falta de padronização da qualidade da bebida, obtida a partir da “prova de xícara”. A partir das médias dos tratamentos, independente da classificação pelo teste da xícara e da procedência das amostras, foi possível obter valores máximos e mínimos para todas as características estudadas, podendo estes serem utilizados como dados de referências em trabalhos futuros.

ABSTRACT

BARBOSA, Rosângela Maria, M. S., Universidade Federal de Viçosa, June 2002. **Physical-chemical characterization in six categories of the coffee beverage classified by “cupping”**. Adviser: Paulo Henrique Alves da Silva. Committee members: Adair José Regazzi and José Carlos Gomes.

In this study, the quality of the coffee beverage (*Coffea arabica* L.) was evaluated, by relating the chemical and enzymatic parameters of the coffee beans from three cooperatives in Minas Gerais State, which were previously classified into six beverage classes (strictly soft, soft, only soft, hard, 'riada', and 'rio') by some tasters based on “cupping” test. The roasted beans (light roasting) analysis were accomplished, for acidity, pH, total soluble solids, total, reducer, and no-reducer sugars, ethereal fraction, phenolic compounds and of the color evaluation (extract) by Hunter system. The first three parameters were chosen among green beans with polyphenoloxidase activity. The significant variation of these parameters ($p < 0,05$) were evaluated for the different categories of coffee beverage and different suppliers as well. The total soluble solids of the green beans and the phenolic compounds of the roasted coffee beans presented an average composition around 44% and 6% respectively. For the other analytical characteristics, differences according to different beverages classes were observed and variation in the composition did not show any increasing or decreasing relation about the beverage quality. Therefore, it is concluded

that the composition interferes in the beverage quality and for this reason it is not possible to establish a direct and/or proportional correlation between beverages classes with the quality because of the techniques used on this task. Differences for the same beverage class from different suppliers were also observed, suggesting the lack of the beverage quality standard, that was gotten from the “cupping” test. From the treatment averages, not including the classification on the “cupping” and the samples’origin, it was possible to obtain maximum and minimum values for all the studied characteristics and these ones can be used as reference data in future tasks.

INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta que pertence ao gênero *Coffea* da família *Rubiaceae*. Deste gênero duas espécies são economicamente mais importantes, a *Coffea arabica* L., conhecida como café arábica que responde por 3/4 da produção mundial, e *Coffea canephora* P., comumente descrita como robusta. Estas espécies apresentam diferenças consideráveis em suas características botânicas, genéticas, agronômicas, químicas e morfológicas.

No Brasil, o cafeeiro é cultivado nas mais diversas condições de clima, solo, altitude e topografia. Além disso, a cultura vem, ao longo dos tempos, sofrendo transformações quanto ao espaçamento e à densidade de plantas por área. Atualmente, as cultivares procuradas pelos técnicos e por produtores são de cafeeiros de porte baixo, de maturação uniforme, tolerantes ao estresse hídrico, tolerantes a baixas temperaturas, resistentes às doenças e pragas, com alta produtividade e boa qualidade de bebida (ZAMBOLIM et al., 1997).

O consumo interno brasileiro, estimulado pelo investimento das torrefadoras de café, atingiu a marca de 12 milhões de sacas em 1998, o mesmo volume consumido por todos os outros 49 países produtores, juntos. Assim, o Brasil foi colocado como o segundo mercado consumidor desse produto, depois dos EUA, com perspectivas de igualá-lo na próxima década,

com um consumo interno estimado em 15 milhões de sacas (ANUÁRIO..., 1998).

A comercialização do café nos mercados interno e externo depende de uma boa apresentação do produto, sendo o resultado dos cuidados dispensados da colheita até a torração. Nesse processo, o preço está diretamente relacionado à qualidade do produto. Como conseqüência, a classificação qualitativa assume relevante importância em sua comercialização (SILVA, 1997).

Devido à competitividade e segmentação do mercado, o consumidor em nível nacional e internacional vem se tomando cada vez mais exigente quanto à qualidade da bebida, a qual encontra-se intrinsecamente relacionada à composição química dos grãos.

A composição química dos grãos é importante por afetar diretamente a qualidade da bebida do café. Esta composição é determinada por fatores genéticos, ambientais e culturais, bem como pelo método de colheita, processamento e armazenamento. Já a torração e o preparo da bebida modificam a constituição química dos grãos, sendo essas alterações dependentes da composição original dos mesmos.

O sabor característico do café é devido à presença e aos teores dos vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, destacando entre eles os ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos e etc. e também pela ação de enzimas em alguns destes constituintes, dando como produtos de reação compostos que interferirão no sabor na "prova de xícara" (CHAGAS, 1994).

Os atuais procedimentos para avaliar comercialmente a qualidade do café estão baseados, principalmente, em uma série de apreciações degustativas por parte de especialistas, cuja habilidade é adquirida com muitos anos de experiência. A classificação da qualidade do café, baseada no aspecto físico e na "prova de xícara", poderia ser complementada com a adoção de métodos físicos e químicos afim de tornar mais real e menos subjetiva a determinação da qualidade do café.

O presente trabalho teve por objetivo estudar a qualidade da bebida café (*Coffea arabica* L.), relacionando a classificação dos degustadores treinados com parâmetros químicos e enzimáticos do grão de café para seis

classes de bebida de três cooperativas do estado de Minas Gerais. Além de identificar a composição média do café como bebida, independente de sua classificação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspecto econômico do café

A importância do café na economia mundial data do início de século XIX, a partir do momento em que esteve freqüente nas pautas de exportação/importação de grande número de países, como principal fonte de divisas. O café garantiu a esses países as trocas necessárias à manutenção de uma balança comercial favorável a seu crescimento e desenvolvimento econômico (CAIXETA, 1999).

Em estudo realizado pela ABIC (Associação Brasileira das Indústrias do Café), o café foi lembrado em 1997 por 51% dos consumidores questionados e ocupou a quarta posição entre as bebidas mais consumidas, depois da água, refrigerantes e sucos naturais (QUALIDADE..., 1999).

No cenário mundial destacam-se como os maiores produtores o Brasil (33,7 milhões de sacas), Vietnã (12,25 milhões de sacas) e a Colômbia (11,0 milhões de sacas) de acordo com dados divulgados pelo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) (PRODUÇÃO..., 2002).

A safra de 2001/2002 de café foi de 28,14 milhões de sacas de 60kg, sendo que 20,14 milhões de sacas do tipo arábica e 8,04 milhões de robusta ou conillon. A produção teve uma queda de 9,6% em relação à safra

anterior, que atingiu 31,13 milhões de sacas. A redução é atribuída a fatores climáticos e sazonais (PREVISÃO..., 2002).

Minas Gerais destaca-se no cenário cafeeiro nacional pela amplitude de suas regiões produtoras e condições climáticas favoráveis ao cultivo do cafeeiro, com conseqüente produção de cafés de boa qualidade. Em 2001, foram produzidas 12,74 milhões de sacas de café beneficiado (45,3% da produção total da safra), sendo que as regiões Sul/Oeste, Jequitinhonha/Zona da Mata e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba foram responsáveis pela produção de 6,2; 2,9 e 3,64 milhões de sacas, respectivamente (PREVISÃO..., 2002).

2.2. Qualidade do café

A qualidade é dependente de diversos fatores que se relacionam em todas as etapas da produção do café, desde a escolha da variedade a ser plantada até o preparo da bebida. Estas etapas estão de maneira simplificada ilustradas na Figura 1.

Segundo LOPES (2000) a qualidade da bebida do café está associada principalmente à satisfação dos consumidores na observação da combinação de sabores, que se tornam perceptíveis apenas com a torração dos grãos, reação esta dependente das substâncias químicas existentes no grão cru, que são utilizadas na formação dos compostos responsáveis por esse atributo.

De acordo com CARVALHO e CHALFOUN (1985), são vários os fatores que podem comprometer a qualidade do café. Dentre esses os que mais se destacam, por afetarem diretamente o sabor da bebida, são: presença de grãos verdes, temperaturas inadequadas de secagem e condições adversas de armazenamento.

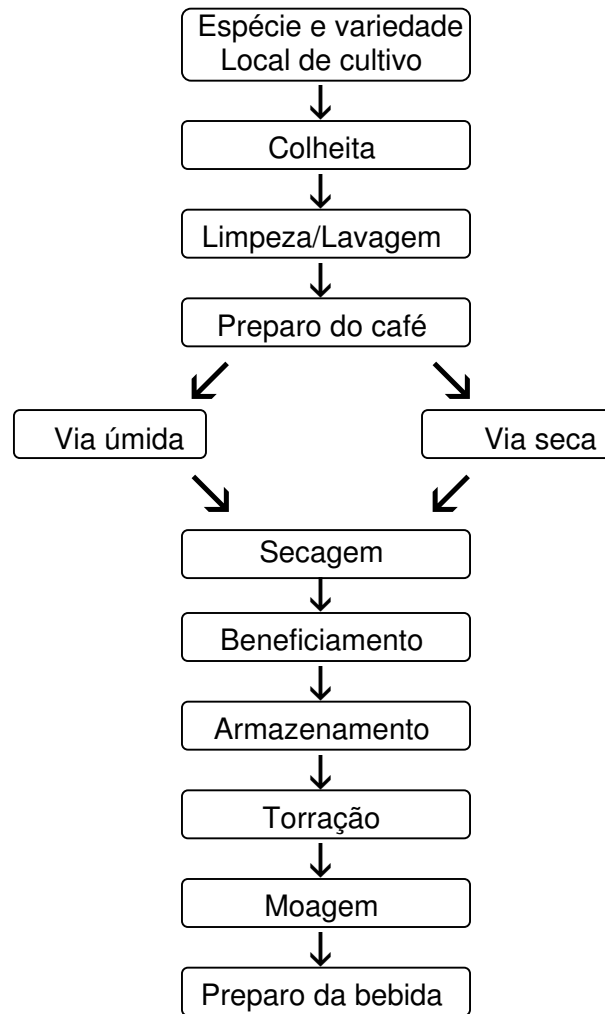


Figura 1. Etapas envolvidas no processo produtivo do café.

TEIXEIRA et al. (1984) afirmaram que o café colhido no estágio de maturação verde apresenta aspecto e torração de pior qualidade, quando comparados aos colhidos maduros. Conseqüentemente, a presença de grãos verdes (imaturos) proporciona pior qualidade de bebida, além de apresentarem menor peso e tamanho. Neste estágio, os grãos ainda não atingiram a maturação fisiológica. CARVALHO e CHALFOUN (1985) verificaram que ao adicionar 10% de grãos verdes a um lote de bebida “mole”, este passa para bebida “dura”, caracterizada por um sabor adstringente.

Tosello, citado por LACERDA FILHO (1986), afirma que a temperatura do ar de secagem não deve ultrapassar 75°C, uma vez que temperaturas iguais ou superiores a esta podem conferir ao produto uma

qualidade inferior de bebida, se comparada àquela obtida com o café seco às temperaturas de 40, 45, 50 e 55°C. Foi concluído, ainda, que a utilização de temperaturas inferiores a 30°C, sob determinadas condições, podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos tais como fungos e bactérias, responsáveis pelo desencadeamento de processos fermentativos que depreciam a qualidade da bebida do café.

Os grãos de café, depois de secos e beneficiados, apresentam o endosperma de cor esverdeada e, após algum tempo de armazenamento, se tornam esbranquiçados (branqueamento). O branqueamento constitui um sério problema devido à depreciação da qualidade, com conseqüentes prejuízos aos produtores e exportadores. Este pode ser atribuído a reações oxidativas de natureza enzimática ou não, envolvendo compostos fenólicos e a enzima polifenoloxidase (CARVALHO e CHALFOUN, 1985).

2.3. Classificação do café

No Brasil, as classificações de qualidade são baseadas no decreto lei nº 27.173 de 1949, que avaliam as características físicas dos grãos (tipo, cor, peneira) e sensoriais da bebida (prova de xícara).

A classificação por tipo é realizada através da soma do número de defeitos (grãos imperfeitos ou impurezas) encontrados em 300g de café beneficiado. A Tabela Oficial Brasileira de Classificação, admite 7 tipos de valores decrescentes de 2 a 8 em termos de qualidade (INSTITUTO...-IBC, 1977). Essa classificação sugere qualquer defeito, como, por exemplo, grãos quebrados que não interferem muito no sabor da bebida, no entanto, para o caso de grãos pretos, ardidos ou verdes havia um comprometimento da qualidade. Este é um dos problemas dessa classificação que não especifica o defeito (CLASSIFICAÇÃO..., 1999).

A etapa de classificação quanto à cor, verifica o grau de envelhecimento do café beneficiado e emprega as denominações verde, esverdeado, claro amarelo e vermelho. O teor de umidade, o índice de maturação, o tempo de exposição à luz, o método de preparo e secagem e as condições do ambiente de armazenamento são os fatores que contribuem para variação da cor.

Na separação por peneiras, os grãos são classificados segundo as dimensões dos crivos das peneiras que os retêm, numeradas de 12 a 19 para café chato (grosso - peneiras 17 e maiores; médio - peneiras 15 e 16; chatinho - peneiras 12, 13 e 14) e de 9 a 13 para café moca (grosso - peneiras 11 a 13; médio - peneiras 10; moquinha - peneiras 8 e 9); os quais separam as favas em diferentes tamanhos possibilitando uma torração mais uniforme. Isso por que, enquanto na torração de uma “bica corrida” as favas graúdas ficam apenas tostadas, as miúdas já podem estar carbonizadas.

O café como bebida é classificado baseando-se no sabor detectado na chamada “prova de xícara”, feita por degustadores treinados. A prova da xícara surgiu no Brasil, no início do século XX, e foi adotada pela Bolsa de Café e Mercadorias de Santos a partir de 1917. No entanto, até hoje não se estabeleceu um critério uniforme para sua realização, porque o mesmo pode variar de entidade para entidade. Esta avaliação é feita pelos degustadores em função, principalmente, dos sentidos do gosto, do olfato e do tato (TEIXEIRA, 1999). Em função deste teste, o café é classificado em 7 grupos, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1. Classificação oficial do café pela bebida.

Classificação	Características
Estritamente mole	Bebida de sabor suavíssimo e adocicado
Mole	Bebida de sabor suave, acentuado e adocicado
Apenas mole	Bebida de sabor suave, porém com leve adstringência
Dura	Bebida com sabor adstringente, gosto áspero.
Riada	Bebida com leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico
Rio	Bebida com sabor forte e desagradável, lembrando iodofórmio ou ácido fênico
Rio zona	Bebida de sabor e odor intolerável ao paladar e ao olfato

Fonte: BARTHOLLO et al., 1989.

2.4. Composição química do café

As substâncias responsáveis pelas características físicas e sensoriais do café encontram-se nos teores ideais quando o fruto atingiu a maturação.

A quantidade desses compostos é variável em função do clima, região, altitude, solo, espécie e outros.

O desenvolvimento fisiológico normal do grão poderá ser comprometido por ações adversas que ocorrem no fruto, tais como as injúrias causadas pelas invasões microbianas, efeito proveniente da má condução da lavoura. Esses traumatismos desencadeiam anormalidades no metabolismo dos frutos, promovendo a síntese de compostos químicos que são prejudiciais à qualidade (LOPES, 2000).

Em muitos alimentos e bebidas a acidez é o fator chave na formação e nas propriedades do sabor. Para o café, SIVETZ e DESROSIER (1979) afirmam que a acidez aparente ou livre acidez, chamada pH, é importante por ser perceptível ao sabor. A acidez desejável, segundo provadores tradicionais de café, pode ser confundida com o azedume por alguns leigos, que é indesejável e também é um indicativo de falhas no processamento dos grãos (NORTHMORE, 1969).

CARVALHO et al. (1994), verificaram haver diferenças marcantes entre teores de acidez titulável em cafés de diferentes qualidades de bebida, encontrando valores médios de 211,2; 235,5; 218,3; 250,4; 272,2 e 284,5 mL NaOH/100g de amostra para café de bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio, respectivamente.

As condições climáticas durante a colheita e secagem, do local de origem, tipo de processamento e estágio de maturação dos frutos são fatores responsáveis, na maioria das vezes, pela variação na intensidade da acidez da bebida (CHAGAS, 1994; LEITE, 1991; PIMENTA, 1995 e GIRANDA, 1998).

A distinção entre os ácidos voláteis e não voláteis do café é desejável, pois os ácidos orgânicos são quimicamente estáveis e os aldeídos podem ser oxidados a ácidos, assim como o ácido clorogênico, quando aquecido, quebra-se em ácido cafeíco e quínico. Estas são as principais mudanças que ocorrem na bebida do café. Cada aumento e mudança são também acompanhados por alterações detectáveis no sabor (LOPES, 2000).

O valor do pH é um indicador de eventuais transformações dos frutos de café como as fermentações indesejáveis que ocorrem durante as fases de pré e pós-colheita levando a formação de defeitos (PEREIRA, 1997).

A determinação de sólidos solúveis é importante do ponto de vista do rendimento industrial, sendo relevante o conhecimento da espécie de maior conteúdo desses sólidos, pelas informações que podem ser prestadas ao setor industrial e aos trabalhos de melhoramento genético.

Segundo PIMENTA (1995) os teores de sólidos solúveis para o cafeeiro arábica é de 24 a 31% para o grão cru, com teor de umidade entre 11 a 13%.

Os grãos crus de café contêm sacarose e uma série de polissacarídeos (arabinogalactana, galactomanana e celulose). Os teores de polissacarídeos totais nos grãos crus citados por ABRAHAM (1992) indicam uma variação de 44 a 55% para o café arábica. Sendo estes, segundo MAIER e KRAUSSE (1977), um importante agente ligante do aroma.

Os açúcares estão associados com a qualidade, por estarem juntamente com os aminoácidos e as proteínas correlacionados com a origem de vários voláteis em cafés torrados (SHANKARANARAYANA et al., 1974).

PEREIRA (1997) associou a diminuição progressiva no teor de açúcares totais e não redutores, em grãos com defeito verde, ardido e preto, à utilização destes compostos em processos fermentativos, que levaram provavelmente à deterioração desses grãos.

O óleo do café localiza-se principalmente no citossol e apresenta-se na forma de gotículas em todas as regiões da semente, sendo melhor distribuído nos bordos externos em cafés de melhor qualidade (AMORIM, 1978).

A associação entre extrato etéreo e qualidade dos grãos e da bebida tem sido também investigada. Estudos indicam que estes compostos, presentes nos grãos crus geralmente, em proporções variáveis de 10 a 18% (BASSOLI, 1992), podem sofrer hidrolises e oxidações, em consequência de manejo inadequado antes e durante a colheita, secagem e armazenamento, alterando os aspectos físicos e sensoriais do café.

Os compostos fenólicos não aparecem na forma livre, mas ligados a outras moléculas. Os ácidos clorogênicos podem ser encontrados esterificados a ácidos orgânicos, grupos aminos, lipídeos e outros fenóis, além de açúcares (KAY, 1991).

Os principais compostos fenólicos não voláteis encontrados no café verde são os ácidos clorogênicos (MOREIRA e TRUGO, 2000).

Os compostos fenólicos, principalmente os ácidos clorogênico e cafeíco, exercem uma ação protetora, antioxidante dos aldeídos e, em geral, são considerados produtos secundários em plantas. Devido à concentração destes compostos em cafés ser muito maior que na maioria das plantas, outras funções, além do controle dos níveis de ácido indol acético, são citadas por CLIFFORD (1989).

A quantidade de ácidos clorogênicos totais depende da espécie, variedade e fatores fisiológicos, além da técnica de extração e o método de análise. Entretanto, já foram identificados pelo menos 22 compostos fenólicos diferentes (BICCHI et al., 1995). Concentrações variando de 5,5 a 8,0% e 7,1 a 11,7% foram encontradas para os cafés arábica e robusta, respectivamente (MOREIRA e TRUGO, 2000).

Apesar da relação entre a qualidade da bebida de café, principalmente dada a sua adstringência e o conteúdo de ácidos clorogênicos e seus isômeros, não está bem definida, é comum reconhecer o café arábica como uma bebida de melhor qualidade por possuir menor quantidade de ácidos clorogênicos (SHAHIDI e NACZK, 1995).

Os ácidos clorogênicos contribuem significativamente para o sabor final do café e tem sido mostrado que os ácidos cafeíco, ferruríco, quínico e cumárico são degradados a uma gama de outros compostos fenólicos importantes para o sabor (ROGERS et al., 1999).

As enzimas e os compostos fenólicos (principal substrato) encontram-se compartimentalizados em células intactas; entretanto, tão logo ocorra a desorganização interna da célula, promovida pelas injúrias, a enzima e o substrato interagem produzindo quinonas reativas, as quais subseqüentemente reagem com as proteínas e outras enzimas, promovendo a sua inativação (ARAÚJO, 1999).

A polifenoloxidase é uma enzima largamente distribuída na natureza e seu envolvimento com o escurecimento enzimático de frutas e vegetais, tem despertado a atenção de muitos químicos e engenheiros de alimentos. Esta enzima é intracelular e encontra-se localizada, principalmente, na membrana dos cloroplastos, participando dos processos de respiração, resistência à infecção e na biossíntese de certos constituintes vegetais como os flavonóides e quinonas (ESKIN, 1990).

A ativação da polifenoloxidase ocorre quando há qualquer condição adversa aos grãos, seja ela ocasionada por uma colheita inadequada, problemas no processamento e armazenamento. As polifenoxidasas agem sobre os polifenóis diminuindo sua ação antioxidantes sobre os aldeídos, facilitando a oxidação destes com interferência no sabor do café após a torração (PIMENTA et al., 2000).

AMORIM e SILVA (1968) fizeram as primeiras correlações entre a qualidade do café e a atividade enzimática da polifenoloxidase observando uma maior atividade da enzima em cafés de melhor qualidade, sugerindo a menor ocorrência de degradações das paredes celulares nestes cafés.

CARVALHO et al. (1994), a partir do estudo da atividade da polifenoloxidase em amostras de cafés previamente classificadas, elaboraram uma tabela complementar à “prova de xícara” (Quadro2).

A classificação tem sido usada por diversos pesquisadores (CHAGAS, 1994; PIMENTA, 1995; SILVA, 1995; SOUZA, 1996; PEREIRA, 1997, GIRANDA, 1998) para avaliar a qualidade do café, cujos trabalhos verifica-se que cafés de melhor qualidade exibem maiores valores de atividade da enzima polifenoloxidase.

Quadro 2. Atividade da polifenoloxidase (U/min/g de amostra) em cafés previamente classificados pela prova de xícara.

Classificação pela prova de xícara	Atividade da Polifenoloxidase (faixa de variação)
Estritamente Mole (extra fino)	superior a 67,66
Mole e Apenas Mole (fino)	62,99 a 67,66
Dura (aceitável)	55,99 a 62,99
Riada e Rio (não aceitável)	inferior a 55,99

FONTE: CARVALHO et al. (1994).

O elevado potencial da Região Sul de Minas, para a produção de cafés finos de bebida mole e apenas mole, foi levantado por SOUZA (1996) com base na atividade da polifenoloxidase, constatando-se que, aproximadamente 86,5% das amostras de café do Sul de Minas, exibem cafés de bebida dura, mole e estritamente mole.

VITORINO et al. (2001), observaram através de análise comparativa entre os resultados obtidos pela sensorial e os obtidos pela atividade da polifenoloxidase em amostras de diferentes cafés, que a atividade da polifenoloxidase não é um indicador preciso para a classificação da qualidade da bebida. Isso se deu devido à falta de uma equivalência entre o método químico a “prova de xícara” e o baixo grau de acerto das diferentes classes.

Segundo OLIVEIRA (1995), a colorimetria, ou medida da cor, tem como objetivo relatar, em termos numéricos, a cor de um objeto. Para isso dispõe de quantidade bastante variada de métodos para medição, desde simples comparações até os sofisticados instrumentos projetados especificamente para determinado produto.

O sistema de coordenadas de Hunter consisti de três parâmetros: L^* , a^* e b^* , sendo o parâmetro L^* relativo ao branco e negro, variando de 100 (branco puro) a 0 (preto puro), a^* e b^* assumem valores positivos ou negativos na escala, sendo valores positivos de a^* e b^* indica vermelho e amarelo, respectivamente e os valores negativos de a^* e b^* indica verde e azul, respectivamente (OLIVEIRA, 1995). O uso de leituras colorimétricas diretamente das coordenadas L^* , a^* e b^* de Hunter se tornou firmemente aceitável entre os tecnólogos de alimentos, logo, uma discussão das propriedades do espaço é válida.

O ponto final do processo de torração do café é determinado pela mudança da coloração do grão. A cor final do grão está diretamente relacionada com o tempo de torração, podendo variar de marron-palha a preto (CARVALHO et al., 1997).

2.5. Mudanças nos compostos químicos do café com a torração

As sementes de café verde não apresentam um sabor agradável. Quando estas são submetidas a um processo tecnológico drástico, envolvendo altas temperaturas durante a torração, moagem e extração aquosa apresentam um sabor desejado fazendo com que delas seja obtida uma bebida com efeitos estimulantes e apreciada em todo mundo (TRUGO, 1999).

Uma das etapas mais importantes para o desenvolvimento do sabor do café é a de torração. O sabor característico do café é conferido por compostos voláteis e não voláteis, presentes nos grãos antes e, ou após a torração. Durante esse processo, os grãos sofrem algumas reações químicas importantes, que são necessárias à formação da qualidade sensorial, assim como ocorrem mudanças físicas que podem variar de uma espécie a outra e também entre cultivares, devido a outros fatores, como por exemplo, o grau de torração (LOPES, 2000).

Complexos mecanismos bioquímicos encontram-se envolvidos na produção das características de cor e sabor do café durante a torração como as reações de Maillard e de Strecker, caramelização de açúcares, degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos (SIVETZ, 1963; MARIA, et al., 1994).

No processo de torração a sacarose, entre os açúcares solúveis do café, é o que sofre a maior degradação, sendo rapidamente transformada em produtos caramelizados, responsáveis pela cor do café torrado. Inicialmente sofre uma desidratação seguida de hidrólise a açúcares redutores, devido à elevação de temperatura na pirólise, os açúcares redutores são desidratados, polimerizados e parcialmente degradados a compostos orgânicos voláteis, água e gás carbônico (SIVETZ, 1963).

Dentre os açúcares do café predominam os não redutores, particularmente a sacarose, sendo que os redutores se apresentam em pequenas quantidades (PIMENTA, 2000). Os açúcares redutores são decompostos rapidamente a temperaturas mais baixas, enquanto os não redutores são inicialmente hidrolisados com o aquecimento para açúcares redutores e, subseqüentemente, transformados em pigmentos escuros (ARAÚJO, 1999). A composição média dos grãos crus e torrados dos cafés

arábica e robusta, de acordo com RHAGAVAN e RAMALAKSHMI (1998), está apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Teores de alguns constituintes de grãos crus e torrados das espécies Arábica e Robusta

Constituintes(%)	Grãos crus		Grãos torrados	
	Arábica	Robusta	Arábica	Robusta
Cafeína	0,9 – 1,2	1,6 – 2,5	1,0 – 1,3	1,7 – 2,4
Trigonelina	1,0 – 1,2	0,7 – 1,0	0,5 – 1,0	0,3 – 0,7
Cinzas	3,0 – 4,2	4,0 – 4,4	3,0 – 4,5	4,0 – 6,0
Ácido clorogênico	5,5 – 8,0	7,0 – 10,0	2,2 – 4,5	3,8 – 4,6
Outros ácidos	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	1,0 – 2,4	1,0 – 2,6
Sacarose	6,8 – 8,0	5,0 – 7,0	0	0
Açúcares redutores	0,1 – 1,0	0,4 – 1,0	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Polissacarídeos	44,0 – 55,0	37,0 – 47,0	24,0 – 39	25,0 – 37,0
Proteínas	11,0 – 13,0	11,0 – 13,0	13,0 – 15,0	13,0 – 15,0
Lipídeos	14,0 – 16,0	9,0 – 13,0	14,0 – 20,0	11,0 – 16,0
Sólidos solúveis	23,8 – 27,3	26,8 – 30,1	26,0 – 30,0	28,0 – 32,0

FONTE: RAGHAVAN e RAMALAKSHMI (1998).

Os polissacarídeos, durante a torração, são decompostos resultando em diversos ácidos orgânicos, os quais contribuem para a acidez da bebida do café, uma importante qualidade sensorial. Os ácidos reportados por CLIFFORD (1985), são o cítrico, málico, láctico, quínico, piruvíco, acético, oxálico, tartárico, propiônico, butírico, valérico.

Durante o processo de torração do café os açúcares redutores principalmente, reagem com aminoácidos (reação de Maillard) dando origem a compostos coloridos desejáveis, responsáveis pela cor marrom do café. Nestas reações são produzidos compostos voláteis que apresentam um grande efeito no aroma do produto final (CARVALHO et al., 1989).

De acordo com MOREIRA e TRUGO (2000), a importância dos ácidos clorogênicos para as características sensoriais da bebida está relacionada com a diminuição da sua composição durante a torração, e conseqüente aparecimento de compostos fenólicos livres, voláteis, participando, desta forma, da formação do aroma do café.

Os compostos fenólicos são gradualmente decompostos, com formação de voláteis do aroma e materiais poliméricos (melanoidinas) e liberação de CO₂. O ácido clorogênico é altamente hidrolisado a ácido caféico e ácido quínico; porém, os seus sabores, são mais amargos e adstringentes do que ácidos, pois seu grupo cíclico é um fenol. Um grande número de compostos fenólicos tem sido identificado em café torrado e alguns deles são originados dos ácidos clorogênicos (MENEZES, 1994).

A fração de sólidos solúveis de grãos torrados sofre variações conforme o tipo de café e o grau de torração, bem como pelo tipo de moagem. A ruptura das células do grão do café, afirma SIVETZ (1963), aumenta a velocidade de extração e o rendimento desses compostos, e torrações escuras aumentam em até 1% o teor dos sólidos devido a ressolubilização de celuloses, carboidratos e desnaturação de proteínas. Por outro lado, os autores SABBAGH e YOKOMIZO (1976), relatam que durante a torração, estes sólidos sofrem diminuições devido à perda de ácidos orgânicos e da volatilização de alguns compostos no processo pirolítico de torração.

Os triglicerídeos do grão do café são pouco afetados pela torração, exceto por uma pequena hidrólise e decomposição com liberação de ácidos graxos e formação de produtos voláteis, causados possivelmente pela oxidação. Muitos lipídeos são retidos nas estruturas celulares do grão, onde o CO₂ formado a partir da decomposição de carboidratos os protege contra oxidações. Contudo, em torrações mais escuras, muitas células sofrem rupturas e o óleo pode migrar para a superfície do grão onde ficará susceptível às oxidações atmosféricas (ILLY e VIANI, 1995).

As proteínas desnaturam-se em temperaturas inferiores à da pirólise, havendo, durante a torração, hidrólise das ligações peptídicas das moléculas protéicas com liberação de carbonilas e aminas (SIVETZ e DESROSIER, 1979). Hidroxiaminoácidos como a serina e a treonina durante a torração reagem com açúcares para formar pirazinas e piridinas, e seus derivados. Apenas traços de aminoácidos livres ocorrem em cafés torrados, segundo Abraham e Shankaranayana (1990) citado por RAGHAVAN e RAMALAKSHMI (1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Característica do experimento

Foram avaliados seis tipos de bebida de café da espécie *Coffea arabica* L., previamente classificadas quanto à bebida pela “prova de xícara”, proveniente de três cooperativas do estado de Minas Gerais, sendo duas do Sul e uma da Zona da Mata.

Para o experimento foi enviado, por cada cooperativa, ao Laboratório de Bebidas do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, 3kg de grãos de café beneficiados para cada tipo de bebida da safra de 2001/2002. As amostras foram transportadas em sacos plásticos transparentes embalados em caixas de papelão. Estas amostras, não foram classificadas por peneira, sendo então denominadas café “bica corrida”. As demais classificações de qualidade que avaliam as características físicas dos grãos (tipo e cor) não foram realizadas.

As classes de bebida avaliadas foram: estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio. Os grãos verdes foram analisados quanto à atividade da polifenoloxidase e o seu teor de acidez, pH e sólidos solúveis. Os grãos torrados foram analisados quanto ao seu teor de acidez, pH, sólidos solúveis, açúcares totais, redutores, não-redutores, extrato etéreo e compostos fenólicos. A partir do extrato dos grãos torrados foram também determinados os parâmetros L^* , a^* , b^* , do sistema de Hunter para avaliação da cor.

3.2. Amostragem

Os 3kg de amostras enviados por cada cooperativa, foram catados manualmente seguido de homogeneização. O processo de catação consistiu na retirada de paus, pedras e grãos pretos, quebrados e conchas. A seguir, os grãos catados, foram divididos em quatro partes iguais, sendo posteriormente identificados e acondicionados em sacos plásticos transparentes armazenados em caixas de papelão.

3.3. Preparo das amostras

Para as análises químicas os grãos verdes foram moídos em moinho elétrico e peneirados em peneira de 20mesh. Imediatamente após a passagem em peneira, estes foram armazenados em frascos de vidro, identificados e congelados em “freezer” a temperatura de aproximadamente - 4°C, para que não ocorressem alterações no material.

A torra americana ou clara dos grãos foi realizada utilizando-se torrefador contínuo de tambores giratórios, sendo que cada tambor possuía uma fornalha com um sistema de resfriamento. Para a padronização do tempo de torra foi realizado um treinamento na cafeeira INCOFEX e no Centro de Treinamento e Armazenagem (CENTREINAR). Foram também realizados testes preliminares, para a escolha do tambor e fornalha que seria utilizado. Foram torrados 120g de cada vez, sendo que a temperatura inicial do torrefador, o tempo de torra e a temperatura final dos grãos (medida pelo calor desprendido) foram de aproximadamente 210°C, 6 minutos e 170°C, respectivamente. A moagem foi realizada em moinho elétrico seguida por uma passagem em peneira de 20mesh. As amostras foram armazenadas em copos descartáveis, com tampa, revestidos internamente com papel alumínio, para evitar contato com a luz e restringir o contato com ar. A medida da temperatura foi realizada utilizando um termômetro de 360°C.

3.4. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições (4 amostragens) e 18 tratamentos (6 tipos de bebidas e 3 cooperativas). Constituindo dessa forma um experimento fatorial 6 x 3, com 4 repetições. A significância estatística das diferenças entre as médias foi determinada mediante teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a análise estatística da polifenoloxidase, utilizou-se o mesmo fatorial, com 2 repetições.

3.5. Análises físico-químicas e enzimáticas

3.5.1. Preparo da amostra

Para as análises de acidez, pH e teor de sólidos solúveis, dos grãos verdes foram pesados 4g de amostras e adicionados 100mL de água destilada. Esta mistura foi agitada por uma hora, e, após, efetuou-se uma filtração com papel de filtro qualitativo. O filtrado foi recolhido em erlenmeyer, de onde se retiraram as alíquotas a serem analisadas.

Para as análises de acidez, pH, teor de sólidos solúveis, parâmetros L*, a*, b* do método de Hunter e açúcares totais, redutores e não redutores dos grãos torrados e moídos pesou-se 4g de amostras, adicionando-se em seguida 100mL de água destilada fervente. Esta mistura foi agitada por 10min, e filtrada posteriormente com papel de filtro qualitativo. O filtrado foi recolhido em erlenmeyer, de onde retirou-se as alíquotas a serem analisadas.

3.5.2. Acidez total titulável

Transferiu-se 5mL do filtrado para um erlenmeyer, adicionou-se 45mL de água destilada e 3gotas de fenolftaleína. A mistura foi titulada com NaOH

0,01N e o término da titulação foi obtido com o auxílio de um pHmetro (pH de viragem 8,4 – 8,6). O resultado foi expresso em mL de NaOH 0,1 N por 100 gramas de amostra.

3.5.3. Determinação do pH

O pH foi medido diretamente no filtrado utilizando-se um pHmetro marca MICRONAL modelo B474.

3.5.4. Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis foi determinado diretamente no filtrado utilizando-se refratômetro de bancada tipo Abbe modelo 2 WAJ, conforme normas da AOAC (1990).

3.5.5. Açúcares totais, redutores e não redutores

Foram determinados por método espectrofotométrico, utilizando-se ácido dinitrosalicílico - DNS como reagente de oxiredução conforme descrito por MILLER (1959). Os açúcares redutores foram determinados a partir da análise direta do filtrado obtido conforme o item 3.5.1., sendo os açúcares totais determinados por hidrólise ácida do filtrado, utilizando-se uma alíquota de 50mL, 10mL de HCl 6N, mantido por 24 horas à temperatura ambiente para posterior análise, e os açúcares não redutores foram obtidos por diferença entre os açúcares totais e redutores.

3.5.6. Extrato etéreo

Foi determinado por pesagem da fração etérea, após a extração com éter de petróleo, em aparelho do tipo Soxhlet, e posterior evaporação do solvente segundo AOAC (1990).

3.5.7. Compostos fenólicos totais

A extração foi realizada através de algumas adaptações no método proposto por GOLDSTEIN e SWAIN (1963). Pesou-se 1g de amostra de café torrado e moído em tubos de 50mL, adicionando-se a esta 15 mL de metanol 50%(extrator). Em seguida colocou-se o tubo tampado em banho fervente até atingir a ebulição, retirando-o do banho, e quando a ebulição parava, o tubo era recolocado no banho. Após o segundo aquecimento esperou-se o pó decantar e realizou-se a filtração em papel de filtro Whatmann nº1. Ao pó decantado adicionou-se 15mL de solução extratora seguindo os mesmos passos até a filtragem. Este procedimento foi realizado três vezes a fim de garantir a extração dos compostos fenólicos presentes na amostra. O filtrado foi recolhido em um balão de volumétrico de 100mL. Completou-se o volume do balão com água destilada. A quantificação foi realizada de acordo com o método de Folin-Denis descrito em AOAC (1990).

3.5.8. Atividade específica da polifenoloxidase (PPO)

A obtenção do extrato enzimático foi feita através da adaptação do processo de extração descrito por CARVALHO et al. (1994). Pesou-se 1g do grão verde e moído e adicionou-se 8mL de tampão fosfato de potássio 0,1M pH 6,0, agitando-se por 15min. Em seguida a mistura foi centrifugada em centrífuga refrigerada marca SIGMA, modelo 3k 30, a 18000g por 15 min a 4°C. Em todas as etapas de extração o material foi mantido refrigerado. O sobrenadante foi então utilizado para se obter a atividade enzimática. Retirou-se uma alíquota de 200 µL e a esta adicionou-se 200 µL de glicina 0,2M e 600 µL de solução de catecol 5mM, preparada no momento de análise. A reação foi realizada diretamente no cubeta, à temperatura ambiente, e as leituras de absorbância a 420nm realizou-se imediatamente após a adição do substrato, durante dez minutos em intervalos de 1 minuto. Uma unidade de PPO foi definida como a quantidade de produto que causa

uma variação de uma unidade de absorvância multiplicada por 10^3 para se representar os dados em U/min/ μ g de proteínas solúveis, unidade convencional de atividade enzimática específica.

A concentração de proteínas solúveis do extrato foi determinada pelo método de BRADFORD (1976), a partir do extrato obtido para a determinação da atividade enzimática, sendo este parâmetro utilizado apenas para o cálculo da atividade enzimática específica.

3.5.9. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter

A avaliação da cor foi realizada a partir de 50mL do filtrado obtido a partir dos grãos torrados, conforme descrito no item 3.5.1, sendo esta realizada em aparelho ColorQuest II, do sistema de Hunter, conectado a um computador provido do sistema software Universal. Foi utilizada uma cubeta de quartzo, para a realização das leituras sendo estas obtidas em replicatas com 5 observações, em modo de transmitância total (TTRAN), após a calibração do colorímetro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos a seguir apresentados estão expresso em base úmida. Detectou-se que algumas das várias características avaliadas apresentaram uma interação significativa ($p < 0,01$ ou $P < 0,05$) entre os fatores tipo de bebida e cooperativa, indicando uma dependência entre os fatores. Neste caso, as médias de um fator foram comparadas dentro de cada nível do outro fator.

4.1. Acidez total titulável

Os resultados da acidez total titulável dos grãos de cafés torrados e verdes para as diferentes categorias de bebida e seus respectivos locais de origem (cooperativas) encontram-se no Quadro 4.

Para a acidez total titulável dos grãos verdes, não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores tipo de bebida e cooperativa. Na comparação das médias obtidas para os seis tipos de bebidas, verificou-se que a acidez da bebida dura foi menor, diferindo significativamente ($p < 0,05$) da bebida riada.

Quadro 4 – Valores médios de acidez total titulável (mL de NaOH 0,1 N/100g) de grãos torrados e grãos verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.

Bebida	Grãos Torrados			Média	Grãos Verdes			Média
	Acidez Total Titulável (mL de NaOH 0,1N/100g)				Acidez Total Titulável (mL de NaOH 0,1N/100g)			
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3		Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente mole	253,09 a B	241,38 a B	287,77 a A	260,75	146,26	169,96	138,20	151,47 ab
Mole	250,38 a A	248,76 a A	231,12 b A	243,42	142,65	143,55	152,80	146,33 ab
Apenas mole	251,26 a A	232,63 a A	238,27 b A	240,72	130,64	144,27	149,08	141,33 ab
Dura	237,33 ab A	232,92 a A	242,99 b A	237,75	132,94	139,71	137,91	136,85 b
Riada	250,29 a A	223,06 a A	225,76 b A	233,04	149,67	155,48	164,89	156,68 a
Rio	202,46 b B	262,93 a A	249,71 ab A	238,37	136,75	146,98	148,74	144,16 ab
Média	240,80	240,28	245,94		139,82	149,99	148,60	

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para a mesma característica analisada.

A acidez total titulável dos grãos torrados para as diferentes categorias de bebidas da cooperativa 2 não apresentou diferença significativa ($p>0,05$), já as cooperativas 1 e 3 apresentaram uma pequena variação. Observa-se que a bebida estritamente mole das cooperativas 1 e 3 apresentou maior acidez média, diferindo estatisticamente ($p<0,05$) da bebida rio para a cooperativa 1 e das bebidas mole, apenas mole, dura e riada para a cooperativa 3.

A acidez total titulável para os grãos torrados apresentou valores superiores à dos grãos verdes. O aumento da acidez com a torração deve-se à formação de ácidos a partir dos carboidratos, quando estes são reduzidos a ácidos carboxílicos e CO_2 (SIVETZ e DESROSIER, 1979).

PIMENTA et al. (2000) ao estudarem a acidez titulável de grãos colhidos nos estádios de maturação verde, verde cana, cereja e seco/passa verificaram teores de 247,86; 254,29; 260,71; 255,00 mL NaOH 0,1N/100g de café, respectivamente. Ao comparar os valores obtidos para as diferentes classes de bebidas apresentadas por CARVALHO et al. (1994), verificou-se uma diferença, sendo esta atribuída ao fato de existirem outros fatores além do estágio de maturação do fruto, que contribuem para as alterações nos teores de acidez.

Verificou-se, devido à pequena variação de acidez, que não foi possível estabelecer uma relação (crescente ou decrescente) entre o tipo de bebida e a sua respectiva acidez, como observado por CARVALHO et al. (1994). Esta observação pode ser atribuída a diferentes condições climáticas durante a colheita e secagem dos grãos, estágio de maturação dos grãos, tipos de processamento e condições de armazenamento.

Contrariamente a outros tipos de alimentos e bebidas, onde a acidez é um parâmetro que indica o estado de conservação e, eventualmente, a qualidade da matéria, os valores encontrados em café não foram indicativos de qualidade, provavelmente devido à baixa umidade do produto e às pequenas variações. A acidez total titulável, assim como o pH, podem estar relacionados com o estado de conservação do grão, proveniente da estocagem do produto, e não, necessariamente, da classificação do grão.

4.2. Determinação do pH

Os valores médios de pH dos grãos verdes e torrados encontram-se no Quadro 5. A interação entre as diferentes categorias de bebidas e cooperativas foi significativa ($P < 0,05$) e ($p < 0,01$) para os grãos verdes e torrados, respectivamente.

Os valores médios de pH dos grãos verdes da cooperativa 2 para os diferentes tipos de bebidas não diferiram significativamente ($p > 0,05$), sendo que as demais cooperativas apresentaram pequenas diferenças. Observa-se que as bebidas apenas mole e dura das cooperativas 2 e 3 diferiram significativamente ($p < 0,05$) da cooperativa 1.

Para os grãos torrados, os valores médios de pH foram mais heterogêneos, quando observa-se as diferenças encontradas nos valores médios do pH dos grãos verdes. O maior valor de pH encontrado foi o da bebida dura das cooperativas 2 e 3 e apenas o pH da bebida mole não apresentou variação significativa ($p > 0,05$) entre as três cooperativas.

Os valores de pH encontrados para os grãos verdes foram maiores que os valores médios obtidos para os grãos torrados, sendo este fato também observado por LOPES (2000). Este decréscimo pode ser atribuído ao aumento da concentração dos ácidos devido a conseqüente perda de água durante a torração e, ou a formação de novos ácidos.

FERNANDES et al. (2001) ao analisarem o pH de grãos torrados (torração média) de duas cooperativas do sul de Minas Gerais e não encontraram uma diferença significativa ($p > 0,05$) entre o pH das bebidas dura, rio e riada sendo este aproximadamente 6,3. O mesmo não foi observado neste trabalho, pois diferenças significativas foram obtidas entre estas classes de bebidas. Esta diferença pode ser atribuída ao fato de que a severidade da torração leve a uma eliminação maior de ácidos voláteis, visto que os trabalho utilizaram diferentes tipos de torra.

Quadro 5. Valores médios de pH de grãos torrados e verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.

Bebida	Grãos Torrados			Média	Grãos Verdes			Média
	pH				pH			
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3		Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente mole	4,93 d B	5,14 abc A	5,15 a A	5,07	5,82 b A	5,85 a A	5,84 b A	5,84
Mole	5,11 bc A	5,13 bc A	5,13 a A	5,12	5,88 ab A	5,81 a A	5,84 b A	5,84
Apenas mole	5,04 c B	5,18 ab A	4,99 b B	5,07	5,91 a A	5,84 a B	5,83 b B	5,86
Dura	5,12 b B	5,21 a A	5,17 a AB	5,17	5,93 a A	5,83 a B	5,86 ab B	5,87
Riada	5,20 a B	5,10 c A	4,99 b C	5,10	5,91 a A	5,89 a A	5,93 a A	5,91
Rio	5,18 ab A	5,02 d B	5,13 a A	5,11	5,86 ab A	5,88 a A	5,90 ab A	5,88
Média	5,10	5,13	5,09		5,88	5,85	5,86	

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para mesma característica analisada.

4.3. Sólidos solúveis totais

A concentração de sólidos solúveis totais dos grãos verdes de todas as amostras de café não diferiram significativamente ($p > 0,05$), com valores próximos a 44 % (Quadro 6). Nos grãos torrados, apenas a cooperativa 3 apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto ao teor de sólidos solúveis de algumas categorias de café, sem relação direta com as diferentes categorias de café avaliadas. Segundo PIMENTA (1995), os teores de sólidos solúveis para o cafeeiro arábica é de 24 a 31% para o grão verde, com teor de umidade entre 11 a 13%. A forma de preparo das amostras não foi exatamente a mesma na análise comparativa dos dados desse trabalho.

Observa-se, de maneira geral, que os grão torrados apresentaram um maior teor de sólidos solúveis totais, quando comparados com o resultados obtido para os grãos verdes, confirmando o que foi abordado por SIVETZ (1963) e discordando do que foi relatado por SABBAGH e YOKOMIZO (1976).

As categorias de café que possuem maior teor de sólidos solúveis apresentam maior rendimento para elaboração da bebida, bem como para preparo de café solúvel. Os sólidos solúveis abrangem açúcares, proteínas, vitaminas e outros.

Quadro 6. Teores médios de sólidos solúveis totais de grãos torrados e verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.

Bebida	Grãos Torrados			Média	Grãos Verdes ¹			Média
	Sólidos Solúveis Totais				Sólidos Solúveis Totais			
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3		Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente mole	42,60 a A	46,43 a A	47,46 ab A	45,49	41,53	44,28	44,07	43,29
Mole	48,26 a A	47,88 a A	48,19 a A	48,11	46,12	44,48	43,82	44,81
Apenas mole	47,17 a A	46,62 a A	42,60 ab A	45,46	45,84	43,92	42,79	44,18
Dura	47,63 a A	46,43 a A	46,69 ab A	46,92	44,59	46,66	43,75	45,00
Riada	51,40 a A	47,13 a A	40,07 b B	46,20	45,51	45,76	43,39	44,88
Rio	46,37 a A	45,41 a A	46,19 ab A	45,99	42,03	42,12	46,26	43,47
Média	47,24	46,65	45,20		44,27	44,53	44,01	

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para a mesma característica analisada.

¹ Os efeitos principais e também a interação não foram significativos pelo teste F ($p > 0,05$).

4.4. Açúcares totais, redutores e não redutores

Os teores médios de açúcares totais (Quadro 7) das bebidas estritamente mole, mole, apenas mole, riada e rio são, estatisticamente, iguais ($p>0,05$) para as diferentes cooperativas, enquanto que, dentro de cada cooperativa encontra-se diferenças significativas ($p<0,05$) entre as diferentes classes de bebida. Observa-se que as bebidas dura e riada diferem significativamente ($p<0,05$) para as cooperativas 1 e 2.

Os teores de açúcares podem indicar a presença de maior doçura na bebida, já que com a torração o açúcar é degradado, sendo utilizado em outras reações, tais como a reação de Maillard ou caramelização.

A bebida mole não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) quanto aos teores médios dos açúcares redutores entre as diferentes cooperativas. Observa-se também que houve diferenças significativas ($p<0,05$) entre as diferentes categorias de bebida dentro de uma mesma cooperativa, sendo que os menores valores foram encontrados na cooperativa 1 bebida dura, cooperativa 2 bebida riada e cooperativa 3 bebida apenas mole.

Os frutos colhidos no estágio de maturação verde, verde cana, cereja e seco/passa, apresentam 0,29; 0,31; 0,50 e 0,38% de açúcares redutores, respectivamente. Desta forma, pode-se dizer que à medida que a maturação vai se intensificando a quantidade de açúcares redutores vai aumentando até atingir o valor máximo no estágio cereja e diminuindo quando o fruto seca na própria planta, perdendo a camada de mucilagem que é rica em carboidratos (PIMENTA et al., 2000). A partir deste estudo, pode-se associar uma maior quantidade de açúcares redutores ao estágio de maturação cereja.

Em estudos realizados por FERNANDES et al. (2001) e LOPES (2000) obteve-se diferentes percentuais de açúcares redutores, para as bebidas dura, riada e rio, podendo esta ser atribuída ao fato que o primeiro utilizou a torra média e o segundo torra clara. Sugere-se uma perda maior destes compostos, com o aumento do grau de torração, devido ao aumento das reações de caramelização.

Quadro 7. Teores médios de açúcares totais, redutores e não-redutores de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara, provenientes de três cooperativas do estado de Minas Gerais.

Bebida	Grãos Torrados													
	Açúcares Totais				Média	Redutores				Média	Não-Redutores			Média
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	Coop. 1		Coop. 2	Coop. 3	Coop. 1	Coop. 2		Coop. 3			
Estritamente mole	3,61 ab A	3,66 ab A	4,12 ab A	3,80	1,14 ab B	1,49 ab A	1,59 a A	1,41	2,47 ab A	2,29 ab A	2,65 a A	2,47		
Mole	3,78 a A	3,97 ab A	4,24 a A	3,99	1,43 a A	1,65 a A	1,53 a A	1,53	2,41 ab A	2,41 ab A	2,79 a A	2,54		
Apenas Mole	3,43 ab A	3,99 ab A	3,27 b A	3,56	1,42 a A	1,56 ab A	1,00 c B	1,33	2,07 ab A	2,52 ab A	2,26 a A	2,29		
Dura	2,68 b B	4,20 a A	3,92 ab A	3,60	1,03 b B	1,52 ab A	1,50 a A	1,35	1,72 b B	2,78 a A	2,49 a A	2,33		
Riada	3,88 a A	3,25 b A	3,70 ab A	3,61	1,42 a A	1,32 b A	1,04 bc B	1,26	2,53 a AB	1,97 b B	2,67 a A	2,39		
Rio	3,32 ab A	3,41 ab A	3,27 b A	3,33	1,19 ab B	1,63 a A	1,33 ab B	1,38	2,20 ab A	1,90 b A	2,01 a A	2,04		
Média	3,45	3,75	3,75		1,27	1,53	1,33		2,24	2,32	2,48			

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para a mesma característica analisada.

Os percentuais de açúcares redutores encontrados neste estudo diferenciam dos encontrados por LOPES (2000) e FERNANDES et al. (2001), podendo esta diferença está relacionada à metodologia utilizada na determinação destes teores.

Os teores médios de açúcares não redutores para as diferentes classes de bebida da cooperativa 3 não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), já as cooperativas 1 e 2 apresentaram um pequena variação.

Os teores médios de açúcares não redutores para os grãos torrados apresentam valores maiores do que os encontrados para os açúcares redutores, sendo este fato observado também por LOPES (2000) e FERNANDES et al. (2001).

O café é uma mistura bastante complexa sob o aspecto físico e sensorial. A qualidade físico-química tem que estar relacionada com a melhor qualidade sensorial e melhor aceitação do produto. Os açúcares totais e suas diferentes frações estão correlacionados com o sabor, corpo, textura, doçura e cor do produto. Assim, diferenças significativas no teor de açúcares poderiam implicar em melhor qualidade e aceitação do produto.

4.5. Extrato etéreo

Os teores médios de extrato etéreo de grãos torrados para as bebidas mole, dura e rio não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) para as diferentes cooperativas (Quadro 8). Observa-se também que houve diferenças significativas ($p<0,05$) entre as diferentes categorias de bebida dentro de uma mesma cooperativa, sendo que o maior valor encontrado para a cooperativa 1 foi da bebida estritamente mole, cooperativa 2 foi da bebida riada e cooperativa 3 foi da bebida apenas mole.

Segundo AMORIM (1972), os óleos do grão de café durante a torração, são responsáveis pela retenção seletiva de substâncias aromáticas do grão de café, melhorando a qualidade do produto. Desta forma, uma maior concentração de extrato etéreo poderia ser, portanto, indicativo de melhor qualidade.

Quadro 8. Teores médios de extrato etéreo de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas do estado de Minas Gerais.

Bebida	Extrato Etéreo (%)			Médias
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente Mole	13,01 a A	11,84 abc AB	11,07 bc B	11,97
Mole	11,31 b A	10,88 bc A	10,36 c A	10,85
Apenas Mole	11,98 ab B	10,52 c C	14,37 a A	12,29
Dura	11,90 ab A	11,25 abc A	10,90 bc A	11,35
Riada	11,10 b B	12,76 a A	12,32 b AB	12,06
Rio	11,36 b A	12,16 ab A	11,74 bc A	11,75
Médias	11,78	11,57	11,79	

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foram encontradas diferenças ($p < 0,05$) quanto aos teores médios de extrato etéreo para as diferentes classes de bebida; não encontrando, no entanto, uma relação direta e proporcional com a qualidade. Esta característica deve estar associada com outras características de qualidade, tais como cor, acidez, textura e outros.

4.6. Compostos fenólicos totais

A concentração dos compostos fenólicos totais dos grãos torrados de todas as amostras de café não diferiram significativamente ($p > 0,05$), assumindo valores próximos a 6 % (Quadro 9).

AMORIM (1972) relata que para cafés de bebida mole os teores de ácidos clorogênicos são menores em relação aos cafés de bebida rio, riada e dura, fato não observado neste estudo. Em outro trabalho, AMORIM et al. (1974) sugerem que o teor desses ácidos são mais elevado em cafés de qualidade mais baixa como resultado do ataque do fungo *Fusarium sp*, indicando que os danos mecânicos e químicos induzem à produção de maiores quantidades de compostos fenólicos.

Quadro 9. Teores médios de compostos fenólicos totais de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

Bebida	Compostos Fenólicos totais(%)			Médias
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente Mole	5,83	6,15	5,73	5,90
Mole	5,98	6,08	5,36	5,81
Apenas Mole	5,91	5,67	5,72	5,76
Dura	6,14	6,06	5,49	5,89
Riada	5,82	6,33	5,62	5,92
Rio	6,34	5,77	5,73	5,95
Médias	6,00	6,01	5,61	

Os efeitos principais e também a interação não foram significativos pelo teste F ($p>0,05$).

Além da concentração total de compostos fenólicos, as diferentes frações compreendidas nesta característica são importantes para a qualidade e melhor aceitação do produto. De 660 compostos voláteis identificados em café torrado, apenas 42 foram identificados como fenóis, a maioria proveniente da degradação térmica de carboidratos, ácido clorogênico e ligninas. Sabe-se, por exemplo, que a qualidade inferior do café tipo robusta em relação ao arábica pode ser devido à maior concentração de ácidos clorogênicos (SHAHIDI e NACZK, 1995).

De acordo com BICCHI et al. (1995), mesmo que seja possível classificar diferentes tipos de café pelo padrão de ácidos clorogênicos presente, e compará-lo por meio de técnicas sensoriais, é difícil estabelecer a correlação exata com a qualidade da bebida.

4.7. Atividade específica da polifenoloxidase

Atividade específica média da polifenoloxidase expressa em U/min/ μ g de proteína solúveis (Quadro 10) para as bebidas riada e rio não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre as diferentes cooperativas estudadas, mostrando haver uma uniformidade em relação à atividade enzimática para esses dois tipos de bebida.

Quadro 10. Valores médios da Atividade específica da polifenoloxidase (U/min/ μ g de proteínas solúveis) de grãos verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

Bebida	Atividade Específica da Polifenoloxidase (U/min/ μ g de proteínas solúveis)			Médias
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	
Estritamente Mole	0,287 a A	0,193 b B	0,202 a B	0,227
Mole	0,252 ab B	0,333 a A	0,209 a B	0,264
Apenas Mole	0,209 ab B	0,314 a A	0,107 b C	0,210
Dura	0,187 b A	0,225 b A	0,118 b B	0,177
Riada	0,101cd A	0,058 d A	0,086 b A	0,082
Rio	0,097d A	0,087 cd A	0,059 b A	0,081
Médias	0,189	0,202	0,130	

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao analisar as médias da atividade para as diferentes classes de bebidas dentro de uma mesma cooperativa, observa-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para as três cooperativas estudadas, sendo que apenas a cooperativa 1 apresentou valores de atividade decrescentes juntamente com a qualidade obtida a partir da “prova de xícara”, apresentando, portanto, uma relação similar à observada por CARVALHO et al. (1994).

Como houve diferenças estatísticas entre a mesma classe de bebida para diferentes cooperativas, não é possível afirmar que a atividade da polifenoloxidase é um indicador preciso de qualidade da bebida café, concordando, dessa forma, com o que foi observado por VITORINO et al. (2001).

4.8. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter

Os valores médios dos parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema de Hunter para avaliação da cor (Quadro 11) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as diferentes classes de bebidas dentro de uma mesma cooperativa para quase todos os parâmetros, exceto para o parâmetro a^* da cooperativa 3, significando que somente os tipos de bebidas da cooperativa 3 apresentaram estatisticamente a mesma intensidade de cor vermelha. As diferenças aqui encontradas podem estar relacionadas com o fato das amostras de cafés não terem sido classificadas por peneiras, apresentando diferentes tamanhos dificultando a padronização torra.

Os valores de L^* , a^* e b^* , podem estar relacionados com as condições de torrefação, sendo sua maior ou menor intensidade influenciada pela composição química (açúcares totais e suas frações, aminoácidos, umidade) do grão e grau de torração.

Os parâmetros de L^* , a^* e b^* foram analisados devido ao fato de que durante a torração, ocorrem reações de Maillard, de caramelização de açúcares, e degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos, reações essas responsáveis pela produção das características de cor e sabor do café (SIVETZ, 1963; MARIA, et al., 1994).

FARAH et al. (2001) ao analisarem os parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema de Hunter para avaliação da cor de cafés submetidos a diferentes tipos de torra, observaram que os valores de L^* , a^* e b^* reduziam a medida se aumentava o grau de torra.

Quadro 11. Valores dos parâmetros L*, a*, b* do método de Hunter para a avaliação da cor a partir de grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

Bebida	Parâmetros L*, a*, b*											
	L*				a*				b*			
	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	Média	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	Média	Coop. 1	Coop. 2	Coop. 3	Média
Estritamente Mole	47,12 a A	43,26 ab A	44,87 a A	45,08	23,63 b A	26,68 bc A	25,82 a A	25,38	29,75 a A	27,45 ab A	28,39 a A	28,53
Mole	42,11 b A	45,43 ab A	45,00 a A	44,18	26,85 ab A	26,06 bcd A	26,49 a A	26,47	26,88 b A	28,74 ab A	28,47 a A	28,03
Apenas Mole	40,97 bc B	47,28 a A	40,59 ab B	42,94	28,65 a A	23,92 d C	26,09 a C	26,22	26,12 bc B	29,74 a A	25,95 ab B	27,27
Dura	36,84 c C	47,43 a A	43,33 ab B	42,53	28,59 a A	24,45 cd B	26,97 a A	26,67	23,45 c C	29,87 a A	27,54 ab B	26,95
Riada	42,94 ab A	36,93 c B	42,89 ab A	40,92	26,11 ab B	28,45 ab A	25,39 a B	26,65	27,23 ab A	23,52 c B	27,22 ab A	25,99
Rio	45,63 ab A	40,84 bc B	38,84 b B	41,77	25,60 b B	29,53 a A	27,86 a A	27,66	28,85 ab A	25,99 bc B	24,77 b B	26,54
Média	42,60	43,53	42,58		26,57	26,51	26,44		27,05	27,55	27,06	

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para a mesma característica analisada.

4.9. Caracterização físico-química e enzimática

Observando-se as médias dos tratamentos, independente da classificação pelo teste da xícara e da procedência das amostras, pode-se constatar que a composição dos grãos de cafés torrados e verdes, nas condições experimentais utilizadas apresentaram os seguintes valores máximos e mínimos com respectivas amplitudes (Quadro 12).

Quadro 12. Dados médios de amplitude e valores máximos e mínimos da composição dos grãos de café torrados e verdes para as diferentes características analíticas estudadas.

Características analíticas	Grãos Torrados			Grãos Verdes		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Amplitude	Valor Mínimo	Valor Máximo	Amplitude
Acidez total (mL de NaOH 0,1N/100g)	202,46	287,77	85,31	130,64	169,96	39,32
pH	4,93	5,21	0,28	5,81	5,93	0,12
Sólidos solúveis (g/ 100g de amostra)	40,07	51,40	11,33	41,53	46,66	5,13
Açúcar total (g/ 100g de amostra)	2,68	4,24	1,56	N	N	N
Açúcar redutor (g/ 100g de amostra)	1,00	1,65	0,65	N	N	N
Açúcar não redutor (g/ 100g de amostra)	1,72	2,79	1,07	N	N	N
Extrato Etéreo (g/ 100g de amostra)	10,36	14,37	4,01	N	N	N
Compostos fenólicos (g/ 100g de amostra)	5,36	6,34	0,98	N	N	N
Atividade PPO U/min/ μ g de ptn solúveis	N	N	N	0,058	0,333	0,257

N - não analisado

Os valores encontrados para a composição do café torrado, para as características analíticas, extrato etéreo e açúcares totais, situam-se próximos aos valores citados na tabela de composição de alimentos (FRANCO, 1982), a qual nos fornece 14,13 e 2,31 %, respectivamente.

RAGHAVAN e RAMALAKSHMI (1998), ao estudarem a composição química de grãos de café torrado e cru para as espécies Arábica e Robusta, para as características açúcares redutores, ácido clorogênico e sólidos solúveis, obtiveram percentuais diferentes dos encontrados neste trabalho, já o teor de lipídeos situa-se próximo do valor encontrado (14 – 20%). As diferenças encontradas podem ser explicadas devido a grande diversidade nas técnicas de preparo e colheita de amostra, diversidade de variedades e tratos culturais.

5. CONCLUSÕES

Considerando-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) com relação aos parâmetros, sólidos solúveis totais para grãos verdes e compostos fenólicos para grãos torrados; pode-se concluir que a composição média aproximada de sólidos solúveis totais foi 44% e para compostos fenólicos totais foi 6%, para as condições experimentais deste trabalho.

As análises de pH dos grãos verdes e torrados, a acidez total titulável de grãos torrados, bem como sólidos solúveis totais, os açúcares em suas diferentes formas (reduzidos, não-reduzidos e totais), fração etérea e a avaliação da cor pelo sistema de Hunter dos grãos torrados e atividade da polifenoloxidase apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação as diferentes classes de bebidas, sendo que essa variação na composição não apresentou uma relação crescente ou decrescente com a qualidade da bebida. Conclui-se, portanto, que a composição interfere na qualidade da bebida, não sendo possível, a partir das técnicas utilizadas neste trabalho, estabelecer uma correlação direta e/ou proporcional entre as diferentes classes de bebidas com a qualidade.

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a mesma classe de bebida entre diferentes cooperativas, sugerindo, dessa forma, a

falta de padronização da qualidade da bebida, obtida a partir da “prova de xícara”.

A partir das médias dos tratamentos, independente da classificação pelo teste da xícara e da procedência das amostras, foi possível obter os seguintes valores mínimos e máximos para a acidez total titulável 202,46 e 287,77 mL de NaOH 0,1N/100g para grãos torrados e 130,64 e 169,96 mL de NaOH 0,1N/100g grãos verdes; pH 4,93 e 5,21 para grãos torrados e 5,81 e 5,93 para grãos verdes; sólidos solúveis totais 40,07 e 51,4% para grãos torrados e 41,53 e 46,66% para grãos verdes; açúcares totais 2,68 e 4,24% redutores 1,00 e 1,65% e não-redutores 1,72 e 2,79% para grãos torrados; extrato etéreo 10,36 e 14,37% para grãos torrados; compostos fenólicos 5,36 e 6,34% para grãos torrados, podendo estes serem utilizados como dados de referências em trabalhos futuros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABRAHAM, K. O. **Guide on food products**. Bombay: Spelt Trade Publications, 1992. v.2. Coffee & coffee products, p. 1-14.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 85p. (Tese - Livre Docência em Bioquímica).

AMORIM, H. V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Tese - Doutorado em Bioquímica).

AMORIM, H. V.; SILVA, D. M. **Relação da atividade da polifenoloxidase do grão de *Coffea arabica* L. com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1968. 16p. (Boletim Técnico, 31).

AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A. A.; GUERCIO, M. A.; CRUZ, V. F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee anal the quality of the beverage: II-Phenolic compounds. **Turrialba**, San Jose, v.24, n.2, p. 217-221, Abr./Jun. 1974.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ: **Coffee Business**. Rio de Janeiro, 1998. v.4 136p.

ARAÚJO, J. M. de A. **Química de Alimentos: teoria e prática**, 2ed., Viçosa: UFV, 1999. 416p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16 ed. Washington, 1990. 2v.

BÁRTHOLO, G. F., MAGALHÃES FILHO, A. A. R., GUIMARÃES, P. T. G. e CHALFOUN, S. M. Cuidados na colheita, preparo do café e no armazenamento do café (*Coffea arabica* L.). **Informe Agropecuário**, v.14 n.162, p.33-44, 1989.

BASSOLI, P. G. **Avaliação da qualidade de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada**. Londrina: Universidade Federal de Londrina, 1992. 110p. (Dissertação – Mestrado em Bioquímica).

BICCHI, C. P.; BINELLO, A. E.; PELLEGRINO, G. M. e VAN, A. C. Characterization of green and roasted coffees through the chlorogenic acid fraction by HPLC-UV and principal component analysis. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 43, p.1549-1555, 1995.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72:248-254, 1976.

CAIXETA, G. Z. T. Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas. In: **I Encontro sobre produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 1999. 259p.

CARVALHO, V. D. e CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v.11, n.126, p.79-92, 1985.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S. J.de R. Relação entre classificação de café pela bebida e composição físico-químico, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAEEIRAS, 15, Maringá, 1989. **Resumos ...**, Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1989. p.25-26.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M.. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, v.18, n.187, p.5-20, 1997.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.

CHAGAS, S. J. de R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1994. 83p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

CLASSIFICAÇÃO: uma discussão de todo o setor. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.9, n.98, p. 11-15, out. 1999.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (ed.). **Coffee**: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Croom Helm, 1985. p.305-374.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids: their complex nature and routine determination in coffee beans. In: CLARKE, J. R; MACRE, R (eds). **Coffee v.1: Chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p. 153-202.

DENTAN, E. Examen microscopique de gran de café rôté. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM EN COFFEE, 12., 1987, Montreux. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1987. p.186-188.

ESKIN, N. A. M. **Biochemistry of food**. 2ed. San Diego: Academic Press, 1990. Biochemistry of food spoilage: enzymatic browning, p. 401-427.

FARAH, A.; NEVES, D. F. das; TRUGO, L. C.; ROSENTHAL, A. ; DELLA MODESTA, R. C. Compostos fenólicos em café torrado. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2: 2001: Vitória, ES). **Resumos...** Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2001. 181p, p. 104-105.

FERNANDES, S. M.; PINTO, N. A. V. D.; CARVALHO, V. D. de; PEREIRA, R. G. F. A. Avaliação química da qualidade dos grãos de café torrados de duas cooperativas do sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, ESPECIAL, n.3, 2001. p.35-38.

FRANCO, G. **Nutrição: texto básico e tabela de composição química dos alimentos**. 6ed. Atheneu, Rio de Janeiro, 1982. 230p.

GIRANDA, R. do N. **Aspectos qualitativos de cafés** (*Coffea arabica* L.) **submetidos a diferentes processos de secagem**. Lavras: UFLA, 1998. 83p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, n.4, p. 371-382, 1963.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. San Diego, 1995. 253p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1977. 36p.

KAY, J. S. **Postharvest physiology of perishable plant products**. AVI Book Publ. New York, 1991. 532p

LACERDA FILHO, A. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa: UFV, 1986. 136p. (Mestrado em Engenharia Agrícola).

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: UFLA, 1991. 135p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Lavras, MG: UFLA, 2000. 95p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

MAIER, H. G.; KRAUSE, H.G. Zur Bindung flüchtiger aromastoffe and pulverkaffee: I. Bindung kleiner mengen. **Kaffee und Tee Markt**, Verlag, v.27, p. 3-6, 1977.

MARIA, C. A. B.; TRUGO, L. C.; MOREIRA, R. F. A.; WERNECK, C. C. Composition of green coffee fraction and their contribution to the volatile profile formed during roasting. **Food Chemistry**, Oxford, v.50, n.2, p.141-145, 1994.

MENEZES, H. C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com maturação de café**. Campinas: UNICAMP, 1994. 171p. (Tese - Doutorado em Tecnologia de Alimentos).

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

MOREIRA, R. F. A. e TRUGO, L. C. Componentes do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v.23, p. 195-203, 2000.

NORTHMORE, J. M. Over fermented beans and stinkers as defectives of arabica coffee. In: INTERNATIONAL COLOQUIUM ON THE CHEMISTRY OF COFFEE, 4., 1969, Paris. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1969. p. 47-59.

OLIVEIRA, M. V. **Efeito do armazenamento no branqueamento de grão de café beneficiado: modelagem matemática de processo.** Lavras: UFLA, 1995. 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “Estritamente Mole”** Lavras: UFLA, 1997. 96p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos de quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

PIMENTA, C. J.; COSTA, L. e CHAGAS, S. J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.1, p. 23-30, 2000.

PREVISÃO de safra 2002/2003: banco de dados. Disponível em http://www.agricultura.gov.br/spc/balaca/cafe_02_03_junho.pdf> Acesso em: 25 nov. 2002.

PRODUÇÃO mundial de café por país: banco de dados. Disponível em <http://www.coffeebusiness.com.br/pagina.asp?pagina=produção>> Acesso em: 24 de nov. 2002.

QUALIDADE e marketing: as armas para manter o crescimento. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.8, n.90, p. 12-16, 1999.

RAGHAVAN, B.; RAMALAKSHMI, K. Coffee: chemistry and technology of its processing. **Indian Coffee**, Bangalore, v.62, n. 11, p. 3-11, 1998.

ROGERS, W. J., MICHAUX, S., BASTIN, M., BUCHELI, P. Changes to the content of sugar, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of robusta (*C. Canephora*) and arabica (*C. Arabica*) coffees. **Plant Science**, v. A49. p.115-123. 1999.

SABBAGH, N. K.; YOKOMIZO, Y. Efeito da torração sobre algumas propriedades químicas de cafés Arábica e Robusta. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p. 147-161, 1976.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects, applications**. Technomic Pub. Co. Inc. Lancaster. 1995. 331p.

SHANKARANARAYANA, M. L.; RAGHAVAN, B.; ABRAHAM, O.; NATARAJAN, C. P. Complex nature of coffee aroma. **Indian Coffee**, Bangalore, v.38, n.4, p. 84-92, Apr. 1974.

SILVA, C. G. **Qualidade da bebida do café (*Coffea arabica* L.) avaliada por análise sensorial e espectrofotometria**. Viçosa: UFV, 1997. 44p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola)

SILVA, E. B. **Potássio para o cafeeiro: efeitos de fonte, doses e determinação de cloreto**. Lavras: UFLA, 1995. 87p. (Dissertação - Mestrado Solos e Nutrição de Plantas).

SILVA, J. de S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: **I Encontro sobre produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 1999. 259p.

SIVETZ, M. Chemical properties of coffee. **Coffee Processing Technology**, Westport, v.2., p. 162-186, 1963.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westport, p. 527-575, 1979.

SOUZA, S. M. C. de. **O café** (*Coffea arabica* L.) **na Região Sul de Minas Gerais**: relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos. Lavras: UFLA, 1996. 171p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

TEIXEIRA, A. A. Classificação do café. In: **I Encontro sobre produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 1999. 259p.

TEIXEIRA, A. A., LEVY, F. A., CARVALHO, A. Observações sobre várias características do café colhido verde e maduro. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 11, 1984, Londrina. **Resumo...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA/EMBRAPA, 1984. P.227 – 228.

TRUGO, L. C. Café: composição química e potencial nutracêutico. In: Simpósio Latino-Americano de Ciência de Alimentos, 3. **Resumos...** Campinas: SLACA, 1999. p. XVIII.

VITORINO, P. F. P. G.; ALVES, J. D.; CHAGAS, S. J. R.; BÁRTHOLO, G. F. Seria a atividade da polifenoloxidase um bom indicador da qualidade da bebida do café? In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2: 2001 : Vitória, ES). **Resumos....** Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2001. 181p. p. 70.

ZAMBOLIM. L.; VALE, F. X. R. do, PEREIRA, A. A. & CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.) – controle de doenças. In: **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. v.1, Viçosa, MG: UFV, Departamento de

Fitopatologia; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 554p.

APÊNDICE

Quadro 1A. Resumo das análises de variância para atividade da polifenoloxidase, para grãos verdes de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

FV	GL	Quadrado Médio
Cooperativa	2	0,0173**
Tipo	5	0,0354**
Coop x Tipo	10	0,0050**
Resíduo	18	0,0007
CV(%)		14,87

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{NS} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 2A. Resumo das análises de variância para acidez titulável total, pH, sólidos solúveis para grãos verdes e torrados, extrato etéreo e para grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Acidez total titulável		pH		Sólidos Solúveis		Extrato Etéreo
		verde	torrado	verde	torrado	verde	torrado	
Cooperativa	2	730,2777 **	234,7230 ^{NS}	0,006843 *	0,010422 **	1,5734 ^{NS}	26,4459 ^{NS}	0,3378 ^{NS}
Tipo de bebida	5	606,9621 *	1118,2977 *	0,008341 **	0,015329 **	6,7059 ^{NS}	12,2270 ^{NS}	3,3649 **
Coop x Tipo	10	260,9747 ^{NS}	1591,8773 **	0,004078 *	0,033087 **	12,4012 ^{NS}	31,6890 *	4,8186 **
Resíduo	54	171,9377	404,3609	0,001593	0,001221	10,3182	14,3209	0,6167
CV(%)		8,97	8,30	0,68	0,68	7,26	8,16	6,70

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{NS} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 3A. Resumo das análises de variância para açucares totais, redutores e não redutores, parâmetros L*, a* e b* do método de Hunter, para grãos torrados de cafés previamente classificados pela prova de xícara de três cooperativas da estado de Minas Gerais.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Açucares			Parâmetros L*, a*, b* – grão torrado			Compostos Fenólicos
		totais	redutores	ñ redutores	L*	a*	b*	
Cooperativa	2	0,7295 *	0,4373 **	0,3707 ^{NS}	7,0295 ^{NS}	0,1109 ^{NS}	2,0054 ^{NS}	0,3383 ^{NS}
Tipo	5	0,6029 *	0,1014 **	0,3650 *	28,1473 **	6,5914 **	10,6512 **	0,1902 ^{NS}
Coop x Tipo	10	0,6899 **	0,1716 **	0,3984 **	57,5778 **	15,2213 **	20,7427 **	0,2112 ^{NS}
Resíduo	54	0,1994	0,0200	0,1450	5,0786	1,6179	1,8742	0,1479
CV(%)		12,23	10,27	16,24	5,25	4,80	5,03	6,55

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{NS} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.