

HÉLCIO MÜLLER VIDAL

**COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E A QUALIDADE DO
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DURANTE
ARMAZENAMENTO**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001**

HÉLCIO MÜLLER VIDAL

**COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E A QUALIDADE DO
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DURANTE
ARMAZENAMENTO**

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

APROVADA: 13 de março de 2001.

**Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)**

**Prof. Onkar Dev Dhingra
(Conselheiro)**

Prof. Paulo César Corrêa

Antônio Alves Pereira

**Prof. Gulab Newandram Jham
(Orientador)**

Aos meus pais, Vicente e Aparecida.

Ao meu irmão, Hélio (**in memoriam**).

Aos meus irmãos, Hedmar e Hedney.

A minha namorada, Vânea.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Gulab Jham, pela orientação e pela paciência diante de tanta adversidade ao longo deste caminho.

Aos professores Paulo Cecon e Onkar Dhingra, pelo apoio técnico e aconselhamento.

Ao professor Paulo Corrêa e ao pesquisador pela EPAMIG, Antônio Pereira, pelas críticas e sugestões à elaboração deste trabalho.

Ao Técnico Eduardo Pereira, pela constante ajuda, incentivo e principalmente pelo interesse na realização deste trabalho.

Aos professores César Reis e Maria Eliana, coordenadores do curso de Agroquímica, pela compreensão e apoio.

Aos colegas do Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais e do Departamento de Química pelo apoio e pela agradável convivência e principalmente pelas críticas apresentadas a este trabalho.

Ao grande amigo Madson de Godoi, pela colaboração e incentivo.

À empresa INCOFEX e à EPAMIG, pelo constante apoio técnico.

Aos amigos Paraná, Miller e Valdir, dentre outros, que muito contribuíram com o constante apoio.

Ao grande irmão e amigo Tio Helinho, que muito me ajudou durante toda a vida e que sempre se alegrou com meu sucesso.

Principalmente a DEUS, por ser o companheiro constante, que me deu forças para vencer mais esta etapa.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Hélcio Müller Vidal, Filho de Vicente Sérvulo Vidal e Aparecida Maria Moreira Vidal, Nasceu em Barbacena, Minas Gerais, em 7 de dezembro de 1973.

Em 1990, ingressou no Colégio Providência em Mariana (MG), onde fez o curso de Auxiliar Técnico de Laboratório. Em 1993 iniciou o curso de Química na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), onde desenvolveu pesquisa sobre soja e café durante três anos no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais. Concluiu o curso de graduação (Bacharelado e licenciatura) em química em julho de 1997.

Após a graduação iniciou o mestrado em agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa e em novembro de 1999 foi

contratado pela AmBev para atuar no Laboratório de Controle de Qualidade. Defendeu tese em 13 de março de 2001.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Colheita	28
3.2. Separação	29
3.3. Secagem	29
3.4. Armazenagem	30
3.5. Análises	30
4. Resultados e Discussão	39
4.1. Umidade e Temperatura	39
4.2. Coloração	41
4.3. Teor de Óleo	45
4.4. Composição Lipídica	49
4.5. Acidez	58
4.6. Ácidos Graxos	62
4.7. Contaminação Fúngica	67
4.8. Degustação	69
5.0. CONCLUSÕES	73
BIBLIOGRAFIA.....	75

RESUMO

VIDAL, Hécio Muller, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001.

Composição lipídica e a qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento. Orientador: Gulab Newandram Jham. Conselheiros: Onkar Dev Dhinga e Paulo Roberto Cecon.

Foi conduzido um estudo interdisciplinar para se avaliar o efeito do tempo de armazenamento, estágio de maturação, modo de secagem, torração e local de colheita sobre a qualidade de bebida e analisar as correlações entre composição química do café, infestação por microrganismos e a qualidade de bebida do café. Os seguintes tratamentos foram usados: Tipo de café (verde, cereja e mistura), modo de secagem (pátio e secador) e local de colheita (Viçosa e Machado). O café foi armazenado durante 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses, sendo então avaliada a qualidade de bebida, a cor, a % de infestação por microrganismos e as alterações na composição lipídica, medida pela

determinação do teor de óleo, teor e triacilgliceróis (TAGs) e ésteres de terpenos no óleo, acidez e perfil dos ácidos graxos. Observou-se efeito significativo do tempo sobre a cor, teor de óleo e acidez. A acidez aumentou linearmente em função do tempo, enquanto o teor de óleo caiu. Os principais ácidos graxos identificados foram, na ordem, linoleico e palmítico. Entre os tipos de café, verde, cereja e mistura houve variações significativas na cor, acidez e teor de óleo. Poucas diferenças foram observadas entre o café seco em pátio e em secador, do café seco em secador obteve-se menor acidez e maior teor de óleo. Após torração, a principal mudança foi notada no teor de óleo, enquanto que a composição química se manteve praticamente inalterada. Os resultados obtidos pela degustação foram muito discrepantes. Este método analítico envolve um grande fator de subjetividade, não sendo uma análise exata, sujeita a erros, que a torna não confiável.

ABSTRACT

VIDAL, Hécio Muller. M.S. Universidade Federal de Viçosa, march 2001. **Lipid composition and drink quality of coffee (*Coffea arabica* L.) during storage.** Advisor: Gulab Newandram Jham. Committee members: Onkar Dev Dhinga and Paulo Roberto Cecon.

An interdisciplinary investigation was carried out to evaluate the effect of storage time, Coffee type, toasting and place of harvest upon the drink quality and to analyze the correlation between the chemical composition of the coffee, infestation by microorganisms and the drink quality of the coffee. The following treatments were carried out: type of coffee (green, cherry and mix), drying method (ground and drying machine) and place of harvest (Viçosa and Machado). The coffee was stored during 4,7, 10, 13, 16 and 19 months, after which the drink quality, color, % infestation by microorganisms and alterations in lipid composition, measured by the determination of oil content, triacilglicerols (TAG) and terpene esters in the oil, acidity and fatty acid

profile, were evaluated. The acidity increased linearly as a function of time, whereas the oil content decreased. The main fatty acids identified were, in order, linoleic and palmitic. Among the types of coffee, green, cherry and mix, significant variations in color, acidity and oil content were observed. Few differences were observed between ground dried and machine dried coffee, the machine dried coffee exhibiting less acidity and higher oil content. After roasting, the main change observed was with respect to oil content, while chemical composition remained practically unaltered. The results obtained in degusting were very discrepant. This method of evaluation involves a great subjectivity factor, subject to errors, that makes it unreliable.

1 - INTRODUÇÃO

O café constitui uma das principais fontes de divisa do Brasil. A cada ano são injetados aproximadamente 4,5 bilhões de reais no campo. Do total da colheita nacional, menos da metade é absorvida pelo mercado interno, a maioria é exportada, principalmente para o Japão, Estados Unidos e Europa (CAIXETA e TEIXEIRA, 1999).

As espécies mais cultivadas são a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*. O café Arábica (*Coffea arabica*) é o de maior importância econômica, sendo o mais consumido. (CAIXETA, 1998).

Em 1960 o Brasil era responsável por aproximadamente 37% das exportações mundiais de café, entretanto nosso café perdeu espaço e se

desvalorizou no mercado mundial e hoje somos responsáveis por cerca de 20% das exportações.

Um dos fatores determinantes do declínio do café brasileiro no mercado internacional foi a falta de um padrão de qualidade do produto nacional. O País se preocupava em exportar grandes quantidades, sem acompanhar a crescente exigência dos mercados consumidores. Os exportadores concorrentes perceberam primeiro a importância de se oferecer um produto de qualidade e saíram na frente em busca dos novos e exigentes consumidores.

A coloração do café, a acidez e a contaminação por microrganismos (CARVALHO E CHALFOUN, 1985), além da presença de halocompostos, oxidação de lipídios durante armazenamento com a formação de peróxidos (SPADONE et al., 1990) são alguns fatores relacionados à má qualidade. Mas não se sabe exatamente a origem da má qualidade de bebida.

Várias pesquisas foram feitas estudando-se as variações na composição química do café durante o armazenamento e durante a torragem, entretanto poucas correlacionam as variações na composição química com a qualidade de bebida.

Visando entender melhor os fatores que afetam a qualidade de bebida do café e em razão dos critérios de avaliação organolépticas da bebida serem subjetivos, teve-se como objetivo neste trabalho avaliar o efeito do tipo de café (cereja, verde e mistura), modo de secagem (pátio ou secador) e local de produção (Viçosa e Machado) sobre a qualidade de bebida e composição química do café, analisar o efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade da bebida e composição química do café e avaliar a infestação do café por microrganismos, após armazenamento.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

O café chegou ao Brasil em 1727 e em 1850 o Brasil já era o maior produtor mundial, participando com 40% da produção total, percentagem que atingira 81 % no início do século XX.

Ainda hoje o Brasil é o maior produtor mundial de café, apesar de sua porcentagem na produção mundial ter caído, e o 2º país maior consumidor. O consumo interno do café no Brasil tem sido da ordem de 11 milhões de sacas por ano, havendo projeção de um consumo de 15 milhões de sacas anuais para o ano 2000 e as exportações são em torno de 15,5 milhões de sacos de café beneficiados, gerando uma receita de US\$ 1,7 bilhões (MEZZOMO e RIBEIRO, 1999).

O parque cafeeiro nacional é representado por aproximadamente 4,5 bilhões de plantas, ocupando uma área de 3,0 milhões de hectares. Há uma predominância do café Arábica (*Coffea arabica*) representado em torno de 75% da área total plantada.

2.1 - Classificação Botânica

O cafeeiro é uma planta perene, dicotiledônea, de porte arbustivo ou arbóreo, de caule lenhoso, folhas persistentes e flores hermafroditas. As espécies mais cultivadas são a *Coffea arábica* e *Coffea canephora* (mais conhecida como Café Robusta) e *Coffea liberica*. O *Coffea arábica* é a espécie mais cultivada no Brasil e possui diversas variedades, seu produto é de qualidade superior. Já o *Coffea robusta*, mesmo não tão saboroso e aromático, é bastante cultivado por sua resistência à ferrugem das folhas (FOURNY et al., 1982).

2.2 - A cafeicultura no Brasil

O café já foi o responsável por aproximadamente 5,18% do valor global da exportação brasileira, com uma área cultivada de aproximadamente 2,8 milhões de hectares (IBC, 1989).

Historicamente, o Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador de café no mercado internacional. Tem havido, entretanto, uma queda no nível das exportações. Em 1961, o País era responsável por 36,78% das exportações mundiais do produto, índice que caiu para 20,15% em 1995, em função principalmente da falta de um padrão de qualidade do produto nacional.

Duas espécies de café - *Robusta e Arábica* - são economicamente importantes. O Brasil é o mais importante produtor de Arábica e recentemente se tornou também o segundo maior produtor de Robusta, após a Indonésia.

A partir da década de 90, Minas Gerais assumiu a liderança nacional na produção de café. Em Minas Gerais há 67.509 propriedades cafeeiras, distribuídas em 4 grandes regiões: Sul e Oeste, Zona da Mata, Triângulo e Alto Paranaíba (Cerrado) e Jequitinhonha. Em termos de produção de café de qualidade exigida pelos países importadores, as regiões Mineiras que se destacam são: Sul de Minas e Cerrado (MEZZOMO e RIBEIRO, 1999)

2.3 – A Qualidade do Café

A qualidade do café depende de diversos fatores tais como colheita, adubação, temperatura, preparo, dentre outros. Sendo não muito conhecido a contribuição de cada um são nas condições do ambiente, da planta e do preparo. No ambiente influi mais a temperatura e a umidade, que favorecem o desenvolvimento de microrganismos e favorecem as fermentações. Na planta, a adubação, os tratos e o ataque de doenças influem na formação adequada dos frutos. No preparo, as condições de colheita e trato do café, na lavagem e secagem, resultam nas principais características de qualidade do produto: aspecto, tipo e bebida (A LAVOURA, 1995).

O grão de café é um sistema complexo, onde muitas substâncias químicas (açúcares, aminoácidos, lipídios e etc.) foram identificadas. Alguns fatores tais como umidade, luz, temperatura e oxidação são causas da deterioração e conseqüente baixa da qualidade do café. Estes fatores causam mudanças na composição química do café, tais como o teor de certos ácidos graxos, durante armazenamento. Estas mudanças devem ter alguma correlação

com a deterioração da qualidade do café (WAJDA e WALCZYK, 1978; FOURNY et al., 1982; SPEER et al., 1993).

Relativamente pequenas variações menores nas condições de estocagem podem levar a diferenças marcantes: por exemplo, a 35°C, mesmo quando estocado sob melhores condições possíveis, ocorrem mudanças bruscas de coloração após um mês apenas de armazenagem; enquanto que a 30°C não se observará mudança alguma depois de 4 meses de estocagem. Após um ano a qualidade é reduzida, os grãos mudam de coloração, ocorrem mudanças na composição química, o que é associado a microrganismos (MULTON et al., 1973; ILLY, 1982), o aroma torna-se inexpressivo e a acidez aumenta.

No Brasil, o café é colhido de uma maneira não ideal. Todos os tipos de grãos (verdes, secos no pé, passas e cerejas) são colhidos juntamente e secados no chão durante muitos dias, favorecendo a contaminação por microrganismos. O café então é armazenado em sacos a 11-12% de umidade até ser comercializado, o que pode demorar vários anos. É conhecido que este tipo de colheita, secagem e armazenamento resultam em um café com a qualidade inferior, mas não se sabe exatamente os fatores que dão origem à baixa qualidade de bebida. Sabe-se, por outro lado, que grãos, quando colhidos no estado cereja, resultam em bebida de qualidade melhor.

Entretanto, poucos estudos têm sido feitos sobre mudanças químicas durante o armazenado de café e correlações com o paladar.

Apesar desses problemas, já houve um grande progresso na qualidade, regiões como a Zona da Mata Mineira, que até a década de 70 era tradicionalmente conhecida como produtora de cafés rio-zona, hoje já produzem cafés duros para melhor (A LAVOURA, 1995).

Estas melhorias ocorreram devido ao maior conhecimento dos cuidados na colheita e preparo e, principalmente, pelos maiores investimentos em lavadores, terreiros e secadores, além de despulpadores-descascadores.

Para se determinar a qualidade de um produto, deve-se analisar os diversos fatores que determinam o seu grau de aceitação, estabelecido pelo mercado consumidor, dentro de uma escala de comparação.

São adotadas as seguintes qualificações do café: café, fava, peneira, aspecto, coloração, seca, preparo, torração e bebida (A LAVOURA, 1995).

2.3.1 - Colheita

A colheita do café deve ser feita na época e de modos corretos. A época ideal é quando a maioria dos frutos se encontra no estágio cereja, estando a menor parte deles como verdes ou secos. O melhor modo é a colheita no pano ou peneiras, possibilitando o levantamento e o preparo em separado dos cafés do chão (varrição).

Teores de umidade altos, aumentos no índice de respiração e da temperatura nos frutos, favorecem o desenvolvimento de microrganismos que iniciam o processo de fermentação do café ainda durante a fase de colheita.

A depreciação do produto também poderá ser acelerada por condições adversas, deve-se, portanto, proceder a etapa de secagem do café o mais breve possível, para garantir a preservação de sua qualidade.

Diferentes técnicas de colheita são adotadas, dependendo das condições apresentadas pelas regiões produtoras. Nos lugares de chuvas intensas e constantes, principalmente na época da colheita, como na Colômbia, Costa Rica e El Salvador, é necessário colher-se um a um, apenas os frutos maduros. No Brasil, a colheita, em geral, é feita pela derriça sobre pano ou lona, estando os frutos maduros ou não.

2.3.2 - Secagem do café

O processo de secagem pode ser feito em terreiros ou com auxílio de secadores. Se alguns cuidados forem observados, é possível obter, com ambos os tipos de secagem, um produto de qualidade semelhante, (CARVALHO e CHALFOUN, 1989). É aconselhável utilizar lotes homogêneos do produto, considerar a época de colheita, o estágio de maturação e o teor de umidade dos grãos para se obter um café boa qualidade.

BITENCOURT (1975), em estudos sobre a qualidade do sabor e aroma do café, concluiu que todo produto fermentado apresentava qualidade inferior na bebida e que os processos de fermentação eram mais comuns nas secagens em que se utilizavam temperaturas baixas, que são mais demoradas.

Ambientes que possibilitam secagens rápidas, sejam em terreiros ou em secadores mecânicos, dificultam os processos de fermentação, já que o intervalo de tempo menor para o processo de secagem, geralmente, dificulta o desenvolvimento de microrganismos. A secagem mais rápida proporciona, então, a manutenção das qualidades originais do grão. Em contrapartida, quando a temperatura de secagem é elevada, pode-se comprometer o poder germinativo de sementes e promover cozimento parcial do produto, alterando suas características físicas e químicas.

A supersecagem tem como inconveniente a perda de peso e a possibilidade de quebra durante o beneficiamento. O café úmido, por acasião do beneficiamento, torna-se manchado e também tem seu tempo de armazenamento prejudicado (BEGAZO e PAULA, 1985) O teor de umidade ideal para armazenamento deve estar entre 11,0 e 11,5%.

2.3.3 - Armazenamento

Após secagem, o café é armazenado em coco, em tulhas de alvenaria, recobertas ou não de madeira, para que haja uma estabilização interna, homogeneização de umidade e uma espera para melhor preço. Normalmente, não há um volume de tulhas suficientes para armazenagem de todo o café. Isto faz com que o agricultor beneficie e armazene em sacas, como o processo normal de armazéns (A LAVOURA, 1995).

Observa-se que, tanto a umidade do café armazenado em coco quanto a do café armazenado beneficiado, sofrem uma variação durante o armazenamento. Estas variações são devidas, principalmente, às flutuações da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar (LEITE, 1996).

Durante o armazenamento, não se observa diferença significativa entre a interação tipo de armazenamento e tempo, com relação à enzima PPO (polifenol oxidase), à lixiviação de potássio, ao teor de açúcares não-redutores e aos fenólicos totais. Entretanto, com relação à acidez titulável, observa-se diferenças. O café armazenado em coco apresenta menores índices de acidez titulável em relação ao café armazenado beneficiado (CARVALHO et al., 1997).

Durante o armazenamento convencional (estocagem em sacos de aniagem), os grãos de café perdem a coloração, passando o endosperma da coloração esverdeada para a coloração esbranquiçada. Caldas, citado por TEIXEIRA et al. (1977), estudando cafés de Angola, verificou que o branqueamento dos grãos de café beneficiados e armazenados depende da umidade do local de armazenagem e da iluminação, sendo menos freqüente em local de baixa umidade e menos iluminado. A coloração do café

(branqueamento), dada pelo índice de coloração, é mais acentuada na fase inicial do armazenamento.

Com o café armazenado em coco obtém-se melhores resultados. A casca e o pergaminho do café armazenado em coco oferecem proteção contra os agentes ambientais, mesmo quando a umidade se apresenta acima de 13% durante o armazenamento. Assim, enquanto o produtor aguarda melhores preços para o seu produto na entressafra, deve armazená-lo em coco, evitando que condições adversas possam prejudicar a qualidade do mesmo.

O café, quando estocado sob condições apropriadas de umidade e temperatura, é estável e a deterioração é lenta. Há algumas sugestões de que algumas mudanças ocorridas no início da estocagem podem melhorar a qualidade. Antes de embarcar, o café é comumente estocado em sacos a umidade de 11-12%. Um dos danos mais sérios para o café é a contaminação fúngica.

A evolução dos compostos fenólicos durante a maturação do café, pode ser alguma indicação da natureza dos defeitos presentes no café, como a presença de grãos imaturos no café seco e processado, caracterizada pela presença de grãos pretos. O “*off-flavour*” característico destes grãos é mais bem descrito como metálico e adstringente (ILLY e VIANI, 1995).

2.4 - Classificação do Café

A qualidade do café, principalmente no que se refere à bebida, constitui um dos problemas básicos com que se defronta a agricultura Nacional. As características avaliadas e que determinam a qualidade do café podem ser reunidas em dois grupos, tendo de um lado as que dependem das características físicas dos grãos, e do outro aquelas que se referem

exclusivamente à bebida. Das características físicas, a coloração tem grau de importância superior, pois chama mais a atenção na comercialização, influenciando no valor econômico do produto (AMORIM et al., 1977).

A classificação por tipos, adotada entre nós, é resultante da apreciação de uma amostra de 300 gramas de café beneficiado, segundo normas estabelecidas na "Tabela Oficial Brasileira de Classificação". A cada tipo corresponde um maior ou menor número de defeitos (grãos imperfeitos ou impurezas).

Os defeitos podem ser de natureza intrínseca, que se constitui de grãos alterados, e extrínseca, que é representada por elementos estranhos ao café beneficiado (coco, marinho, cascas, paus e pedras). Conhecidos os defeitos de uma determinada amostra, pode-se facilmente determinar a que tipo corresponde o café (A LAVOURA, 1995).

A qualidade do café é importante na medida em que pode favorecer a competição e melhorar os preços de venda do produto (AMORIM et al., 1977). Os problemas para a obtenção de cafés de melhor qualidade podem ser resumidos em:

- Condição climática adversa, pela umidade no período de maturação e colheita.
- Insuficiência de infra-estrutura de preparo (instalações e equipamentos).
- Falta de consciência dos produtores para a qualidade.
- Falta de estímulos, muitas vezes com preços não compensadores.

O Café é classificado pela estirpe ou variedade de sua origem. Chama-se Fava a classificação dos grãos segundo a forma e tamanho, pode ser graúda, boa, média e miúda. A Peneira é a classificação dada à Fava segundo as dimensões dos crivos das peneiras oficiais que as retenham. O aspecto é

considerado bom quando a maioria dos grãos é perfeita, uniforme no tamanho, na coloração, na seca e mau quando algumas ou todas as características acima referidas não são uniformes.

2.4.1 – Classificação pela Coloração

A coloração é um fator importante na qualidade do café, por permitir a determinação da sua idade, estado de conservação e revelar cuidados no preparo. É comum durante o armazenamento do café, haver uma mudança na coloração do grão passando o endosperma da coloração verde para uma coloração esbranquiçada. Esta descoloração dos grãos de café beneficiado tem sido um problema sério devido à depreciação qualitativa do produto com conseqüentes prejuízos para os produtores e exportadores.

Contribuem para a variação da coloração: o grau de secagem, o tempo de exposição ao ar livre e à luz solar, o método de preparo (via seca ou úmida), as condições de armazenamento, o brunimento, o ferimento, etc. De acordo com LOPES (1991), os principais fatores responsáveis pela mudança da coloração dos grãos durante armazenamento são a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento.

Diferenças significativas foram observadas no índice de coloração entre as diferentes bebidas, com índices mais elevados para os cafés de melhor qualidade. Os valores mais altos indicam cafés de coloração mais intensa, ou seja, que ainda não perderam a coloração característica, que é ocasionada principalmente por reações oxidativas, com conseqüente branqueamento do grão (CARVALHO, 1988). Constatou-se que o grão do café de boa qualidade

apresenta maior índice de coloração no comprimento de onda de 525 nm, quando comparado ao café de pior qualidade. Quanto maior a % de frutos verdes, menor é o índice de coloração. Café seco a 45 C apresentou maior índice em relação a 35 e 55C. Os cafés de bebida mole apresentaram um maior índice de coloração. Já os cafés do tipo Rio Zona tiveram uma densidade óptica mais baixa.

Ocorre uma diminuição tão mais acentuada dos índices de coloração quanto maiores a umidade e a temperatura do ambiente de armazenamento. Apenas grãos armazenados em temperatura de 10⁰C com umidades relativas de 52 e 67% mantêm seus índices de coloração praticamente inalterados durante todo o período de armazenamento. Para a umidade relativa de 75% nesta mesma temperatura, a taxa de decréscimo dos índices de coloração com o tempo é um pouco maior. A 85% de umidade relativa, entretanto, o café inicia o branqueamento com 48 dias.

Valores de coloração a 420nm foram correlacionados com a bebida, classificada pelo teste da xícara por CARVALHO et al. (1994). O café de melhor bebida, estritamente mole, apresentou coloração média entorno de 0,884, enquanto o café tipo rio, pior bebida teve valores médios de 0,533. Os demais tipos tiveram resultados intermediários entre ambos.

2.4.2 – Classificação pela Seca

No que diz respeito à boa qualidade do produto, a seca é um fator essencialmente importante, influenciando, de maneira decisiva, no aspecto e na torração do café (LACERDA, 1986).

Seca boa é aquela que confere ao café uniformidade na coloração e na consistência dos grãos, indicando ter sido bem conduzida desde a colheita.

Seca má é aquela em decorrência da qual os grãos se apresentam manchados ou úmidos. A seca regular é intermediária.

Um café tecnicamente preparado deve apresentar, após o beneficiamento, uniformidade na coloração e na consistência dos grãos e possuir um teor de umidade entre 11 e 12%, uma vez tratado por "via seca", e entre 12 e 13% se obtido por "via úmida". A seca pode ser classificada, então, em: boa, regular e ruim.

2.4.3 – Classificação pelo Preparo

Em relação ao preparo, classifica-se em café de terreiro e despulpado. Pode-se conhecer o sistema de sua preparação pela coloração dos grãos e pelo aspecto da "película prateada". Os cafés despolpados possuem uma coloração brilhante, translúcida e verde-azulada que os caracteriza e uma "película de coloração prateada". Os cafés de terreiro têm coloração semifosca e sua película apresenta-se amarelada ou mesmo marrom.

2.4.4 – Classificação pela Torração

A torração é classificada de acordo com o aspecto, ou pela contagem de grãos que deixaram de torrar ou de mostrar a coloração característica dos despolpados. A torração dos cafés de terreiro poderá ser considerada "boa", "fina", "regular" e "má". A torração é considerada "fina" quando a totalidade dos grãos se apresenta de coloração homogênea e sem imperfeições.

Na torração os grãos verdes e ardidos ficam amarelados e os grãos pretos parecem carbonizados; os quebrados, conchas e os mal granados,

devido ao seu volume reduzido em relação aos grãos perfeitos, tornam-se mais escuros.

A torração do café despulpado pode ser considerada como "característica", quando a maioria dos grãos apresentarem a "membrana prateada", clara e bem nítida no sulco ventral do grão. Quando um café despulpado não apresentar estas particularidades, será classificado como torração "não característica", perdendo, assim, no comércio, a condição de café despulpado.

Torração regular - quando apresentam maiores irregularidades na coloração e no aspecto (máximo de 10% de imperfeições).

Torração má - acima desses limites.

Torração boa - é aquela que apresenta poucas irregularidades na coloração e no aspecto do grão de café (máximo de 2% de imperfeição).

Com a torrefação, diminui o teor de carboidratos solúveis, que são degradados e assim ocorre aumento do teor de carboidratos insolúveis (amido). O teor de óleo sofre uma pequena alteração. Os ácidos clorogênicos representam cerca de 11% do peso do café in natura e 6% do café torrado (MAIER, 1987).

2.4.5 – Classificação pela Bebida

A prova da xícara surgiu no Brasil no início do século XX e, no entanto, até hoje ainda não se estabeleceu um critério uniforme para a sua realização, porque o critério varia de entidade para entidade.

A classificação por bebidas é feita com o café preparado para ser degustado, para uma avaliação precisa do seu sabor e aroma. Tecnicamente recebem denominações como:

Estritamente mole – Sabor suavíssimo e adocicado.

Mole - Apresenta um sabor suave, mais aromático, mais doce.

Apenas mole – Sabor suave com leve adstringência.

Dura - Menos aromática que a bebida mole e mais consistente e forte do que suave.

Riado - Sabor leve de iodofórmio ou ácido fênico.

Rio - o sabor mais acre, apreciado especialmente pelos cariocas.

Riozona - sabor com as características da bebida Rio, porém, mais acentuado. Sabor e odor intoleráveis.

A classificação por bebida, sendo feita por provadores treinados que a diferenciam sensorialmente, está mais sujeita a erros, uma vez que é subjetiva. Estudos estatísticos colocam em dúvida a segurança com que os provadores classificam o café quanto à bebida (AMORIM et al., 1977).

O café, após ter sido torrado e moído em moinhos especiais em granulação apropriada, é colocado em xícaras (pirex ou louça). A técnica correta recomenda que a infusão seja preparada na proporção de 10g de pó para 100 ml de água, a qual é colocada sobre o pó, quando em ponto de primeira fervura.

Nesta oportunidade, o classificador já deve cheirar a infusão, a fim de obter um julgamento preliminar pelos vapores desprendidos. Assim, o degustador poderá ter indicações de certa importância na qualificação da bebida. Após mexer a infusão, costuma-se retirar a espuma que sobrenada.

O exame final é feito depois que o pó se depositou no fundo do pirex e a infusão estiver morna. A classificação do café por bebida é um trabalho que exige bastante conhecimento, grande prática e, principalmente, paladar apurado, a fim de se poder distinguir, com precisão, as variações da bebida. Portanto, quaisquer perturbações nos órgãos do gosto e do olfato, podem

afetar o julgamento final do produto. Equipe de provadores e repetição das amostras em estudo diminuirão os erros comuns de análise.

2.5 – Lipídios e a Qualidade do Café

Diversos estudos têm sido feitos com os lipídios do café, sendo a maioria de âmbito geral e alguns poucos associando os lipídios com a qualidade do café.

2.5.1 - Estudos Gerais:

O conteúdo de lipídios totais do café Arábica está em torno de 15%, porém níveis acima de 17% foram medidos. Em Robusta a média é, de acordo com diferentes autores, 10 ou 11,5%, mas pode chegar a ser tão baixa como 7% (MAIER, 1981; SPEER et al., 1993)

Cafés Arábica e Robusta contém diferentes níveis de lipídios, 0,2 a 0,3 %, presentes em uma camada circundante e protetora do grão (FOLSTAR et al., 1975). A composição de ácidos graxos diferencia entre a camada externa de cera e a fração de óleo do grão. A cera é rica em 5-hidroxitriptamidas de ácido palmítico, aracnídico (C₂₀) e alguns outros. No óleo do grão de café o ácido linoleico (40-45%) predomina nos triacilgliceróis, seguido pelo ácido palmítico (30-35%). O ácido palmítico é de longe o mais importante entre os ésteres diterpenos (40-45%), seguido pelo ácido linoleico (26%) (Kaufmann e Hamsager, 1962).

Variedades de café Arábica foram comparadas pelo teor total de óleo e o perfil de ácidos graxos (FONSECA e GUTIERREZ, 1971). O conteúdo total de óleo variou entre 10,8% para São Bernado e 13,2% para Bourbon. O linoleico foi o principal ácido graxo presente, estendendo-se de 46,9% em Acaia e 54,1% em Mundo Novo LCH. O segundo principal ácido graxo foi o palmítico, estendendo-se entre 31,5% em Sumatra e 41,2% em Acaia, seguido pelo ácido oleico (média 6,4%) e ácido esteárico (média 6,01%).

Uma pesquisa do conteúdo total de óleo foi feita entre 15 espécies de café diploides em 3 cultivares Arábica (SÖNDAHL e SHARP, 1979). As amostras de café verde foram mantidas na planta e a fração lipídica foi extraída com éter de petróleo através de um saco que envolvia o fruto. Os dados indicaram que as espécies diploides têm aproximadamente metade do conteúdo de óleo (7-11%) do cultivar tetraploides (13-17%).

Diferenças qualitativas importantes entre cafés Arábica e Robusta ocorreram na matéria insaponificável, que é composta de diterpenos livres e esterificados específicos para café e esteróides. Somente pequena porcentagem dos diterpenos está presente na forma livre.

A razão cafestol/kahweol pode variar no Arábica entre 40:60 e 70:30 (VIANI, 1993). No Robusta ambos estão ausentes (NACKUNTZ e MAIER, 1987) ou presentes em quantidades pequenas apenas. 16-o-metil-cafestol não pode ser detectado em amostras de Catimor e está ausente no Arábica (PETTITT, 1987).

A fração de esterol do Arábica e do Robusta mostra algumas diferenças (MARIANI e FEDELI, 1991), com 24-metilenocolesterol e Δ^5 -avenasterol mais alto em Robusta, e sitostanol mais alto em Arábica.

Determinação da composição da fração insaponificável total por cromatografia gasosa de alta resolução permite a determinação do conteúdo de

Robusta em misturas, abaixo de 5-10% quando se usa álcool diterpeno e 20% quando se usam esteróis (FREGA et al., 1994).

Segundo outros autores como SPEER et al. (1993) Arábica e Robusta contêm níveis diferentes de lipídios 0,2-0,3%, na camada de cera que circunda e protege o grão. Já o conteúdo total de lipídios varia entre 10 e 15%. O conteúdo de triacilgliceróis (TAG's) é em torno de 70-80%, os ácidos graxos variam entre 0,5 – 2,7%. Já os ésteres diterpênicos variam em torno de 15 – 18,5%. Nos TAG's do óleo predomina o ácido linoleico (40 – 45%), seguido pelo palmítico (30 – 35%).

A cromatografia gasosa dos ésteres metílicos dos ácidos graxos com detecção por ionização de chama é o método mais freqüentemente usado para análise de ácidos graxos. A natureza diferente dos ácidos graxos presentes em vários grupos de alimentos, como óleos vegetais, gordura animal, óleo de peixe, requer diferentes condições de análise (SHANTA e NAPOLITANO, 1992).

As duas espécies mais importantes de café, Arábica e Robusta, possuem entre 7 e 17% de óleo. Arábica contém cerca de $\frac{3}{4}$ do conteúdo lipídico em ácidos graxos. Mais de 23 ácidos graxos foram identificados. A maior parte está combinada, esterificada com glicerol, formando triacilgliceróis (TAG's). Aproximadamente 10% são esterificados com diterpenos cafestol e kahweol e a menor parte (2%) está como esterol esters.

No café Robusta o conteúdo de ácidos graxos livres no óleo está entre 1 e 2,7%. O Arábica apresenta um conteúdo menor, entre 1 e 1,5%. Em ambos os tipos de café, os principais ácidos graxos encontrados são C18:2 e C16.

O conteúdo de ácidos graxos livres (AGL) decai cerca de 20% com a torrefação. As diferentes temperaturas de torrefação não tiveram efeito no

conteúdo de AGL, entretanto foi observada mudança na distribuição dos ácidos graxos individualmente.

Foi demonstrada uma diferença entre o conteúdo dos AGL's determinados diretamente e o determinado indiretamente pelo valor da acidez. Quanto maior a temperatura de torrefação, mais ácidos são liberados.

A composição em AGL e aqueles ligados ao glicerol foi muito similar. Para os ésteres de diterpenos, o principal ácido graxo componente é o palmítico, seguido pelo Linoleico. No caso dos TAG's e AGL ocorreu exatamente o contrário. A maior % é ácido linoleico, seguido por Palmítico: C18:2 = 45% e C16:0 = 28%.

A composição química do café seco é composta por 13% de óleos, 60% de carboidratos, 8,2% de ácidos (o principal é o clorogênico, 7%. Os outros são: oxálicos, málico, cítrico e tartárico), 13% de proteínas e 1% de cafeína.

Cafestol e Kahweol representam a maior parte da fração lipídica insaponificável no café. Eles estão presentes principalmente sob a forma de ésteres de ácidos graxos. O conteúdo total de diterpenos está entre 1,3 – 1,9% em massa no café Arábica. Outros diterpenos, produtos da decomposição do Cafestol e Kahweol estão presentes em quantidades muito pequenas. Não ocorrem mudanças significativas na composição durante a torrefação (URGENT, 1995). O café filtrado em papel de filtro não contém Cafestol ou Kahweol, pois estes terpenos são retidos pelo papel.

Um diterpeno tipicamente presente em Robusta, mas não em Arábica é o 16-O-metil cafestol. Kahweol ocorre em Arábica, mas muito pouco em Robusta. Assim são usados como indicadores da proporção de Robusta em misturas comerciais (DE ROOS, 1997).

A moagem também tem influência na transferência de lipídios para a bebida. No caso dos TAG's, a transferência sofre um aumento de cerca de

40% quando se passa a moagem de grossa para muito fina. Para os AGL este aumento é de cerca de 50% (SEHAT, 1993).

Segundo Carvalho et al. (1994) a acidez titulável do óleo (representada pelos ácidos graxos – mg NaOH/100mL) varia de acordo com o tipo de bebida, indo de 211,2 para estritamente mole até 284,5 para o tipo rio em média.

2.5.2 – Influência dos Lipídios, halocompostos e microrganismos sobre a qualidade do café.

2.5.2.1 – Influência dos Lipídios sobre a Qualidade do Café

Os lipídios, um dos componentes principais do café, (aproximadamente 15%) são facilmente oxidados durante a estocagem (FOURNY et al., 1982). O maior componente do ácido graxo insaturado dos lipídios do café após hidrólise é o ácido linoleico (C18:2), que contém duas insaturações cis e é portanto suscetível a oxidação na presença do oxigênio. Foram observadas a redução relativamente muito significativa no conteúdo do C18:2 (~85%) e C18:3 (100%) em grãos rançosos enquanto que o maior ácido graxo saturado, ácido esteárico (C16:0), permanece praticamente inalterado. No processo de oxidação de C18:2 e C18:3 os aldeídos voláteis (o principal sendo trans-2-nonenal, t-NO) foram formados e foram associados com “*off-flavour*”. O principal aldeído t-NO possui o nível de 0,08µg/l em água.

Diferenças foram observadas no conteúdo de ácidos graxos livres, que é menor no café Arábica (1,0-1,5%) e maior no Robusta (1,0-2,7%) (SPEER et al., 1993). O alto nível encontrado em algumas amostras de Robusta provavelmente está vinculado com o pior processamento ou condições de

armazenamento, gerando hidrólises dos ésteres. Um aumento nos ácidos graxos livres foi associado com o longo armazenamento dos grãos em condições subtropicais, e pode ser conveniente à atividade enzimática, a qual também produz alguma deterioração do paladar (WAJDA e WALCZYK, 1978).

2.5.2.2 – Influência dos Microrganismos sobre a Qualidade do Café

É amplamente conhecido que o café brasileiro é bastante contaminado por microrganismos (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e *Rhizopus*) e bactérias (*Lactobacillus* e *Streptococcus*), o que provoca degradações químicas de amino-ácidos livres e carboidratos e oxidação de lipídios, acompanhado por degradação da estrutura celular. Testes de laboratório mostraram que o café mantido sob atmosfera de gás inerte mantém a qualidade por anos, sendo a degradação muito lenta (AMORIM et al., 1977; DENTAN, 1985; MULTON et al., 1973).

FERNANDES (1999), analisou a infecção por fungos em amostras do tipo verde e cereja. Em ordem decrescente os principais fungos, por porcentagem de contaminação foram: *Colletotricum* e *Fusarium*. Para o *Colletotricum* não se observou diferença entre frutos verdes e cereja, pois a infecção ocorre durante a formação dos frutos. No caso do *Fusarium* houve maior dificuldade de infectar frutos não danificados e assim os frutos cereja apresentaram maior porcentagem de infecção. Os outros fungos tiveram uma baixa porcentagem de infecção.

Em plantas sob ataque patogênico ou outras formas de danos bióticos ou abióticos, vários compostos, incluindo compostos voláteis, podem ser gerados

a partir de cadeias de ácidos graxos como linoléico e linolênico por uma sequência de passos enzimáticos envolvendo lipoxigenase (CROFT, 1993)

MEIRELES (1990) demonstrou que a flora microbiana do grão beneficiado é variável, tanto em qualidade quanto em intensidade, nos cafés de diferentes graus de classificação (mole, duro, riado e rio).

A infecção microbiana pode estar estreitamente relacionada a alterações químicas e físicas do grão, que são responsáveis pelo comprometimento da qualidade do café. À medida que o tempo de permanência do grão no solo aumenta, há um aumento na infecção e conseqüente deterioração da qualidade da bebida. A presença de umidade (chuva) constitui fator crítico no aumento da infecção dos frutos por fungos. (KRUG, 1940).

Analisando a microflora de grãos que originam bebidas tipo Rio, oriundos de Santos e São Paulo, VANOS (1987) encontrou *Aspergillus fumigatus* em todas as amostras. Mas em grãos que produzem bebida normal não foram encontrados. Nestes se encontrou *Fusarium* spp.

Não foi encontrada por CHALFOUN e CARVALHO (1989) diferença nos microrganismos presentes em amostras de café coletadas em diferentes condições climáticas do estado de Minas Gerais. Os principais fungos presentes nas amostras foram *Fusarium*, *Cladsporium* e *Penicillium*. Assim concluíram que a infecção ocorria durante o processamento do café ou nas cerejas presentes no solo. Demonstraram também que o ataque de *Fusarium* nos frutos ocorria em maior intensidade quando os frutos eram atacados pela broca do café (*Hipotenemus hampei*).

CARVALHO et al. (1989) demonstraram que amostras de café classificadas como “Mole” e “Duro” eram menos infectadas, embora continham números próximos de esporos de fungos na superfície dos frutos. O

gênero *Cladosporium* foi encontrado predominantemente em amostras de café “Tipo Mole”.

Os gêneros *Aspergillus* e *Fusarium* estão entre os principais grupos produtores de micotoxinas, que acarretam riscos à saúde pública e perdas econômicas. Entretanto algumas pesquisas demonstram que, no caso do café, durante a torragem, a maior parte deste compostos é destruída. Segundo ILLY e VIANI (1995), a destruição de aflotoxinas B1 em café artificialmente contaminado durante a torrefação foi de 90 a 100%.

2.4.2.3 – Influência dos Halocompostos [2,4,6-triclorofenol (TCF) e 2,4,6-tricloroanisol (TCA)] sobre a qualidade do café

Os níveis de TCF e TCA no café brasileiro são bem acima de limiares perceptíveis (“threshold”) e estes dois produtos têm sido associados com “*off-flavour*” (SPADONE et al., 1990). Análises dos compostos voláteis do café Rio por CG/EM mostram que 2,4,6-Tricloroanisol (TCA) foi identificado como sendo importante contribuinte no “*flavour*” do café rio.

O Tricloroanisol parece ser o composto responsável pela bebida do “Tipo Rio” em café, ocorrendo pela fermentação de frutos maduros tendendo para secos nas árvores.

Na verdade, a análise por cromatografia gasosa mostra algumas diferenças quantitativas de algumas substâncias entre cafés tipo Rio e demais tipos, porém nenhum estudo tem significado isolado.

Usando a cromatografia gasosa com detecção pelo odor, observam-se duas regiões importantes no cromatograma. Estas regiões correspondem a 2,4,6-tricloroanisol e Geosmin, dois componentes importantes do odor.

Entretanto é muito provável que vários outros componentes se revelem importantes no odor do café.

2.6 – Composição Química do Café Torrado

O “Flavor” do café torrado é formado por cerca de 800 compostos. A influência deste compostos sobre a qualidade do café se dá de forma isolada ou a partir de interações entre eles. O café in natura tem apenas um fraco aroma de grão verde. O aroma é desenvolvido durante a torragem, quando complexas mudanças químicas ocorrem (PARLIMENT et al., 1999).

No primeiro estágio, ocorre a perda de água livre e a temperatura não ultrapassa os 100°C. No segundo estágio, ocorrem complexas alterações químicas: Desidratação, fragmentação, recombinação e polimerização. A maioria está associada à reação de Maillard e leva à formação de moléculas de baixo peso molecular, associadas ao flavor. Material colorido de alto peso molecular, chamado Melanoidinas, também é formado.

Os lipídios são pouco afetados pela torragem, mantendo a % em matéria seca praticamente inalterada. Um pequeno aumento no seu teor é observado (16 para 17%) em função da degradação de outros compostos como proteínas e polissacarídeos, que diminuem de 11,5 para 7,5% e 46 para 35%, respectivamente (VIANI, 1993).

A maior parte dos carboidratos poliméricos, lipídios, cafeína e sais inorgânicos sobrevivem ao processo de torragem.

O nível de proteínas no café in natura está entre 10 e 13%. A torragem desnatura e insolubiliza a maior parte desta proteína e causa uma pequena perda em seu conteúdo. Toda arginina é destruída e a maior parte de cisteína. Lisina, metionina, serina e treonina também são. Estes aminoácidos são

polares e possuem grupos –OH, -SH e –NH₂ livres e reagem com açúcares, formando aromas (CLARKE e MACRAE, 1993 citados por PARLIMENT et al., 1999).

Os ácidos clorogênicos são uma classe de compostos que compõem acima de 10% o peso do café in natura e são suscetíveis à decomposição durante a torragem, sendo a maior parte degradada, originando compostos aromáticos. Os compostos polifenólicos gerados após a torragem se originam dos ácidos clorogênicos e são altamente reativos, participando da produção do material polimérico marrom encontrado no café torrado (WASSERMAN et al., 1993 citado por PARLIMENT et al., 1999).

Os ácidos orgânicos têm papel importante no paladar da bebida. Após a torragem, os principais ácidos presentes no café são o acético e o fórmico, que são ácidos alifáticos gerados após pirolise de carboidratos. Estes compostos contribuem decisivamente para o baixo pH da bebida.

Aproximadamente metade do peso do café é formado por carboidratos solúveis e insolúveis. A maior parte dos carboidratos solúveis é sacarose com pequenas quantidades de açúcares redutores (Frutose e glicose). Os carboidratos insolúveis são polissacarídeos como celulose, por exemplo. Quase todo açúcar simples (Sacarose, pentoses e hexoses) é perdido durante a torragem, gerando água, CO₂ e compostos voláteis relacionados ao flavor.

As melanoidinas são produtos poliméricos heterogêneos de coloração amarela para marrom formados como produto final da torragem. Especula-se que sejam produtos de condensação de reações de Maillard, caramelização de açúcares, proteínas e carboidratos poliméricos e degradação de ácidos clorogênicos. As melanoidinas representam aproximadamente 23% do peso do café, em matéria seca (VIANI, 1993).

O café in natura contém entre 7 e 17% de lipídios, sendo que o óleo contém de 70 a 80% de triacilgliceróis, entre 0,5 e 2,0% de ácidos graxos livres, 15 a 19% de ésteres de terpenos e entre 1,4 e 3,2% de esteróis. O perfil de ácidos graxos dos lipídios do café é um tanto similar ao de óleos vegetais comestíveis. A hidrólise dos triacilgliceróis durante a torragem gera ácidos graxos livres e a auto oxidação destes ácidos graxos insaturados de alto peso molecular produzem aldeídos insaturados como 2-enais (trans-2-nonenal por exemplo). As cadeias curtas de ácidos graxos contribuem para o rânco do café, enquanto aqueles de cadeia longa contribuem para um paladar semelhante ao de sabão. Os ésteres de diterpenos são hidrolisados parcialmente durante a torragem, enquanto os esteróis sobrevivem (VIANI, 1993).

O café não torrado tem aproximadamente 228 compostos voláteis relacionados ao seu flavor, após a torragem este número é superior a 800. No café cru, um grande número de compostos voláteis é hidrocarboneto, após a torragem prevalecem os furanos e os compostos nitrogenados (PARLIMENT et al., 1999).

Durante a torragem, a temperatura no centro do grão de café chega a 230°C. Neste processo, um largo número de compostos é mudado. Quanto maior a temperatura de torragem, maior a diminuição no conteúdo de terpenos livres. Cerca de 80% do conteúdo inicial deste compostos é perdido durante a torragem (MAIER, 1981).

Pela ação do calor de torragem, o cafestol e o kaweeol dão origem a dois novos compostos: deidrocafestol e deiodrokaweeol, que aumentam de acordo com a temperatura de torragem.

Os diterpenos não apresentam comportamento similar durante a torragem. O 16-O-metil-cafestol se mostra claramente estável durante a torragem. O decréscimo no seu conteúdo depende da temperatura de torragem.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais, no Departamento de Química, no Departamento de Fitopatologia e no armazém de beneficiamento de café do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa. O trabalho seguiu as seguintes etapas: colheita, separação, secagem, armazenamento, análises químicas e sensoriais.

3.1 – Colheita

O café foi colhido entre os meses de maio e junho de 1997. Os tratamentos foram da região de Machado, conhecida como produtora de cafés de boa qualidade e Viçosa, onde normalmente se encontra café do tipo Rio. Em todos os experimentos foram utilizados os cultivares Catuaí Vermelho. O método usado na colheita foi a derriça. Não foi usado o café de varrição e em cada região foi colhido aproximadamente 180kg.

3.2 – Separação

A fim de estudar o efeito de cada tipo de café (verde, cereja e seco no pé) nas características químicas e organolépticas do café, as amostras foram separadas de acordo com o estado de maturação. Inicialmente separou-se uma parte do café (40kg), mantida na forma como foi colhido (Misturado). O restante foi colocado numa caixa com água, onde, por decantação, 40kg do café verde foi isolado. Nesta época a porcentagem de grãos verdes era alta e o restante do café foi catado para separação do café cereja (40kg).

3.3 – Secagem

Para estudar o efeito do tipo de secagem na qualidade de bebida e na composição química do café, as amostras, depois de separadas de acordo com o estágio de maturação, foram homogeneizadas e divididas em dois lotes. Um dos lotes foi seco em pátio de alvenaria e o outro foi seco em um secador experimental do Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas de Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (Figura 01). A temperatura do ar de passagem era de 45°C.

Após secagem, o café foi descascado para simular a condição de armazenagem usada na maioria dos armazéns. Ambos os lotes foram secos até

que o café atingisse o teor final de umidade médio de 11% (b.u.). A determinação de umidade foi feita a partir de 100g de amostra em estufa a 105° C.

3.4 – Armazenagem

Cada tratamento foi dividido em três partes iguais antes de serem armazenadas para permitir a repetição do mesmo.

A armazenagem foi feita em sacos de aniagem em um armazém de café do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa com teor de umidade médio de 11% (b.u.). O local não passou por nenhum tratamento especial para receber as amostras. A umidade relativa e a temperatura foram monitoradas pelo Departamento de Engenharia Agrícola.

3.5 - Análises

Para avaliar o efeito do armazenamento sobre composição química, contaminação fúngica e qualidade de bebida do café, fez-se a primeira coleta após quatro meses de armazenamento e as coletas seqüentes de três em três meses, num total de seis coletas.

Antes de cada coleta, as amostras foram homogeneizadas e cerca de 600g foram retiradas por tratamento. Cem sementes foram separadas para análise fitopatológica, realizada no Departamento de Fitopatologia, e 50g foi usada na determinação de umidade. O restante da amostra foi dividido em duas partes, uma foi analisada cru e a outra foi enviada para torragem e determinação da Bebida na INCOFEX (Indústria exportadora de café em

Viçosa). O restante da amostra torrada, usada na determinação da qualidade de Bebida, foi usado para análise química a fim verificar as diferenças químicas após a torragem.

As amostras do café foram abreviadas da seguinte maneira: Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T). Foram usados os seguintes tratamentos:

Local de coleta	Tipo	Secagem	Estado	Tratamento
Viçosa	Verde	Secador	Não torrado	VVeS
			Torrado	VVeST
		Pátio	Não torrado	VVeP
	Cereja	Secador	Não torrado	VCeS
			Torrado	VCeST
		Pátio	Não torrado	VCeP
	Mistura	Secador	Não torrado	VmiS
		Pátio	Não torrado	VMiP
	Machado	Verde	Secador	Não torrado
Cereja		Secador	Não torrado	MceS

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

3.5.1 - Testes Fitopatológicos

Os testes fitopatológicos foram feitos no Departamento de Fitopatologia da UFV. Foi feita a determinação dos tipos de fungo presentes e da

porcentagem de sementes contaminadas. O método usado foi do papel de filtro com a desinfecção das sementes.

Os grãos foram desinfetados com álcool 70% por um minuto e posteriormente com hipoclorito de sódio 2% por um minuto, sendo a seguir lavado com água esterilizada. Cem sementes foram colocadas em cada gerbox (11x11x3cm), contendo três papéis de filtro embebidos em água esterilizada. Incubaram-se as sementes a 22 ± 2 C por sete dias, sob ciclos alternados de doze horas de luz (LDA) e escuro. Após o período de incubação, as sementes foram examinadas quanto à presença de fungos, com o auxílio de microscópio estereoscópio (lupa com 25-50 aumentos) e em microscópio ótico comum.

3.5.2 - Determinação da Qualidade de Bebida

Para permitir uma melhor avaliação dos resultados, elaborou-se uma classificação numérica teórica para os diversos tipos de bebida do café. Três especialistas em análise sensorial atribuíram nota a cada tipo de bebida, de Rio Zona a Mole, tomando-se como base a prova de cinco xícaras por amostra e a média das notas foi adotada.

Aproximadamente 300g de cada amostra foi separada e enviada para a INCOFEX, indústria cafeeira, onde foi realizada a análise da bebida.

Cada amostra de café foi torrada em torrador rotativo (aproximadamente 200°C) por cinco minutos, quando se obtém uma coloração marrom escura característica para os grãos. Depois de moída, 9g foi colocada em infusão com cerca de 90 mL de água recém-fervida por xícara, sendo a prova realizada quando o café precipitou-se naturalmente. Por amostra foram preparadas cinco xícaras, que foram degustadas por um provador.

Quadro 01 – Classificação sensorial por valor numérico pela avaliação de três especialistas (prova de cinco xícaras).

Classificação Sensorial (prova de cinco xícaras)	Especialista			Nota Média
	1	2	3	
Mole	100,0	100,0	100,0	100,0
Duro	95,0	95,0	95,0	95,0
Duro Verde	90,0	88,0	90,0	89,3
Duro Fermentado	85,0	82,0	85,0	84,0
Duro Sujo	85,0	78,0	85,0	82,7
Duro/Riado (4 xícaras duro e 1 Riado)	80,0	70,0	80,0	76,7
Duro/Riado (3 xícaras duro e 2 Riado)	75,0	67,0	75,0	72,3
Duro/Riado (2 xícaras duro e 3 Riado)	70,0	64,0	70,0	68,0
Duro/Riado (1 xícaras duro e 4 Riado)	65,0	60,0	60,0	61,7
Riado	60,0	58,0	55,0	57,7
Riado/Rio (4 xícaras Riado e 1 Rio)	55,0	56,0	50,0	53,7
Riado/Rio (3 xícaras Riado e 2 Rio)	45,0	50,0	45,0	46,7
Riado/Rio (2 xícaras Riado e 3 Rio)	40,0	47,0	40,0	42,3
Riado/Rio (1 xícaras Riado e 4 Rio)	35,0	44,0	35,0	38,0
Rio	30,0	36,0	30,0	32,0
Rio Zona	20,0	30,0	20,0	23,3

3.5.3 - Análises Químicas

As amostras, torradas e in natura, foram submetidas aos mesmos processamentos e análises químicas. O grão foi moído em moinho elétrico, usando-se peneira de 20 Mesh. As amostras não foram secas antes das análises, mas a porcentagem de umidade, determinada antes, foi descontada para fins de cálculo.

3.5.3.1 - Determinação do teor de óleo

Aproximadamente 16g de cada amostra de café moído foi submetida à extração em aparato de Soxlet usando-se hexano destilado durante oito horas. A umidade presente no extrato foi absorvida com sulfato de sódio e o solvente evaporado em evaporador rotativo a 40°C, recolhendo-se o óleo em pequenos frascos, previamente pesados, onde o restante do solvente foi evaporado com nitrogênio.

3.5.3.2 - Determinação da acidez

A acidez titulável do óleo foi determinada seguindo-se o protocolo da A.O.A.C. (1984), reduzindo-se as quantidades de óleo utilizadas. Para dissolver o óleo, usou-se etanol neutralizado por titulação com NaOH 0,01mol/L, usando-se fenolftaleína como indicador. Dissolveram-se 0,5g de óleo em 10mL de etanol neutro em erlenmeyer de 50mL e titulou-se com NaOH 0,01 mol/L sob agitação constante à temperatura ambiente até se obter coloração rosa persistente (30 seg), referente à mudança de coloração do

indicador usado – Fenolftaleína 0,02% em etanol. A acidez titulável do óleo foi determinada sob a forma de ácido oléico (Ácido Graxo Livre – AGL):

$$\text{AGL} = (A-B) \times 0,282/m, \text{ onde:}$$

AGL - % de ácidos graxos livres expressos na forma de ácido oleico.

A - Quantidade de NaOH gasto para titular a amostra.

B - Quantidade de NaOH gasto para titular o branco.

m - Massa de óleo bruto analisado.

3.5.3.3 - Determinação da composição em ácidos graxos

O óleo (lipídios) foi hidrolisado e os ácidos graxos transformados em ésteres metílicos e analisados por cromatografia gasosa, usando-se o método desenvolvido por JHAM et al., 1982.

O óleo do café foi homogeneizado e recolheu-se uma amostra de 50 μ L para análise. Fez-se a hidrólise com 1mL de KOH 0,5mol/L em metanol sob aquecimento a 100°C em banho seco por cinco minutos em tubos fechados. À mistura hidrolisada, adicionou-se 500 μ L de HCl/metanol (4:1 v/v), a qual foi aquecida por 15 minutos a 100°C. O tubo foi resfriado sob água corrente, onde se adicionou 2mL de água destilada.

Fizeram-se duas extrações de 3mL com hexano. À fase orgânica adicionou-se sulfato de sódio anidro, o sobrenadante foi separado para outro tubo, onde o solvente foi evaporado com nitrogênio e o conteúdo redissolvido com 7mL de hexano.

O aparelho usado foi um cromatógrafo a gás Shimadzu, modelo 17A, com injetor automático acoplado a um computador Pentil para integração. Foi utilizada uma coluna capilar DB-23, com 18m de comprimento e diâmetro interno de 0,25mm.

As condições do aparelho foram: Temperatura do injetor, 240°C; Temperatura do detector, 260°C; A temperatura da coluna foi mantida em 100°C por 1 min, sendo então elevada a 200°C com uma rampa de 10°C/min, onde foi mantida por 10 min. Foi usado um Split 1/10, com a pressão da coluna em 100 Kpa, um fluxo de 1,82 mL/min.

A análise dos resultados foi feita por normalização, onde a área de todos os picos em questão foi somada e a área de cada um obtida como um percentual da área total.

Injetaram-se 1,0µL de amostra para análise no cromatógrafo, obtendo-se por normalização o resultado percentual dos cinco principais ácidos graxos: C16 – Palmítico; C18 – Estearico; C18:1 – Oléico; C18:2 – Linoleico; C18:3 Linolênico. Foi feito um branco em paralelo para se verificar as condições gerais de análise.

3.5.3.4 - Índice de Coloração

A determinação do índice de coloração foi feita nas amostras de café crua e torrada. Para determinação usou-se uma adaptação do método descrito por SINGLETON (1966).

Pesou-se uma amostra de 2,0g de café triturado e peneirado em peneira N 20. A amostra foi pesada em erlenmeyer de 250mL, onde se adicionou 50mL de água destilada. A seguir agitou-se por uma hora com agitador magnético e filtrou-se em papel de filtro. Foi tomado 5ml do filtrado, colocado em tubo de ensaio e então se adicionou 10ml de água destilada. Deixou-se em repouso por 20 minutos e a leitura foi feita em 425nm no espectrofotômetro. O resultado foi expresso pela diferença contra o branco feito com água destilada.

3.5.3.5 - Fracionamento Lipídico

O fracionamento, purificação e quantificação das classes de lipídeos foram feitos usando-se cromatografia em camada fina preparativa em sílica gel, 1mm camada fina, usando método descrito por NIKOLOVA-DAMYANOVA et al.(1998).

As placas usadas foram preparadas no próprio laboratório, com dimensões de 20 x 20 cm (1mm camada fina), usando-se sílica Gel 60 G para Cromatografia em camada fina da Merck. Para se preparar cinco placas, aproximadamente 50g de sílica foi pesada e diluída em cerca de 110mL de água destilada em um Becker de 250mL sob forte agitação. A seguir, sem deixar a sílica decantar, despejou-se a mistura sobre o carrinho de preparação regulado a 1mm e rapidamente espalhou-se sobre as placas, presas em um suporte. Então as placas foram secas na posição horizontal em estufa a 50°C durante 24h.

Aplicou-se 100mg do óleo do café, precisamente pesados, dissolvido em 1mL de éter, a cerca de dois cm da parte inferior da placa, que foi desenvolvida com éter-acetona 100:6 (vol/vol) até o solvente alcançar dois cm da parte superior.

Para identificação dos componentes isolados, primeiro usou-se um spray da placa com solução Tinopal/Rodamin (10 mg de Tinopal e 1 mg de Rodamin por litro de etanol). A seguir a placa foi colocada sob lâmpada U.V. em equipamento apropriado e os pontos que apresentaram coloração rosa escura foram selecionados para serem retirados da placa.

Neste processo foi possível isolar os ésteres de Esteróis e os triacilgliceróis. Os demais lipídeos (acilgliceróis, ácidos graxos livres e ésteres de terpenos) foram separados em uma segunda placa.

A sílica de cada área identificada foi retirada da placa e colocada em coluna de vidro, que foi eluída com diclorometano em balões para recuperação dos lipídeos (a quantidade de diclorometano usada variou de três a cinco vezes o volume de sílica na coluna). As colunas foram eluídas até não mais se observar aumento na quantidade de material extraído das mesmas, quando teoricamente todo lipídio teria sido extraído. O solvente foi evaporado em evaporador rotativo até se obter um pequeno volume que foi transferido quantitativamente para frascos previamente pesados, onde o restante do solvente foi evaporado com nitrogênio e a quantidade de lipídeo determinada.

Os compostos não separados na primeira placa foram aplicados numa segunda placa que foi desenvolvida com éter de petróleo – acetona 70:30 (vol/vol). Foi possível isolar ésteres de terpenos, diglicerídeos, monoglicerídeos e ácidos graxos livres, que foram recuperados e determinados conforme método usado na primeira placa (Figura XX).

A recuperação dos lipídios na placa foi de 95%. Para determinar a porcentagem de cada classe, desprezou-se a perda, admitindo-se que foi igual para todas os tipos de lipídios.

3.5.4 - Análise Estatística

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 2 x 3 (2 tipos de secagem e 3 tipos de maturação) e nas subparcelas o tempo (4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses) no delineamento inteiramente ao acaso com 3 repetições.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para os fatores qualitativos as médias foram comparadas utilizando-se os testes de F e/ou Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos baseado na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t”, adotando-se o nível de 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, vários tratamentos foram usados para se avaliar a influência do armazenamento, tipo de café, local de colheita e tipo de secagem sobre a composição química, qualidade de bebida e invasão fúngica no café, bem como comparar os resultados das análises sensorial com invasão fúngica e a composição química, a fim de se verificar correlações entre eles.

4.1 - Umidade e Temperatura

Observou-se durante o armazenamento que a umidade do café armazenado sofreu variação. Esta variação é devida, principalmente, às flutuações da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar. O café tipo verde teve a menor umidade durante todo armazenamento, enquanto cereja e mistura tiveram umidade maior.

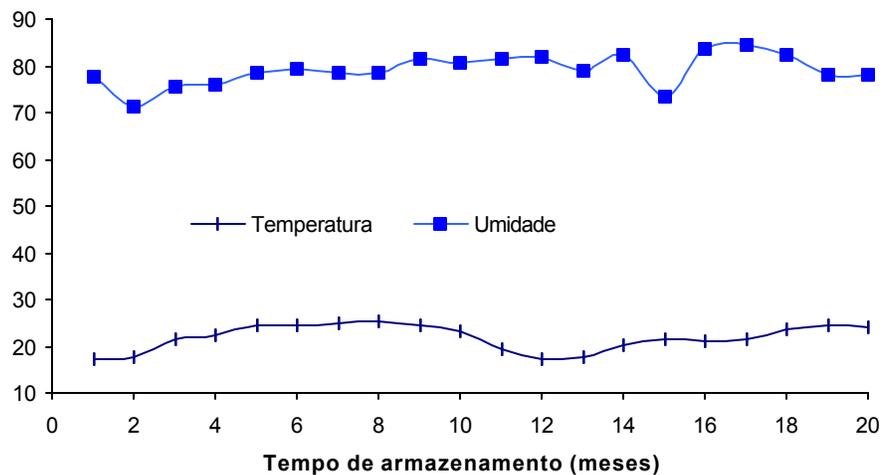


Figura 01: Temperatura e Umidade relativa média, monitorada mensalmente entre julho de 1997 e fevereiro de 1999.

Com o tempo houve aumento nos teores de umidade de modo geral (Quadro 2), que atingiu valores mais elevados após o décimo terceiro mês de armazenamento, quando a umidade relativa média era mais alta (Figura 1). No décimo sexto mês houve queda da umidade relativa com conseqüente queda da umidade dos grãos que voltou a subir no décimo nono mês, seguindo a umidade relativa média.

Estes resultados estão de acordo com os observados por LEITE (1996), segundo o qual o café verde apresenta umidade mais baixa que os demais

durante armazenamento e o café seco em secador, teor maior que o seco em terreiro.

O índice de coloração teve maior queda do décimo terceiro para o décimo sexto mês e a acidez também sofreu grande aumento neste período, quando a umidade relativa foi maior.

Quadro 02 - Valores médios (%) de umidade em café, após armazenamento para os diversos tratamentos (média de três repetições)

* Tratamento	Valores médios de umidade após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	12,1	12,1	11,9	12,4	12,0	12,4
VVeP	12,1	12,2	11,9	12,5	11,9	12,5
VMiS	12,2	12,2	12,0	12,5	12,1	12,4
VMiP	12,2	12,2	12,0	12,5	12,1	12,5
VCeS	12,2	12,2	12,0	12,5	12,1	12,5
VCeP	12,2	12,2	12,0	12,5	12,0	12,4
MVeS	12,1	12,1	11,9	12,5	12,0	12,4
MCeS	12,1	12,2	11,9	12,5	12,1	12,6

- Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

4.2 - Coloração

No Quadro 03 encontram-se os resultados do índice de coloração para os diferentes tratamentos. Não se observou diferença significativa do tipo

verde para o mistura, mas destes para o tipo cereja foi observada diferença significativa até o décimo mês.

Após o décimo terceiro mês de armazenamento o índice de coloração atingiu valores muito baixos, chegando a 0,260 em alguns casos. A partir do décimo terceiro mês, o índice de coloração de todas as amostras caiu, conforme Quadro 04 e não mais se verificou diferença entre os tipos verde, mistura e cereja.

As variações na coloração estão diretamente relacionadas com as mudanças climáticas e a partir do décimo terceiro mês, quando a umidade relativa era maior (Figura 2), a alteração na coloração foi maior. O tempo de armazenamento e a umidade foram determinantes para alteração da coloração. O efeito é reduzido quando o café é armazenado em coco. A casca e o pergaminho do café armazenado em coco oferecem proteção contra os agentes ambientais.

O resultado obtido para o índice de coloração nos primeiros meses de armazenamento não difere dos descritos por CARVALHO et al. (1994), que variaram entre 0,490 e 0,860, após armazenamento por menor tempo.

Quadro 03 - Valores médios de índice de coloração em café (cru e torrado), após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (média de três repetições).

Tratamentos*	Valores médios de coloração após armazenamento (Meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	0,542	0,494	0,445	0,371	0,302	0,293
VVeP	0,524	0,511	0,458	0,400	0,322	0,315
VMiS	0,511	0,506	0,459	0,394	0,306	0,295
VMiP	0,494	0,475	0,420	0,360	0,280	0,258
VCeS	0,414	0,410	0,391	0,348	0,274	0,260

VCeP	0,427	0,397	0,389	0,337	0,267	0,265
MVeS	0,532	0,497	0,461	0,392	0,361	0,313
MCeS	0,430	0,427	0,390	0,356	0,293	0,287
VVeST	0,841	0,708	0,831	0,807	0,843	0,771
VCeST	0,824	0,741	0,778	0,766	0,827	0,895

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

De acordo com LOPES (1991), os principais fatores responsáveis pela mudança da coloração dos grãos durante armazenamento são a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento. Segundo MULTON et al., (1973) e ILLY (1982), relativamente pequenas variações nas condições de estocagem, como na umidade, podem levar a diferenças marcantes na coloração.

Quadro 04 - Valores médios de índice de coloração do café colhido em Viçosa para os tipos verde, mistura e cereja, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento.

Tipo	Valores médios de índice de coloração após armazenamento (meses)					
	04	07	10	13	16	19
1- Verde	0,533 a	0,502 a	0,451 a	0,385 a	0,293 a	0,304 a
2- Mistura	0,502 a	0,490 a	0,439 ab	0,377 a	0,271 a	0,276 a
3- Cereja	0,403 b	0,403 b	0,389 b	0,343 a	0,265 a	0,263 a

- As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O café do tipo verde e mistura (Figura 2) apresentou menor índice de coloração em relação ao tipo cereja. Segundo CARVALHO (1988), quanto maior a porcentagem de frutos verdes, menor é o índice de coloração.

Observou-se que a alteração da coloração do café (branqueamento), dada pelo índice de coloração, ocorreu de forma linear.

Quanto ao tipo de secagem, não foi observada diferença no índice de coloração entre os cafés secos no pátio e aqueles secos no secador.

BITENCOURT (1975), em estudos sobre a qualidade do sabor e aroma do café, concluiu que todo produto fermentado apresentava qualidade inferior e que os processos de fermentação eram mais comuns nas secagens em que se utilizavam temperaturas baixas, que são mais demoradas.

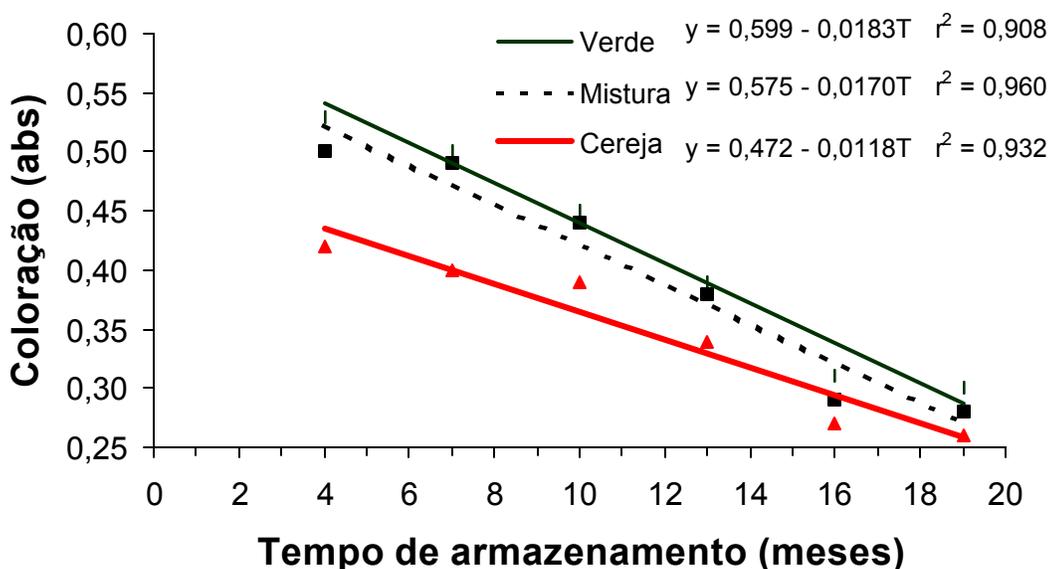


Figura 2 – Estimativa do índice de coloração para café tipo verde, mistura e cereja em função do tempo de armazenamento.

O café originário de Machado resultou num índice de coloração mais elevada, comparada com o café Viçosa (Quadro 5). Resultados semelhantes foram obtidos por CARVALHO et al. (1994), quando se observou que os cafés originários de Machado possuem um índice de coloração superior aos de Viçosa.

Quadro 5 – Valores médios de coloração de café cru de Viçosa e Machado.

Local	Coloração
Viçosa	0,379 b
Machado	0,395 a

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 6 – Valores médios de índice de coloração das amostras de café cru e torrado provenientes de Viçosa para os respectivos meses de armazenamento.

Tipo de Café	Valores médios após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
Não Torrado	0,478 b	0,452 b	0,418 b	0,359 b	0,288 b	0,277 b
Torrado	0,833 a	0,724 a	0,804 a	0,787 a	0,835 a	0,833 a

• As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O valor mais alto para índice de coloração (coloração forte), indica que ainda não houve perda da coloração característica, que é ocasionada principalmente por reações oxidativas. Observou-se que quanto menor a % de frutos verdes, maior é o índice de coloração, sem que isto resultasse em melhor qualidade de bebida, discordando dos resultados obtidos por CARVALHO (1988), segundo a qual o café de melhor qualidade resulta em índices mais elevados de coloração.

4.3 – Teor de Óleo

O teor de óleo variou muito durante armazenamento, chegando a 13,0% após 4 meses e atingindo valores baixos, como 9,7% após 19 meses, para amostras de café cru (Quadro 7).

A porcentagem de óleo variou de acordo com a secagem e o tipo de café, como se observa pelo Quadro 8. Para o café seco em secador, o tipo verde e cereja não apresentaram diferença significativa no teor de óleo. Entretanto para o café seco em pátio, o teor de óleo do café cereja foi expressivamente superior ao tipo verde. A secagem em terreiro favorece a fermentação dos grãos verdes, devido ao tempo excessivo de secagem, levando à perda do conteúdo de óleo. Em ambos os casos, o café mistura (verde, cereja e seco) teve a menor % de óleo, o que pode ser devido à presença do café seco.

Quadro 7 - Valores médios (%) de teor de óleo em café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento*	Valores médios após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	11,9	11,4	10,9	10,5	10,4	10,0
VVeP	12,5	11,3	10,7	10,4	10,6	9,8
VMiS	11,4	10,3	10,2	10,0	10,1	9,7
VMiP	11,3	11,3	10,7	10,4	10,3	9,9
VCeS	11,6	10,9	10,6	10,2	10,2	9,7
VCeP	13,0	12,4	11,8	11,2	11,0	10,5
MVeS	12,5	12,7	12,2	11,3	11,2	10,8
MCeS	12,8	12,4	11,8	11,1	10,7	10,3
VVeST	10,5	9,3	8,7	8,4	8,2	7,6
VCeST	10,5	9,3	8,8	8,4	8,3	7,7

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

Comparando diversas variedades, pelo teor total de óleo, FONSECA e GUTIERREZ (1971) observaram que o conteúdo total de óleo variou entre 10,8% e 13,2%. Segundo outros autores, como SPEER et al. (1993), Arábica e Robusta contêm níveis diferentes de lipídios 0,2-0,3%, na camada de cera que circunda e protege o grão. Já o conteúdo total de lipídios varia entre 10 e 15%.

Com o tempo, a redução do teor de óleo em todas as amostras foi linear, como se observa pela Figura 3. A temperatura e a umidade mais altas neste período (Figura 1) favorecem as reações de oxidação e hidrólise que levam à degradação do óleo.

Quadro 8- Valores médios (%) de teor de óleo para os diversos tipos de café e secagem de café proveniente de Viçosa.

Secagem	Valores médios do teor de óleo do café colhido em Viçosa		
	Verde	Mistura	Cereja
Secador	10,8 aA	10,3 bB	10,5 bAB
Pátio	10,9 aB	10,7 aB	11,6 aA

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

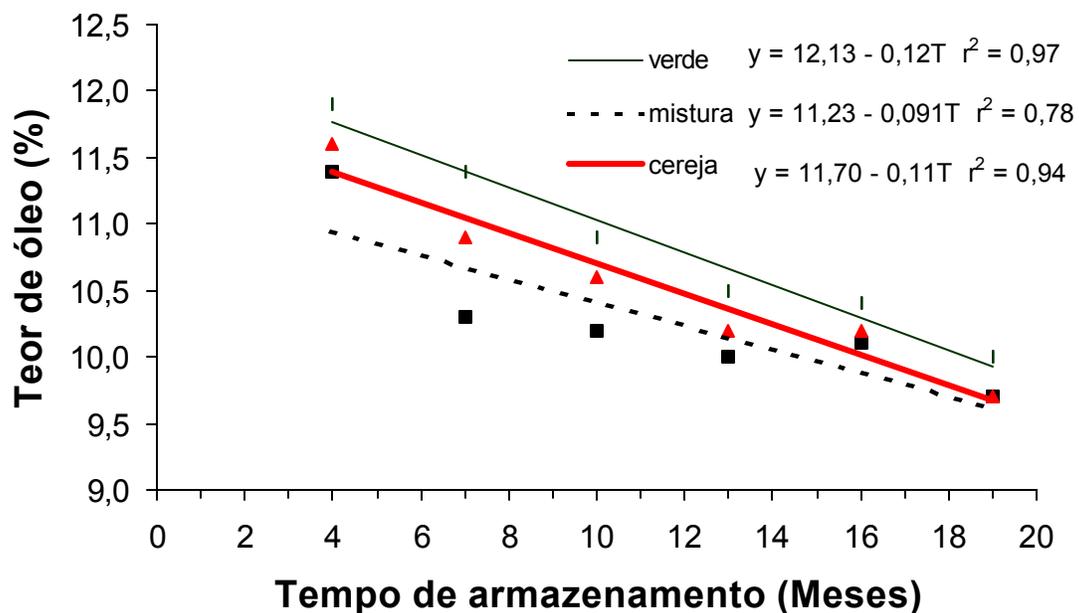


Figura 3 – Estimativa do teor de óleo para café do tipo verde, mistura e cereja, secos em secador em função do tempo de armazenamento.

VERTUCCI (1992), relatou que a mudança no conteúdo de lipídios ocorre durante o processo de envelhecimento da semente e não devido ao tipo de colheita da semente. As reações dos lipídios com a parte não lipídica de semente, juntamente com reações peroxidativas nos triacilgliceróis contribuem de forma determinante para redução do teor de lipídios.

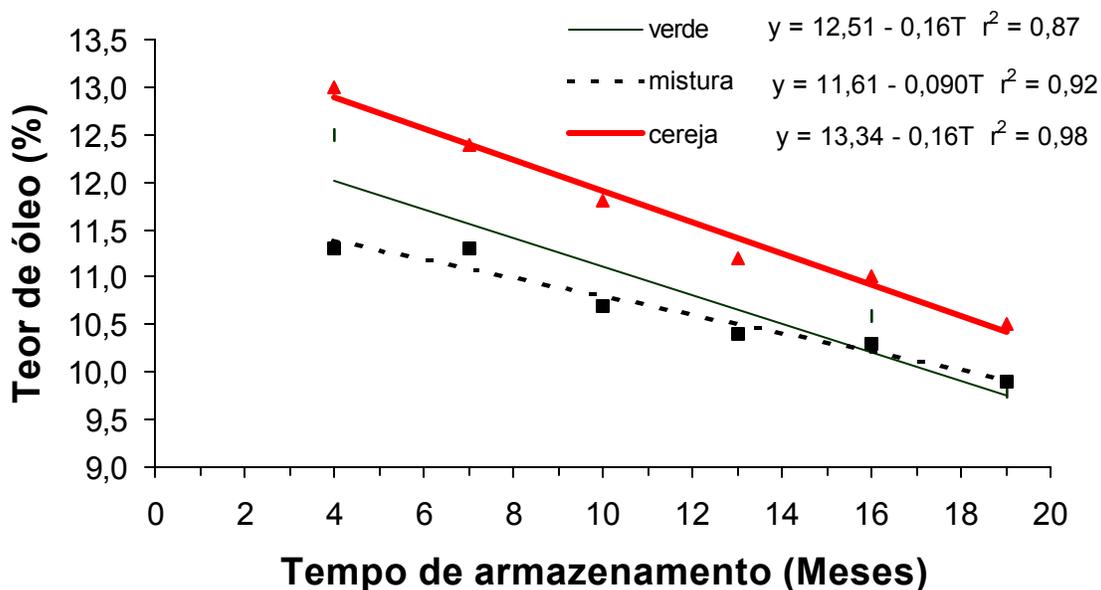


Figura 4 – Estimativa do teor de óleo em café do tipo verde, mistura e cereja secos em pátio em função do tempo de armazenamento

Uma diferença significativa foi observada na porcentagem de óleo entre amostras de Viçosa e Machado (Quadro 9). Na média, o café de Machado apresentou valores mais altos para porcentagem de óleo, apesar dos resultados variarem mais em torno da média. O café proveniente de Machado também apresentou melhor qualidade de bebida em relação ao de Viçosa.

A degradação do óleo por hidrólises e oxidações geram produtos indesejáveis que diminuem a qualidade da bebida. Segundo FOURNY et al. (1982), os lipídios são um dos componentes principais do café e são facilmente oxidados durante a estocagem, formando compostos indesejáveis ao paladar.

Quadro 9 - Valores médios (%) para teor de óleo em café proveniente de Viçosa e Machado.

Local	Valor Médio de Óleo
Viçosa	10,7 b
Machado	11,4 a

- As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Após a torragem, a porcentagem de óleo diminuiu (Quadro 10), o que é condizente com o fato do aquecimento favorecer as reações de oxidação e hidrólise que degradam o óleo. A diferença se tornou mais acentuada após seis meses de armazenagem. Segundo MAIER (1987), após a torragem, o teor de óleo sofre uma alteração em relação ao café cru.

Quadro 10- Valores médios (%) para teor de óleo de café cru e torrado após armazenamento.

Tipo de Café	Valores médios após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
Cru	11,7 a	11,2 a	10,8 a	10,4 a	10,3 a	9,8 a
Torrado	10,5 b	9,3 b	8,8 b	8,4 b	8,3 b	7,6 b

- As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.4 - COMPOSIÇÃO LIPÍDICA

4.4.1 - Ésteres de Terpenos (ET)

Os Ésteres de Terpenos, que compõem a matéria insaponificável presente no óleo, variou de 13,1 a 14,8% após quatro meses de armazenamento e 13,7 a 15,2% após dezenove meses (Quadro 11). Um TLC representativo é demonstrado na figura 5.

KAUFMANN e HAMSAGAR (1962) encontraram 18,50% como teor médio de ET no óleo de café. Já NIKOLOVA-DAMYANOVA et al. (1998)

encontraram teores de ET no óleo do café em torno de 15,1% e JHAM et al. (2000) determinaram teores variando de 13,1% a 14,8%.

Após a torragem o teor de ET no óleo foi em média de 14,1% e 13,9% nos meses 4 e 19, respectivamente (Quadro 12).

Diferenças significativas foram observadas a partir do sétimo mês no teor de ET entre o café cru e o torrado (Quadro 12). Após torragem, houve diminuição no conteúdo e ésteres de terpenos.

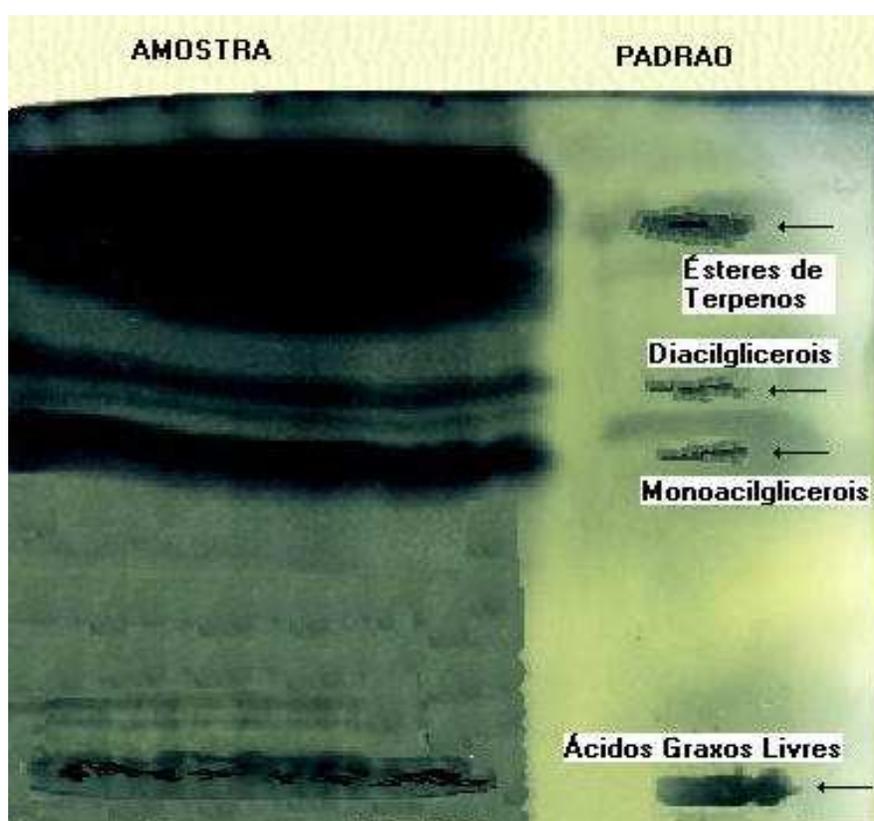


Figura 5 : TLC representativo do fracionamento lipídico de óleo de café para determinação de ésteres de terpenos, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e ácidos graxos livres.

Estes resultados concordam em parte com os observados por URGENT (1995), segundo o qual o conteúdo total de diterpenos está entre 1,3 – 1,9% em massa no café Arábica, já os outros diterpenos, produtos da decomposição

do Cafestol e Kahweol, estão presentes em quantidades muito pequenas. Entretanto, segundo este autor, não ocorrem mudanças significativas na composição durante a torrefação, discordando do que foi observado neste trabalho.

Quadro 11– Valores médios (%) ésteres de terpenos (ET) em óleo de café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento*	Valores médios (%) de ésteres de terpenos (ET) após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	14,2	15,0	14,9	15,1	15,1	15,2
VVeP	13,4	14,8	14,7	14,9	14,9	14,9
VMiS	14,1	14,2	14,2	14,4	14,4	14,5
VMiP	13,1	14,4	14,3	14,5	14,5	14,6
VCeS	14,5	14,5	14,6	14,6	14,7	14,8
VCeP	14,8	14,7	14,8	14,9	15,0	15,0
MVeS	14,4	14,5	14,5	14,6	14,6	14,7
MCeS	13,3	13,3	13,4	13,6	13,6	13,7
VVeST	14,0	13,9	13,7	13,7	13,7	13,7
VCeST	14,3	14,2	14,1	14,2	14,2	14,2

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

Quadro 12- Valores médios (%) de ésteres de terpenos em óleo de café cru e torrado para o respectivo tempo de armazenamento.

Tratamento	Valores médios após armazenamento (meses)
------------	---

	4	7	10	13	16	19
Cru	14,3 a	14,8 a	14,7 a	14,9 a	14,9 a	14,9 a
Torrado	14,1 a	14,0 b	13,9 b	13,9 b	13,9 b	13,9 b

- As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

No óleo, o aumento foi maior do mês 4 para o mês 7. Apenas para o café do tipo cereja ocorreu diminuição. Após o sétimo mês houve um aumento linear para todos os tipos de café. A Figura 6, a seguir, demonstra o fenômeno observado no teor de ésteres de terpenos no óleo de café. Em todos eles o teor de ET no óleo aumentou com tempo de armazenamento.

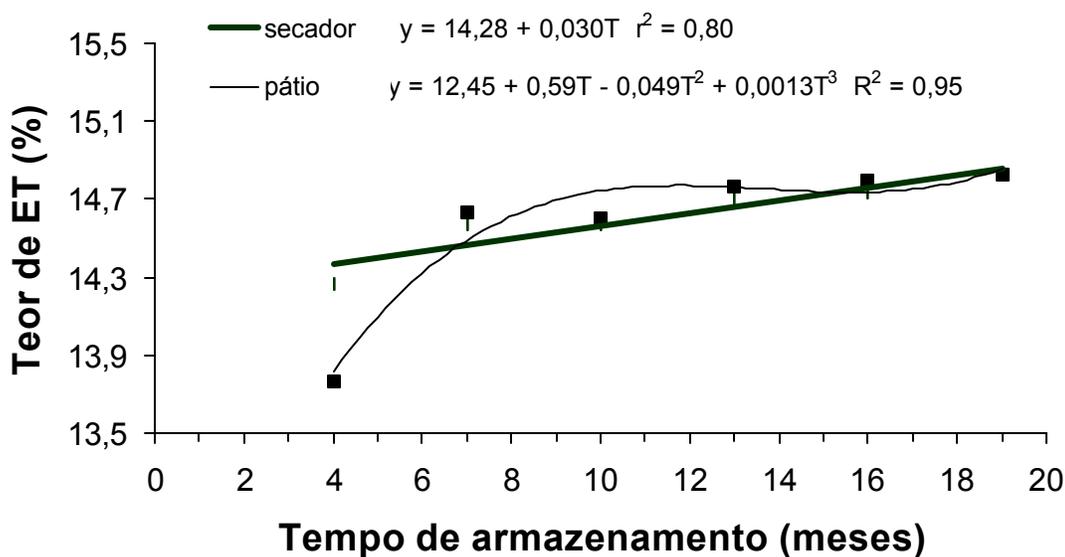


Figura 6 – Estimativa do teor de ésteres de terpenos para óleo de café seco em secador e pátio em função do tempo de armazenamento

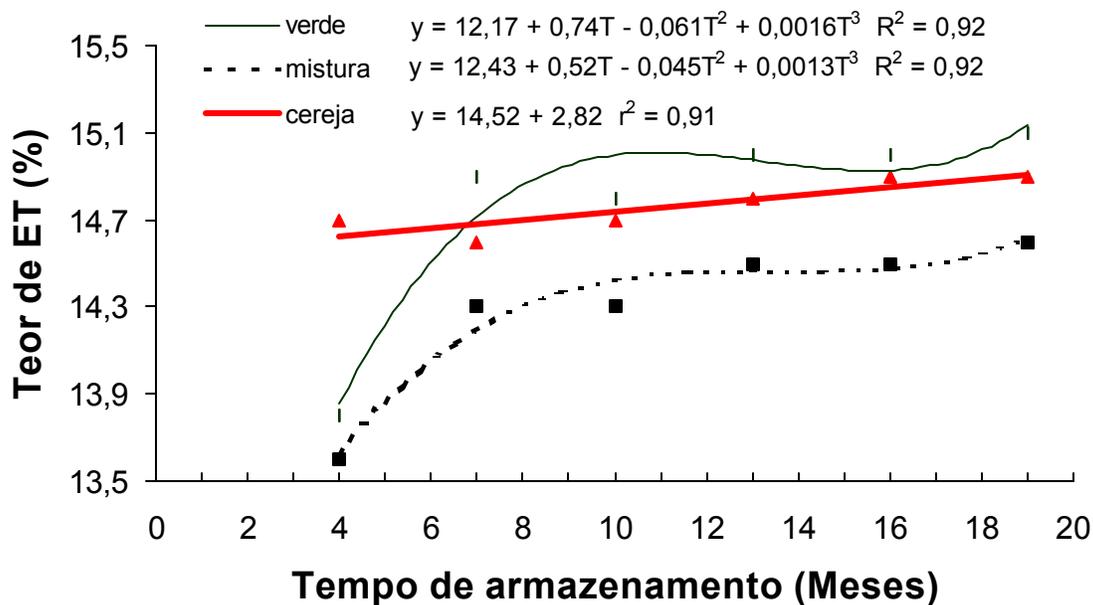


Figura 7 – Estimativa do teor de ésteres de terpenos para óleo de café do tipo verde, mistura e cereja em função do tempo de armazenamento.

4.4.2 - Triacilglicerois (TAG)

Os valores encontrados para TAG's estão no Quadro 13. O valor variou durante armazenamento. Encontraram-se 73,9 em média após o quarto mês de armazenamento e 72,9 após o décimo nono mês.

A variação do teor de TAG's no óleo teve comportamento diferente de um tipo de café para outro. O café do tipo cereja e o café verde secos em secador apresentaram a maior redução do décimo para o décimo terceiro mês. No café verde seco no pátio e no mistura seco em secador a maior queda foi do quarto para o sétimo mês. Apenas no café mistura seco no pátio houve um pequeno aumento no início, mas caiu linearmente a partir do sétimo mês.

Quadro 13– Valores médios (%) de triacilgliceróis (TAG's) em óleo de café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento*	Valores médios de triacilgliceróis após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	72,1	71,2	71,4	70,8	70,8	70,8
VVeP	72,3	72,3	72,4	71,9	71,9	71,9
VMiS	73,1	73,5	73,4	73,2	73,1	73,1
VMiP	74,2	73,5	73,5	73,2	73,2	73,1
VCeS	75,2	75,1	75,1	74,8	74,8	74,7
VCeP	74,2	74,2	74,2	74,0	74,0	73,9
MVeS	72,1	72,4	72,4	72,3	72,3	72,2
MCeS	74,4	74,4	74,3	74,2	74,2	74,1
VVeST	73,7	73,1	73,0	72,8	72,7	72,6
VCeST	73,6	73,4	73,2	73,1	73,1	73,0

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

Resultados obtidos por KAUFMANN e HAMSAGAR (1962) para TAG's no óleo foi de 75,2% em média. Já NIKOLOVA-DAMYANOVA et al. (1998) encontraram valores médios em torno de 75,5%. Estes valores se referem a café colhido e analisado imediatamente. Segundo outros autores, como SPEER et al. (1993), o conteúdo de TAG's é em torno de 70-80%. JHAM et al. (2001) encontraram teores variando de 72,1% a 75,2%.

Os resultados observados para os diversos tratamentos são demonstrados pelas Figuras 8 e 9:

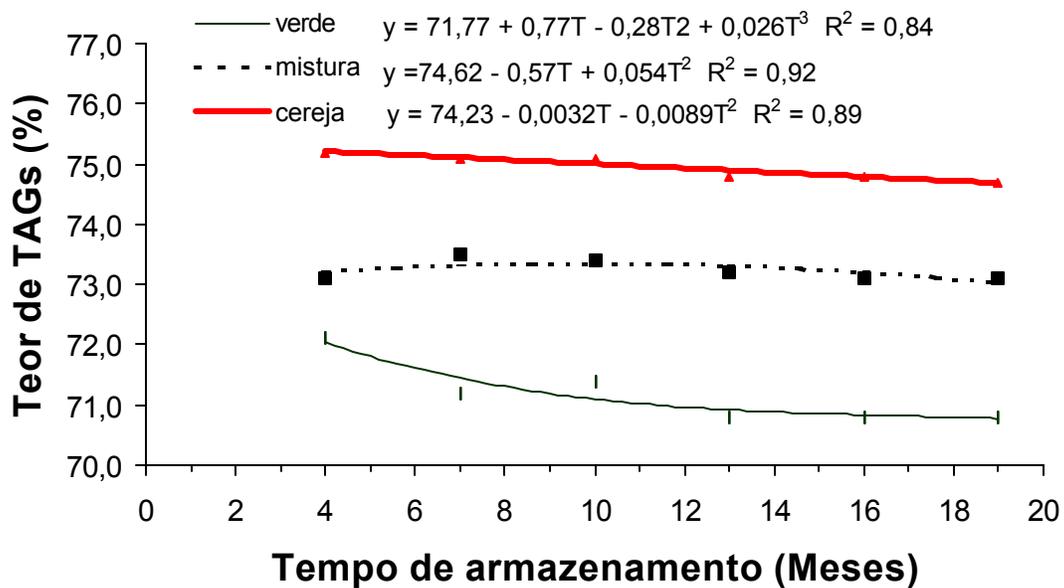


Figura 8 – Estimativa do teor de triacilgliceróis em óleo de café do tipo verde, mistura e cereja, secos em pátio em função do tempo de armazenamento.

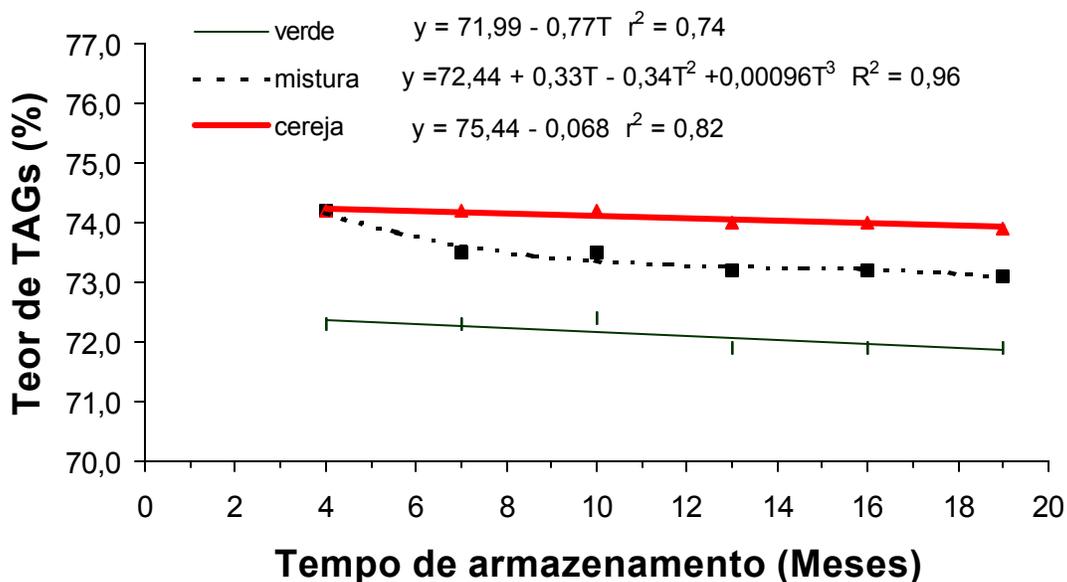


Figura 9 - Estimativa do teor de triacilgliceróis em óleo de café dos tipos verde, mistura e cereja secos em secador em função do tempo de armazenamento.

Não foi observada diferença significativa no teor de TAG's entre o café de Viçosa e Machado (Quadro 14), mesmo quando se levou em conta a porcentagem de TAG's na massa total. No café de Viçosa houve uma queda contínua desde a primeira coleta e no café de Machado houve um leve aumento do quarto para o sétimo mês com quedas contínuas em seqüência. A diminuição no teor de TAG's no café, evidencia a tendência que estes compostos têm de sofrer hidrólises e oxidações.

Quadro 14 - Valores médios de teor de triacilgliceróis para óleo de café colhido em Viçosa e Machado durante armazenamento.

Local	Valores médios de teor de triacilgliceróis após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
1- Viçosa	73,9 a	73,4 a	73,4 a	73,3 a	73,2 a	73,1 a
2- Machado	73,3 a	73,2 a	73,2 a	72,8 a	72,8 a	72,7 a

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

Entre o café cru e o torrado também não houve diferença significativa em nenhuma das coletas, entretanto, quando se levou em conta a porcentagem na massa total, observou-se uma redução após a torragem. No quarto mês o teor de TAG's na massa total no café cru e torrado foi de 8,6 e 7,7%, já no décimo nono mês foi de 7,2 e 5,6% respectivamente. Isto demonstra que houve uma degradação para todos componentes do óleo, de forma que a proporção de cada um no óleo não se alterou após a torragem, apesar de reduzir a porcentagem na massa total.

Segundo VERTUCCI (1992) as reações peroxidativas em que as ligações éster entre o glicerol e as cadeias de ácidos graxos são quebradas ou quando ligações insaturadas são atacadas por radicais livres estão diretamente envolvidas com as mudanças na composição de triacilgliceróis. Estas

mudanças ocorrem durante o envelhecimento da semente e não durante o tratamento da semente, daí seguem as observações verificadas neste trabalho, a diferença no teor de TAG's foi mais significativa em razão do tempo, que em função dos tratamentos.

A deterioração da semente, associada ao conteúdo não lipídico da semente causa aquecimento da mesma, levando à degradação das cadeias de triacilgliceróis. (VERTUCCI, 1992).

A presença de acilgliceróis parciais, com uma ou duas cadeias ramificadas de ácidos graxos, é resultante da degradação dos triacilgliceróis, causada por reações diversas.

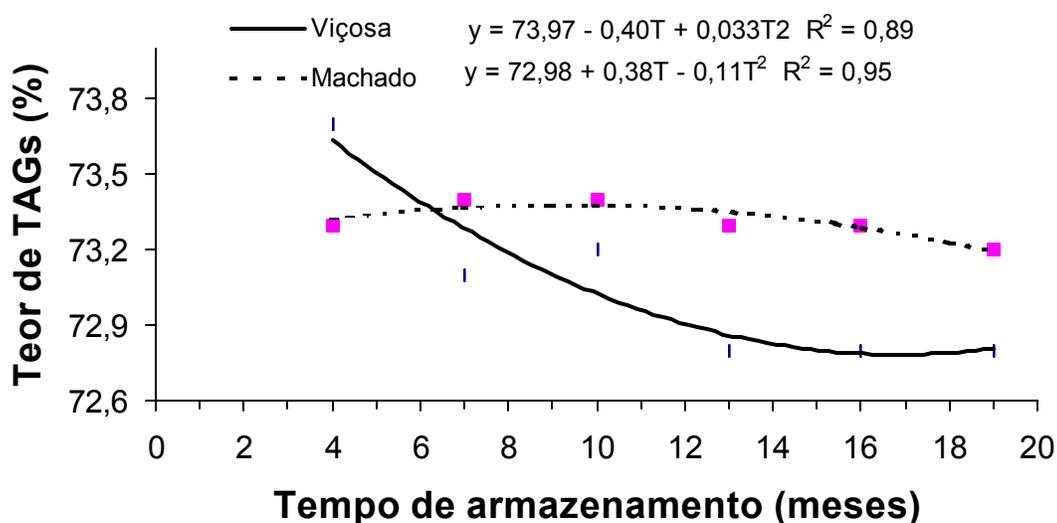


Figura 10 – Estimativa do teor de triacilgliceróis em óleo de café colhido em Viçosa e Machado em função do tempo de armazenamento.

Como todo conteúdo lipídico sofre redução durante a torragem o teor de TAG's no óleo proporcionalmente não diminui muito. No quarto mês de armazenamento o teor de TAG's no óleo era de 73,5 em média e o teor de óleo na semente 11,9, assim a porcentagem de TAG's no grão era de 8,8. Já

no décimo nono mês, levando-se em conta o teor de óleo e de TAG's no óleo, a porcentagem de TAG's na semente foi de 7,24.

Estes resultados indicam que a degradação dos TAG's pode estar ligada não apenas à formação de substâncias desagradáveis, mas também de compostos que agregam valor à qualidade da bebida, principalmente compostos voláteis.

4.5 – Acidez

A acidez do óleo de café (quadro 15), expressa sob a forma de ácido oleico, foi inversamente proporcional ao teor de triacilgliceróis no óleo. À medida que os TAG's são degradados por reações hidrolíticas, os ácidos graxos são liberados, aumentando significativamente a acidez do óleo.

CARVALHO et al. (1994) encontraram valores de acidez variando entre 1,23 e 2,47mg de ácido oléico por 100mg de óleo para café recém colhido e também observou que a acidez estava diretamente relacionada à umidade ambiente, que favorecia reações que liberam ácidos no óleo.

Em todos os tipos de café verificou-se aumento linear da acidez com o tempo de armazenamento, conforme se verifica pela Figura 11. A acidez do café tipo mistura foi maior que a dos demais, que favoreceu a degradação da semente. Entre o café tipo verde e cereja, o segundo apresentou maior acidez. O café seco no pátio resultou em maior acidez do que o do secador.

Estes resultados estão de acordo com os observados por LEITE (1996), segundo o qual a acidez do café mistura foi maior que do verde e o café seco no pátio apresentou acidez mais elevada

	Acidez *	
	Inicial	Após 12 meses
Verde pátio:	1,18	1,47.
Verde secador:	1,23	1,35
Mistura pátio:	1,29	1,64
Mistura Secador:	1,23	1,70

*Resultados em mg de ácido oléico por 100mg de óleo.

Quadro 15 - Valores médios (%) de acidez, expressa como ácido oléico, em óleo de café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento *	Valores médios de acidez após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	2,51	3,33	3,85	4,65	4,72	5,64
VVeP	2,59	3,45	4,10	4,98	4,61	5,74
VMiS	3,12	4,08	4,75	5,69	5,91	6,34
VMiP	3,32	4,21	5,37	5,73	6,03	6,48
VCeS	2,77	3,67	4,18	4,68	5,41	6,16
VCeP	2,89	3,79	4,38	5,04	5,39	6,38
MVeS	2,42	3,28	3,67	4,38	4,91	5,32
MCeS	2,71	3,82	4,61	5,45	5,41	6,02
VVeST	2,12	2,70	2,75	3,10	3,42	4,04
VCeST	2,64	2,91	3,10	3,37	3,90	4,32

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

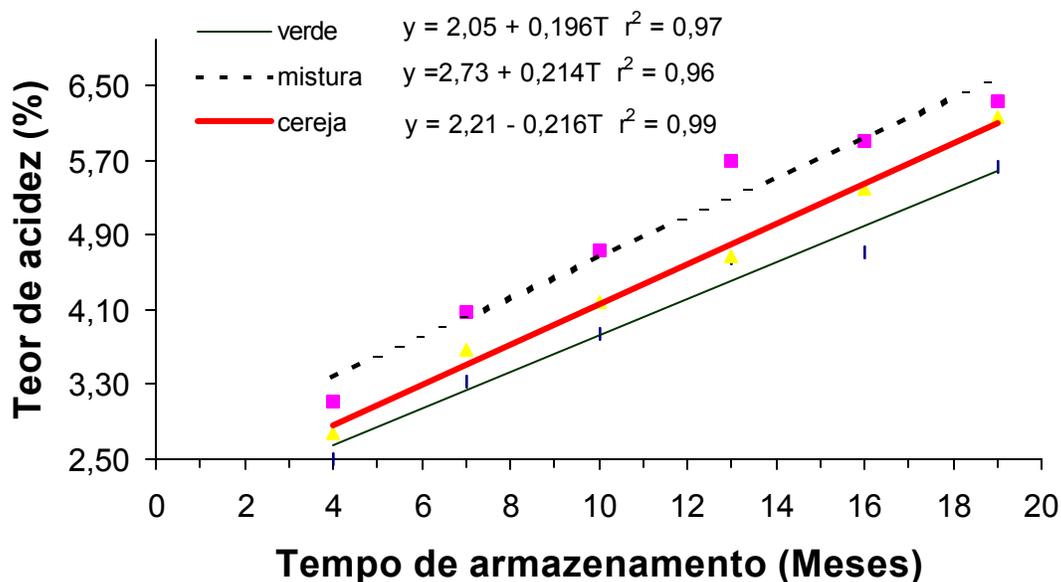


Figura 11 – Estimativa do teor de acidez (expresso como ácido oléico) para óleo de café tipo verde, mistura e cereja secos em secador em função do tempo de armazenamento.

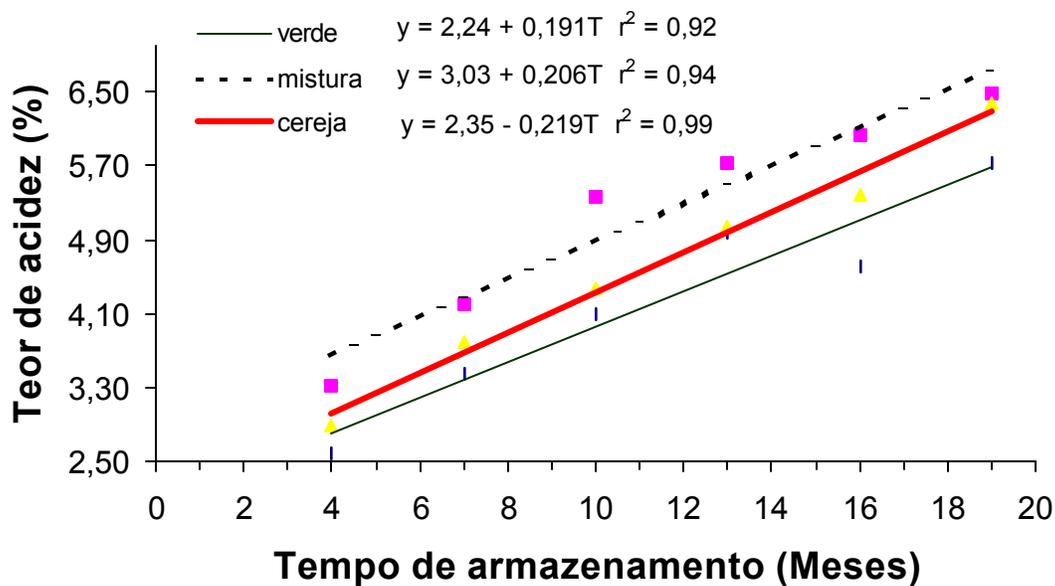


Figura 12 – Estimativa do teor de acidez (expresso como ácido oléico) para óleo de café tipo verde, mistura e cereja secos em pátio em função do tempo de armazenamento.

Após um ano de armazenamento a qualidade do café é reduzida, os grãos mudam de coloração, ocorrem mudanças na composição química, o que é associado a bactérias (MULTON et al., 1973; ILLY, 1982), o aroma torna-se inexpressivo e a acidez aumenta. Um aumento nos ácidos graxos livres foi associado com o longo armazenamento dos grãos em condições subtropicais, e pode ser resultante da atividade enzimática, a qual também produz alguma deterioração do paladar (WAJDA e WALCZYK, 1978).

Não se observou diferença significativa de acidez entre o café de Viçosa e Machado (Quadro 16).

Quadro 16 - Valores médios (%) de acidez, expressa como ácido oléico, para café colhido em Viçosa e Machado para os diversos tempos de armazenamento.

Local	Valores médios de acidez após armazenamento (meses)					
	3	6	9	12	15	18
Viçosa	2,64 a	3,45 a	4,01 a	4,66 a	5,07 a	5,90 a
Machado	2,57 a	3,55 a	4,14 a	4,92 a	5,16 a	5,67 a

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

Após a torragem, observou-se uma redução na acidez. No quarto mês esta diferença foi de aproximadamente 10% e nos meses seqüentes chegou a 27% em média. O café torrado apresentou a mesma tendência do café cru de aumento linear da acidez com o tempo. Segundo SPEER et al. (1993) a redução dos ácidos graxos livres após a torragem é em torno de 20%.

Segundo VIANI (1993), a hidrólise dos triacilglicerois durante a torragem gera ácidos graxos livres, que sob calor, sofrem reações, como oxidação, levando a outros compostos, dentre eles os aldeídos insaturados. Este fato explica a redução observada na acidez após torragem.

Observa-se que os cafés do tipo Rio e rio Zona apresentam acidez mais elevada. Segundo CARVALHO et al. (1994) a acidez titulável do óleo, representada pelos ácidos graxos livres (mg de ácido oléico por 100mg de óleo) varia de acordo com o tipo de bebida: Estritamente Mole, 1,49; Mole, 1,66; Apenas Mole, 1,54; Dura, 1,76; Riada, 1,92; Rio, 2,01.

4.6 - Ácidos Graxos

O ácido graxo predominante no café após a colheita é o linoleico (C18:2), que apresentou valores variando de 33,9 a 44,0%, em seguida está o ácido palmítico (C16), variando de 34,9 a 45,2% (quadro 17). Um cromatograma típico é representado na figura 13.

Com o tempo de armazenamento, ocorreu uma redução do ácido linoleico com conseqüente aumento do ácido palmítico. Do décimo quarto mês para o décimo sétimo mês houve um aumento elevado no teor de C16, mas a porcentagem deste ácido no óleo durante armazenamento é muito variável e este resultado não é conclusivo.

Segundo alguns autores, como SPEER et al. (1993), no óleo predomina o ácido linoléico (40 – 45%). tNIKOLOVA-DAMYANOVA et al. (1998) identificaram dez ácidos graxos no grão de café, sendo o ácido palmítico e o linoleico os predominantes.

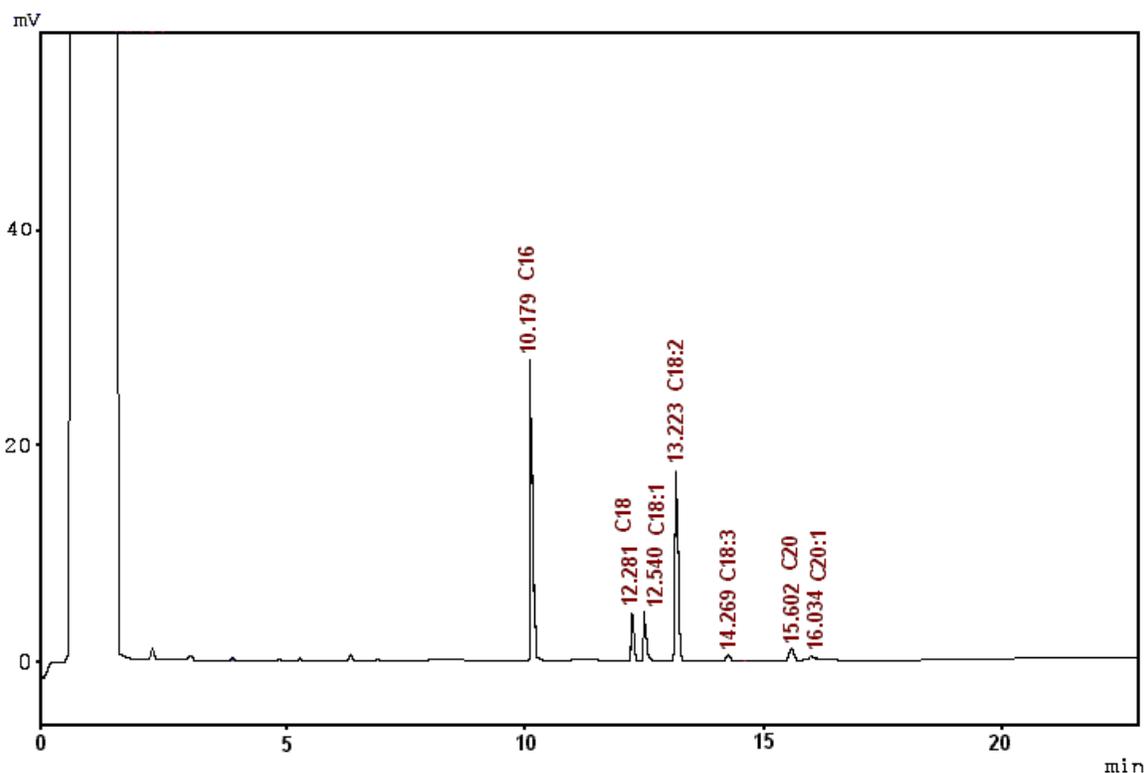


Figura 13 : Cromatograma representativo da determinação da composição em ácidos graxos de óleo do café.

Os ácidos insaturados, como C18:1, C18:2 e C18:3 são bastante suscetíveis a reações de degradação, caindo sua porcentagem no óleo durante o armazenamento. O ácido linoleico, que foi encontrado em maior porcentagem no óleo, sofreu uma variação intensa durante armazenamento, e como o ácido esteárico não se adaptou a nenhum fenômeno.

Quadro 17: Valores médios (%) de ácido palmítico (C16) e de ácido linoleico (C18:2) em café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento	Valores médios de ácidos palmítico (C16) e ácido linoleico (C18:2) após armazenamento (meses)											
	4		7		10		13		16		19	
	C16	C18:2	C16	C18:2	C16	C18:2	C16	C18:2	C16	C18:2	C16	C18:2
VVeS	38,2	41,8	41,4	38,0	40,3	37,2	42,9	40,9	37,8	37,3	43,2	41,5
VVeP	35,8	43,1	42,0	36,5	43,3	36,2	42,4	38,8	39,8	36,6	44,3	42,0
VMiS	40,8	39,2	40,0	37,9	40,1	37,7	38,8	40,0	36,9	38,3	38,5	40,0
VMiP	37,1	39,5	41,5	36,8	40,7	37,7	38,6	40,8	36,7	36,8	41,5	41,5
VCeS	37,3	40,3	33,9	38,7	39,9	37,0	41,8	37,4	41,0	35,9	42,7	33,9
VCeP	39,2	39,9	38,3	36,9	41,0	38,6	36,8	39,9	37,7	37,3	41,1	38,3
MVeS	34,9	42,8	41,6	33,9	42,2	35,9	43,5	36,9	41,7	34,9	45,2	41,6
MCeS	36,0	42,6	43,6	37,6	40,4	37,6	40,7	36,8	43,1	37,7	40,9	43,6
VVeST	36,5	44,0	34,7	36,7	42,7	37,0	42,6	35,6	44,1	38,3	39,9	34,7
VCeST	36,4	41,9	36,2	36,6	42,9	37,7	41,1	37,1	41,7	38,7	40,5	36,0

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

Segundo MAIER (1981) e SPEER et al. (1993), a composição do óleo varia de acordo com a variedade, condições de crescimento, de maturação, de estocagem, do método de processamento e de outros fatores, tais como contaminação fúngica.

Variedades de café Arábica foram comparadas pelo teor total de óleo e o perfil de ácidos graxos (FONSECA e GUTIERREZ, 1971). O conteúdo total de óleo variou entre 10,8% e 13,2%. O linoleico foi o principal ácido graxo presente, estendendo-se de 46,9% a 54, 1%. O segundo principal ácido graxo foi o palmítico, estendendo-se entre 31,5% e 41,2%.

Na determinação do teor de ácidos graxos livres obteve-se um resultado importante. Já nos primeiros meses de armazenamento o índice de acidez se encontrava num patamar relevante. Com o tempo este índice sofreu modificações, o que é compatível com os dados encontrados na literatura (MAIER, 1981 e SPEER et al., 1993) a respeito da influência do tempo de armazenamento sobre o teor de ácidos graxos livres.

A composição de ácidos graxos mostrou variações significativas, de acordo com o tempo de armazenamento. Estes resultados podem sugerir que a liberação de ácidos graxos não é uniforme e que a degradação se dá de forma diferente de um ácido graxo para outro.

COSTE (1969) afirma que a determinação da composição de ácidos graxos dá uma estimativa das alterações na qualidade do óleo. Os ácidos insaturados apresentam maior variação na concentração com o aquecimento da semente durante armazenamento, e sua determinação indica o grau de dano de armazenamento. A redução da concentração de ácidos graxos polinsaturados indica que houve deterioração oxidativa durante o armazenamento, que se reflete no menor teor de óleo.

Nos meses 6 e 15 de armazenamento foi observada uma diferença significativa entre o café de Viçosa e o de Machado. Nos demais meses, nenhuma diferença significativa foi observada. O café de Machado no geral apresentou um teor de ácido linoleico maior e esta diferença foi maior no sexto e décimo quinto mês de armazenamento (Quadro 18).

Quadro 18- Valores médios (%) de teor de ácido linoleico (C18:2) de café Colhido em Viçosa e Machado para os respectivos tempos de armazenamento.

Local	Valores médios de teor de ácido linoleico (C18:2) após armazenamento (Meses)					
	3	6	9	12	15	18
Viçosa	41,0 a	37,7 b	40,1 a	42,1 a	39,4 b	42,9 a
Machado	42,7 a	42,6 a	41,3 a	42,3 a	42,4 a	43,1 a

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

Também não foi observada diferença significativa no teor de ácido esteárico e linoleico no café após a torragem. Houve redução no teor de óleo, mas os ácidos graxos componentes do óleo apresentaram redução semelhante durante a torragem. Ambos apresentaram comportamento parecido durante armazenamento.

Quanto maior o teor de ácido linoleico melhor a qualidade da bebida. Uma vez que os ácidos graxos insaturados estão relacionados à formação de aldeídos, como 2-enals, a degradação deste composto influencia negativamente a qualidade do café. As alterações químicas ocorridas no óleo têm duas origens principais: hidrolítica ou oxidativa. As alterações em função da hidrólise levam à liberação de ácidos graxos, que é indicado pelo aumento da acidez. A oxidativa degrada a cadeia de ácido graxo, dando origem a outros compostos (FOURNY et al., 1982).

FOURNY et al. (1982) afirma que os lipídios são facilmente oxidados durante a estocagem. O maior componente do ácido graxo insaturado dos lipídios do café após hidrólise é o ácido linoleico (C18:2), que contém duas insaturações cis e é portanto suscetível à oxidação na presença do oxigênio.

Foi observada uma redução no conteúdo do C18,2. No processo de oxidação, vários compostos voláteis, como o trans-2-nonenal, t-NO, são gerados, contribuindo com o “*off-flavour*”.

4.7 - Contaminação Fúngica

Neste trabalho, como a % de contaminação foi baixa nos primeiros meses de armazenamento, fez-se uma análise aos 4 meses e a seguinte com 10 meses, seguindo então as coletas de 3 em 3 meses.

A maior % de infecção, em média, foi por: *Aspergillus* spp (3,05%), *Fusarium* spp (0,68%), *Rhizopus* spp (0,45%) e *Colletotrichum* (0,10%). O café colhido em Machado e Viçosa não diferença significativa na percentagem de infecção, com 0,95% para Viçosa e 1,13% para Machado..

Fusarium foi maior no décimo sexto mês (1,83%) e no mês seguinte não foi mais observado. *Fusarium* foi mais encontrado no tipo cereja colhido em Viçosa (0,99%). *Rhizopus* não ocorreu no café colhido em Machado e em Viçosa ocorreu no tipo cereja, sendo maior no décimo nono mês (1,16%).

Colletotrichum apresentou níveis de contaminação entorno de 0,10%, semelhantes para o café proveniente de Machado e Viçosa. Não ocorreu em café tipo verde e foi baixo no cereja (0,17%).

FERNANDES (1999), analisou a infecção por fungos em amostras do tipo verde e cereja. Em ordem decrescente os principais fungos, por porcentagem de contaminação foram: *Colletotricum* e *Fusarium*. Para o

Colletotricum não se observou diferença entre frutos verdes e cereja, pois a infecção ocorre durante a formação dos frutos. O *Fusarium* teve mais dificuldade de infectar frutos não danificados e assim os frutos cereja apresentaram maior porcentagem de infecção. Os outros fungos tiveram uma baixa porcentagem de infecção.

Observou-se que o crescimento fúngico pode variar muito devido às variações climáticas. No geral a contaminação do café foi maior a partir décimo terceiro mês, o que coincide com a época de maior umidade. Segundo ZAMBOLIM (1999), o crescimento dos fungos é afetado diretamente pelo teor de umidade dos grãos.

Vários autores como CHALFOUN e CARVALHO (1992) citam a bebida do café como indicador de qualidade mais afetado pelos fungos. Entretanto pode-se notar que há necessidade de estudos mais aprofundados sobre a interação entre os fungos e seus efeitos sobre a qualidade do café.

MEIRELES (1990) demonstrou que a flora microbiana do grão beneficiado é variável, tanto em qualidade quanto em intensidade, nos cafés de diferentes graus de classificação (mole, duro, riado e rio).

Os grãos são maus condutores de calor; e uma reação exotérmica, mesmo se extremamente lenta, pode causar um “feed-back” positivo resultando em um prejuízo acelerado (acidificação e pigmentação do óleo, produção de grãos “ardidos”). Teores em torno de 18% de água em soja, provocam aquecimento de até 50°C (COSTE, 1969).

4.8 - Degustação

O resultado obtido para degustação, encontra-se no Quadro 19. Para permitir uma melhor análise dos resultados, fez-se uma caracterização do tipo de bebida por valor numérico a partir da avaliação de três especialistas (Quadro 1). Bebida Mole, ≥ 95 ; Duro, 83 a 95; Duro/Riado, 62 a 83; Riado, 58 a 62; Riado/Rio, 38 a 58; Rio, 32 a 38; Rio Zona, < 32 .

No geral a qualidade de bebida seguiu tendência de melhorar até um ano de armazenagem e a partir daí piora continuamente. A melhor classificação foi obtida pelo café cereja de Machado após o décimo terceiro mês de armazenamento, quando foi classificada como bebida Mole.

Em média, o café tipo verde obteve melhor classificação que o café cereja no início da armazenagem. Entre o sétimo e o décimo mês o café cereja melhorou muito a bebida e recebeu notas superiores ao café verde, a partir daí a qualidade do café cereja caiu continuamente. A nota atribuída ao café verde oscilou de 83 após o quarto mês de armazenamento a 67 após o décimo nono mês, o que, de acordo com o quadro 1, lhe daria classificação de bebida Duro e Duro/Riado respectivamente. Ao café tipo cereja foi atribuído em média nota 70, o que lhe daria uma classificação como de bebida Duro/Riado.

O café, quando estocado sob condições apropriadas de umidade e temperatura, é estável e a deterioração é lenta. A evolução dos compostos fenólicos durante a maturação do café, pode ser alguma indicação da natureza dos defeitos presentes no café, como a presença de grãos imaturos no café seco e processado, caracterizada pela presença de grãos pretos. O “*off-flavour*” característico destes grãos é mais bem descrito como metálico e adstringente (ILLY e VIANI, 1995).

Quadro 19 – Valores médios para classificação da qualidade da bebida do café, após 4, 7, 10, 13, 16 e 19 meses de armazenamento para os diversos tratamentos (Média de três repetições).

Tratamento*	Valores médios da classificação** da qualidade da bebida do café após armazenamento (meses)					
	4	7	10	13	16	19
VVeS	69,2	62,9	67,3	75,0	71,1	67,0
VVeP	91,2	53,8	70,9	95,0	95,0	51,0
VMiS	16,2	28,2	36,1	23,3	23,3	23,3
VMiP	16,2	22,7	23,3	28,2	23,3	23,3
VCeS	57,7	66,2	55,4	46,4	45,4	78,2
VCeP	59,9	69,9	86,0	59,0	64,6	28,2
MVeS	89,3	71,3	85,8	83,9	95,0	82,7
MCeS	71,3	95,0	88,9	95,0	76,0	76,0

* Café colhido em Viçosa (V), café colhido em Machado (M), café verde (Ve), café cereja (Ce); café misturado (Mi), café seco em secador (S), café seco no pátio (P) e café torrado (T).

** Mole, > 95,0; Duro, 82,7 – 95,0; Duro/riado, 61,7 – 82,7; Riado, 53,7 – 61,7; Riado/rio, 38,0 - 61,7; Rio, 23,3 - 38,0; Rio zona, < 23,3.

A fração volátil do café torrado é composta por mais de 700 substâncias que influenciam a qualidade do café. O café *in natura* tem apenas um fraco aroma de grão verde. O aroma é desenvolvido durante a torragem, quando complexas mudanças químicas ocorrem (PARLIMENT et al., 1999).

As figuras 14 e 15 apresentam dados dos efeitos do tipo de secagem e do tipo de café em relação a qualidade da bebida.

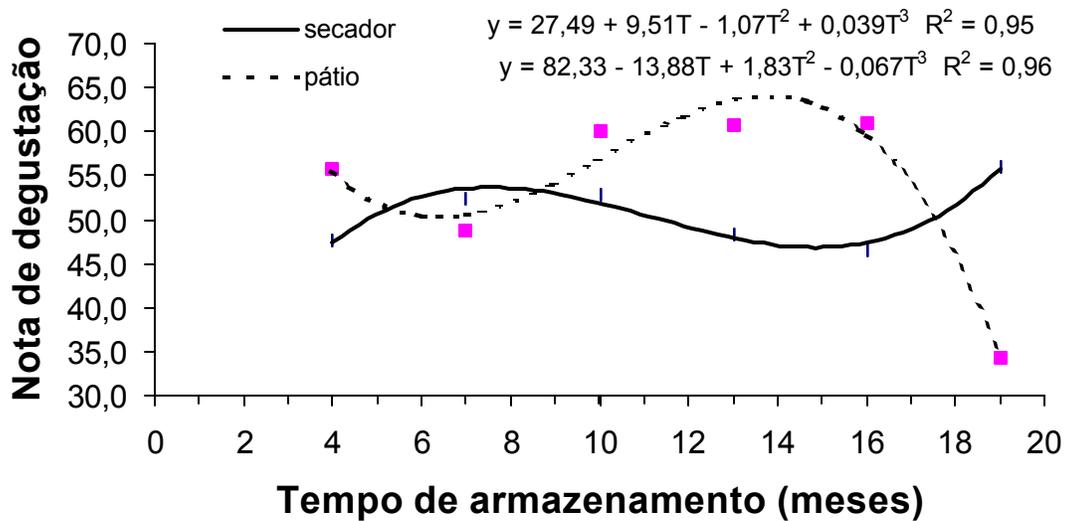


Figura 14 – Estimativa da classificação da qualidade de bebida para café seco em secador e pátio em função do tempo de armazenamento.

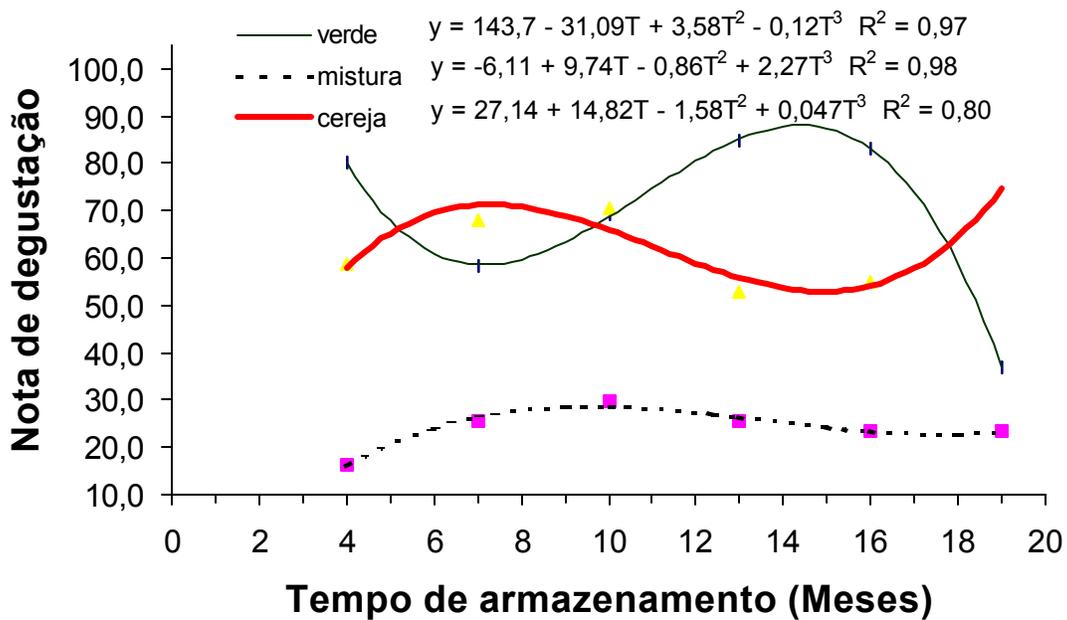


Figura 15 – Estimativa da classificação da qualidade de bebida para café do tipo verde, mistura e cereja em função do tempo de armazenamento.

Diferença significativa foi observada entre o café da Viçosa e de Machado (Quadro 20). O café de Machado proporcionou bebida sempre superior ao café de Viçosa, sendo classificado no geral como de bebida Duro. Já o café de Viçosa foi classificado no geral de bebida Duro/Riado.

Quadro 20 - Valores médios para classificação da qualidade de bebida de café proveniente de Viçosa e Machado.

Local	Nota de Degustação
Viçosa	63,49 b
Machado	84,18 a

- As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CHAGAS (1996) observou diferenças significativas entre o café proveniente de Machado, que foi classificado como de bebida dura e o café da Zona da Mata, que foi classificado como riado. Este autor observou uma relação direta entre a qualidade de bebida, índice de coloração e acidez do óleo. Neste trabalho foi possível verificar a correlação entre acidez do óleo e qualidade de bebida, mas em relação à coloração não se pode concluir neste sentido.

Não há dúvida de que o fator mais importante na determinação da qualidade é a bebida. Esta avaliação é feita pelos degustadores, em função, principalmente, dos sentidos do gosto, do olfato e do tacto. Entretanto, segundo AMORIM et al. (1977), a classificação por bebida, sendo feita por provadores treinados que a diferenciam sensorialmente, está mais sujeita a erros, uma vez que é subjetiva. Estudos estatísticos colocam em dúvida a segurança com que os provadores classificam o café quanto à bebida.

5- CONCLUSÕES

- O armazenamento influencia diretamente o índice de coloração do café, que também sofre alterações em função da umidade. O índice de coloração contribui para classificação do café, mas não é fator conclusivo.
- O teor de óleo e de TAGs decresce durante a estocagem, enquanto a acidez aumentava, o que sugere que a degradação dos TAGs seja uma das causas no aumento da acidez.
- A composição dos ácidos graxos (AG) varia significativamente durante armazenamento, indicando que a liberação dos AG a partir dos TAGs não é uniforme e que a degradação se dá de forma diferente de um ácido para outro.
- Foram identificados sete ácidos graxos diferentes no café, sendo os principais o linoléico e o palmítico. Durante armazenamento há alteração no perfil dos principais ácidos, ocorrendo diminuição no teor de ácido linoléico e aumento no teor de ácido palmítico. Os ácidos insaturados como o linoléico são os que apresentam maior queda no teor.

- Quanto maior a percentagem de café tipo verde na época da colheita, maior o índice de coloração. O café tipo cereja, que está no estágio mais avançado de maturação, apresenta maior teor de óleo em relação aos tipos verde e mistura.
- O teor de óleo é influenciado pelo tipo de secagem, sendo que o café seco no pátio apresenta os maiores teores de óleo. A torragem também causa diminuição no teor de óleo, apesar de não alterar a composição de ácidos graxos, indicando que a torragem degrada da mesma forma todos os ácidos graxos.
- Os principais fungos identificados no café foram na ordem: *aspergillus* spp., *fusarium* spp., *rhisopus* spp. e *colletotrichum*.
- A qualidade de bebida seguiu tendência de melhorar até um ano de armazenamento, caindo a seguir. O café tipo verde obteve melhor classificação entre os degustadores que o café cereja. Os resultados obtidos por degustação variaram muito de uma coleta para outra e mesmo entre as repetições do mesmo tratamento houve discrepância, levando à conclusão de que o método não é confiável.
- A determinação da qualidade por degustação envolve um grande fator de subjetividade, estando sujeita a erros, além de ser influenciada diretamente pelo provador, não sendo uma análise exata.

BIBLIOGRAFIA

- A LAVOURA, Sociedade Nacional de Agricultura. **A cultura do café**. Dez, p 36-53, 1995.
- AMORIM, H. V.; CRUZ, A. R.; ANGELO, A. J: **Biochemical physical and organoleptical changes during raw coffee quality deterioration**. *Proc 8th ASIC Coll*, 183-186, 1977.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 4th ed., 1141 p, 1984.
- BEGAZO, J.C.E.O.; PAULA, J.F. **Considerações sobre o preparo do café visando a melhoria da qualidade**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v11, n126, p76-78, 1985.
- BITENCOURT, A.A. **As fermentações e as podridões da cereja do café**. In: Boletim da superintendência do serviço do café, p. 7-14, 1975.
- CAIXETA, G. Z. T. **Comportamento atual do mercado de café**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, V.19, n.193, p 9-13, 1998.

CAIXETA, G. Z. T., TEIXEIRA, S. M. **A globalização e o mercado do café.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, V.20, n.199, p 74-82, 1999.

CARVALHO, A. **Principles and practice of coffee plant breeding for productivity and quality factors: coffea arabica.** In: *Coffee, volume 4, Agronomy*, p 129-165,1988.

CARVALHO, V.D., CHALFOUN, S.M. **Aspectos qualitativos do café.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.11, n.126, p79-92, 1985.

CARVALHO, V.D., CHALFOUN, S.M. **Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química e microflora do grão beneficiado.** 15th Congr. Brás. Pesq. Cafeeiras, Maringá, 23-24p, 1989..

CARVALHO, V.D., CHAGAS, S.J.R., CHALFOUN, S.M. **Fatores que afetam a qualidade do café.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, V.18, n.187, p 05-20, 1997.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. **Relação entre a composição físico-química e química do grão de café beneficiado e a qualidade de bebida do café.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, V29, N3, p 449-454, 1994.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; COSTA COUTO, A.; CHAGAS, S.R. & VILELLA, E.R. **Efeito do tipo de colheita e local de cultivo na composição físico-química e química do grão beneficiado.** 15th Cong.Bras. Pesq. Cafeeiras, Maringa, 21-22p, 1989.

CHAGAS, S. J. R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas gerais.** Pesq. Agropec. Brás., Barsília, v31, n8, p555-561, 1996.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. **Microflora associada a frutos e grãos de café de diferentes locais, tipos de colheita e diferentes etapas do preparo.** Ano I: 1987.15th Congr. Brás. Pesq. Cafeeiras, Maringá, 17 – 21pp, 1989.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. **Efeito de tratamentos com fungicidas aplicados na fase pré-colheita, sobre a qualidade do café.** 18th Congr. Brás. Pesq. Cafeeiras, Araxá, 1992.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Encyclopaedia of Food Science and Nutrition.** Vol 2, Academic Press, pp 1114 – 1137, NY, 1993.

COSTE, R. **El Café.** Barcelona, Editorial Blume, 285p, 1969.

CROFT, K.P.C. **Volatile products of the lipoxigenase pathway involved from phaseous vulgaris (L.) leaves inoculated with pseudomonas syringae pV phaseolicola.** Plant physiol, v 101, p 13-24, 1993.

DENTAN, E. **Etude microscopique du développement et de la maturation du grain de café.** *Proc 11th ASIC Coll*, p 381-398, 1985.

DE ROOS, B. **Levels of cafestol, kahweol and related diterpenoids in wild species of the coffee plant coffea.** J. Agric. Food Chem. 45, 3065 – 3069, 1997.

FERNANDES, N. T. **Estudo sobre fungos em café (*Coffea arábica* L.) na região da zona da mata de Minas Gerais.** Tese de Mestrado, Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1999.

FOLSTAR, P.; PILNIK, W.; DE HEUS, J. G.; VAN DER PLAS, H. C. **The composition of fatty acids in coffee oil and wax.** *Lebensm wiss u Technol* **8**, 286-288, 1975.

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L. E. **Study on content and composition of oil from some coffee varieties.** *An Esc Sup Agric 'Luiz de Queiroz (Piracicaba)* **18**, 313-322, 1971.

- FOURNY, G.; CROS, E.; VINCENT, J. C. **Etude préliminaire de l'oxydation de l'huile de café.** *Proc 10th ASIC Coll*, p 235-246,. 1982.
- FREGA, N.; BOCCI, F.; LERCKER G. **High resolution gas chromatographic method for determination of Robusta coffee in commercial blends.** *J High Resol Gas chromatog* **17**, 313-322, 1994.
- IBC - Instituto Brasileiro do Café. *Anuário Estatístico do Café.* Rio de Janeiro, 1989.
- ILLY, E. **Coffee machine which brews coffee beverages from pods of ground coffee.** *Eur Pat* 0, 006,175, 1982.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee. The chemistry of quality.** Academic press limited, London, 241p, 1995.
- JHAM, G. N.; TELES, F. F. F.; CAMPOS, L. **Use of aqueous HCl / MeOH as esterification reagent for analysis of fatty acids derived from soy bean lipids.** *J. Amer Oil Chem Soc* **59**, 132-133, 1982.
- JHAM, G.N.; VELICOVA, R.; VIDAL, H.M.; NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; CECON, P.R. **Lipid classes and triacylglycerols in coffee samples from Brazil: effects of coffee type and drying procedures.** Food Research International, 2001 (no prelo).
- KAUFMANN, H. P.; HAMSAGAR, R. S. **Zur Kenntnis der lipóide der kaffeebohne.** I: Ueber fettsaure des cafestols, *Fette Seifen Anstr. Mittel* **64** p 206 – 213, 1962.
- KRUG, H.P. **Cafés duros, II. Estudo sobre a qualidade dos cafés de varrição.** *Ver. Inst. De café* **15(163):** 1393 - 1396, 1940.
- LACERDA, A.F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea Arábica* L.).** Viçosa, UFV, impr. Univ. 136p, 1986.

- LEITE, I. P. **Efeito do armazenamento na composição física e química do grão de café em diferentes processamentos.** *Pesq. Agropec. Brasileira*, Brasília, v31, n3, p159-163, 1996.
- LOPES, R.P. **Efeito da luz na qualidade (coloração e bebida) de grãos de café (*coffea Arabica* L.) durante a armazenagem.** Viçosa, MG, ESAL, Impr. Univ. 131p, 1991.
- MAIER, H. G. **Kaffee.** p. 33-35; Paul Parey, Berlin, 1981.
- MAIER, H.G. **The acids of coffee.** *ASIC*, 12 colloque, Montreux, 1987.
- MARIANI, C.; FEDELI, E. **Gli steroli delle specie Arabica e Robusta del caffè.** *Riv Ital Sostanze Grasse* 68, 111-115, 1991.
- MEIRELES, A.M.A. **Ocoloraçãorência e controle da microflora associada aos frutos (*Coffea Arábica* L.) provenientes de diferentes localidades do estado de MG.** Lavras, MG, ESAL, Impr. Univ. 71p (Tese MS), 1990.
- MEZZOMO, C.P.L., RIBEIRO, M.T.F. **Os novos desafios da cafeicultura – A trajetória do sul de Minas.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, V.20, n.199, p 83-93, 1999.
- MULTON, J.L.; POISSON, J.; CACHAGNIER, B. **Evolution de plusieurs, Caractéristiques d'un café Arabica au cours de stockage experimental effectué à 5 humidités relatives et 4 températures différentes.** *Proc 6th ASIC Coll*, 268-277, 1973.
- NACKUNTZ, B.; MAIER, H.G. **Diterpenoide im kaffee III Cafestol und Kahweol.** *Z Lebensm Unters u Forsch* 184, 494-499, 1987.
- NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; VELIKOVA, R.; JHAM, G. N. **Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in brazil.** *Food Research International*, vol 31, No 6-7, pp 479 – 486, 1998.
- PARLIMENT, T. H.; CHI-TANG HO; SCHIEBERLE, **Caffeinated beverages: health benefits, physiological effects, and chemistry.** 217th National American Chemical Society, p 188 – 261, 1999.

- PETTITT, B. C. **Identification of the diterpene esters in Arabica and Canephora coffees.** *J Agric Food Chem* 35, 549-551, 1987.
- SEHAT, N. **Lipids in the coffee brew.** *ASIC*, 15th colloque, Montpellier, p 869-873, 1993.
- SHANTA, N.C.; NAPOLITANO, G.E. **Gas chromatography of fatty acids.** *Journal of chromatography*, 624, 37-41, 1992.
- SINGLETON, V.L. **The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties.** *American Journal Enology Viticulture*, V.17, p. 126-134, 1966.
- SÖNDAHL, M. R.; SHARP, W. R. **Research in coffea spp. and applications of tissue culture methods;** *In Plant cell and tissue culture principle and applications* pp 527-583. W.R. Sharp (Ed) Ohio State University Press, Columbus Oh. ,1979.
- SPADONE,C.; TAKEOKA, G.; LIARDON, R. **Analytical investigation of rio off-flavour in green coffee.** *J. Agric Food Chem* 38, p.226-233, 1990.
- SPEER, K.; SEHAT, N.; MONTAG, A. **Fatty acids in coffee.** *Proc 15th ASIC Coll*, 583-592, 1993.
- TEIXEIRA, A.A., FAZUOLI, L.C., CARVALHO, A. **Qualidade da bebida do café – Efeito do acondicionamento e do tempo de conservação.** *Campinas: Bragantia* 36(7): 103 – 108, mar. 1977.
- URGENT, B. **Levels of the cholesterol elevating diterpenes cafestol and kahweol in various coffee brews.** *J. Agric. Food. Chem.* 43, 2167 – 2172, 1995.
- VANOS, V. **Preliminary microbial ecological studies in Rio taste coffee beans.** *Proc. ASIC 12th colloquium*, Montreaux, p. 353-376, 1987.
- VERTUCCI, C. W. **A calorimetric study of the changes in lipids during seed storage under dry conditions.** *Plant Physiol.*, vol 99, p 310 –316, 1992.

VIANNI, R. **Caffeine, Coffee, and health.** Garattini, S. Ed, Raven Press Ltd., pp 17 –41, NY, 1993.

WAJDA, P.; WALCZYK, D. **Relationship between acid value of extracted fatty matter and age of green coffee bean.** *J Sci Food Agric* **29**, 377-380, 1978.

WASSERMAN, G.; STAHL, H.; REHMAN, W.; WHITMAN, P. **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.** 4th Ed., Vol 6, John Wiley and Sons, NY, pp 793 – 811, 1993.

ZAMBOLIM, L. **Encontro sobre produção de café com qualidade.** Laércio Zambolim, editor – Viçosa, MG : UFV, departamento de Fitopatologia, 259p, 1999.