

ANA PAULA LELIS RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS DO CAFÉ SUBMETIDO A
DIFERENTES TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA PELA ANÁLISE DE SUAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

ANA PAULA LELIS RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS DO CAFÉ SUBMETIDO A
DIFERENTES TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA PELA ANÁLISE DE SUAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 17 de fevereiro de 2009.

Prof. Efraim Lázaro Reis
(Co-orientador)

Prof. Adílio Flauzino Lacerda Filho

Prof. Evandro de Castro Melo

Prof^a Maria Eliana Lopes R. de
Queiróz

Prof. Paulo César Corrêa
(Orientador)

“Concedei-nos Senhor, serenidade necessária
para aceitar as coisas que não podemos modificar,
coragem para modificar aquela que podemos e
sabedoria para distinguirmos umas das outras
(Oração da Serenidade)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado e guiar meus passos.

Aos meus pais (Laudelino e Zuzu) pelo incentivo e apoio incondicional

Aos meus irmãos (Amanda e Antonio Jorge) por fazer da nossa vida em Viçosa uma “montanha russa” de emoções.

A minha Vó (Titina) pelas orações.

Ao Gui, meu namorado, pelo apoio “técnico e emocional” que tanto me confortou.

A todos os familiares e amigos, que mesmo em Canaã, torceram por mim e esperaram, assim como eu que esta vitória chegasse.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao professor Paulo César Corrêa, pela orientação e por ter aceitado o desafio, que para muitos, não seria bem sucedido.

Ao professor Efraim Lázaro Reis pelos aconselhamentos e pela amizade.

Ao professor Luiz Cláudio de Almeida Barbosa pelas sugestões e pelo apoio técnico durante execução do experimento.

A Illy café pelo apoio técnico e financeiro

A todos do CENTREINAR, em especial ao professor Tetuo Hara, pelos ensinamentos.

A todos do Laboratório de propriedades físicas e qualidade de grãos, no qual fiz grandes amigos, e deixaram os meus dias de “trabalho” mais alegres. Em especial às “amigas na alegria e na tristeza”: Bruna e Silvia.

A todos do Laboratório de análise e síntese de agroquímicos (LASA), em especial ao técnico José Luiz que me recebeu e auxiliou durante as análises.

Aos amigos do Laboratório de Instrumentação e Quimiometria (LINQ) que assim como na época da graduação, continuaram acreditando no meu esforço e torceram para que o mestrado se tornasse mais uma conquista.

Aos alunos, professores e funcionários da Escola Estadual Maria Aparecida David que procuraram entender as minhas ausências durante esses dois anos.

Em fim, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANA PAULA LELIS RODRIGUES, filha de Maria dos Anjos Lelis Rodrigues e Laudelino Jorge Rodrigues, nasceu em São Paulo, estado de São Paulo, em 27 de maio de 1983.

Em maio de 2002, iniciou o Curso de Química, na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Em março de 2003 transferiu-se para Universidade Federal de Viçosa onde se tornou Licenciada em Química em Outubro de 2006 e Bacharel em Química em Março de 2007.

Durante este período foi estagiária do Conselho Regional de Química e bolsista de iniciação científica da FAPEMIG, em que desenvolveu pesquisas na área de Instrumentação e Quimiometria.

Em Março de 2007 ingressou no curso Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em Fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2. 1. Considerações gerais	03
2.2. Influência do ponto de colheita	03
2.3. Influência do processamento do café	04
2.4. Influência da temperatura de secagem	05
2.5. Influência do tempo e condições de armazenamento	06
2.6. Influência da composição química	07
2.7. Aspectos organolépticos	08
2.8. Análise das componentes principais (PCA)	09
3. OBJETIVOS	09
3.1. Objetivos específicos	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1. Teor de água	11
4.2. Massa específica aparente	11
4.3. Massa seca de mil grãos	11
4.4. Integridade das membranas celulares	12
4.5. Determinação do índice de cor	12
4.6. Análise dos constituintes voláteis	13
4.6.1 <i>Extração dos componentes voláteis</i>	13

4.6.2 <i>Análise por cromatografia gasosa acoplada ao ionizador de chama</i>	13
4.6.3 <i>Análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa</i>	14
4.6.4. <i>Identificação e quantificação dos compostos voláteis</i>	14
4.7. Análise sensorial	14
4.8. Análise estatística	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1. Teor de água	15
5.2. Integridade das membranas celulares	17
5.3. Determinação da cor	17
5.3.1. Determinação da coordenada L	19
5.3.2. Determinação da coordenada a	21
5.3.3. Determinação da coordenada b	23
5.4. Massa específica aparente	25
5.5. Massa seca de mil grãos	26
5.6. Composição química	27
5.6.1. <i>Concentração proporcional de alcoóis</i>	28
5.6.2. <i>Concentração proporcional dos ácidos carboxílicos</i>	30
5.6.3. <i>Concentração proporcional de cetonas</i>	32
5.6.4. <i>Concentração proporcional de éster</i>	33
5.6.5. <i>Concentração proporcional de hidrocarboneto</i>	34
6. Análise das componentes principais (PCA)	36
6.1. Análise das componentes principais das características dos grãos de café no início do armazenamento	36

6.2. Análise das componentes principais das características dos grãos de café após três meses de armazenamento	42
6.3. Análise das componentes principais das características dos grãos de café após seis meses de armazenamento	45
6.4. Análise das componentes principais das características dos grãos de café após nove meses de armazenamento	49
6.5. Análise das componentes principais das características dos grãos de café após doze meses de armazenamento	53
7. CONCLUSÕES	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
9. Anexos:	65
9.1. Apêndice 1: Resultados da análise sensorial fornecida pela “Illy café”	65
9.2. Apêndice 2: Tabelas de identificação com tempo de retenção (tR), índice de Kovats calculado(IK) e índice de Kovats tabelado (IK Tab)	68
9.3. Apêndice 3: Cromatogramas obtidos a partir da análise dos constituintes voláteis de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita por CG/MS.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Temperatura e umidade relativa média do ambiente de armazenamento dos grãos de café	16
Figura 2. Teor de água dos grãos de café submetido a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	17
Figura 3. Condutividade elétrica de grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento	18
Figura 4. Coordenada <i>L</i> da cor dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	20
Figura 5. Coordenada <i>a</i> da cor dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	22
Figura 6. Coordenada <i>b</i> dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	24
Figura 7. Variação da massa específica aparente dos grãos de café durante o período de armazenamento.	25
Figura 8. Cromatogramas obtidos a partir das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita por GC/MS	27
Figura 9. Concentração proporcional de álcool dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	29
Figura 10. Concentração proporcional de ácidos carboxílicos dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	31
Figura 11. Concentração proporcional de cetonas dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	32
Figura 12. Concentração proporcional de ésteres dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	33
Figura 13. Concentração proporcional de hidrocarboneto dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.	35
Figura 14. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café no início do	37

armazenamento.

Figura 15. Análise das componentes principais geradas a partir da análise sensorial das amostras de café no início do armazenamento. 40

Figura 16. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após três meses de armazenamento. 42

Figura 17. Componentes principais geradas a partir da análise sensorial das amostras de café após três meses de armazenamento. 44

Figura 18. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após seis meses de armazenamento. 46

Figura 19. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após seis meses de armazenamento. 48

Figura 20. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após nove meses de armazenamento. 50

Figura 21. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após nove meses de armazenamento. 52

Figura 22. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após doze meses de armazenamento. 54

Figura 23. Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após doze meses de armazenamento. 56

LISTA DE ABREVEATURAS

P 40	Café secado em pergaminho a 40 °C
P 50	Café secado em pergaminho a 50 °C
P 60	Café secado em pergaminho a 60 °C
C40	Café secado em coco a 40 °C
C 50	Café secado em coco a 50 °C
C 60	Café secado em coco a 60 °C
C 10	Café secado em coco a 40 °C com adição de 10 % de frutos verdes
C 20	Café secado em coco a 40 °C com adição de 20 % de frutos verdes
C 30	Café secado em coco a 40 °C com adição de 30 % de frutos verdes
SPME	Micro-extração em fase sólida
b.u	Base úmida
b.s	Base seca
CAR/PDMS	Carboxen/dimetilsiloxano
GC/FID	Cromatografia gasosa/Espectrometria de ionização de chama
GC/EM	Cromatografia gasosa/Espectrometria de massas

RESUMO

RODRIGUES, Ana Paula Lelis, M. Sc, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Avaliação dos constituintes voláteis do café submetido a diferentes tratamentos pós-colheita pela análise de suas características físicas, químicas e sensoriais.** Orientador: Paulo César Corrêa. Co-orientadores: Efraim Lázaro Reis e Luiz Cláudio de Almeida Barbosa.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características físicas e químicas de cafés submetidos a diferentes processamentos pós-colheita a fim de relacioná-las com a análise sensorial. Para isso, os frutos de café foram colhidos em Araponga - MG e parte foi descascado e levados ao laboratório de propriedades físicas na Universidade Federal de Viçosa. As amostras de café descascado foram secadas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. As amostras de café cereja foram secadas as mesmas temperaturas, porém quando submetidas a 40 °C sofreram adição de 0, 10, 20 e 30 % de grãos verdes. Após a secagem, as amostras foram submetidas às análises de cor, condutividade elétrica, massa específica aparente, massa de mil grãos, cromatografia gasosa e análise sensorial (realizada em pela Illy Café em Trieste - Itália) a cada três meses de armazenamento pelo período de um ano. Durante a armazenagem, foram observadas diferenças significativas entre as amostras de café para condutividade elétrica e para as coordenadas L , a e b de cor, principalmente quando comparadas as temperaturas de secagem e o processamento nos quais as amostras foram submetidas. A massa específica variou de acordo com o teor de água e a massa da matéria seca de mil grãos não apresentou variação significativa durante o armazenamento. Os compostos voláteis de café foram identificados e quantificados por cromatografia gasosa, mostrando ser diferentes apenas quanto à concentração. A partir da análise das componentes principais foi possível observar relações entre as características físicas e químicas e a análise sensorial a cada três meses. Após doze meses de armazenagem, houve maior diferenciação entre as amostras que se mostraram compatíveis à análise sensorial.

ABSTRACT

RODRIGUES, Ana Paula Lelis, M. Sc, Universidade Federal de Viçosa, february of 2009. **Evaluation of volatile constituents of coffee submitted to different post-harvest treatments through analysis of physical, chemistry and sensorial characteristics.** Adviser: Paulo Cesar Correa. Co-advisers: Efraim Lazaro Reis and Luiz Claudio de Almeida Barbosa.

This present work had as objective to evaluate the physical and chemical characteristics of coffee under different post-harvest processing in order to relate them with the sensory analysis. The fruits of coffee were harvested in Araponga – MG – Brazil, and part of them were peeled and taken to the laboratory of physical properties at the Federal University of Vicosa. Samples of peeled coffee were dried at temperatures of 40, 50 and 60 °C. Samples of cherry coffee were dried at the same temperatures, but when subjected to 40 °C; a percentage of 0, 10, 20 e 30 % of green beans were added to them. After drying, the samples were subjected to color analysis, electrical conductivity, apparent density, weight of thousand grains, gas chromatography and sensory analysis (realized by the Illy Coffee in Trieste - Italy) every three months of storage for a year. During the storage, significant differences in electrical conductivity and in the *L*, *a* and *b* color coordinates were observed between the samples of coffee, especially when the drying temperatures and processing in which the samples were submitted were compared. The density varied with the water content and the dry matter weight of thousand grains showed no significant change during storage. This present work also identified and quantified volatile compounds of coffee, which presented different concentrations. The principal component analysis showed a correlation between physical and chemical characteristics and sensory analysis of every three months. After twelve months of storage, a better differentiation consistent with sensory analysis between the samples was observed.

1. INTRODUÇÃO

O café é um importante produto para o agronegócio brasileiro. O seu valor comercial é definido a partir de características sensoriais que dependem da composição química dos grãos. Um dos principais obstáculos à sua comercialização é a elevada exigência dos mercados consumidores. Já se sabe que características edafoclimáticas, cultivares, condução e manejo da lavoura, colheita, processamento, secagem, armazenamento e beneficiamento influenciam diretamente na sua qualidade.

A fim de obter café de elevado valor comercial, os cuidados com a colheita e o manejo pós-colheita tornam-se fundamentais. Existem relatos de superioridade da bebida para cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural. Da mesma forma, os grãos secados a temperatura em torno de 40 °C obtêm bons resultados na análise sensorial.

Durante a secagem, o teor de água do grão é reduzido, diminuindo-se assim, os riscos de elevada perda de massa por respiração, de fermentações e de desenvolvimento de fungos e bactérias. Por outro lado, se mal conduzida, a secagem poderá provocar alterações físicas, químicas e, conseqüentemente, alterações sensoriais indesejáveis.

O armazenamento dos grãos é uma etapa importante sob o aspecto de comercialização, tendo em vista que sua colheita ocorre durante 3 a 4 meses do ano e o consumo ao longo de todo o ano e em diferentes localidades. Para que o café possa ser ofertado por um determinado tempo, mantendo-se a elevada qualidade inicial, há necessidade de se conhecer as alterações físicas e químicas que ocorrem durante o armazenamento sob diferentes condições ambientais e, assim, relacioná-las com a análise sensorial.

Para determinar o controle necessário à adequada preservação do aroma e o sabor do café é necessário conhecer sua composição química e os fatores que a influencia. Existem relatos sobre a variação de acidez, ácido clorogênico, teor de sólidos solúveis e cafeína, porém a identificação e a quantificação dos compostos voláteis de café (aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, fenóis, dentre outros) e os fatores pós-colheita que as

influenciam ainda são pouco estudados. Porém é importante ressaltar que nenhuma das características da bebida se deve a um ou outro componente químico específico, mas sim a uma combinação entre eles. Desta forma, torna-se necessária a utilização da análise das componentes principais para avaliar a influência, dentre outros, do ponto de maturação e do processamento pós-colheita sobre as características físicas e químicas dos grãos de café durante o armazenamento relacionando-as com a análise sensorial, a fim de auxiliá-la.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais:

Pertencente à família das Rubiáceas, fazendo parte do gênero *Coffea*, o café sempre teve participação marcante no agronegócio brasileiro. Em 2008, estima-se que a produção nacional foi de 45.544 mil sacas de 60 kg de café beneficiado, superior à safra passada em 35 %. O café arábica representa 76,19 % da produção do País, tendo como maior produtor o Estado de Minas Gerais com 65,89 % (CONAB, 2008).

A importância da cafeicultura para o desenvolvimento social e econômico do Brasil é indiscutível. Porém, a qualidade do café brasileiro é um dos problemas básicos com que se defronta a cafeicultura nacional. Nas últimas décadas, o setor passou por inconstâncias, tornando imprescindível a busca pela melhoria da qualidade tanto no setor de café solúvel como no de café torrado e moído, procurando ampliar não só seu consumo no mercado brasileiro, mas também, as exportações (SILVA et al., 2005).

A comercialização do café no mercado interno e principalmente no externo depende da apresentação do produto, resultado do procedimento desde a colheita até a torração. Ainda, segundo Caixeta (1999), o sabor característico do café como bebida é proveniente do grão, estando diretamente relacionado com a variedade e influenciado por tratamentos agrícolas, processos de secagem, fermentação, torrefação, moagem e embalagem.

2.2. Influência do ponto de colheita

A qualidade sensorial do café está diretamente relacionada com a composição química dos grãos. O elevado número de defeitos e a presença de grãos imaturos (verde, verde-cana) interferem na composição química e, por consequência, comprometem a qualidade da bebida (MAZZAFERA, 1998).

Geralmente o início da colheita do café, varia de região para região. Depois de iniciada, esta pode ser finalizada em poucas semanas ou em até três meses, dependendo das condições de floração, crescimento e maturação dos frutos, as quais dependem da altitude, latitude e clima (PIMENTA & VILELA, 2003).

Segundo Teixeira, citado por Borges et al. (2002), devem-se tomar os seguintes cuidados na ocasião da colheita: iniciá-la quando a maioria dos frutos estiverem maduros e antes que se inicie a queda dos frutos secos; evitar a incidência de grãos ardidos e pretos, que são resultantes da permanência prolongada dos frutos no cafeeiro; evitar ao máximo a colheita de grãos verdes; e, efetuar a separação dos frutos em vários estágios de maturação, com o auxílio de lavadores e separadores, evitando-se uma matéria-prima heterogênea.

Freire e Miguel (1985), em trabalho realizado com café em diferentes estágios de maturação, concluíram que a elevada proporção de grãos verdes ocasionou aumento das perdas de rendimento final, comprometendo a bebida. Pimenta (1995) observou que cafés colhidos verdes apresentaram maior número de defeitos e foram reprovados para comercialização. Para Pimenta e Vilela (2003), a colheita antecipada incrementa a concentração de polifenóis e confere ao café o sabor adstringente proveniente dos frutos verdes.

2.3. Influência do processamento do café

Depois de colhido, o café pode ser preparado de duas formas: por via seca e por via úmida. Na forma de preparo por via seca, o fruto é seco integralmente (com casca e mucilagem) originando os cafés denominados coco, de terreiro ou natural. Na forma de preparo por via úmida, originam-se os cafés despulpado, desmucilado e cereja descascado (SILVA, 1999). O preparo do café despulpado e desmucilado consiste na retirada da casca e mucilagem do fruto maduro (PEREIRA et al., 2002). No preparo do café cereja descascado (CD) é retirada apenas a casca do fruto e este é levado para

secagem com a mucilagem aderida ao pergaminho. Segundo Wintgens (2004) a escolha do método de processamento dependerá principalmente das condições de capitalização do produtor, da quantidade produzida e do padrão desejado de qualidade.

Atualmente, vem crescendo no Brasil o número de produtores que estão empregando o processo por via úmida. Este processo favorece a secagem, tendo em vista o menor volume processado, o menor tempo de secagem e a redução do consumo de energia (BORÉM, 2004). Ainda, segundo Silva (2003) a qualidade do café é influenciada pelo sistema de preparo pós-colheita e, por meio do processamento por via úmida, obtém-se uma bebida de qualidade superior, mantendo as características de corpo, doçura e aroma. A retirada da casca e da mucilagem diminui a quantidade de açúcar em torno do grão e as fermentações indesejáveis, originando uma avaliação favorável quanto à acidez.

2.4. Influência da temperatura de secagem

Durante o processo de secagem do café, modificações na composição química e física dos grãos poderão ocorrer (cor, aspecto, aroma e gosto da bebida, etc.) prejudicando sua qualidade (AMORIM et al., 1977; RIBEIRO, 2003). Em alguns estudos, observou-se que a secagem, quando mal conduzida, compromete a qualidade do produto. Isso pode ser evidenciado quando o produto é armazenado por longos períodos, reduzindo a qualidade da bebida (AFONSO JÚNIOR, 2001). Para obter café de boa qualidade e um produto de bebida suave, é necessário manter a temperatura máxima de secagem de 45 °C na massa do café (FINZER et al., citado por SFREDO et al., 2005).

Segundo Borém et al. (2006) temperaturas do ar de secagem superiores a 80 °C favorecem o surgimento de grãos de cor amarelada e podem provocar branqueamento irregular, assim como o elevado teor de água.

Os índices de lixiviação de potássio e condutividade elétrica de grãos de café sofrem influência da temperatura de secagem. Segundo Reinato (2003), maiores valores de condutividade elétrica têm sido obtidos em grãos de café secos sob temperaturas mais elevadas. Estes parâmetros são importantes para a caracterização da bebida e o aumento desses valores corresponde à perda de qualidade do produto, evidenciando a degeneração das membranas celulares e provocando a perda dos constituintes dos grãos.

A variação da composição dos voláteis de café de acordo com a temperatura de secagem foi pouco estudada. Segundo Siqueira e Abreu (2006), a temperatura de torra faz variar a composição química quanto a composição de cafeína, ácido clorogênico e polifenóis, mas não pode ser observada diferença entre as amostras durante a análise sensorial convencional.

2.5. Influência do tempo e das condições de armazenamento

A qualidade comercial do café está associada a um conjunto de fatores que variam desde o aspecto físico até a análise sensorial, os quais dependem também das condições de armazenagem (AFONSO JÚNIOR, 2001). Em função disso, alguns autores (AFONSO JÚNIOR, 2001; GODINHO et al., 2001) observaram que a operação de secagem, relacionada ao maior tempo de armazenamento, utilizando umidades relativas de armazenamento mais elevadas podem influenciar a qualidade do café.

Coradi et al. (2008) observaram perda de qualidade na bebida, principalmente quanto à elevação da acidez quando o café foi armazenado em ambiente com umidade relativa de 80 %.

Das características que dependem do aspecto físico dos grãos de café, a cor tem grande importância econômica e interfere decisivamente no processo de comercialização do produto. Sua variação pode ser um indicativo de problemas ocorridos durante o processo de preparo, condições e tempo de armazenamento (AFONSO JÚNIOR, 2001).

Vilela et al. (2000), estudando a alteração da cor de grãos de café durante o armazenamento em quatro condições de temperatura (10 °C, 20 °C, 30 °C e 40 °C) e quatro umidades relativas (52, 67, 75 e 85%), verificaram que, sob condições constantes, somente a temperatura de 10 °C e umidade relativa do ar de até 67 %, os grãos de café mantiveram a cor original durante o período de armazenagem.

Observando o comportamento da lixiviação de potássio e condutividade elétrica durante o armazenamento, Afonso Júnior (2001) concluiu que, com o aumento do tempo de armazenagem, ocorre maior deterioração das membranas celulares e, por consequência, um aumento significativo das quantidades de íons lixiviados e da condutividade elétrica. Estes valores foram maiores para o café beneficiado em relação ao café em coco.

A perda de matéria seca durante o armazenamento também pode constituir um parâmetro importante de qualidade. A degradação de componentes durante a respiração do grão pode levar a perda de massa e a produção de ácidos prejudiciais à qualidade do produto. O maior nível de deterioração do café, confirmado pelo elevado valor da condutividade elétrica, contribui para o aumento da taxa respiratória e conseqüentemente, para a perda quantitativa (PRETE, 1992).

2.6. Influência da composição química

A qualidade do café depende da composição química dos grãos e é influenciada pela genética, manejo cultural, processo de colheita, preparo, teor de água e temperatura durante o armazenamento. Os frutos de café colhidos na época e de modo correto constituem matéria-prima ideal para posterior processamento de café com qualidade. A qualidade do café está relacionada, dentre outros, com o sabor e o aroma da bebida, que depende da complexidade dos componentes químicos nele presentes (FRANÇA et al., 2004).

De modo geral, o grão de café apresenta, em sua constituição química, inúmeros componentes voláteis e não-voláteis, tais como ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, carboidratos, trigoleína, compostos fenólicos, cafeína, bem como enzimas que agem sobre estes próprios constituintes (MENEZES, 1994). Esta constituição química poderá ser alterada durante os processos de pós-colheita, ou seja, dependerá muito das condições de processamento, secagem e armazenamento (AFONSO JÚNIOR, 2001).

O aroma e o sabor do café são formados por uma mistura extremamente complexa de inúmeros compostos voláteis que apresentam intensidade diferentes. Sabe-se que a redução da qualidade do café está associada à elevação da acidez, causada principalmente, pelo número de defeitos dos grãos (FRANÇA et al., 2004). Entretanto, a alteração dos compostos voláteis e sua variação de acordo com a temperatura de secagem, presença de grãos verdes e tempo de armazenamento praticamente não são conhecidas.

2.7. Aspectos organolépticos

Os atuais procedimentos de avaliação comercial da qualidade do café estão baseados em variáveis empíricas e subjetivas. Essas apreciações são realizadas por especialistas, cuja habilidade deve ser adquirida pelos anos de experiência. A atual classificação da qualidade do café pelo aspecto ou pelo tipo e a classificação da bebida, por prova de xícara, poderiam ser complementadas com a adoção de métodos físicos e químicos que facilitariam a avaliação, tornando-a menos subjetiva (SILVA, 2003; PRETE et al., 1992).

Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de relacionar os componentes voláteis, os componentes químicos e físico-químicos do grão e a qualidade do café, a fim de auxiliar as provas de xícara com testes mais objetivos (PIMENTA, 2001). Busca-se assim, a possibilidade de implementar procedimentos de classificação mais completo e com bases científicas,

contemplando análises químicas dos grãos, sem excluir as análises sensoriais tradicionais e aqueles padrões que abrigam a origem regional da produção.

2.8. Análise das componentes principais

Tendo em vista o elevado número de variáveis obtidas no estudo das características físicas e químicas e a fim de relacioná-las com a análise sensorial, torna-se necessário a aplicação de análise multivariada na interpretação dos dados obtidos. A análise das componentes principais (PCA, do inglês “Principal Component Analysis”) é uma técnica multivariada que consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto, as componentes principais. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter o máximo de informações, em termos de variação total contida nos dados iniciais (GUIMARÃES, 2000).

A PCA é uma ferramenta útil e eficiente para mostrar variações em dados multivariados. Com essa técnica há possibilidade de encontrar similaridades entre amostras de origem desconhecida.

A PCA possui alguns propósitos como examinar as correlações entre dados estudados, resumir grande conjunto de dados em um conjunto menor, promover a eliminação dos dados que pouco contribuem em termos de variação, permitir o agrupamento de dados similares, mediante exames visuais em dispersão gráfica. Para isso, ela transforma variáveis originais em novos eixos e expressa tanto quanto possível a variação total dos dados em poucas componentes principais

3. OBJETIVOS

Considerando a importância do café para a economia brasileira e a necessidade de conhecer o comportamento das variáveis que influenciam sua

qualidade, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade do café submetido a diferentes processamentos pós-colheita por meio de suas propriedades físicas, químicas e sensoriais durante o armazenamento.

3.1. Objetivos específicos

- Avaliar a influência do ponto de maturação dos frutos de café sobre sua qualidade, por meio das suas características físicas e químicas.
- Identificar e quantificar a composição química de cafés submetidos a diferentes temperaturas de secagem.
- Obter informações sobre a variação dos constituintes voláteis de café em coco e em pergaminho durante o armazenamento.
- Avaliar as propriedades físicas e químicas do café em intervalos definidos de tempo durante um ano de armazenamento.
- Comparar os resultados obtidos nas análises físicas e químicas de café com a prova de xícara.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos verde e cereja de café (*Coffea arabica* L.) cultivar *Catucaí*, colhidos na Fazenda Braúna, localizada no município de Araponga – MG. |Depois de colhido, parte do produto cereja (maduro) foi descascado e o restante compôs amostras com diferentes percentuais de grãos verdes (0, 10, 20 e 30 %). Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade, localizado no CENTREINAR (Centro Nacional de Treinamento e Armazenagem), no campus da Universidade Federal de Viçosa, onde foram preparadas para os testes e análises de qualidade.

As porções de café cereja em coco e em pergaminho foram imediatamente secadas às temperaturas de 40, 50, e 60 °C em estufas com

circulação forçada de ar até alcançarem aproximadamente o teor de água de 11 % b.u. Dando origem às amostras C40, C50, C60, P40, P50, P60. As misturas de café cereja e verde foram secadas a 40 °C, e deram origem às amostras C10, C20 e C30. O acompanhamento da redução do teor de água ao longo da secagem foi realizado pelo método gravimétrico (perda de massa) utilizando uma balança analítica com resolução de 0,001 g.

Ao observar-se o teor de água desejado, cada amostra de aproximadamente 6 kg de café, foram homogeneizadas, armazenadas em temperatura ambiente, em sacos de juta e depois de beneficiadas, foram encaminhadas para caracterização física e química a cada três meses durante um ano.

4.1. Teor de água

As determinações do teor de água do café foram realizadas empregando o método da estufa, a 105 ± 3 °C durante 24 h, conforme recomendado por Brasil (1992), utilizando-se uma balança analítica com resolução de 0,001 g. As amostras foram homogeneizadas e uma porção de 100 g foi retirada em triplicata para esta determinação.

4.2. Massa específica aparente

A massa específica aparente (ρ_{ap}), em kg m^{-3} , foi determinada, utilizando-se uma balança de peso hectolítrico com resolução 0,01 g, em cinco repetições.

4.3. Massa seca de mil grãos

A fim de quantificar a perda de matéria seca durante o armazenamento, foi utilizada a metodologia da massa de 1000 grãos descrita nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

4.4. Integridade das membranas celulares

Os níveis de danos nas paredes celulares do café foram avaliados pelo extravasamento de solutos celulares. Cinco amostras de 50 grãos de café descascados foram pesadas e em seguida imersa em 75 mL de água deionizada por 24 h a temperatura de 25 °C em uma câmara tipo BOD. Depois deste período a condutividade elétrica da solução de embebição foi medida por meio de um condutímetro (Digimed DM3) depois de calibrado com solução KCl (cloreto de potássio) padrão de condutividade $1,412 \mu\text{S cm}^{-1}$.

4.5. Determinação do índice de cor

A quantificação da cor dos grãos de café foi realizada com auxílio de um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas *L* (luminosidade), *a* (tonalidades vermelha/verde) e *b* (tonalidades amarela/azul), utilizando a escala Hunter-Lab e empregando o iluminante 10 °D₆₀ (AFONSO JÚNIOR, 2002)

4.6. Análise dos constituintes voláteis

4.6.1. Extração dos componentes voláteis

Todas as amostras foram trituradas em almofariz com auxílio de nitrogênio líquido. Em seguida, 2 g de cada amostra foram colocados em frasco com capacidade de 5 mL, hermeticamente fechado. Para extração dos compostos voláteis do café, foi utilizada a técnica de microextração em fase sólida (SPME) por “headspace” e realizada com auxílio de uma fibra do tipo Carboxen/poly(dimethylsiloxane) (CAR/PDMS) de 75 mm em estufa a 40 °C por 15 min (GONZALES-RIOS et al., 2007). As análises dos constituintes voláteis foram realizadas em triplicata.

4.6.2. Análise por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama

A análise quantitativa dos compostos voláteis do café foi realizada por GC/FID. A dessorção da fibra foi realizada durante 4 min em um cromatógrafo SIMADZU GC-17^a equipado com uma coluna capilar DB-WAX (J&W Scientific – 30 m X 0,32 mm X 0,25 µm). A injeção foi realizada no modo splitless com injetor a 250 °C. Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste, com fluxo de 1,5 mL min⁻¹. A temperatura da coluna foi programada de 44 a 170 °C a uma taxa de aquecimento de 3 °C min⁻¹ e em seguida, de 170 a 250 °C a 8 °C min⁻¹. A temperatura do detector (FID) foi mantida em 250 °C (GONZALES-RIOS et al., 2007).

4.6.3. Análise por cromatografia gasosa com detecção por espectrômetria de massa

A análise dos compostos voláteis do café foi realizada por GC/MS. Para dessorção da fibra, neste caso, foi utilizado um cromatógrafo SHIMADZU GC-17A acoplado a um espectrômetro de massas QP-5050A GC com uma coluna capilar DB-WAX (J&W Scientific – 30 m X 0,32 mm X 0,25 μm). A temperatura da coluna e do injetor foram as mesmas descritas na análise por GC/FID. O hélio foi o gás de arraste utilizado a um fluxo de 1,5 mL min⁻¹. A energia de ionização foi de 70 eV (GONZALES-RIOS et al., 2007).

4.6.4. Identificação e quantificação dos compostos voláteis

Os compostos voláteis foram identificados pelo cálculo do índice de Kovats e comparados com a literatura (AMSTALDEN et al., 2001; NEVESNY et al., 2007; GONZALEZ-RIOS et al., 2007). Sua quantificação foi obtida em concentração percentual proporcional determinando a área sob cada pico do cromatograma (COLLINS, 2006).

4.7. Análise sensorial

As análises sensoriais, por meio da prova de xícara, foram realizadas por provadores associados à Illy Cafe em Trieste - Itália. Cada amostra foi classificada quanto ao corpo, aroma, acidez, doçura, aroma global, adstringência, sabor característico e ranço e receberam notas de 0 a 9 para cada atributo sensorial.

4.8. Análise estatística

Visto o elevado número de variáveis a serem avaliadas e a fim de agrupar amostras de mesmas características físicas e químicas, foi utilizada a técnica da análise das componentes principais (PCA). Para a análise das características físicas e químicas foi utilizada uma matriz 27 x 12 (9 amostras com três repetições e 12 variáveis) e para as atribuições sensoriais foi utilizada uma matriz 9 x 13 (9 amostras e 13 variáveis). Para investigação do comportamento das características físicas durante o armazenamento, foi utilizada análise de variância e de regressão, utilizando o coeficiente de determinação (R^2) e o teste F ao nível de 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Teor de água

A colheita dos frutos de café foram realizadas em setembro de 2007 e a partir desta data, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento e feita uma média a cada 3 meses como mostrados na Figura 1.

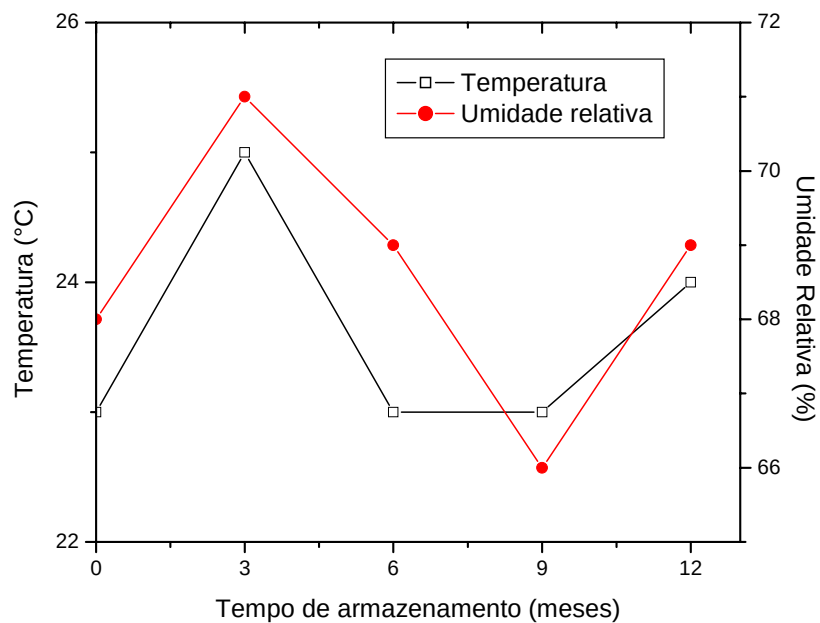


Figura 1. Temperatura e umidade relativa média do ambiente do armazenamento dos grãos de café.

Observa-se na Figura 2 adsorção de água pelas amostras de café até 6 meses de armazenamento, sendo intensificada no período de dezembro a março. Esse fato se deve ao período do ano de elevada temperatura e umidade relativa média de 71 % (Figura 1).

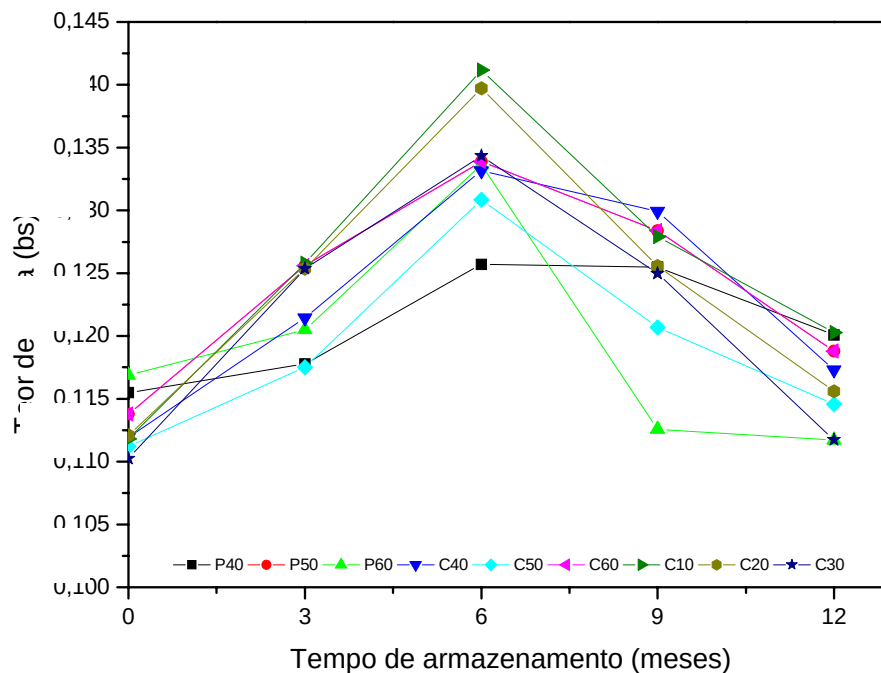
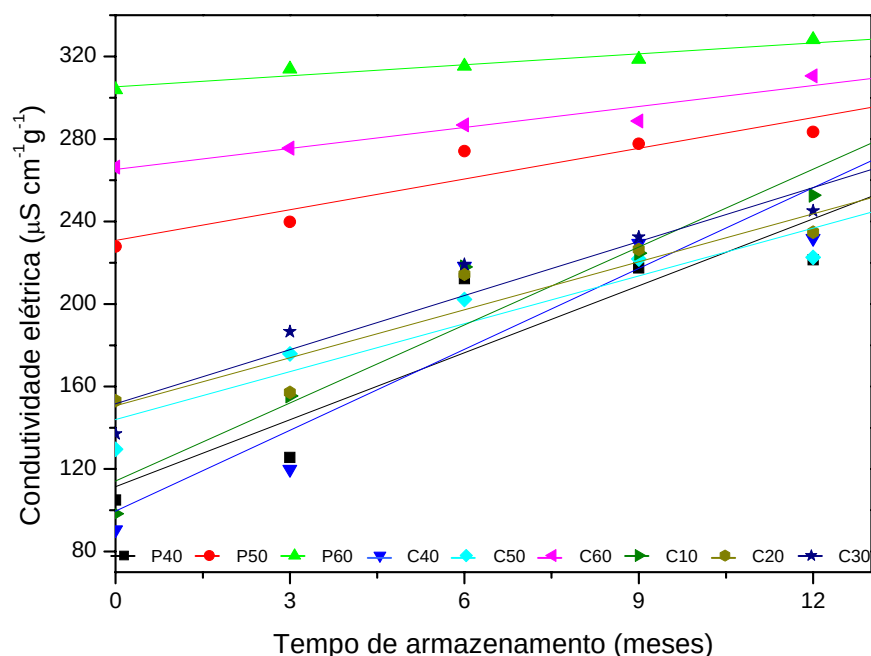


Figura 1: Teor de água dos grãos de café submetido a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

Verifica-se que os teores de água de todas as amostras de café variaram entre 0,11 e 0,14 (b.s) o que conforme Vilela (1997) se encontra dentro da faixa aceitável para armazenagem segura do produto.

5.2. Integridade das membranas celulares

Observa-se na Figura 2 incremento da condutividade elétrica em todas as amostras, o que evidencia desorganização das membranas celulares e, provavelmente, interferindo na qualidade.



Amostra	Equação	R ² (%)	Amostra	Equação	R ² (%)
P40	CE = 111,4 + 20,67 TA ¹	91,19	C50	CE = 144,0 + 11,75 TA	94,15
P50	CE = 230,8 + 7,489 TA	94,22	C60	CE = 265,3 + 3,868 TA	96,57
P60	CE = 305,3 + 2,120 TA	96,27	C10	CE = 114,2 + 15,67 TA	95,96
C40	CE = 99,60 + 23,78 TA	91,91	C20	CE = 150,7 + 11,82 TA	94,12
			C30	CE = 151,6 + 11,41 TA	95,57

¹CE: Condutividade Elétrica; TA: Tempo de Armazenamento

Figura 2: Condutividade elétrica de grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

Os cafés secados a temperatura de 60 °C apresentam elevados valores de condutividade elétrica desde o início do armazenamento. Resultado semelhante foi encontrado por Reinato (2003) concluindo que os valores elevados de condutividade elétrica têm sido obtidos em grãos de café secados sob temperaturas mais elevadas, pois aumenta a permeabilidade da membrana celular. O mesmo comportamento foi observado para o café secado em pergaminho a 50 °C.

Existe uma concordância de que a degeneração das membranas celulares e a subsequente perda de controle de permeabilidade seja um dos primeiros eventos que caracterizam a deterioração do café. Segundo Afonso Júnior (2001) a desorganização celular está relacionada com o extravasamento de solutos.

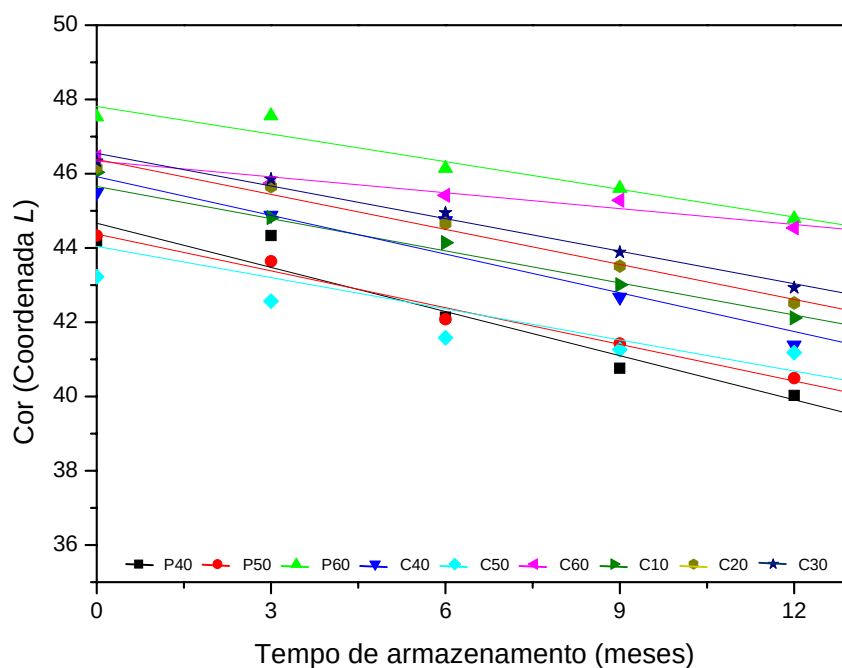
Segundo Malta et al. (2005), café imaturo aumenta significativamente a condutividade elétrica, no entanto, observa-se (Figura 2) que a amostra com 10% de verde teve comportamento parecido às amostras em pergaminho e em coco secadas a 40 °C, indicando que a diferença de condutividade elétrica deve ocorrer com adição de proporções mais elevadas de verde.

Durante o armazenamento observa-se que o café em coco secado a 40 °C apresenta maior perda de permeabilidade da membrana celular que o café em pergaminho secado a mesma temperatura. Esse fato, é evidenciado pela comparação entre os coeficientes angulares das retas da regressão.

5.3. Determinação da cor

5.3.1. Determinação da coordenada $\underline{L}$

A Figura 3 contém os resultados relativos ao comportamento decrescente da coordenada L da cor que indica escurecimento de todas as amostras. Podendo ser observado em maior intensidade na amostra de café cereja descascado secado a 60 °C e este resultado possivelmente está relacionado a ação protetora da casca.



Amostra	Equação	R ² (%)	Amostra	Equação	R ² (%)
P40	Cor L = 44,67 – 0,473 TA ¹	96,25	C50	Cor L = 44,04 - 0,468 TA	93,04
P50	Cor L = 44,38 – 0,186 TA	99,13	C60	Cor L = 46,35 - 0,146 TA	97,23
P60	Cor L = 47,81 – 0,265 TA	96,97	C10	Cor L = 45,66 - 0,119 TA	99,53
C40	Cor L = 45,92 – 0,478 TA	95,12	C20	Cor L = 46,39 - 0,162 TA	99,27
			C30	Cor L = 46,55 – 0,151 TA	99,27

¹ Cor L: Cor - Coordenada L; TA: Tempo de Armazenamento

Figura 3: Coordenada L da cor dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

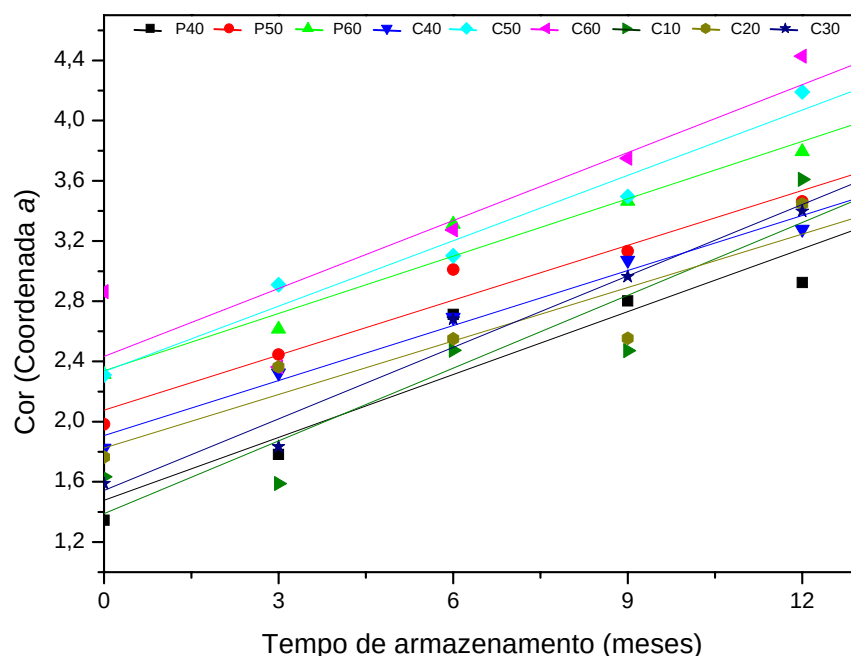
O branqueamento é um fenômeno conhecido durante o armazenamento dos grãos de café beneficiados e explicado pelo aumento da coordenada L, por alguns autores (AFONSO JÚNIOR, 2001 e CORADI, 2006).

Porém quando armazenados com casca, este fenômeno pode não ser observado, pois o revestimento externo aos grãos contribui para a sua proteção reduzindo os possíveis efeitos ambientais, como a luminosidade, sobre o produto armazenado. Resultados semelhantes sobre o efeito protetor

da casca quanto ao branqueamento do produto também foram observados por outros autores (MATIELLO, 1991; GODINHO et al., 2000). Além disso, segundo Coradi (2006) a utilização de altas temperaturas de secagem favorece o surgimento de grãos de cor acinzentada que, ao reabsorverem umidade, sofrem branqueamento.

5.3.2. Determinação da coordenada a

Observa-se na Figura 4 um incremento dos valores da coordenada *a* em todas as amostras indicando perda da cor verde dos grãos durante o período de armazenamento. O mesmo comportamento foi observado por Afonso Júnior (2001) trabalhando com grãos de café cereja armazenados em ambiente não controlado.



Amostra	Equação	R ² (%)	Amostra	Equação	R ² (%)
P40	Cor a = 1,478 + 0,139 TA ¹	93,64	C50	Cor a = 2,332 + 0,145 TA	98,32
P50	Cor a = 2,077 + 0,122 TA	97,91	C60	Cor a = 2,433 + 0,150 TA	89,65
P60	Cor a = 2,337 + 0,127 TA	97,95	C10	Cor a = 1,388 + 0,161 TA	92,88
C40	Cor a = 1,907 + 0,122 TA	99,05	C20	Cor a = 1,825 + 0,118 TA	93,198
			C30	Cor a = 1,543 + 0,158 TA	98,41

¹ Cor a: Cor – Coordenada a; TA: Tempo de Armazenamento

Figura 4: Coordenada a da cor dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

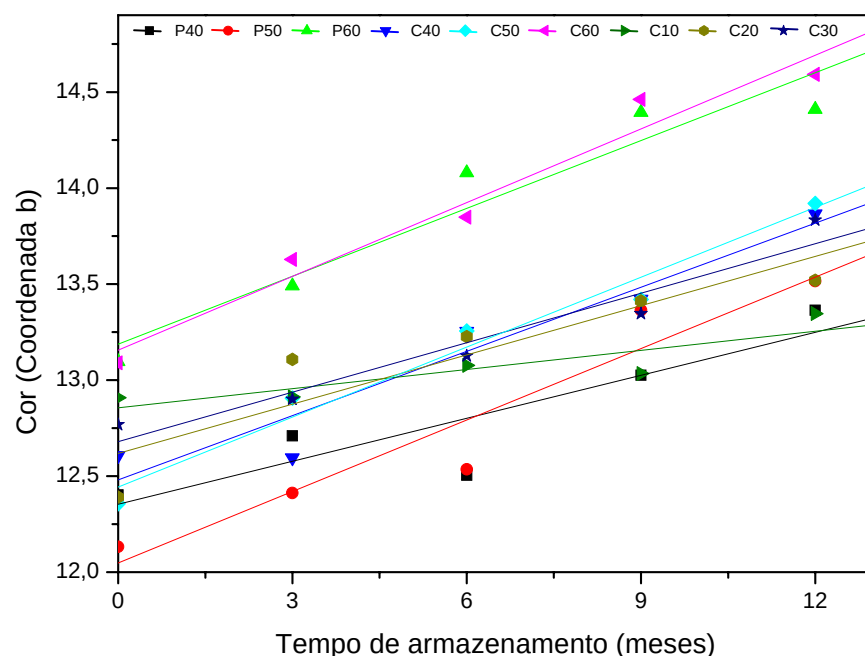
Nota-se na Figura 4 que os grãos secados em coco nas temperaturas de 50 °C e 60 °C apresentaram elevado índice de cor aferido pela coordenada a desde o início do armazenamento, indicando, segundo Mazzafera et al. (1984), a ocorrência de processos oxidativos. Coradi et al. (2008), estudando a influencia da temperatura de secagem na cor dos grãos, observou que o aumento da temperatura de secagem de 40 °C para 60 °C proporciona a perda da cor verde.

O café secado em pergaminho a temperatura de 60 °C apresentou perda mais acentuada da cor verde que o café secado em coco a 60 °C (Figura 4). A influencia do processamento do café foi estudada por Afonso Júnior (2001) e este autor verificou que o café descascado apresenta menores valores de coordenada *a* que o café natural quando secado a temperaturas elevadas.

Verifica-se na Figura 4 que o café secado em pergaminho a 40 °C obteve menor valor para a coordenada *a* quando comparado as demais e permaneceu mais verde após o período de armazenamento. Segundo Afonso Júnior (2001) a cor verde escura é característica de produto de boa qualidade, porém as amostras com 20 % e 30 % de verde, que segundo Freire e Miguel (1985) influenciam negativamente na análise sensorial, apresentaram comportamento semelhante. Esse fenômeno se deve ao fato de que os grãos que não atingiram a maturação são verdes mais intensos que os grãos maduros e sua elevada porcentagem nestas amostras podem “mascarar” os resultados.

5.3.3. Determinação da coordenada b

Observa-se na Figura 5, que houve um aumento da coordenada *b* da cor durante o armazenamento em todas as amostras, perdendo a cor azulada considerada por Afonso Júnior e Corrêa (2003) como característica de café de qualidade. O mesmo foi concluído por Afonso Júnior (2001) em trabalho sobre cor de grãos de cafés armazenados sob condições ambientes.



Amostra	Equação	R ² (%)	Amostra	Equação	R ² (%)
P40	Cor b = 12,35 + 0,0746 TA ¹	89,72	C50	Cor b = 12,44 + 0,121 TA	99,33
P50	Cor b = 12,05 + 0,124 TA	96,15	C60	Cor b = 13,16 + 0,128	98,29
P60	Cor b = 13,18 + 0,117 TA	96,09	C10	Cor b = 12,86 + 0,0332 TA	88,34
C40	Cor b = 12,48 + 0,111 TA	96,55	C20	Cor b = 12,62 + 0,0854 TA	91,29
			C30	Cor = 12,68 + 0,0859 TA	97,08

¹ Cor b: Cor - Coordenada b, TA: Tempo de Armazenamento

Figura 5: Coordenada *b* dos grãos de café submetidos a diferentes procedimentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

Verifica-se, na Figura 5, que as amostras secadas a 60 °C tiveram maiores valores da coordenada *b* desde o início do armazenamento, sendo intensificada com o tempo. Segundo Coradi (2006), temperaturas de secagem elevadas proporcionam ao café cores mais amareladas, característica esta que evolui durante o tempo de armazenamento.

Pôde ser observado que as amostras secadas a temperaturas elevadas mantiveram altos índices de extravasamento de solutos e ao mesmo tempo, apresentam altos índices de perda da cor verde e azul. Amorim (1978)

observou que a mudança de cor ocorre principalmente em razão da desestruturação das membranas celulares, que podem ser causadas por agentes externos como temperatura de secagem.

5.4. Massa específica aparente

Observa-se na Figura 6 que o café cereja descascado secado em pergaminho a 40 °C e 50 °C tiveram os maiores valores de massa específica aparente, respectivamente. Ainda verifica-se que após 12 meses o café, em coco secado a 40 °C apresentou massa específica próximo ao café com adição de 10 % e 20 % de grãos verdes, o que não ocorreu quando adicionado 30 %, verificando que a perda da qualidade do café pode estar relacionada com amostras com elevados percentuais de verde.

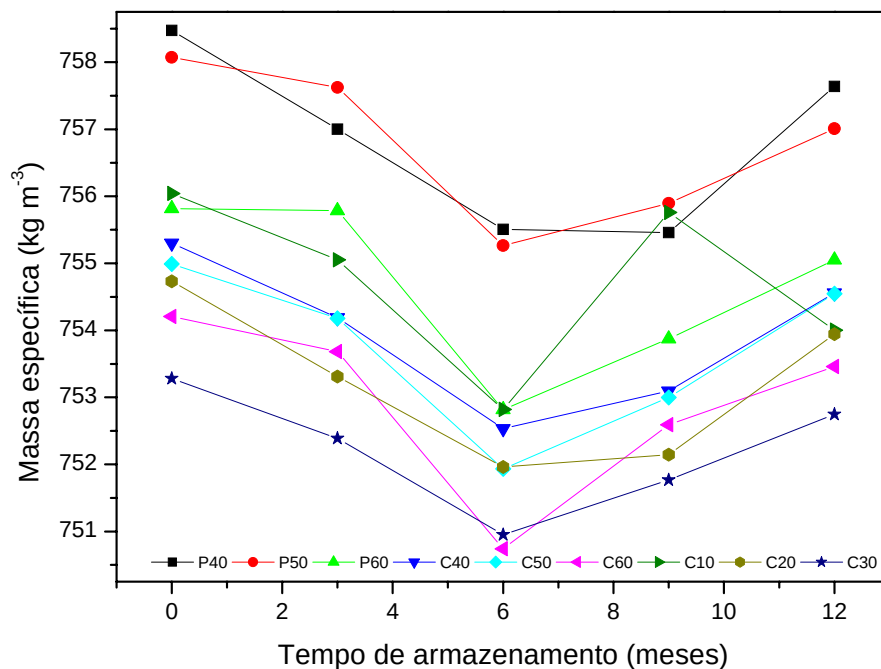


Figura 6: Variação da massa específica aparente dos grãos de café durante o período de armazenamento.

A massa específica é considerada fator de comparação de qualidade. Diversos são os fatores que afetam a massa específica dos grãos, sendo os principais a porcentagem de grãos danificados, a temperatura alcançada durante a secagem, o teor de água e a variedade do grão.

A massa específica aparente de grãos agrícolas cresce, geralmente, com a diminuição do teor de água do produto e esse comportamento pode ser observado na Figura 6 em comparação a Figura 1. Depois seis meses de armazenamento, houve incremento no teor de água dos grãos, observa-se decréscimo da massa específica.

5.4. Massa seca de mil grãos

Pela Figura 7 observa-se que não foi possível quantificar variação (pelo teste F a 5% de probabilidade) da massa seca de mil grãos em todas as amostras durante o período de armazenagem.

Tabela 1: Equações de regressão para o comportamento da massa seca de mil grãos durante o período de armazenamento.

Amostra	Equação	Amostra	Equação
P40	¹ Ms = 132,81 ^{ns}	C50	Ms = 130,77 ^{ns}
P50	Ms = 135,28 ^{ns}	C60	Ms = 129,13 ^{ns}
P60	Ms = 134,68 ^{ns}	C10	Ms = 132,62 ^{ns}
C40	Ms = 134,57 ^{ns}	C20	Ms = 130,36 ^{ns}
		C30	Ms = 129,39 ^{ns}

¹Ms: Massa seca de mil grãos

Figura 7: Variação da massa seca de mil grãos após o período de armazenagem.

Segundo Thompson (1972), o histórico da cultura, o teor de água inicial dos grãos e a interação entre temperatura de armazenagem e umidade

relativa do ambiente podem influenciar a taxa respiratória e, conseqüentemente, a perda de matéria seca desse produto no armazenamento. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho sugerem que as condições de armazenamento não influenciaram significativamente a perda de matéria seca do produto.

Observa-se na Figura 7 que a massa seca de mil grãos das amostras de café com 20 % e 30 % de grãos verdes mostrou-se inferior com relação às demais. Este fato pode ser devido à menor massa dos grãos imaturos em relação àqueles que atingiram a maturidade.

5.5. Composição química

A Figura 8 representa os resultados obtidos por cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massa das amostras submetidas a partir de diferentes processamentos pós-colheita

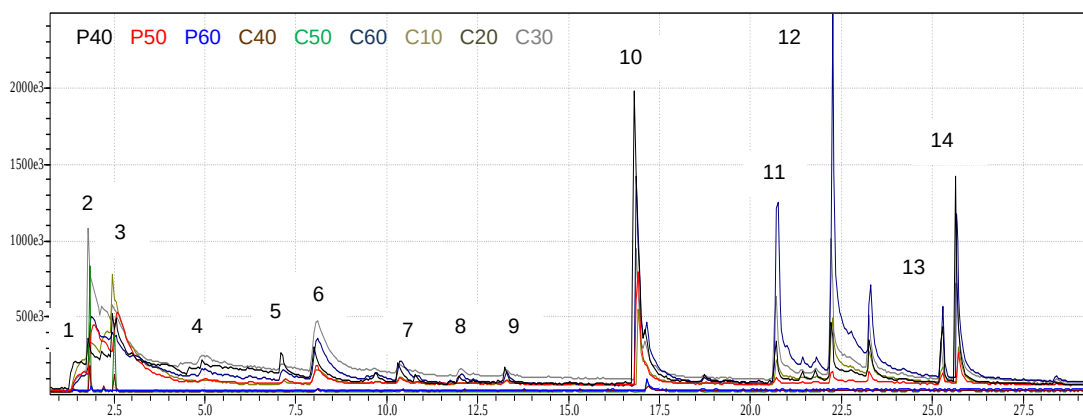


Figura 8: Cromatogramas obtidos a partir das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita por GC/MS após 12 meses de armazenamento

Observa-se a partir da Figura 8 que todas as amostras apresentaram a mesma constituição química, porém diferenciam-se quanto a concentração de cada um dos compostos extraídos. Essa diferenciação pode ser observada a

partir da área dos picos cromatográficos que são proporcionais a concentração de cada um dos compostos.

Tabela 1: Identificação dos compostos voláteis de cafés submetidos a diferentes processamentos pós-colheita com seus respectivos tempos de retenção

Nº do pico	Tempo de Retenção dos compostos em cada amostra									Identificação
	P40	P50	P60	C40	C50	C60	C10	C20	C30	
1	1,54	1,68	1,68	1,58	1,62	1,69	1,58	1,68	1,63	ni
2	1,78	1,84	1,76	1,93	1,95	1,82	1,89	1,88	1,85	2 propanona
3	2,54	2,60	2,60	2,54	2,49	2,49	2,55	2,46	2,46	Etanoato de etila
4	4,92	4,94	4,93	4,95	4,96	4,91	4,93	4,93	4,34	etanol
6	7,07	7,21	7,22	7,16	7,10	7,11	7,12	7,12	7,12	Álcool isoamílico
7	8,00	8,00	8,00	8,05	8,07	8,09	8,09	8,1	8,08	3hidróxibutanona
8	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,4	10,3	10,4	10,3	1 hexanol
9	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	17,1	13,3	13,2	13,2	ni
10	16,8	16,9	16,9	16,8	16,6	16,7	16,8	16,9	16,8	ácido acético
11	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,5	21,4	21,4	1,3-butenodiol
12	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,3	22,2	22,2	22,2	2,3-butenodiol
13	23,3	23,2	23,3	23,2	23,3	23,4	23,3	25,2 7	23,3 1	2(3H)dihidro furanona
14	25,7	25,7	25,7	25,7	25,8	26,0	25,7	25,8 0	25,6 7	ácido-3-etil butanoico

Confirmando o já observado na Figura 8, em todas as amostras foram identificados os mesmos compostos. E na Tabela 1 encontram-se listados todos os compostos identificados em cada uma das amostras e seus respectivos tempos de retenção.

5.5.1. Concentração proporcional de álcoois

Na Figura 8 pode ser observada a diminuição da concentração proporcional dos álcoois durante o armazenamento com tendência a estabilização depois de doze meses.

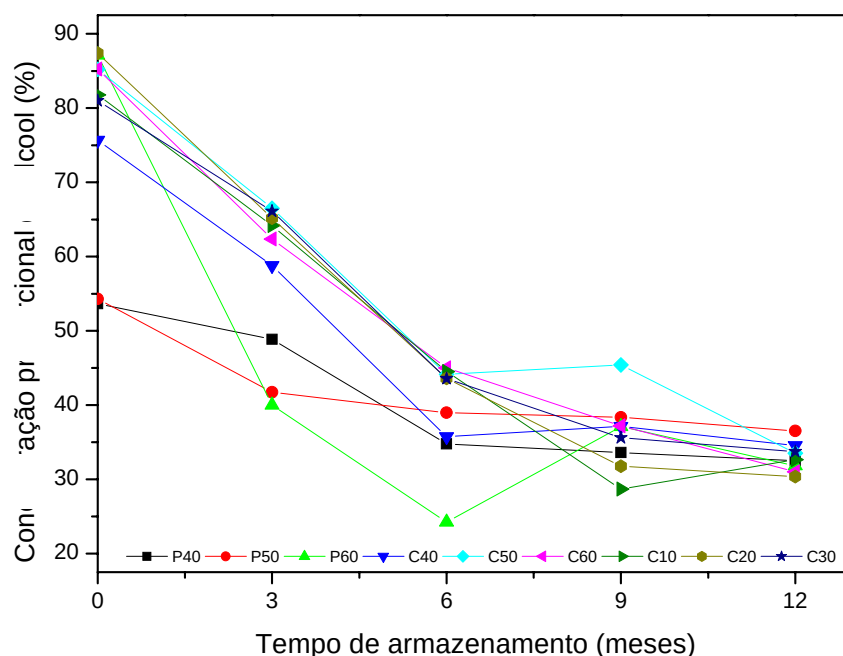


Figura 9: Concentração proporcional de álcool dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

A partir da Figura 9, observam-se elevados teores de alcoóis em todas as amostras de café no início do armazenamento. Loew (1907), um dos pioneiros nos estudos sobre transformações químicas em café, concluiu que a fermentação ocorrida após a colheita leva a produção de álcoois e é resultado da infecção por microrganismos sobre a mucilagem.

Por meio da Figura 9, observa-se que as amostras de café secadas em pergaminho às temperaturas de 40 e 50 °C apresentam, no início do armazenamento, concentração proporcional de álcoois menor que as demais amostras. A baixa quantidade de açúcar presente nos cafés cereja descascado, em conjunto com elevadas temperaturas de secagem (40 °C e 60 °C), desfavorece a formação de um ambiente propício a infecção por microrganismos diminuindo assim as fermentações e a concentração inicial de álcoois.

O decréscimo da concentração proporcional dos álcoois em todas as amostras pode estar relacionado às reações de oxidação destes em ácidos carboxílicos e em cetonas contribuindo para o incremento destas substâncias (Figuras 10 e 11). Segundo Oliveira et al. (2001), é comum em ambientes biológicos o desdobramento dos álcoois produzidos na fermentação em ácidos carboxílicos e cetonas.

Após nove meses de armazenamento, a concentração percentual dos álcoois de todas as amostras se manteve próximas e diminuíram com menos intensidade. Esse fenômeno ocorre devido à formação de ácidos carboxílicos, pela oxidação dos álcoois, diminui o pH do meio reduzindo a intensidade destas reações (MENCHÚ, 1973).

5.5.2. Concentração proporcional dos ácidos carboxílicos

Observa-se na Figura 10 que a concentração proporcional de ácido carboxílico teve variações durante o armazenamento com pico máximo no período de seis meses.

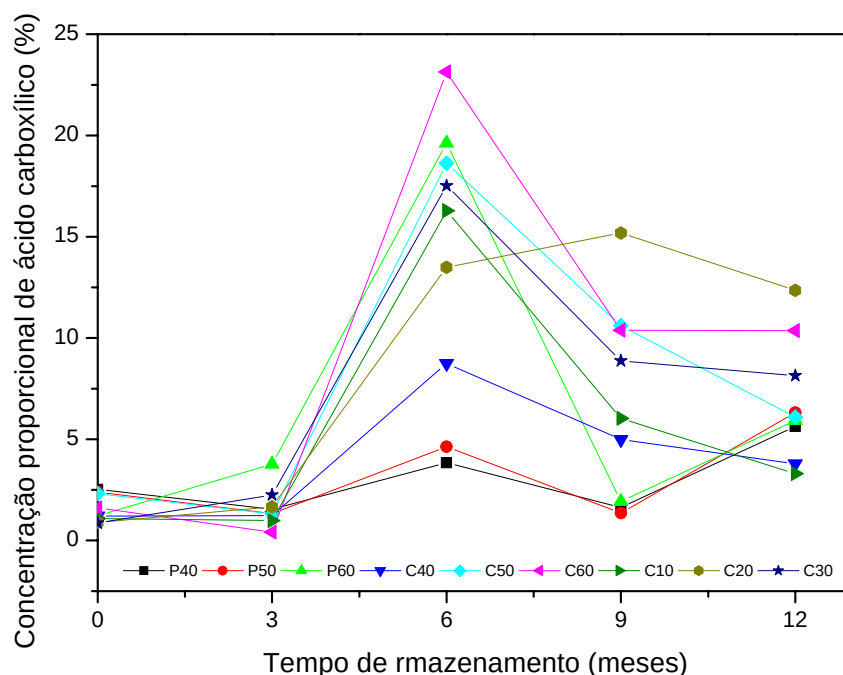


Figura 10: Concentração proporcional de ácidos carboxílicos dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

A maior proporção de ácidos ocorreu no período em que houve incremento no teor de água, pois neste caso a presença de microrganismos é favorecida e pode provocar fermentações indesejadas produzindo ácido acético. Segundo Carvalho et al. (1997), cafés de bebida ruins, devido à presença de microrganismo, são produzidos em locais com alta umidade relativa e alta temperaturas.

Nota-se na Figura 10, que apesar do aumento do teor de água (Figura 1) ter ocorrido em todas as amostras, a deficiência de açúcar e as temperaturas de secagem de 40 °C e 50 °C nas amostras armazenadas em pergaminho, contribuíram para reduzir comparativamente a produção de ácido carboxílico.

Todas as amostras armazenadas em pergaminho, independente da temperatura de secagem, tiveram incrementos na concentração de ácidos no

último período de armazenamento. Isso se deve à hidrólise de ésteres ocorrida neste período, uma vez que os teores de ácidos, nestas amostras são relativamente baixos (Figura 10).

5.5.3. Concentração proporcional de cetonas

Observa-se na Figura 11 o comportamento variável da concentração de cetonas durante o armazenamento.

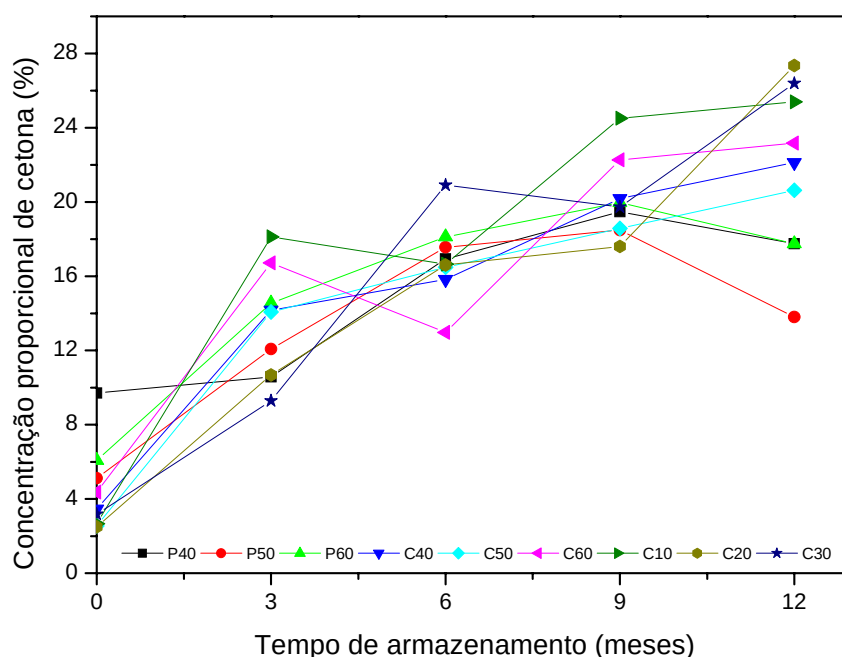


Figura 11: Concentração proporcional de cetonas dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

O maior incremento da concentração de cetonas ocorre no início do armazenamento (Figura 11). Neste período ocorreu redução acentuada do teor de álcool e como já mencionada, a oxidação de álcoois pode produzir estes compostos.

Além disso, as cetonas podem ser biossintetizadas a partir da auto-oxidação de ácidos graxos insaturados. A auto-oxidação de ácido graxo ocorre durante o armazenamento aumentando assim a concentração de seus produtos (DART et al. 1985). Porém, nas amostras de café cereja descascado, nota-se decréscimo na concentração proporcional de cetona nos três últimos meses do armazenamento, esse fato pode estar relacionado a volatilização destes compostos.

5.5.4. Concentração proporcional de éster

Observa-se na Figura 12, o comportamento irregular da concentração de éster durante o armazenamento.

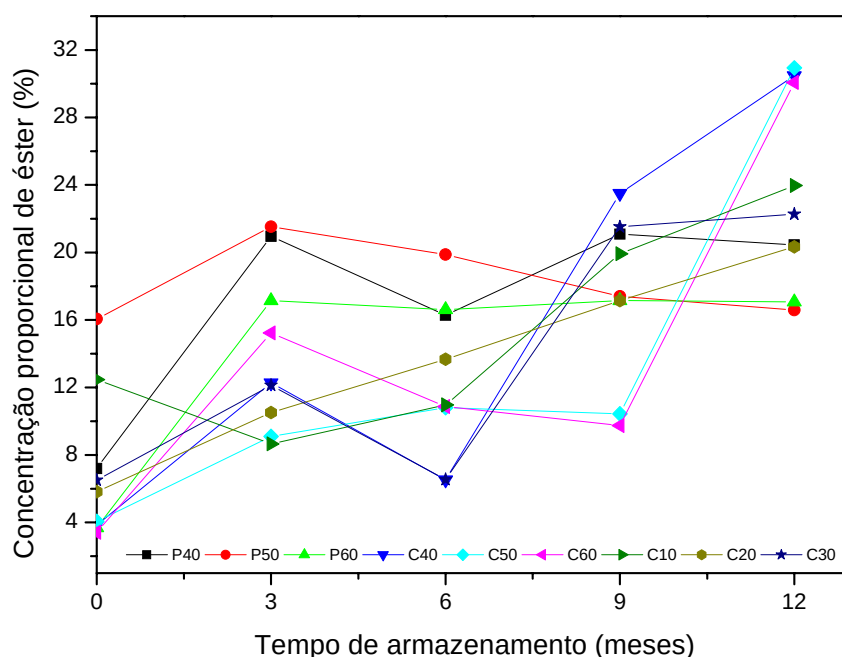


Figura 12: Concentração proporcional de ésteres dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

No início do armazenamento a concentração de ésteres aumentou (Figura 12). Este fato ocorreu concomitantemente com a redução da concentração de álcool e não permite que a concentração de ácido carboxílico tivesse incremento acelerado, pois são precursores das reações de esterificação.

Verifica-se no final do armazenamento que as amostras de café cereja descascado podem ser diferenciadas das demais, pois a concentração proporcional de éster diminui. Como já mencionado, a baixa concentração de ácidos (Figura 10), no nono mês de armazenamento possibilitou a hidrólise dos ésteres tendendo ao equilíbrio. Em contraposto, as amostras de café cereja apresentaram a maior proporção de ésteres após doze meses de armazenagem, devido a elevada concentração de alcoóis e ácido presentes nestas amostras.

A temperatura de secagem não influenciou na concentração do éster, pois segundo Guyot, et al. (1982) essa reação somente é acelerada a temperaturas acima de 70 °C.

5.5.5. Concentração proporcional de hidrocarboneto

Observa-se na Figura 13, o comportamento da concentração proporcional de hidrocarboneto durante o armazenamento.

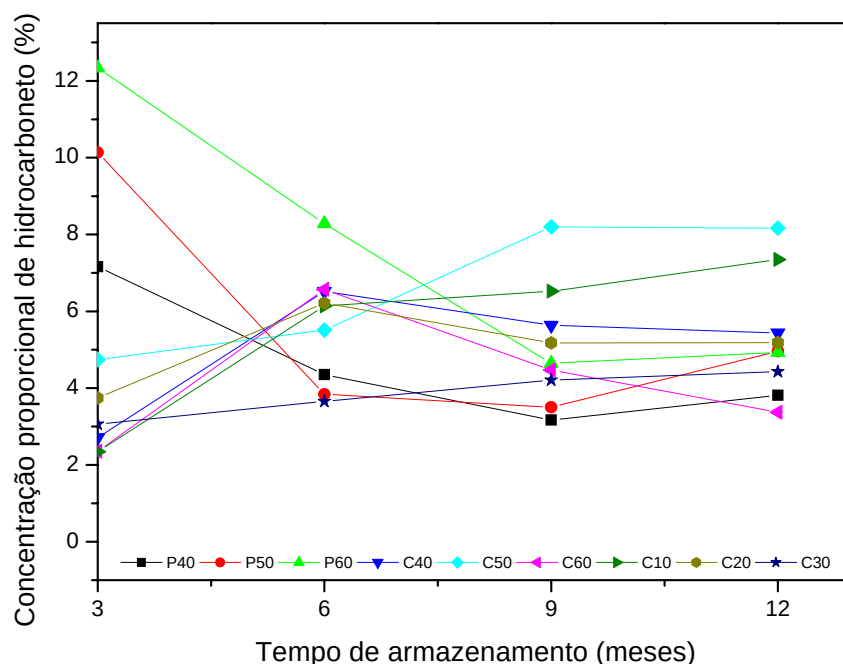


Figura 13: Concentração proporcional de hidrocarboneto dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita durante o período de armazenamento.

Observa-se, na Figura 13, que o hidrocarboneto foi identificado em todas as amostras após três meses de armazenamento. Provavelmente, no tempo zero de armazenamento, a concentração proporcional do hidrocarboneto apresentava-se baixa suficiente para não ser detectada pelo ionizador de chama, uma vez que existe um limite de detecção do aparelho.

A concentração proporcional do hidrocarboneto nos cafés secados em pergaminho diminuiu no período de três a nove meses de armazenamento, mantendo-se praticamente constante, após esse período. A diminuição da concentração proporcional do hidrocarboneto nestas amostras, pode estar relacionada a oxidação do metilbenzeno levando a ácido benzóico, uma vez que essa reação é acelerada na presença de oxigênio e as amostras armazenadas em pergaminho estão pouco protegidas pela casca.

As reações de oxidação de hidrocarbonetos ainda são pouco estudadas em café, porém o que se sabe é que eles existem em grande concentração na fração volátil do café, porém nenhum deles é considerado de impacto para o aroma final do produto (MOREIRA e TRUGO , 2000).

6. Análise das componentes principais (PCA)

Os dados obtidos pelas análises físicas e químicas, assim como as atribuições sensoriais foram submetidos à análise por PCA (Análise das componentes principais) e parte das amostras apresentaram diferenças significativas após serem representadas nos novos eixos de coordenadas, podendo ser classificadas em grupos ou individualmente.

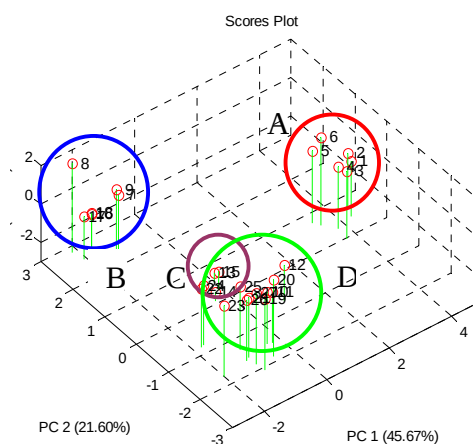
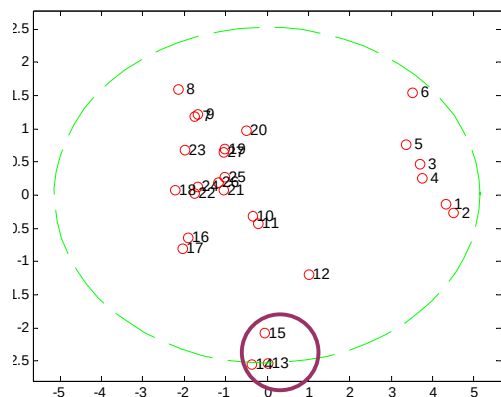
Após o auto-escalamento dos conjuntos originais de dados, foram traçadas curvas dos resultados descritos em três componentes principais PC1, PC2 e PC3, para as variáveis em cada tempo de armazenamento.

Assim, os chamados gráficos “biplots” representados nas Figuras de 14 a 23 possibilitam visualizar conjuntamente as relações entre as PCs.

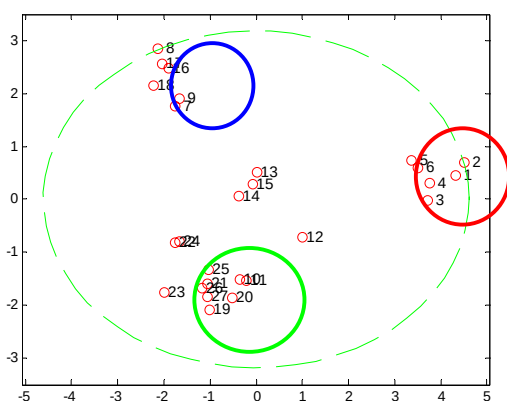
6.1. Análise das componentes principais das características físicas e químicas dos grãos de café no início do armazenamento.

Na Figura 14 representam-se as componentes principais geradas a partir das análises físicas e químicas das amostras de café no início do armazenamento.

PC1 x PC3



PC1 x PC2



PC2 x PC3

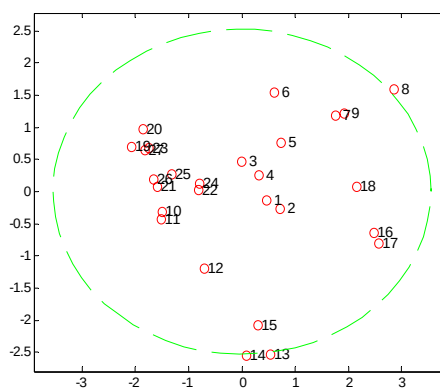


Figura 14: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café no início do armazenamento.

O comportamento dos dados é explicado por 78,19 % da variância dos dados, sendo que a componente principal 1 (PC1) explicou 45,67 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 21,60 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 10,92 % da variância dos dados.

Observa-se, na Figura 14 que foi possível a separação das amostras de café em quatro grupos (A, B, C e D) no início do armazenamento. Nota-se que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável por separar a amostra secada em coco a temperatura

de 50 °C (grupo D). A distinção das características desta amostra com as demais está relacionada a temperatura de secagem e ao processamento a que foi submetida. Sabe-se que a permanência da casca no grão acompanhada de um incremento da temperatura de secagem, proporciona maiores danos aos grãos (REINATO, 2003; CORADI et al., 2008).

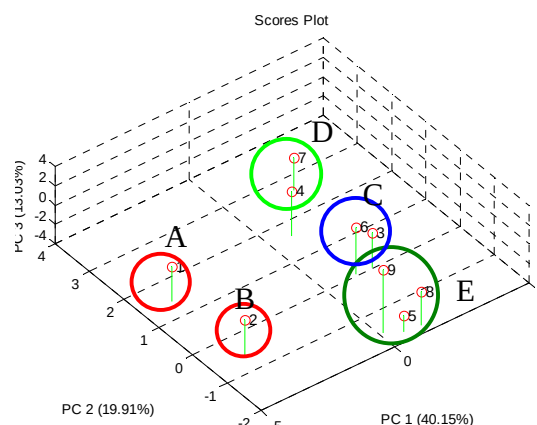
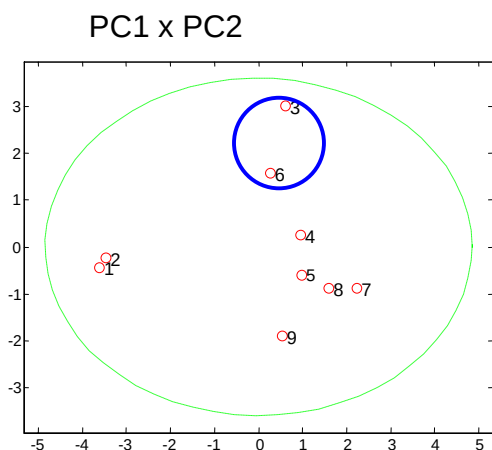
As demais amostras foram agrupadas em A, B e C pela interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2). O grupo A é caracterizado pelas amostras secadas em pergaminho a 40 °C e 50 °C. Essa distinção evidencia, assim como o grupo D, a influencia da interação entre a temperatura de secagem e o tipo de processamento nas características físicas e químicas das amostras. Por meio do descascamento do fruto de café, obtém-se qualidade superior, por diminuir os processos fermentativos e por evitar maior desorganização celular no grão. Oliveira et al. (2001), concluíram que a temperatura de 45 °C tiveram os melhores resultados em todos os tratamentos na análise sensorial. E Vilela (2002) observou características superiores da bebida para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural.

Verifica-se que o grupo B é composto pelas amostras secadas a 60 °C. Neste caso, a elevada temperatura de secagem utilizada foi o fator determinante à caracterização física e química do café, independente do processamento a que o café foi submetido. De acordo com Amorim (1978), temperaturas de secagem elevadas estão relacionadas com a desestruturação das membranas celulares, cuja modificação estrutural potencializa as reações de oxidação afetando a qualidade do café.

No grupo D, observam-se todas as amostras secadas em coco a 40 °C, incluindo as que foram adicionados frutos verdes. Da mesma forma que o grupo A e D, as características físicas e químicas do grupo C no início do armazenamento foram caracterizadas pela interação entre o processamento e a temperatura de secagem a que as amostras foram submetidas. As amostras secadas em coco a temperatura de 40 °C, apresentaram características semelhantes. Vale ressaltar, que neste grupo foram incluídas as amostras de café cereja secados a 40 °C com percentuais de 10, 20 e 30 % de grãos

verdes, evidenciando que a adição de verde não influenciou as características físicas e químicas do café, quando comparadas com o café em coco secados próximo a temperatura considerada ideal. Segundo Borém et al (2002), a adição de grãos verdes proporciona queda progressiva perda de qualidade, porém mesmo a adição de 30% grãos verdes não foi significativo para perceber diferenças físicas ou químicas, quanto aos parâmetros analisados, entre as amostras no início do armazenamento.

Na Figura 15 apresenta-se graficamente a análise das componentes principais (PCA) das atribuições sensoriais das amostras de café pela “Illy Café” no início do armazenamento.



PC1 x PC2

PC2 x PC3

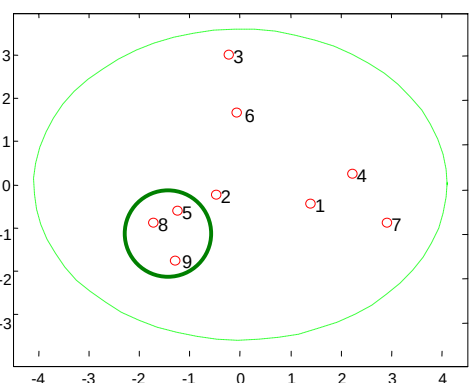
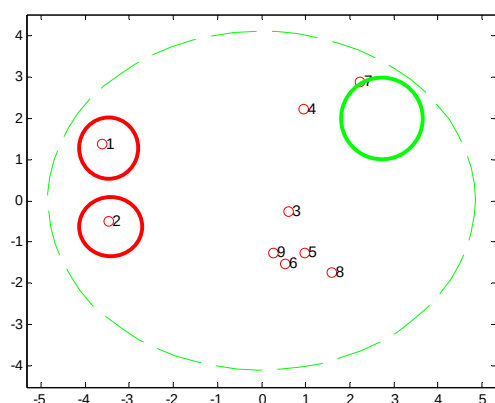


Figura 15: Análise das componentes principais geradas a partir da análise sensorial das amostras de café no início do armazenamento.

As componentes principais explicam 78,19 % da variância dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 40,15 % , a componente principal 2 (PC2) explicou 19,91% e a componente principal 3 (PC3) explicou 13,03 % da variância dos dados.

Nota-se que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável por separar a amostra secada em coco a temperatura de 50 °C (grupo D). A distinção das características desta amostra com as demais está relacionada a temperatura de secagem e ao processamento a que foi submetida. Sabe-se que a permanência da casca

no grão acompanhada de um incremento da temperatura de secagem, proporciona maiores danos aos grãos (REINATO, 2003; CORADI et al., 2008).

Observa-se, na Figura 15, que as amostras se distinguiram em cinco grupos A, B, C, D e E. Nota-se que a componente principal 1 (PC1) versus a componente principal 3 (PC3) é responsável pelo agrupamento C, na Figura 15, em que as amostras secadas a 60 °C são separadas das demais. Em comparação com a Figura 15, verifica-se uma compatibilidade entre a análise sensorial e as características físicas e químicas avaliadas já que foi observada a mesma separação.

Observa-se que a componente principal 1 (PC1) versus a componente principal 2 (PC2) é responsável pelos agrupamentos A, B e D, na Figura 15.

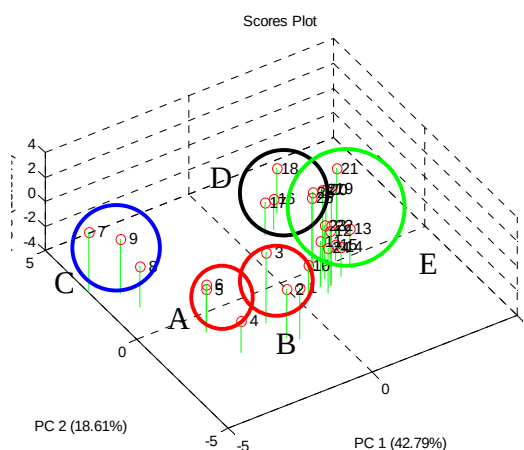
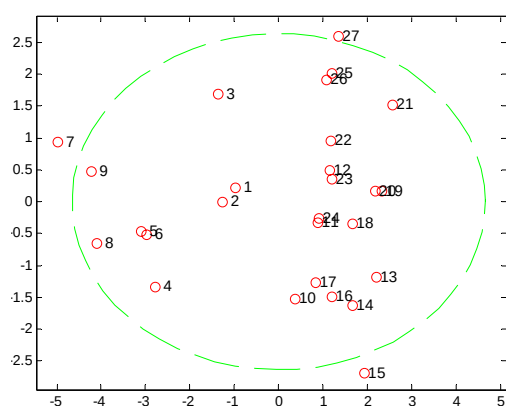
Ao fazer um paralelo entre as componentes principais das características físicas e químicas e as componentes principais da análise sensorial, verifica-se que há similaridade entre o grupo A da Figura 14 e os grupos A e B da Figura 15, em que as amostras secadas em pergaminho a 40 e 50 °C se mantiveram distintas das demais apesar de mostrarem distintas entre si na análise sensorial.

As amostras agrupadas em D na Figura 14, aparecem separadas em dois grupos D e E (explicado pela interação entre a PC2 e a PC3) na Figura 15, em que a análise sensorial distingue o café cereja secado a 40 °C e o café com 10% de verde das demais amostras. A utilização de técnicas para determinação de taninos, que é responsável pela característica adstringente do café verde, seria mais uma característica química a ser adicionada a análise, a fim da diferenciação entre estas amostras. Desta forma, a compatibilidade entre as análises físicas e químicas e a análise sensorial poderia ser aprimorada.

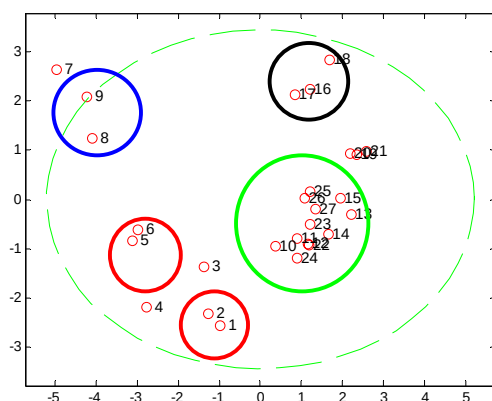
6.2. Análise das componentes principais das características do café após três meses de armazenamento

A Figura 16 representa as componentes principais geradas a partir das análises físicas e químicas das amostras de café após três meses de armazenamento.

PC1 x PC3



PC1 x PC2



PC2 x PC3

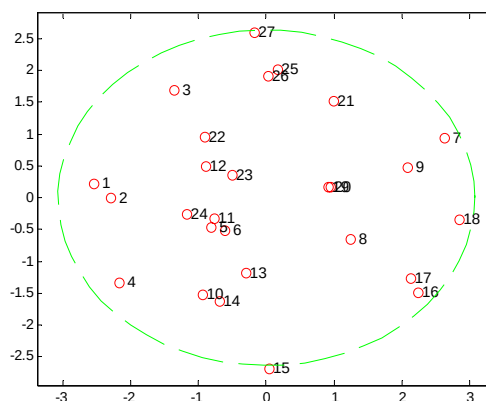


Figura 16: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após três meses de armazenamento.

As componentes principais explicam 75,00 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 42,79 % , a componente principal 2 (PC2) explicou 18,61 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 13,60 % da variância dos dados.

Observa-se, na Figura 16, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) é responsável pela separação das amostras em cinco grupos A, B, C, D e E, após três meses de armazenamento.

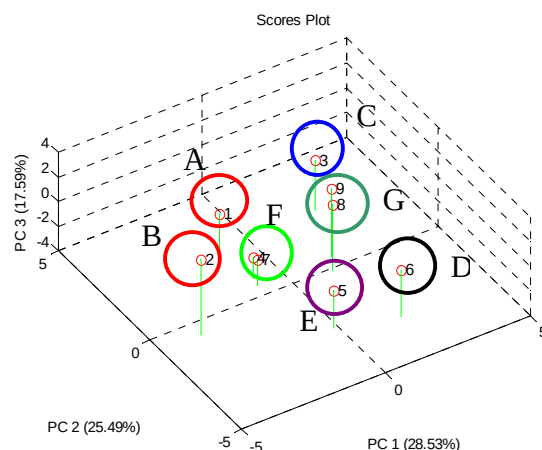
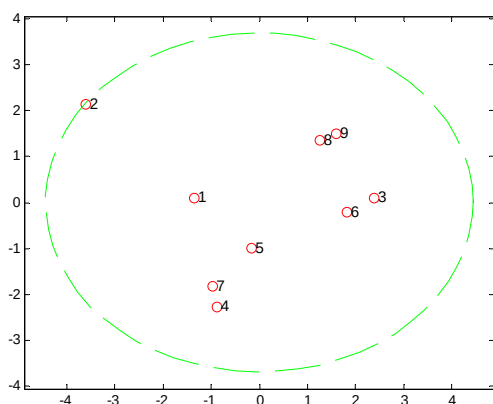
Nota-se que os grupos A e B são caracterizados pelas amostras secadas em pergaminho a 40 e 50^oC, respectivamente. Verifica-se que mesmo após 3 meses de armazenagem, as amostras secadas em pergaminho a temperaturas baixas, permaneceram distintas das demais. Entretanto, no início do armazenamento estas formavam um único grupo, uma vez que a temperatura de secagem influencia as características dos grãos de café que são evidenciadas se são armazenados. Estes resultados estão em concordância com Afonso Júnior (2001), em estudos sobre a qualidade do café submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento.

Observa-se que os grupos C e D representam as amostras secadas em pergaminho e em coco à temperatura de 60 °C, respectivamente. A diferença entre as temperaturas de secagem a que estas amostras foram submetidas, proporcionou a diferenciação entre elas após três meses de armazenagem. Essa diferenciação pode estar relacionada com a fermentação indesejável decorrente da permanência da casca, na amostras armazenada em coco, durante o período de três meses de armazenagem. (SILVA, 2003).

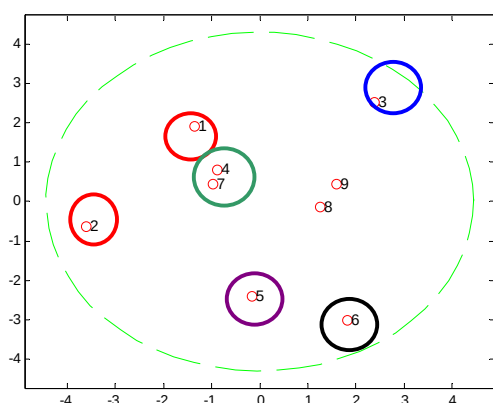
No grupo E, encontram-se todas as amostras secadas em coco a temperatura de 40 e 50 °C. Após três meses de armazenamento, esta última que no início do armazenamento (Figura 14), apresentava características físicas e químicas distintas das demais, após três meses de armazenamento, pode ser representada juntamente com outras amostras, no grupo E.

A Figura 17 representa graficamente a análise das componentes principais (PCA) das atribuições sensoriais fornecidas as amostras de café pela Illy Café após três meses de armazenamento.

PC1 x PC3



PC1 x PC2



PC2 x PC3

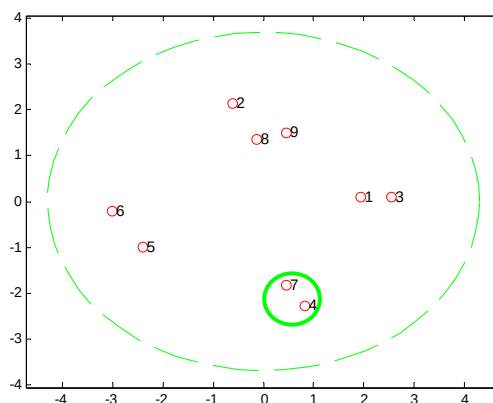


Figura 17: Componentes principais geradas a partir da análise sensorial das amostras de café após três meses de armazenamento.

As componentes principais explicam 71,61 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 28,53%, a componente principal 2 (PC2) explicou 25,49% e a componente principal 3 (PC3) explicou 17,59% da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em sete grupos de A a G.

Observa-se, na Figura 17, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) é responsável pela separação das

amostras em seis grupos A, B, C, D, E e G após três meses de armazenamento.

Verifica-se que a separação dos grupos A e B da Figura 16 é compatível com a diferenciação entre estas amostras na Figura 16, em que as amostras secadas em pergaminho a 40 e 50 °C se mantiveram distintas das demais e após três meses de armazenamento, distintas entre si, mostrando compatibilidade entre as análises físicas e químicas e a análise sensorial.

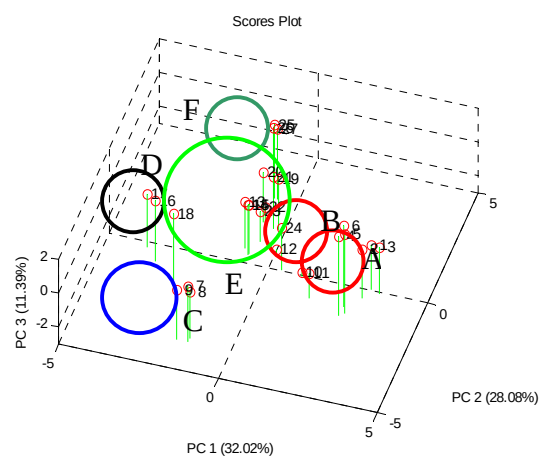
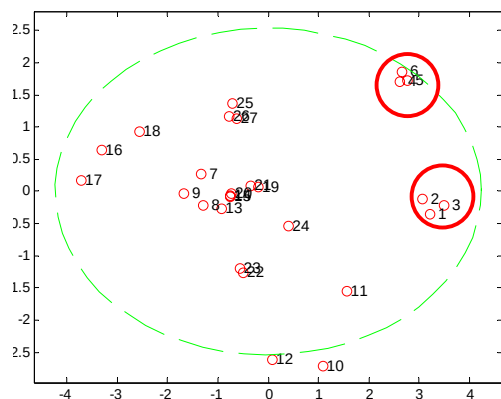
Nota-se que os grupos C e D representam as amostras secadas a 60 °C. Assim como nas análises físicas e químicas, após três meses de armazenamento, elas se mantiveram diferentes das demais e distintas entre si.

Entretanto, as amostras agrupadas em E na Figura 16, aparecem separadas em três grupos E, F e G na Figura 16. A análise sensorial distingue o café cereja secado a 40 °C e o café com 10 % de verde no grupo E; café secado em coco a 50 °C no grupo F; e café cereja secado a 40 °C com 20 e 30 % de verde, no grupo G.

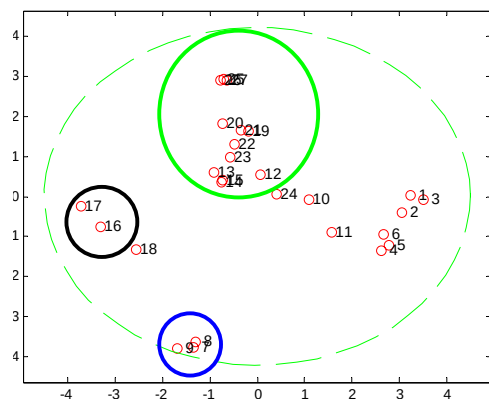
6.3. Análise das componentes principais das características do café após seis meses de armazenamento

A Figura 18 representa as componentes principais geradas a partir das análises físicas e químicas das amostras de café após seis meses de armazenamento.

PC1 x PC3



PC1 x PC2



PC2 x PC3

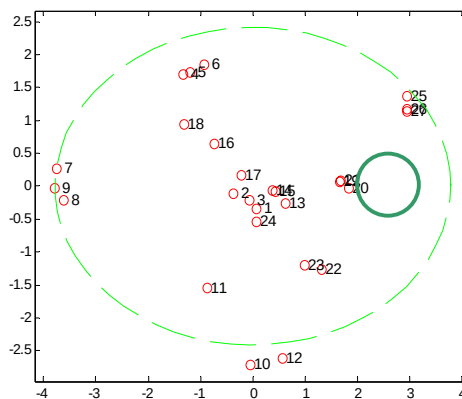


Figura 18: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após seis meses de armazenamento.

As componentes principais explicaram 71,49 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 32,02 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 21,60 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 10,92 % da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em seis grupos (de A a F).

Observa-se, na Figura 18, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação das amostras A e B das demais.

Os grupos A e B, assim como na Figura 16, são caracterizados pelas amostras secadas em pergaminho a 40 °C e 50 °C, mostrando que após seis meses de armazenagem, estas continuaram distintas das demais amostras, o que também foi observado no terceiro mês de armazenamento.

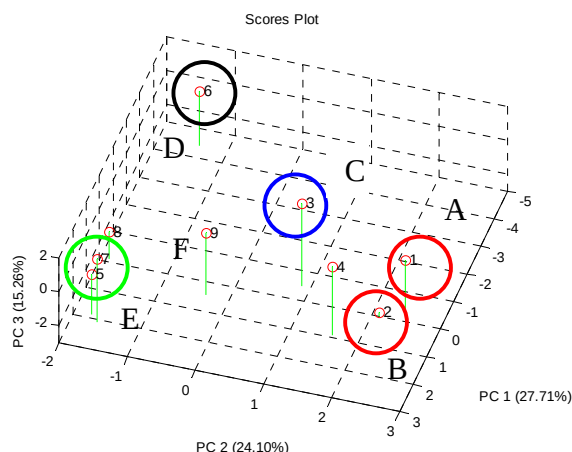
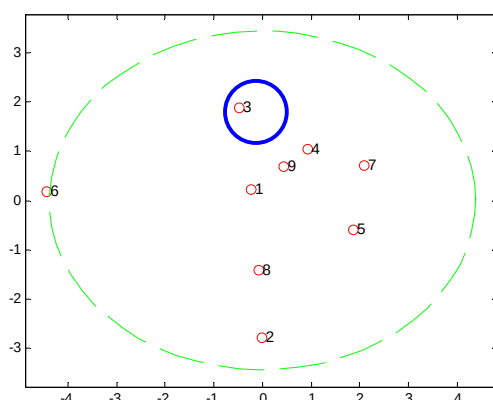
A interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) foi responsável pela separação das amostras em três grupos C, D e E (Figura 18).

Nota-se que os grupos C e D representam, da mesma forma que na Figura 16, as amostras secadas em pergaminho e em coco à temperatura de 60 °C, respectivamente. A diferença entre elas também foi mantida após seis meses de armazenamento.

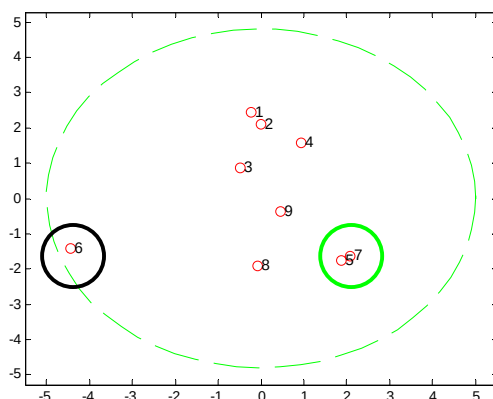
No grupo E, encontram-se as amostras secadas em coco à temperatura de 50 °C e as amostras de café natural secadas a 40 °C, assim como no terceiro mês de armazenamento, com exceção da amostra que contém 30 % de verde. Após seis meses, a elevada porcentagem de grãos verdes, proporcionou a esta amostra, características físicas e químicas suficientemente distintas para separá-lo das demais. O grupo F, que representa o café com 30 % de verde, foi explicado pela interação entre a componente principal 2 (PC2) e a componente principal 3 (PC3).

A Figura 19 representa a análise das componentes principais (PCA) das atribuições sensoriais das amostras de café pela Illy Café após seis meses de armazenamento.

PC1 X PC3



PC1 X PC3



PC1 X PC3

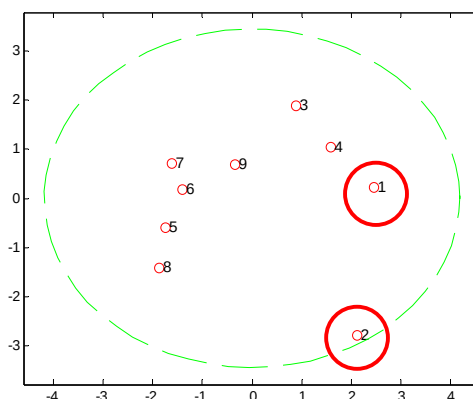


Figura 19: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após seis meses de armazenamento.

As componentes principais explicaram 67,07 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 27,71 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 24,10 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 15,26 % da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em seis grupos (A, B, C, D, E e F).

Observa-se, na Figura 19, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação das amostras em três grupos C, D, e E após seis meses de armazenamento.

Nota-se que os grupos C e D da análise sensorial representam as amostras secadas a 60 °C e se mantiveram diferentes das demais amostras e distintas entre si da mesma forma que nas análises físicas e químicas.(Figura 18), mostrando uma compatibilidade entre as análises.

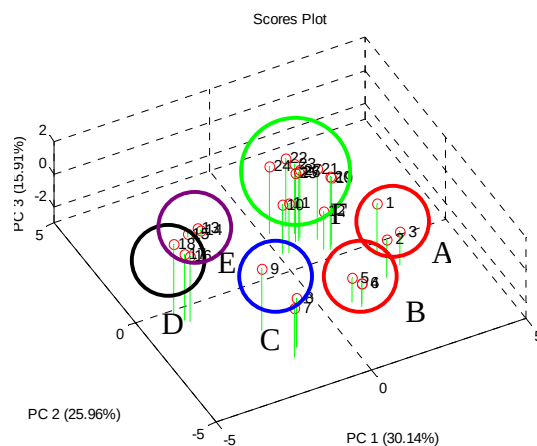
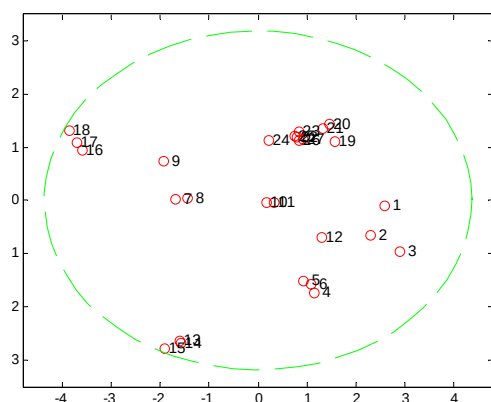
As amostras contidas no grupo E na PCA das características físicas e químicas, aparecem separadas em dois grupos (E e F) na PCA . A análise sensorial distinguiu o café cereja secado a 50 °C e o café com 10 % de verde no grupo E e o café cereja secado a 40 °C com 20 e 30 % de verde, no grupo F. Apesar disso, vale ressaltar que, apesar de separados nos grupos E e F, estas amostras se mostraram distintas das demais assim como nas análises físicas e químicas.

Verifica-se que a separação dos grupos A e B da Figura 18 é compatível com a diferenciação entre estas amostras na Figura 18, em que os cafés secados em pergaminho a 40 e 50 °C se mantiveram distintas das demais a partir de três meses de armazenamento e distintas entre si.

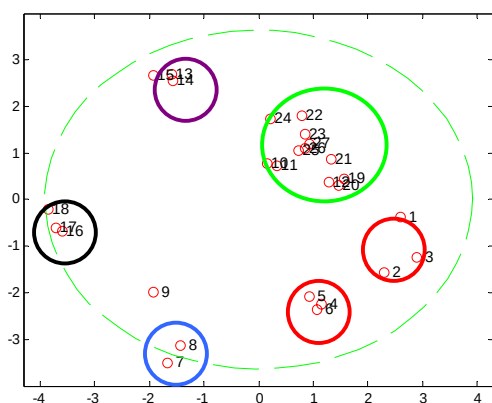
6.4. Análise das componentes principais das características do café após nove meses de armazenamento

A Figura 20 representa as componentes principais geradas a partir das análises físicas e químicas das amostras de café após nove meses de armazenamento.

PC1 x PC3



PC1 x PC2



PC2 x PC3

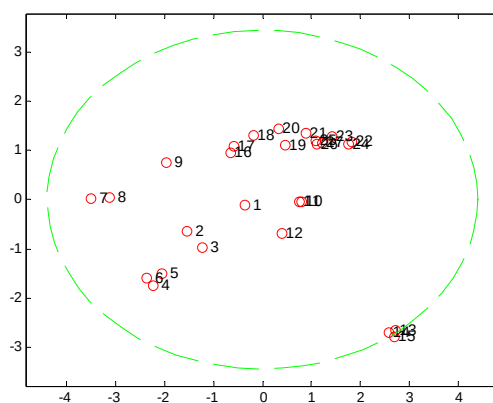


Figura 20: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após nove meses de armazenamento.

As componentes principais explicaram 72,02 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 30,14 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 25,96 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 15,91 % da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em seis grupos (A,B, C, D, E e F).

Observa-se, na Figura 20, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) é responsável pela separação de todas as amostras.

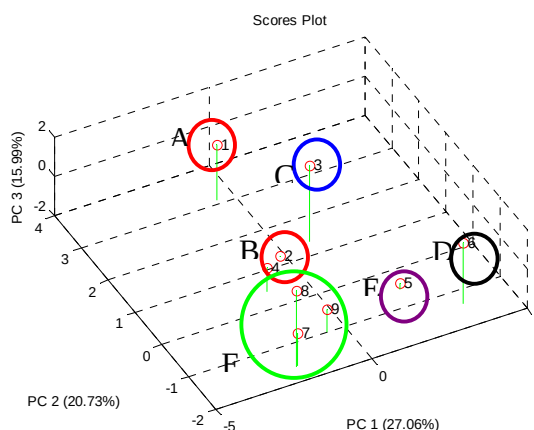
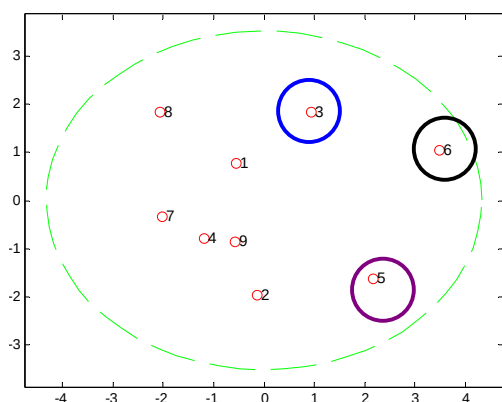
Nota-se, na Figura 20 que os grupos A e B, assim como nas Figuras 16 e 18, são caracterizados pelas amostras secadas em pergaminho a 40 °C e 50 °C, indicando que mesmo após nove meses de armazenamento, estas continuaram distintas das demais amostras, desde o terceiro mês de armazenamento.

Verifica-se que os grupos C e D representam, da mesma forma que nas Figuras 16 e 18, as amostras secadas em pergaminho e em coco à temperatura de 60 °C, respectivamente. A diferença entre elas foi mantida desde o terceiro mês de armazenamento.

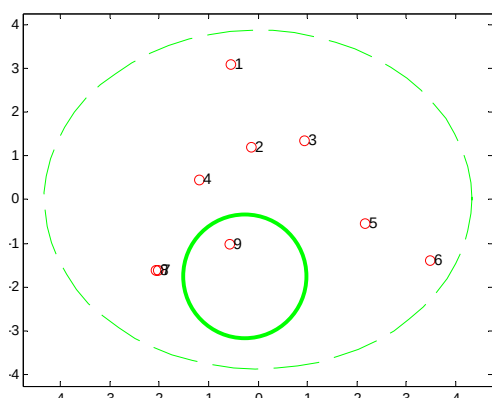
As amostras secadas em coco a temperatura de 40 °C permaneceram agrupadas (grupo F) da mesma forma como ocorreu desde o terceiro mês de armazenamento. A amostra de café em coco secada a 50 °C, que até seis meses de armazenamento foi agrupada com as secadas a 40 °C, após nove meses, torna-se distinta das demais, formando o grupo E.

A figura 21 representa a análise das componentes principais (PCA) das atribuições sensoriais fornecidas as amostras pela Illy Café após nove meses de armazenamento.

PC1 X PC3



PC1 X PC2



PC2 X PC3

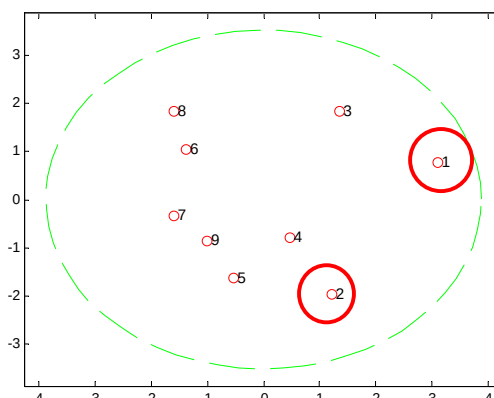


Figura 21: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após nove meses de armazenamento.

As componentes principais explicaram 63,78 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explicou 27,06 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 20,73 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 15,99 % da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em seis grupos (A,B, C, D, E e F). Após nove meses de armazenamento, todos os grupos da Figura 20, são compatíveis com os grupos da Figura 20, podendo

assim obter relação entre as características físicas e químicas com a análise sensorial de todas as amostras de café.

Observa-se, na Figura 21, que a interação entre a componente principal 2 (PC2) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação das amostras A e B das demais, em que as amostras de cafés secados em pergaminho a 40 e 50 °C mantiveram separados das demais e após três meses de armazenamento distintas entre si.

A interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação dos grupos C, D e E. Nota-se que os grupos C e D da análise sensorial representam as amostras secadas a 60 °C e se mantiveram diferentes das demais amostras e distintas entre si (Figura 21) da mesma forma que nas análises físicas e químicas (Figura 20), após nove meses de armazenamento.

A amostra agrupada em E, na Figura 21, representa a amostra de café em coco que mostrou-se separada das demais desde o sexto mês de armazenamento. As amostras secadas em coco a 40 °C foram agrupadas em F, como ocorreu desde o início do armazenamento e deve-se à interação entre a componente principal 1 (PC1) e componente principal 2 (PC2).

6.5. Análise das componentes principais das características do café após doze meses de armazenamento

A Figura 22 representa as componentes principais geradas a partir das análises físicas e químicas das amostras de café após doze meses de armazenamento.

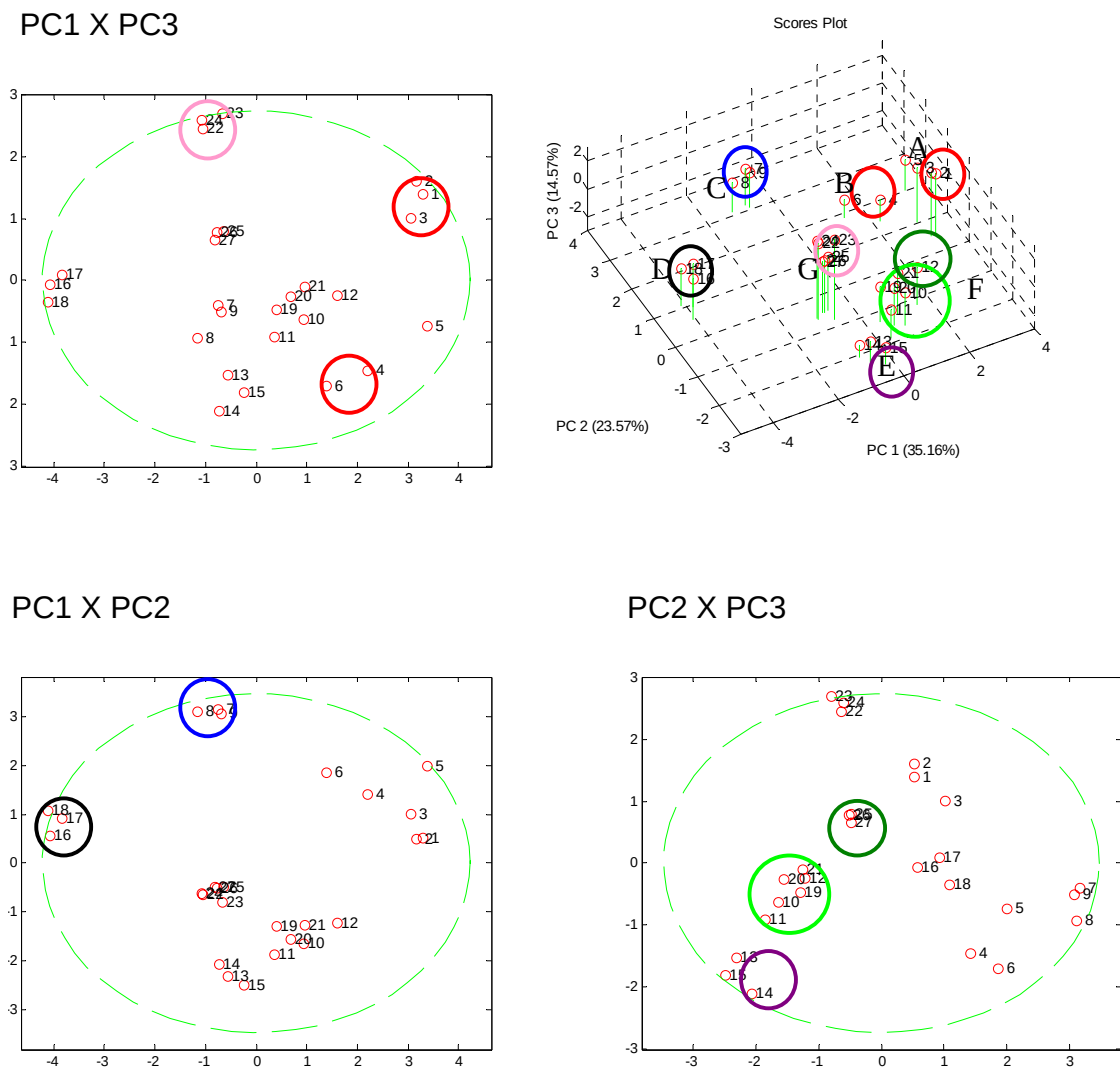


Figura 22: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após doze meses de armazenamento.

As componentes principais observadas na Figura 22, explicam 73,30 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explica 35,16 %, a componente principal 2 (PC2) explica 25,57 % e a componente principal 3 (PC3) explica 14,57 % da variância dos dados. Estas distinguiram os cafés em oito grupos (A,B, C, D, E, F, G e H).

Observa-se, na Figura 22, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 2 (PC2) foi responsável pela separação das

amostras C e D. Verifica-se que estes grupos representam, da mesma forma que nas Figuras 15, 17 e 19, as amostras secadas em pergaminho e em coco à temperatura de 60 °C, respectivamente. A diferença entre elas foi mantida desde o terceiro mês de armazenagem.

Nota-se que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) explica a separação dos grupos A, B, G e H dos demais.

Os grupos A e B, assim como nas Figuras 16, 18 e 20 são caracterizados pelas amostras secadas em pergaminho a 40 e 50 °C, mostrando que entre três e doze meses de armazenamento estas continuaram distintas das demais amostras.

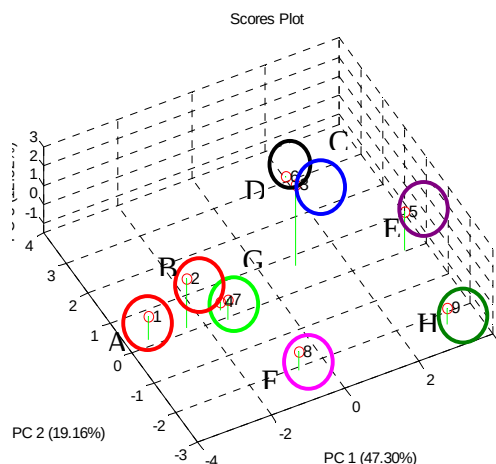
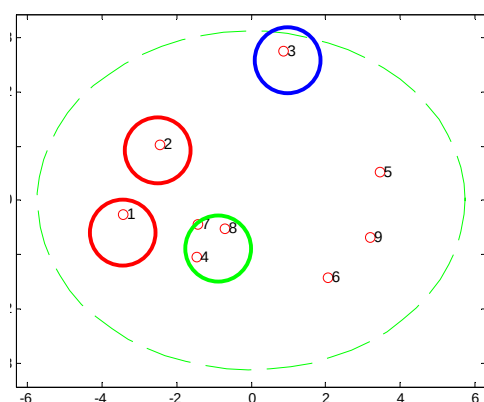
Após doze meses de armazenamento, pôde ser observado, na Figura 22, a diferenciação entre as amostras em que foram adicionados grãos verdes, nos grupos G e H. Esse fato pode estar relacionado a presença de grãos imaturos que influenciam as características físicas e químicas do café, sendo evidenciada no armazenamento (Afonso Júnior (2001).

Verifica-se que a interação entre a componente principal 2 (PC2) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação dos grupos E e F. No grupo E está a amostra de café em coco secada a 50 °C que já havia se apresentado separada das demais.

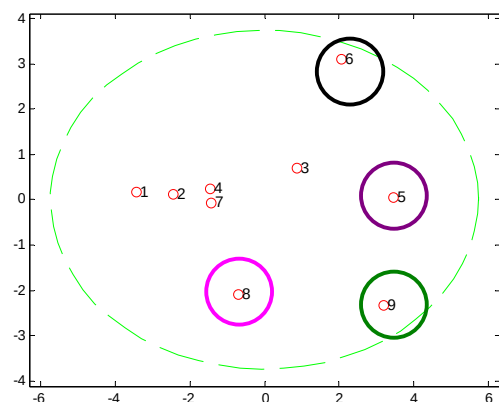
O grupo F (amostras de café cereja secados em coco a 40°C e o café com 10 % de frutos verdes) mostra uma semelhança entre as características físicas e químicas destas amostras após doze meses de armazenamento mostrando a possivelmente que a presença de uma pequena quantidade de frutos verdes, não influencia a qualidade do café.

A Figura 23 representa a análise das componentes principais (PCA) das atribuições sensoriais fornecidas às amostras de café pela Illy Café após doze meses de armazenamento.

PC1 X PC3



PC1 X PC2



PC2 X PC3

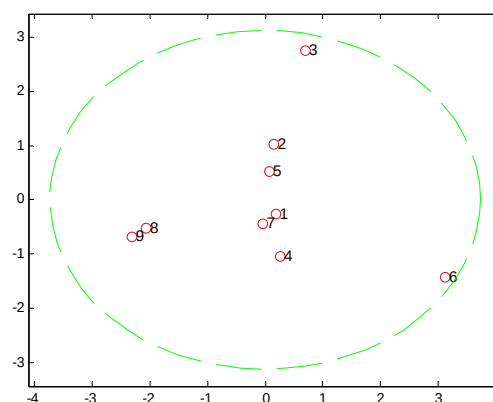


Figura 23: Análise das componentes principais geradas a partir das características físicas e químicas das amostras de café após doze meses de armazenamento.

As componentes principais explicam 78,98 % da variância total dos dados. A componente principal 1 (PC1) explica 47,30 %, a componente principal 2 (PC2) explicou 19,16 % e a componente principal 3 (PC3) explicou 12,52 % da variância dos dados. Estas distinguiram as amostras em oito grupos (A a H).

Observa-se, na Figura 23, que a interação entre a componente principal 1 (PC1) e a componente principal 3 (PC3) foi responsável pela separação das amostras A, B, C e D das demais. Assim como a componente principal 1 (PC1) *versus* a componente principal 2 (PC2) foi responsável pela separação dos grupos C, D, E, G e H.

Nota-se que na Figura 23 que da mesma forma que na Figura 22, somente o café secado em coco a 40 °C e aquele em que foi adicionado 10 % de frutos verdes mantiveram-se no mesmo grupo, podendo ressaltar que suas características físicas e químicas quanto a análise sensorial não diferenciaram essas amostras, o que se sugere que quando em pequenas proporções, os frutos imaturos, não interferem em sua qualidade.

Verifica-se, que após doze meses de armazenamento, todos os grupos existentes na PCA das análises físicas e químicas também podem ser encontrados na PCA da análise sensorial, evidenciando uma compatibilidade entre as duas análises. É visto que com o passar do tempo de armazenamento as amostras secadas e armazenadas em condições distintas, tendem a se diferenciar, facilitando assim, a separação em grupos quando se realiza a análise das componentes principais.

7. CONCLUSÕES

O aumento da temperatura de secagem, o processamento e o tempo de armazenamento influenciaram as características físicas e químicas do café conferindo às amostras perda da cor verde e azul assim como o escurecimento, principalmente quando utilizada a temperatura de 60 °C.

A manutenção da casca durante o armazenamento do café provocou um aumento da permeabilidade das membranas celulares dos grãos e proporcionou variações na concentração de ácidos carboxílicos, alcoóis, cetonas, ésteres e do hidrocarboneto presente em cada uma das amostras. Diferenças essas puderam ser observadas a partir da análise das componentes principais das características físicas e químicas e se mostraram compatíveis com a análise sensorial durante o armazenamento.

Verifica-se, que após doze meses de armazenamento, todos os grupos existentes na PCA das análises físicas e químicas podem ser encontrados na PCA da análise sensorial, evidenciando uma compatibilidade entre as duas análises.

Com o decorrer do tempo de armazenamento as amostras submetidas a processamentos pós-colheita distintos, tendem a se diferenciar, facilitando assim, a separação em grupos quando realizada a análise das componentes principais.

As amostras contendo elevado percentual de grãos verdes diferenciaram-se das demais pela análise das componentes principais, nos meses finais de armazenamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AFONSO JÚNIOR, P. C., CORRÊA, P. C., influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1268-1276, Lavras, 2003.

AMORIM, H.V. ; CRUZ, A. R. M.; DIAS, R. M.; GUTIERREZ, L. E.; OLIVEIRA, G. D.; MELO, M.; TEIXEIRA, A. A. **Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1978, Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p.15- 18.

AMSTALDEN, L. C., LEITE, F., MENEZES, H. C.. Identificação de quantificação de voláteis de café através de cromatografia gasosa de alta resolução/espectrofotometria de massas empregando um amostrador automático de “headspace”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas 21(1): 123-128, 2001.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2004. (Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização a Distância: Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade).

BORÉM, F. M., REINATO, C. H. R., SILVA, P. J., FARIA, L. F.. Processamento e secagem dos frutos verdes do cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, Especial Café nº 9, p.19-24, 2006.

BORGES, F. B., JORGE, J. T., NORONHA, R..Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita na qualidade do café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 22(2): 158-163, 2002

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra para Análise de Sementes**. Brasília, D. F, 1992a. 155p.

CARVALHO. D., CHAUFOUD, S. M.,CHAGAS, S. J. R, Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: **Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**, Maringá-PR, 1983

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

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/Boletim.pdf>. Acesso em 26 de Novembro de 2008.

CORADI, P. C. **Alterações na qualidade do café cereja natural e despulpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento**. 2006. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORADI, P. C., BORÉM, F. M., OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, V.12, n. 2, p. 181-188, 2008

DART, S. K., NURSTEN, H. E., CLARKE, R. J., MACRAE, R. In: **Coffee chemistry** v.1, Elsevier Applied Science Published, London, p. 9, 1985

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT**, v.38, p.709-715, August, 2004.

FREIRE, A.C.F.; MIGUEL, A.C. Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha-MG. **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Caxambu, RJ, 1985.

GODINHO S. R.; VILELA E. R.; PERREIRA R. G. G. A.; BORÉM F. M. Qualidade de grãos de café (*Coffea arabica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, especial, n.3, p. 3-10, 2001.

GONZALES-RIOS, O., SUAREZ-QUIROS, M., L., BOULANGER, R., BAREL, M., GUYOT, B., GUIRAUD, J., P., SCHORR-GALINDO, S.. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. **Journal of food Composition and analysis**. v.20, p.289-296, 2007.

GUIMARÃES, C. R. **Avaliação das características físico-químicas de ácidos húmicos em diferentes etapas da vermicompostagem, através de técnica quimiométricas de reconhecimento de padrões**. 2000. 163p. Tese (Mestrado em agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa.

GUYOT, B., CROS, E., VINCENT, J. C., **Café, cacao, té**, 26, 279. 1992

LOEW O., The fermentation of cacao. **Puerto Rico Agricultural Experimental Station**, p. 41-52, 1907.

MENCHÚ, E. F., La determinación de la calidad del café. Parte 1. Características, color e aspecto. **Agricultura de las Americas, Kansas City, Missouri**, 16(5): p. 18-21, 1967.

MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Editora Globo S.A.,1991. 320p

MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.O.; CARVALHO, A. Estudo de coloração verde do grão de café: determinação de flavonóides e clorofilas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro p.178-181, 1984

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, v. 64, p. 547-554, Jun. 1998.

MENEZES, H.C. Relationship between the state of maturity of raw coffee beans and the isomers of caffeoylquinic acid. **Food Chemistry**, v. 50, p. 293-296, 1994.

MOREIRA, R. F. A., TRAGO, L. C., Componentes voláteis de café torrado. Parte II Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova** 23 (2), 2000.

NEBESNY, E., BUDRYN, G., KULA, J.. The effect of roasted method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. **Eur food res tecnol** p. 9-19, 2007.

OLIVEIRA, G.A.; VILELA, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A., ANDRADE, E. T. Efeito de diferentes graus de maturação do café (*Coffea arabica* L.) e diferentes temperaturas de secagem na qualidade. IN: *Simpósio de pesquisas dos cafés do Brasil*, 2001, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES. p. 864-871,2001.

PEREIRA, R.G.F.A., VILLELA, T.C., ANDRADE, E.T. Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de préprocessamento. **Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil**, Vitória, ES. Resumos, p. 826-831, 2002.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência do fruto à espera da secagem, na qualidade do café**. Lavras, 2001. 145p. Tese doutorado em Química, Físico-Química e Bioquímica de alimentos).

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. Lavras, 1995. 94p. Exame de Qualificação (Mestre em Ciências de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

PIMENTA, C J., VILELA, E. R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 131-136, 2003

PINTO, E. Futuro e opções de café arábica. **Bolsa de Mercadorias & Futuros**, São Paulo, p.20, 2006. EPAMIG, 1998. 2p. (circular técnica, 88)

PRETE, C.E.C. (1992) **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Piracicaba : ESALQ, 125p.

REINATO, C.H.R. Avaliação técnica, econômica e qualitativa do uso de lenha e GLP na secagem de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial, n.7, p.3-13, 2003.

RIBEIRO, D. M. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2003,

86p. (Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

SFREDO, M. A.; FINZER, J. R. D.; LIMAVERDE, J. R. Heat and mass transfer in coffee frits drying. **Journal of Food Engineering**, v.70, p.15-25, 2005.

SILVA, A. F. , MINIM, V.P.R., CHAVES, J.B.P., STRINGHETA, P.C., RIBEIRO M.M. Avaliação do gosto amargo da bebida de café (*Coffea arabica* L.) orgânico por meio da análise tempo-intensidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Campinas, 25(4) p. 772-780, 2005

Silva, J.S. (1999) **Colheita, secagem e armazenagem do café**. In: Zambolim, L.(ed.). *I encontro sobre produção de café com qualidade*. Viçosa: UFV, p.39-80.

SILVA, R. F. **Qualidade do café cereja descascado produzido na região Sul de Minas Gerais**. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SIQUEIRA, H. H., ABREU, M. P., Composição química do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 112-117, 2006

THOMPSON, T.L. Temporary storage of highmoisture shelled corn using continuous aeration. **Transactions of the ASAE**, v. 15, n.2, p. 333-337, 1972.

VILELA, E.R., CHANDRA, P.K., OLIVEIRA, G.A. Efeito da temperatura e umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, especial, n.1, p.31-37, 2000.

WINTGENS, J. N. **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production**. 1ª Edição. Weinheim. 2004. 711p.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1: Resultados da análise sensorial fornecida pela “Illy Café”

Tabela 1: Resultados da análise sensorial das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita no início do armazenamento.

Analises	C 40	C 50	C60	P 40	P 50	P 60	C10	C20	C30
ácido	5,28	5,17	5,04	5,25	5,07	5,34	5,32	5,17	5,41
amargo	5,33	5,00	5,30	5,60	5,36	5,29	5,29	5,21	5,28
doce	5,17	5,09	4,86	5,35	5,32	5,33	4,78	4,87	5,34
aroma global	5,79	5,93	6,39	6,32	6,21	6,14	5,83	6,63	6,42
corpo	5,40	5,81	5,56	6,04	5,91	5,92	4,77	5,68	5,95
adstringência	2,33	1,83	1,63	2,67	2,00	1,67	1,83	1,63	1,42
chocolate	4,33	5,89	5,75	5,83	6,67	5,00	4,50	5,58	5,75
caramelo	3,83	5,17	5,38	5,83	5,17	3,83	4,00	3,54	4,08
flor	1,00	1,00	1,00	2,17	2,17	1,00	1,00	1,17	1,00
fruto	1,50	1,00	1,33	1,33	1,83	1,33	1,33	1,17	1,67
fermentado	5,17	5,00	6,17	2,67	1,00	3,00	4,50	6,83	5,67
madeira	1,00	1,33	1,00	1,00	1,00	2,83	1,17	1,00	1,00
ranço	1,33	1,00	1,00	1,50	1,17	1,00	1,67	1,00	1,00

Tabela 2: Resultados da análise sensorial das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após três meses armazenamento.

Analises	C 40	C 50	C60	P 40	P 50	P 60	C10	C20	C30
ácido	5,37	4,75	5,36	5,16	6,03	5,83	4,86	4,49	4,43
amargo	5,37	4,71	4,29	5,05	5,00	5,45	5,68	4,78	5,16
doce	4,99	4,53	4,46	5,62	4,92	5,98	4,50	5,11	5,28
aroma global	5,76	5,89	5,45	6,28	6,08	6,30	5,90	5,44	5,64
corpo	5,64	4,69	4,47	5,36	4,92	5,66	5,19	5,24	5,15
adstringência	1,63	1,88	1,88	1,88	1,75	1,63	2,29	1,88	1,75
chocolate	5,00	4,25	3,88	5,63	4,88	3,75	4,86	4,63	4,38
caramelo	4,25	3,13	2,88	2,88	4,00	2,13	2,86	3,38	2,50
flor	1,63	1,88	1,13	1,38	1,50	1,00	1,71	1,00	1,00
fruto	2,25	2,25	2,00	1,00	1,38	1,75	1,14	1,13	1,38
fermentado	1,25	4,63	5,63	1,38	1,00	5,88	2,00	3,50	3,38
madeira	1,75	1,38	1,63	1,50	1,75	2,00	1,29	2,50	2,38
ranço	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,14	1,00	1,00

Tabela 3: Resultados da análise sensorial das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após seis meses armazenamento.

Analises	C 40	C 50	C60	P 40	P 50	P 60	C10	C20	C30
ácido	4,94	5,13	5,27	5,55	5,01	4,95	5,39	4,42	5,34
amargo	5,01	5,34	5,21	5,00	5,23	5,42	4,30	5,75	5,29
doce	4,39	4,55	5,44	5,56	5,35	5,04	4,58	4,65	4,30
aroma global	5,17	5,93	5,92	6,19	5,69	5,65	5,81	5,76	5,65
corpo	4,82	5,55	4,54	5,68	5,67	4,55	5,98	5,22	5,15
adstringência	1,50	1,69	1,13	1,31	2,48	1,13	0,75	1,88	1,13
chocolate	5,44	4,69	4,31	5,06	5,40	4,13	3,38	4,31	4,88
caramelo	3,00	2,25	2,81	2,81	3,83	3,00	4,13	3,19	3,00
flor	1,50	1,50	1,50	0,75	1,58	0,56	0,00	0,00	0,94
fruto	0,75	2,81	0,75	1,13	1,13	1,31	2,06	0,00	1,13
fermentado	3,38	5,81	6,19	2,81	3,83	2,06	1,13	2,81	4,31
madeira	1,50	0,75	0,19	1,31	3,60	1,50	2,44	2,81	1,50
ranço	0,56	0,00	0,00	0,00	0,68	1,13	0,38	0,00	0,19

Tabela 4: Resultados da análise sensorial das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após nove meses armazenamento.

Analises	C 40	C 50	C60	P 40	P 50	P 60	C10	C20	C30
ácido	4,78	5,09	5,1	5,19	5,22	4,9	4,98	4,56	5,42
amargo	5	5,3	5,2	4,84	5,24	5,4	5,47	5,32	5,27
doce	4,7	4,5	4,92	5,3	5,14	5,21	4,5	4,6	4,74
aroma global	5,7	6,3	5,82	6,09	5,84	6	6	5,82	5,71
corpo	5,71	5,42	4,51	5,32	5,06	4,92	5,8	5,2	5,47
adstringência	1,83	1,42	1,21	1,74	1,94	1,28	1,6	1,64	1,3
chocolate	4,92	5,32	4,52	5,04	5,1	5,28	4,56	4,74	5,06
caramelo	3,31	3,24	2,8	2,7	4,02	3,2	2,83	3,1	3,43
flor	1,4	1,62	1,94	0,9	1,61	1	1,13	1	1,28
fruto	1,24	2,34	3,19	1,23	1,16	2,94	1,12	1,51	1,18
fermentado	3,3	5,09	5,22	2,9	3,43	2,58	2,58	4,95	6,02
madeira	1,32	1	1	1,46	1,26	1,4	2,04	2,71	1,5
ranço	0,63	1,31	1	0,19	0,6	0	0,1	0,18	0

Tabela 5: Resultados da análise sensorial das amostras de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após doze meses armazenamento.

Analises	C 40	C 50	C60	P 40	P 50	P 60	C10	C20	C30
ácido	4,66	5	4,78	4,84	4,87	5,25	4,75	5,14	5,57
amargo	5	5,42	5,24	4,71	5,39	5,26	5,67	5,22	5,26
doce	4,84	4,84	4,66	5,14	5,39	5,09	4,21	5,07	4,86
aroma global	5,73	6,33	5,95	5,36	6,04	6,16	6,06	5,62	5,49
corpo	5,1	5,65	5,29	4,76	5,09	4,93	5,87	4,34	5,69
adstringência	2,5	1,33	1,5	2,33	1,5	1,83	1,83	1,17	1,33
chocolate	4,83	5,5	4,83	5	5,67	5,17	5,67	4,83	5,17
caramelo	3,5	3,17	3,17	2,67	3,67	4	3	3,83	3,83
flor	1	1,67	1	1	1	1,83	1,17	2,17	1,83
fruto	1,17	2,33	1,67	1,5	4,33	1,17	1	4,33	1,17
fermentado	3,33	4,5	6,33	3,17	2,67	4,67	3,83	4,17	7,17
madeira	1,33	1	2	1,67	1	1,17	1,33	1	1
ranço	1	5	1	1	1	1	1,67	5	1

ANEXO 2: Tabelas de identificação com tempo de retenção (tR), índice de Kovats calculado(IK) e tabelado (IK Tab)

a) Identificação dos compostos voláteis dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita (0 mes)

Pico	Amostras																		Identificação	IK Tab
	P40		P50		P60		C40		C50		C60		C10		C20		C30			
	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK		
1	1,465	719,8	1,473	720,8	1,462	718,3	1,458	720,8	1,513	727,1	1,465	720,8	1,559	723,1	1,458	719,8	1,458	719,8	Ni	
2	1,753	749,7	1,657	756,3	1,802	761,7	1,699	750,9	1,705	750,8	1,639	752,8	1,753	756,3	1,696	749,7	1,689	749,7	2 propanona	798
3	2,074	790,8	1,994	801,3	2,236	807,7	2,081	791,1	2,084	790,5	2,091	791,1	2,091	791,1	2,088	790,8	2,079	790,8	Etanoato de etila	891
4	2,397	838,8	2,397	832,0	2,482	844,1	2,410	841,2	2,424	835,9	2,459	840,9	2,472	842,7	2,404	833,0	2,406	838,8	etanol	MS
6	7,629	1207	7,58	1208	7,626	1208	7,591	1207	7,628	1208	7,629	1208	7,629	1208	7,597	1207	7,593	1207	Álcool isoamílico	1217
7	9,894	1274	9,848	1274	9,893	1274	9,857	1273	9,844	1273	9,863	1273	9,845	1273	9,851	1273	9,854	1274	3 hidróxi butanona	1299
8	11,53	1316	11,48	1317	11,51	1316	11,50	1315	11,53	1316	11,50	1313	11,53	1317	11,49	1315	11,42	1316	Ni	
9	12,78	1349	12,78	1350	12,76	1349	12,77	1350	12,78	1348	12,78	1350	12,78	1350	12,73	1348	12,74	1349	1- hexanol	1407
10	16,25	1434	16,25	1436	16,21	1434	16,21	1431	16,19	1434	16,21	1434	16,25	1436	16,18	1434	16,20	1434	ácido acético	1450
12	21,69	1572	21,69	1572	21,70	1534	21,71	1571	21,74	1534	21,69	1533	21,69	1533	21,71	1533	21,74	1533	1,3-butenodiol	1551
13	22,22	1583	22,17	1584	22,19	1572	22,17	1582	22,17	1573	22,18	1572	22,17	1572	22,17	1572	22,16	1572	2,3-butenodiol	1583
14	22,75	1594	22,70	1591	22,71	1596	22,67	1594	22,70	1592	22,67	1595	22,68	1583	22,66	1583	22,66	1583	2(3H)dihidro furanona	1607
15	24,92	1654	24,88	1697	24,92	1655	24,89	1651	24,89	1654	24,88	1654	24,90	1695	24,88	1654	24,88	1654	ácido-3-etil butanóico	1652

Identificação dos compostos voláteis dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após três meses de armazenamento

Pico	P40		P50		P60		C40		Amostras C50		C60		C10		C20		C30		Identificação	IK Tab
	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK		
1																			ni	
2	1,809	762,7	1,801	743,3	1,737	754,7	1,872	757,5	1,801	761,6	1,801	756,8	1,803	768,9	1,809	769,7	1,827	764,6	2 propanona	798
3	2,256	901,1	2,236	902,1	2,177	901,4	2,182	901,7	1,943	901,5	2,179	902,2	2,272	902,9	2,251	901,9	2,181	909,5	acetato de etila	891
4	2,639	942,2	2,635	941,8	2,686	946,9	2,580	949,5	2,573	949,9	2,735	951,6	2,647	943,0	2,610	947,7	2,745	952,6	etanol	943
6	3,960	1043	3,894	1045	3,925	1046	3,989	1046	4,010	1045	3,991	1046	3,941	1042	4,016	1046	4,087	1079	metilbenzeno	1045
7	8,17	1212	8,122	1210	8,15	8,121	8,152	1211	8,16	1212	8,186	1212	8,15	1211	8,146	1212	8,187	1212	Álcool isoamílico	1217
8	10,50	1280	10,45	1279	10,4	1279	10,51	1280	10,47	1279	10,52	1281	10,51	1281	10,50	1280	10,54	1281	3hidroxibutanona	1299
9	12,20	1326	12,21	1326	12,20	1325	12,19	1325	12,20	1326	12,19	1325	12,17	1325	12,17	1325	12,20	1326	ni	
10	13,24	1399	13,77	1400	13,32	1399	13,34	1399	13,24	1398	13,15	1398	13,27	1399	13,19	1398	13,23	1399	1 hexanol	1407
12	17,07	1449	17,13	1451	17,11	1450	17,18	1451	17,16	1452	17,17	1452	17,11	1451	17,11	1450	17,11	1450	ácido acético	1450
13	21,07	1548	20,88	1543	20,92	1544	20,91	1544	20,97	1544	21,06	1544	20,93	1550	21,42	1544	21,43	1544	1,3 butanodiol	1551
14	22,59	1585	22,57	1581	22,43	1581	22,48	1581	22,42	1581	22,43	1580	22,42	1581	22,41	1581	22,43	1581	2,3 butanodiol	1583
15	23,60	1610	22,41	1608	23,53	1608	23,52	1607	23,52	1544	23,53	1577	23,51	1607	23,49	1607	23,52	1608	2(3H)dihidro furanona	1607
16	25,51	1608	25,87	1668	25,54	1609	25,88	1668	25,50	1608	25,50	1608	25,50	1670	25,90	1669	25,89	1670	ácido 3- etilbutanóico	1652

Identificação dos compostos voláteis dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após seis meses de armazenamento

Pico	Amostras																		Identificação	IK Tab
	P40		P50		P60		C40		C50		C60		C10		C20		C30			
	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK		
1	1,070	774,1	1,060	769,5	1,063	771,1	1,075	777,2	1,094	786,9	1,094	786,9	1,102	791,0	1,103	791,5	1,104	792,0	2 propanona	798
2	1,312	863,5	1,262	847,9	1,263	848,2	1,261	847,7	1,252	844,7	1,273	851,4	1,257	846,3	1,262	847,9	1,276	852,3	etilacetato	891
3	1,824	915,3	1,819	914,5	1,814	939,9	1,819	941,1	1,821	959,1	1,818	955,8	1,821	957,8	1,820	959,4	1,818	960,5	etanol	943
4	2,649	1057	2,7	1051	2,696	1051	2,669	1048	2,679	1049	2,680	1049	2,697	1051	2,685	1050	2,672	1049	tolueno	1045
5	3,574	1106	3,524	1107	3,589	1121	3,526	1115	3,535	1113	3,548	1110	3,516	1106	3,564	1109	3,516	1106	ni	
6	6,069	1218	6,044	1217	6,043	1216	6,043	1217	6,059	1217	6,056	1217	6,030	1216	6,041	1216	6,033	1216	Álcool isoamílico	1217
7	8,004	1282	8,004	1281	8,003	1281	8,002	1282	8,002	1282	7,997	1281	7,90	1281	7,991	1281	7,979	1281	3hidroxibutanona	1299
8	10,73	1362	10,73	1362	10,71	1361	10,68	1360	10,68	1361	10,69	1360	10,68	1362	10,63	1361	10,68	1360	1 hexanol	MS
9	14,02	1400	13,96	1447	13,92	1446	13,98	1448	13,91	1446	13,84	1444	13,92	1446	13,97	1448	13,98	1448	ácido acético	1450
10	17,86	1547	17,82	1546	17,84	1547	17,86	1547	17,84	1547	17,82	1550	17,83	1543	17,82	1546	17,83	1546	1,3/butanodiol	1551
11	19,38	1585	19,38	1586	19,36	1584	19,36	1584	19,39	1586	19,36	1586	19,33	1589	19,33	1584	19,32	1583	2,3/1,3/butanodiol	1583
12	20,05	1600	20,04	1600	20,03	1600	19,94	1606	20,05	1601	20,07	1600	19,99	1601	20,03	1600	20,03	1600	2(3H)dihidro furanona	1607
13	22,41	1665	22,43	1665	22,47	1665	22,43	1664	22,41	1665	22,43	1665	22,40	1664	22,41	1664	2,41	1665	Ácido 3-etilbutanóico	1652

Identificação dos compostos voláteis dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após nove meses de armazenamento

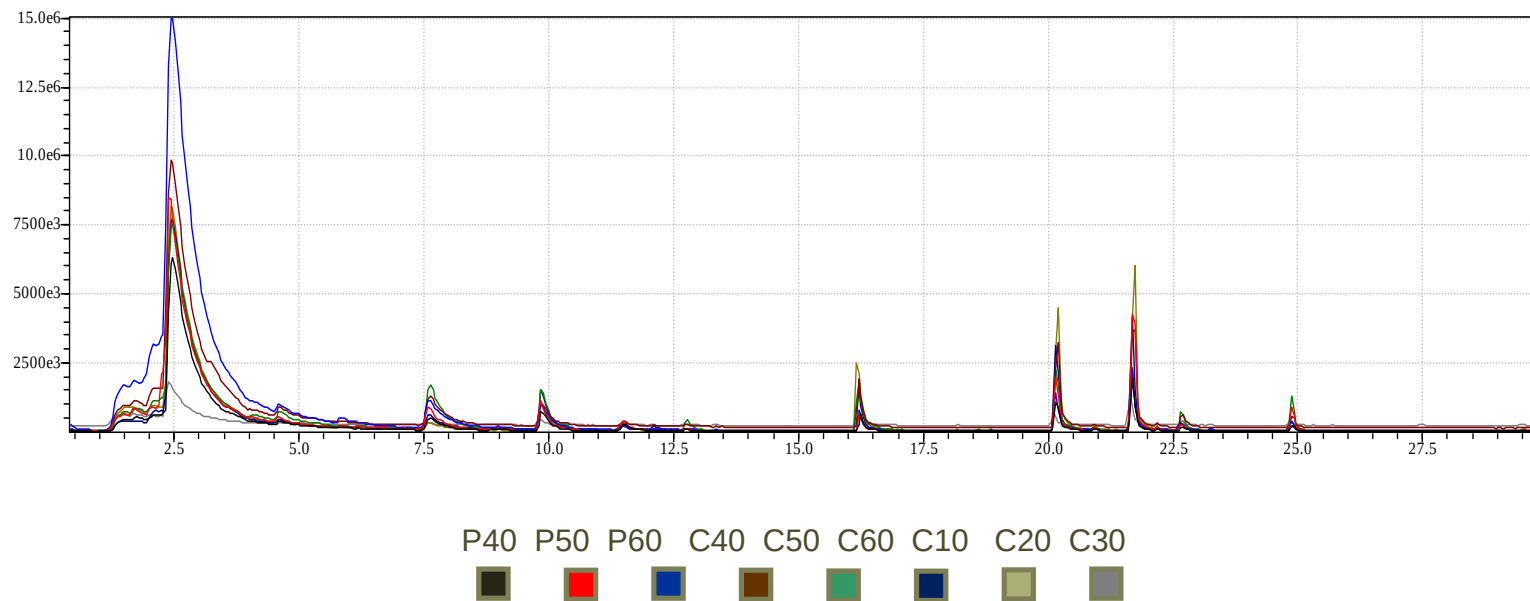
Pico	Amostras																		Identificação	IK Tab
	P40		P50		P60		C40		C50		C60		C10		C20		C30			
	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK		
1	1,658	745,1	1,706	750,7	1,609	749,1	1,626	741,2	1,654	744,5	1,706	750,7	1,706	750,7	1,609	749,1	1,609	749,1	ni	
2	1,965	778,7	1,947	776,8	1,977	779,8	1,939	776,0	1,947	776,8	2,009	783,0	1,996	781,7	1,996	781,7	1,995	781,6	2 propanona	798
3	2,336	910,7	2,332	910,3	2,300	910,4	2,332	910,3	2,38	911,6	2,332	910,2	2,339	910,6	2,341	910,4	2,336	910,6	Etanoato de etila	891
4	2,765	945,7	2,621	941,4	2,654	944,7	2,667	946,0	2,622	951,5	2,525	941,4	2,633	949,2	2,665	955,6	2,675	946,8	etanol	943
5	4,028	1048	4,062	1050	4,029	1069	3,992	1054	4,07	1060	4,066	1050	4,066	1050	4,059	1045	4,11	1058	tolueno	1045
6	8,226	1212	8,229	1212	8,216	1212	8,22	1212	8,232	1212	8,226	1212	8,220	1212	8,244	1213	8,221	1212	Álcool isoamílico	1217
7	10,54	1280	10,58	1280	10,55	1281	10,57	1280	10,60	1283	10,57	1280	10,57	1280	10,52	1281	10,54	1280	ni	
8	12,28	1234	12,31	1235	12,24	1324	12,25	1325	12,26	1325	12,25	1324	12,26	1325	12,22	1234	12,26	1234	3hidroxibutanona	1299
9	13,51	1357	13,57	1357	13,45	1356	13,50	1357	13,51	1358	13,52	1357	13,51	1358	13,50	1357	13,51	1357	1-hexanol	MS
10	17,12	1447	17,16	1448	17,07	1445	17,06	1445	17,07	1445	17,08	1446	17,11	1446	17,17	1448	17,09	1446	ácido acético	1450
11	21,32	1548	21,33	1547	21,21	1547	20,08	1548	21,23	1547	21,24	1548	21,26	1548	21,31	1549	21,26	1548	1,3-butenodiol	1551
12	22,56	1580	22,56	1580	22,71	1583	22,52	1579	22,53	1579	22,81	1586	22,56	1580	22,56	1580	22,57	1580	2,3-butenodiol	1583
13	23,57	1604	23,57	1604	23,59	1604	23,56	1604	23,57	1604	23,59	1604	23,56	1604	23,57	1604	23,57	1604	2(3H)dihidro furanona	1607
14	25,94	1668	25,92	1668	25,72	1661	25,78	1661	25,54	1658	25,78	1661	25,55	1658	25,94	1668	25,89	1667	ácido-3-etil butanoico	1652

Identificação dos compostos voláteis dos grãos de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita após doze meses de armazenamento

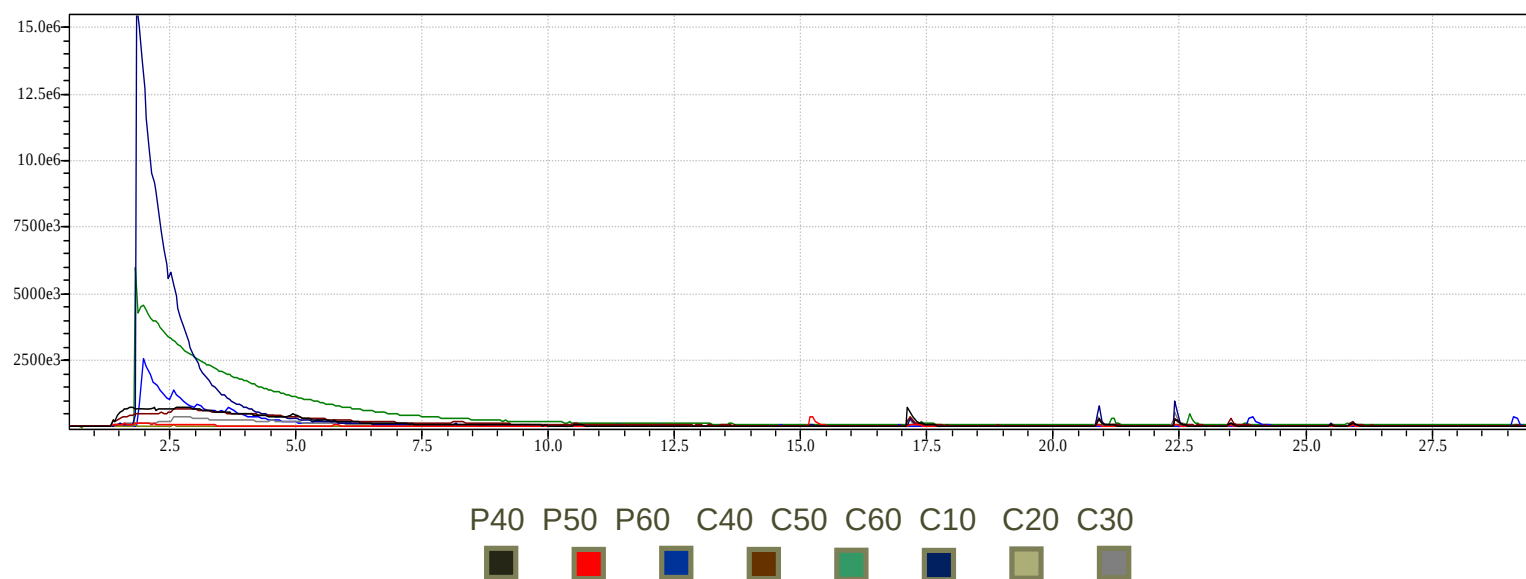
Pico	Amostras																		Identificação	IK Tab
	P40		P50		P60		C40		C50		C60		C10		C20		C30			
	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK	TR	IK		
1	1,544	747,7	1,686	748,3	1,686	748,3	1,589	736,7	1,621	740,6	1,696	741,1	1,589	746,7	1,68	747,7	1,638	742,7	ni	
2	1,782	759,3	1,846	776,7	1,761	775,7	1,938	775,9	1,945	776,6	1,824	763,9	1,897	771,6	1,881	770,0	1,856	767,4	2 propanona	798
3	2,548	933,2	2,603	939,6	2,603	939,6	2,547	933,8	2,495	926,0	2,496	928,4	2,553	934,4	2,466	925,2	2,466	925,2	Etanoato de etila	943
4	4,926	1094	4,940	1094	4,931	1094	4,951	1095	4,926	1094	4,916	1093	4,931	1094	4937	1093	4,349	1093	etanol	1045
6	7,079	1176	7,219	1181	7,221	1183	7,166	1179	7,104	1177	7,110	1175	7,129	1178	7,126	1175	7,122	1181	Álcool isoamílico	1217
7	8,005	1205	8,006	1205	8,006	1205	8,056	1207	8,079	1207	8,092	1208	8,093	1208	8,1	1208	8,089	1207,6	3hidróx ibutanona	1299
8	10,31	1273	10,37	1275	10,36	1275	10,37	1275	10,36	1275	10,45	1277	10,39	1275	10,40	1275	10,38	1275	1 hexanol	MS
9	13,25	1351	13,29	1352	13,29	1352	13,29	1352	13,29	1352	17,19	1448	13,30	1352	13,29	1352	13,27	1351	ni	
10	16,82	1439	16,90	1441	16,90	1441	16,85	1440	16,68	1436	16,73	1440	16,84	1440	16,90	1441	16,84	1440	ácido acético	1450
11	21,43	1552	21,43	1553	21,44	1553	21,47	1553	21,48	1554	21,46	1554	21,50	1553	21,47	1554	21,49	1553	1,3-butenodiol	1551
12	22,22	1572	22,23	1572	22,24	1572	22,21	1572	22,29	1573	22,39	1576	22,25	1573	22,27	1577	22,25	1572	2,3-butenodiol	1583
13	23,31	1597	23,27	1597	23,32	1596	23,26	1596	23,30	1597	23,45	1601	23,30	1597	25,27	1651	23,31	1597	2(3H)dihidro furanona	1607
14	25,74	1664	25,72	1664	25,79	1663	25,72	1662	25,80	1667	26,00	1670	25,78	1671	25,80	1668	25,67	1663	ácido-3-etil butanoico	1652

9.3. Anexo 3: Cromatogramas obtidos a partir da análise dos constituintes voláteis de café submetidos a diferentes processamentos pós-colheita por CG/MS.

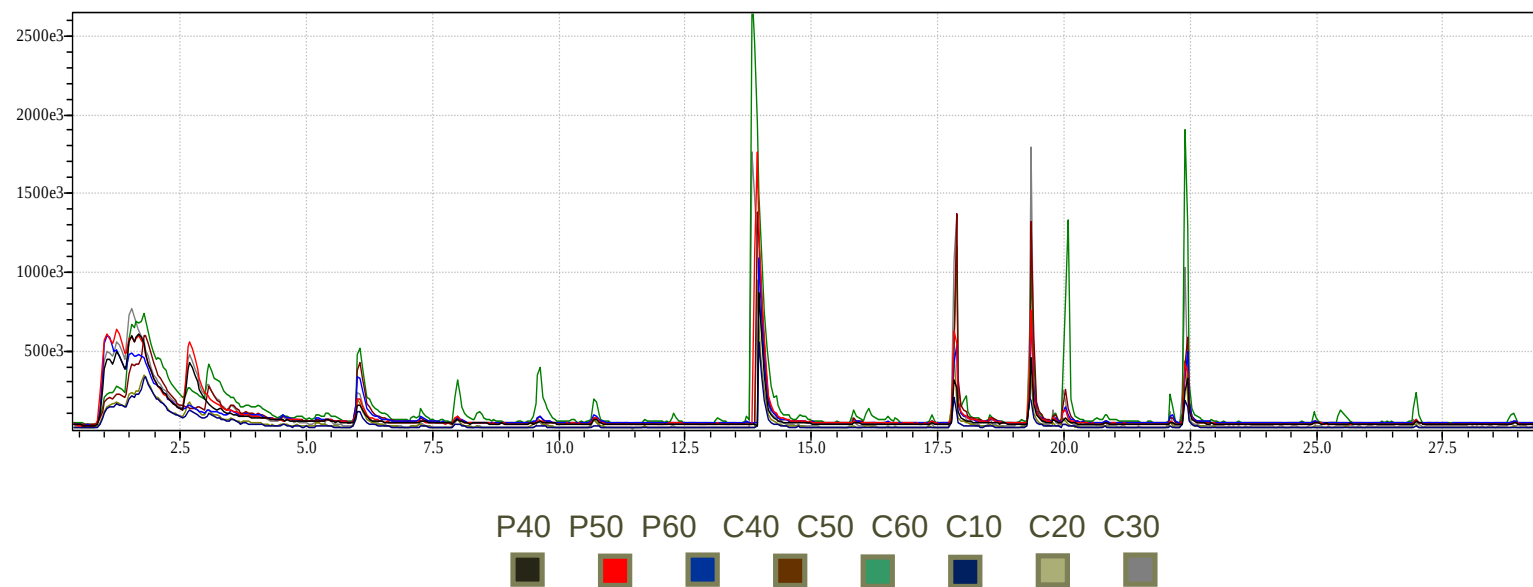
a) Cromatograma obtido a partir dos compostos voláteis das amostras de café no início do armazenamento



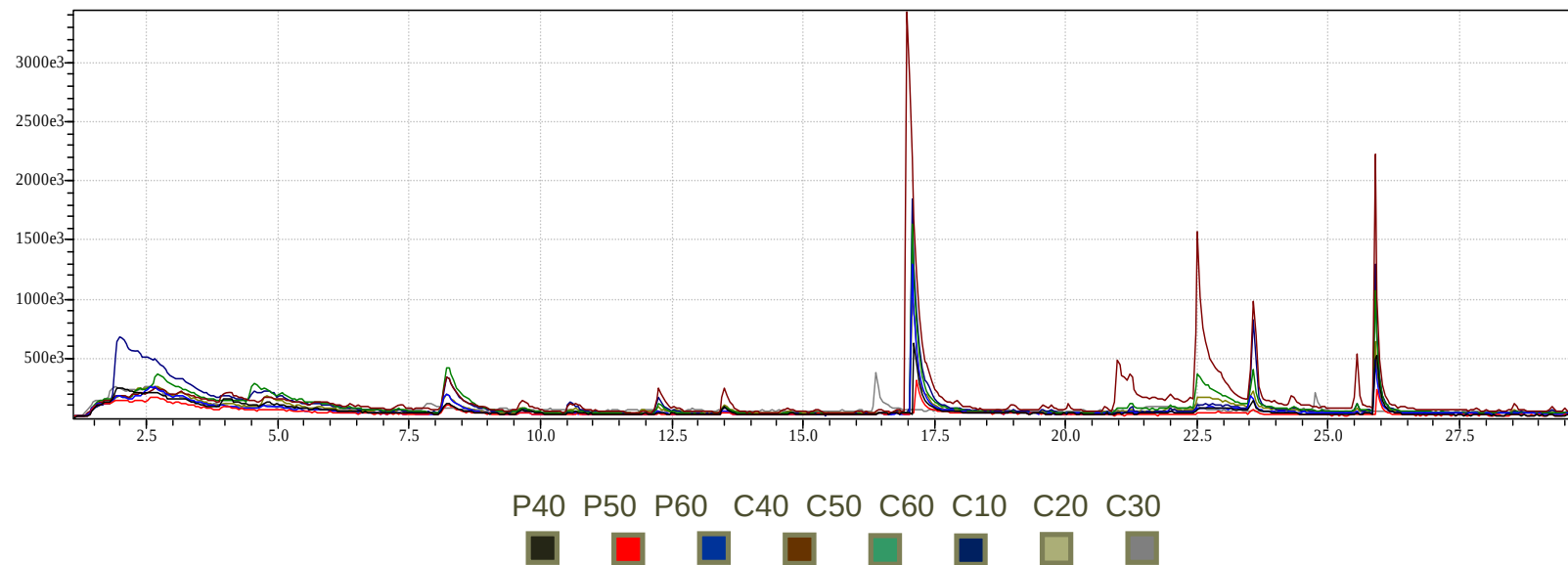
b) Cromatograma obtido a partir dos compostos voláteis das amostras de café após o período de três meses de armazenamento



c) Cromatograma obtido a partir dos compostos voláteis das amostras de café após o período de seis meses de armazenamento



d) Cromatograma obtido a partir dos compostos voláteis das amostras de café após o período de nove meses de armazenamento



e) Cromatograma obtido a partir dos compostos voláteis das amostras de café após o período de doze meses de armazenamento

