

**QUALIDADE DO CAFÉ NATURAL  
PRODUZIDO EM DIFERENTES ALTITUDES  
DO SUL DE MINAS GERAIS**

**VIRGÍLIO ANASTÁCIO DA SILVA**

**2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**VIRGÍLIO ANASTÁCIO DA SILVA**

**QUALIDADE DO CAFÉ NATURAL PRODUZIDO EM DIFERENTES  
ALTITUDES DO SUL DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação “Stricto Sensu” em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**Orientadora**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Virgílio Anastácio da

Qualidade do café natural produzido em diferentes altitudes do sul de  
minas gerais / Virgílio Anastácio da Silva. -- Lavras : UFLA, 2005.

119 p. : il.

Orientadora: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Qualidade. 3. Altitude. 4. Processamento. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 633.73  
- 663.93

**VIRGÍLIO ANASTÁCIO DA SILVA**

**QUALIDADE DO CAFÉ NATURAL PRODUZIDO EM DIFERENTES  
ALTITUDES DO SUL DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação “Stricto Sensu” em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**APROVADA em 17 de junho de 2005.**

Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG/UFLA

Prof. Dr. Joel Augusto Muniz – DEX/UFLA

Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes – DAG/UFLA

Pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Sara Maria Chalfoun de Souza EPAMIG/LAVRAS

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira**  
**UFLA**  
**(Orientadora)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**

*Aos meus pais,  
que nunca mediram esforços  
para a minha formação.*

*Aos meus irmãos,  
pela convivência harmoniosa,  
respeito e consideração.*

**OFEREÇO**

*À minha esposa e grande amor,  
Solange Aparecida da Silva,  
pelo companheirismo,  
incentivo e compreensão.*

*Aos meus filhos,  
Vinícius Alexandre da Silva e  
Felipe Augusto da Silva,  
razão do meu viver*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter-me dado a oportunidade de vir a este mundo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), que por intermédio do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos possibilitou-me realizar este curso.

À EMBRAPA/CAFÉ, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, pela preciosa orientação, consideração e profunda amizade.

Ao professor Flávio Meira Borém, pela orientação, sabedoria nas tomadas de decisões, amizade, sinceridade e pelas palavras certas ditas nos momentos exatos.

Aos professores Joel Augusto Muniz e Daniel Furtado Ferreira pela imprescindível orientação nas análises estatísticas.

Ao doutorando Marcelo Cirillo, do curso de Estatística e Experimentação Agropecuária da UFLA, pela orientação nas análises estatísticas.

Ao graduando em Química e funcionário da Universidade Federal de Viçosa, José Valdemir Felipe Gomes, pela amizade, colaboração e dedicação na realização das análises químicas.

Ao doutorando Reginaldo Ferreira da Silva pelo companheirismo, amizade e colaboração na coleta das amostras.

Aos funcionários do Laboratório de Qualidade do Café Dr. Alcides Carvalho da EPAMIG, pelas colaboração na realização de diversas análises.

À EMATER-MG, Cooperativas e Sindicatos dos Produtores Rurais pela colaboração na seleção e acompanhamento às propriedades rurais.

Aos colegas Luciana, Deise, Carlos, Cássio, Oswaldo e Túlio pela amizade e colaboração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Qualidade do café .....	3
2.2.1 Classificação quanto ao tipo .....	5
2.2.2 Classificação por peneira .....	8
2.2.3 Classificação pela cor .....	8
2.2.4 Classificação quanto à bebida .....	10
2.3 Composição química do fruto do cafeeiro .....	10
2.4 Fatores que afetam a composição química e a qualidade do café .....	12
2.4.1 Local de cultivo e condições climáticas .....	12
2.4.2 Incidência de microrganismos .....	16
2.4.3 Fatores da colheita .....	17
2.4.4 Fatores da pós-colheita .....	20
2.5 Ocorrência de defeitos .....	22
2.6 Propriedades físicas e químicas do café e a qualidade da bebida .....	25
2.6.1 Umidade .....	25
2.6.2 Açúcares .....	26
2.6.3 Acidez .....	32
2.6.4 Condutividade elétrica e potássio lixiviado .....	35
2.6.5 Polifenóis .....	39
2.6.6 Sólidos solúveis .....	42
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
3.1 Localização e caracterização do experimento .....	45
3.2 Metodologia analítica .....	47
3.2.1 Preparo das amostras .....	47
3.2.2 Análise sensorial .....	48
3.2.3 Classificação por tipo .....	48
3.2.4 Teor de água .....	48
3.2.5 Condutividade elétrica .....	48
3.2.6 Lixiviação de íons potássio .....	49
3.2.7 Açúcares totais, redutores e não redutores .....	49

3.2.8 Sólidos solúveis .....	49
3.2.9 Acidez total titulável e pH .....	50
3.2.10 Polifenóis .....	50
3.3 Análise estatística .....	50
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>52</b>
4.1 Primeira análise de clusters.....	56
4.1.1 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 1.....	56
4.1.1.1 Formação de grupos.....	56
4.1.1.2 Análise estatística .....	58
4.1.2 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 2.....	61
4.1.2.1 Formação de grupos.....	61
4.1.2.2 Análise estatística .....	63
4.1.3 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 3.....	65
4.1.3.1 Formação de grupos.....	65
4.1.3.2 Análise estatística .....	66
4.2 Segunda análise de clusters.....	69
4.2.1 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 1.....	69
4.2.1.1 Formação de grupos.....	69
4.2.1.2 Análise estatística .....	71
4.2.2 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 2.....	72
4.2.2.1 Formação grupos.....	72
4.2.2.2 Análise estatística .....	74
4.2.3 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 3.....	75
4.2.3.1 Formação de grupos.....	75
4.2.3.2 Análise estatística .....	77
4.3 Primeira análise de clusters para cafés com defeitos.....	82
4.3.1 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 1 .....	82
4.3.1.1 Formação de grupos.....	82
4.3.1.2 Análise estatística .....	84
4.3.2 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 2 .....	86
4.3.2.1 Formação de grupos.....	86
4.3.2.2 Análise estatística .....	87
4.3.3 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 3 .....	89
4.3.3.1 Formação de grupos.....	89
4.3.3.2 Análise estatística .....	90
4.4 Segunda análise de clusters de cafés com defeitos .....	92
4.4.1 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 1 .....	92
4.4.1.1 Formação de grupos.....	92
4.4.1.2 Análise estatística .....	94
4.4.2 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 2 .....	96
4.4.2.1 Formação de grupos.....	96

4.4.2.2 Análise estatística .....	97
4.4.3 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 3 .....	99
4.4.3.1 Formação de grupos .....	99
4.4.3.2 Análise estatística .....	100
4.5 Número de defeitos e classificação da bebida .....	105
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>119</b>

## RESUMO

SILVA, Virgílio Anastácio da. **Qualidade do café natural produzido em diferentes altitudes do sul de Minas Gerais**. 2005. 119 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Atualmente, é crescente a produção dos cafés processados por via úmida no Brasil, os quais têm um valor maior que os naturais por, geralmente, produzirem bebidas de melhor qualidade. Apesar disto, muitos trabalhos mostram que, em alguns pontos, os cafés naturais se sobressaem aos processados por via úmida, ao passo que, em outros, mostram o grande problema que virá a ser para o meio ambiente o destino das águas residuárias dos cafés processados por via úmida. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da altitude na qualidade do café e verificar a importância da condutividade elétrica, potássio lixiviado e acidez total titulável como descritores da qualidade do café. Para tanto, foram coletadas e analisadas amostras de cafés produzidos em três faixas de altitude, as quais foram denominadas de: altitude 1 (700 a 850 m), altitude 2 (851 a 950 m) e altitude 3 (951 a 1255 m). O trabalho foi desenvolvido em 11 municípios da Região Sul de Minas Gerais, nos quais foram amostradas 37 propriedades cafeeiras. A coleta das amostras foi realizada entre os meses de julho e dezembro de 2002, cujos cafés foram obtidos pelo processamento natural, tendo sido secados de forma integral (com a casca). Foram incluídos nesta amostragem os municípios da região do Sul de Minas Gerais que possuem propriedades nas faixas médias de altitudes entre 700 e 1255 m. Após o beneficiamento, as amostras foram submetidas às seguintes análises: teor de água, análise sensorial, quantificação dos defeitos, polifenóis, açúcares redutores e não redutores, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, condutividade elétrica e potássio lixiviado. Realizou-se uma classificação de qualidade entre os grupos de amostras analisadas sem defeitos, isoladamente daqueles cujas amostras foram analisadas com defeitos. Considerando as condições nas quais conduziu-se este trabalho, concluiu-se que: os resultados das análises das variáveis condutividade elétrica, potássio lixiviado e acidez total titulável podem ser utilizados como descritores da qualidade do café com ou sem defeitos; as maiores altitudes produzem os melhores cafés, quando estes são analisados sem os defeitos; a maior altitude produz os piores cafés, quando os mesmos são

---

<sup>1</sup> **Comitê de Orientação:** Dr<sup>a</sup>. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – DCA/UFLA (orientadora); Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG/UFLA; Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira – DEX/UFLA.

analisados com os defeitos; as altitudes 1 e 2 produzem cafés de qualidade igual quando os mesmos são analisados com os defeitos.

## ABSTRACT

SILVA, Virgílio Anastácio da. **Quality of the natural coffee produced in different altitudes of the south of Minas Gerais.** 2005. 119 p. Thesis (Doctor in Food Science). – Federal University of Lavras – MG. <sup>1</sup>

Nowadays, the washed coffees production has been growing in Brazil. They have a bigger value than the natural coffees since they usually produce better quality drinks. Besides this, many works show that, in some points, the natural coffees are better than the washed ones. Still, other works show that there is a great problem that will be related to the environment, which is the destiny of the residual waters of the washed coffees. This work had the objective to study the influence of the altitude in the quality of the coffee and verify the importance of the electric conductivity, leached potassium and total titrable acidity, as describers of the coffee quality. In order to do this, samples of coffees produced in three altitude ranges were collected and analyzed. These ranges were denominated as altitude 1 (700 to 850m), altitude 2 (851 to 950m) and altitude 3 (951 to 1255m). The work was developed in 11 counties in the south region of Minas Gerais, in which 37 coffee properties were sampled. The gathering of the samples was done between the months of July and December of 2002, and the coffees were obtained by the natural process, having been dried integrally (with husk). The counties in the south region of Minas Gerais that contain properties in the average range of altitude between 700 and 1255m were included. After the processing, the samples were submitted to the following analysis: moisture content, sensorial analysis, quantification of defect, phenolic compounds, reducing and non-reducing sugars, total soluble solids, total titrable acidity, pH, electric conductivity and leached potassium. A classification of quality was done between the groups of analyzed samples without defects, isolated from the analyzed samples with defects. Considering the conditions in which this work was conducted, it was concluded that: the results of the variable analysis electric conductivity, leached potassium and total titrable acidity, can be used as describers of the coffee quality with or without defects; the highest altitudes produce the best coffees, when these are analyzed without defects; the

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Dr<sup>a</sup>. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira – DCA/UFLA (Adviser); Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG/UFLA; Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira – DEX/UFLA.

highest altitude produce the worst coffees when these are analyzed with the defects; the altitudes 1 and 2 produce coffees of equal quality when these are analyzed with the defects

## 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais, pesquisadores e produtores estão em busca da melhor forma de produzir um café que contenha todos os atributos necessários para obtenção de uma bebida de alta qualidade.

O somatório de fatores como genética da planta, local de cultivo, clima, manejo, ponto de maturação, cuidados na colheita e pós-colheita e forma de preparo interferem na qualidade final do produto, o qual terá, por conseguinte, características desejáveis ao paladar do consumidor (Souza, 1996).

Diversos trabalhos têm sido realizados, mostrando que o sabor característico do café se deve à presença de várias substâncias químicas voláteis e não voláteis, aminoácidos, proteínas, compostos fenólicos e ácidos graxos, associados à ação de algumas enzimas. Entretanto, o fator qualidade deve-se não somente a estes componentes, pois fatores ligados à colheita e pós-colheita interferem sensivelmente no aroma e sabor da bebida (Souza, 1996).

Vários fatores podem estar contribuindo para que o Brasil não seja conhecido como grande produtor de cafés de boa qualidade, tais como classificação de bebida inexata pela maioria dos compradores; não valorização devida dos cafés especiais e desconhecimento pelo produtor de que, em condições ambientais favoráveis e com os devidos cuidados, o café processado naturalmente pode produzir bebida de qualidade igual ou superior àqueles processados por via úmida.

Apesar da crescente utilização de máquinas no preparo de café descascado e desmucilado, o sistema tradicional de preparo pós-colheita ainda predomina, sendo o café, na sua maioria, secado totalmente em terreiros, ou parcialmente, com posterior complemento em secadores. A possibilidade de se conseguirem cafés processados naturalmente de boa qualidade mostra que o

Brasil está reduzindo a sua capacidade de competir no mercado com um café produzido naturalmente ao buscar a tecnologia do café processado por via úmida.

Durante a realização deste trabalho, diversas propriedades visitadas trabalhavam também com o café cereja descascado, o qual, segundo relato de vários produtores, não apresentava uma bebida de qualidade tão superior quanto esperada quando comparada com a do café processado naturalmente. Entretanto, o que pode ser observado é que estes produtores não possuíam mão-de-obra qualificada para operar os equipamentos.

Os dados de pesquisas, citando a altitude como fator importante na qualidade do café, o grande parque cafeeiro localizado na Região Sul de Minas, com expressivas variações topográficas e a grande maioria do café processado naturalmente levaram ao desenvolvimento do presente trabalho, o qual teve os seguintes objetivos: fazer um diagnóstico da composição química dos cafés produzidos e processados naturalmente no Sul de Minas; verificar a influência da altitude na qualidade do café e selecionar variáveis como descritores da qualidade do café.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Qualidade do café**

A busca pela melhor qualidade do café tem sido a tônica dos pesquisadores, levando-se em conta que o mercado consumidor, e principalmente o importador, estão cada vez mais exigentes quanto à qualidade. Preocupado em atender a esta demanda, o produtor brasileiro vem se conscientizando da necessidade de ofertar um produto de excelente qualidade para que possa haver competitividade.

No processamento natural, durante a secagem do fruto, segundo Carvalho et al. (1997), a mucilagem presente é liquefeita e digerida pela semente, fazendo com o que o seu metabolismo tenha continuidade. Se esta mucilagem estiver livre de microrganismos, o café tende a produzir bebida de boa qualidade; caso contrário, ela estará comprometida. Microrganismos como leveduras, fungos e bactérias produzem enzimas que atuam sobre os componentes químicos da mucilagem, fermentando os açúcares e produzindo álcool, o qual é transformado posteriormente em ácido acético, láctico, butírico e propiônico. A partir do momento em que se inicia a produção destes dois últimos ácidos, o café começa a perder qualidade, entretanto, a produção dos primeiros é benéfica.

Os pesquisadores Figueroa et al. (2000) realizaram um trabalho com o objetivo de demonstrar que a qualidade do café arábica seria determinada pelas condições climáticas e estas, por sua vez, definidas pela altitude, latitude e regime de chuvas, além da variedade cultivada. Os autores comentam que a influência varietal sobre a qualidade do café é um tema bastante polêmico e relativamente pouco estudado, reconhecendo também que as características organolépticas do café variam de acordo com sua origem geográfica. Os autores

citam que o café natural brasileiro, ou processado por via seca, tem uma menor acidez, com aroma menos acentuado, porém é muito encorpado.

Num trabalho realizado com cafés obtidos por diferentes tipos de processamento (natural, despulpado, descascado e desmucilado), Pereira et al. (2003) observaram que o café despulpado apresentou menor valor de açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e, conseqüentemente, poderá originar bebidas menos adocicadas. Por outro lado, o café natural apresentou maiores teores de sólidos solúveis, o que certamente ocorreu em virtude da presença da polpa e da mucilagem durante a secagem dos frutos, confirmando seu potencial de propiciar bebidas mais encorpadas e adocicadas. Quanto à análise sensorial, não se observaram diferenças entre os três métodos de processamento sendo os cafés classificados como bebida mole.

Avaliando a qualidade de cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, Villela (2002) observou que o café natural apresentou, em relação ao despulpado maior valor de açúcares redutores; maior valor de açúcar total (o que provavelmente se deve à presença da mucilagem no café natural, a qual, por ter açúcar em sua composição, pode ter migrado para o interior do grão); maior acidez; maior valor de condutividade elétrica e maior valor de lixiviação de potássio. Quanto aos polifenóis, não houve diferença em função dos métodos utilizados. A condutividade elétrica foi maior no café natural e posteriormente no desmucilado, descascado e despulpado. No que diz respeito à análise sensorial, concluiu-se que o café processado por via úmida apresentou melhor qualidade de bebida.

Malta et al. (2003) trabalharam com cafés submetidos a diferentes métodos de processamentos, como o café natural (processado de forma convencional, com todos os estádios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado. Após realizarem as análises, observaram que o

processamento natural apresentou menores valores em todos os parâmetros avaliados, porém não se observaram diferenças entre os três métodos de processamento através da análise sensorial, sendo os cafés classificados como bebida mole.

## **2.2 Classificação da qualidade do café no Brasil**

A regulamentação para a classificação de cafés no Brasil é feita pela Instrução Normativa nº 08, de 11 de junho de 2003, que é a legislação mais recente a especificar as normas das características mínimas de qualidade para a classificação e compra do café beneficiado pelo governo federal (Brasil, 2003).

### **2.2.1 Classificação quanto ao tipo**

O estágio de maturação pode contribuir para a ocorrência dos principais defeitos do café, tais como grãos de película esverdeada (grãos verdes), ardidos e pretos. Carvalho et. al. (1970), trabalhando com frutos normais e defeituosos (passou bruscamente de verde para seco) e caídos, observaram que o defeito “grão verde” foi encontrado com maior frequência nos frutos colhidos verdes e menor nos demais. Isto leva a concluir que o defeito “grão verde” não deve ser atribuído apenas aos frutos colhidos verdes, uma vez que ocorreu em todas as frações estudadas. O defeito ardido não deve ser atribuído apenas às fermentações anormais, mas também a outros fatores associados, uma vez que foi constatado em todas as etapas. O defeito “grão preto” apareceu com maior frequência no café secado no chão, seguido de frutos secos normais e anormais, não ocorrendo nas demais frações analisadas. Neste caso, as condições de umidade, superamadurecimento (senescência) e passagem brusca do estágio verde para seco podem ter provocado deteriorações nos grãos, causando estes defeitos.

A presença de grãos com defeitos verde, ardidos e pretos altera significativamente a qualidade de bebida do produto final, a qual piora à medida que aumenta a porcentagem dos defeitos mencionados (Pereira, 1997).

Considera-se, na classificação quanto ao tipo, o número de defeitos encontrados numa amostra de 300 g de café beneficiado, sendo a pontuação dada em ordem decrescente. O café pode ser classificado nos tipos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, sendo que o tipo 2 corresponde a 4 defeitos e o tipo 8, a 360 defeitos.

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os defeitos intrínsecos e extrínsecos, considerados nesta classificação e a sua equivalência (Brasil, 2003).

A Instrução Normativa (Brasil, 2003) traz as seguintes observações para os defeitos intrínsecos: 1) o grão preto será considerado o principal defeito ou capital; 2) os grãos ardidos e brocados serão considerados defeitos secundários; 3) o defeito preto-verde “Stinker” será considerado como defeito ardido.

As observações para esses defeitos são que: 1) o tamanho das pedras, torrões e paus considerados grandes corresponde aproximadamente ao diâmetro das peneiras 18, 19 e 20 relativas ao grão chato; 2) o tamanho das pedras, torrões e paus considerados regulares corresponde aproximadamente ao diâmetro das peneiras de 15, 16 e 17 relativas ao grão chato; 3) o tamanho das pedras, torrões e paus considerados pequenos corresponde aproximadamente ao diâmetro das peneiras 14 abaixo, relativas ao grão chato; 4) as cascas são relacionadas aproximadamente com o tamanho do café em coco.

**TABELA 1** Classificação do café beneficiado (grão cru) quanto à equivalência de defeitos intrínsecos.

<b>Defeitos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Equivalência</b>
Grão Preto	1	1
Grãos Ardidos	2	1
Conchas	3	1
Grãos Verdes	5	1
Grãos Quebrados	5	1
Grãos Brocados	2 a 5	1
Grãos Mal Granados ou Chochos	5	1

**Fonte:** Brasil (2003).

**TABELA 2** Classificação do café beneficiado (grão cru) quanto à equivalência de impurezas (defeitos extrínsecos).

<b>Impurezas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Equivalência</b>
Coco	1	1
Marinheiros	2	1
Pau, Pedra, Torrão grande	1	5
Pau, Pedra, Torrão regular	1	2
Pau, Pedra, Torrão pequeno	1	1
Casca grande	1	1
Cascas pequenas	2 a 3	1

**Fonte:** Brasil (2003)

### **2.2.2 Classificação por peneira**

A classificação por peneira leva em consideração o formato e o tamanho dos grãos de uma amostra de 300 g de café, a qual passa por um conjunto de 14 peneiras intercaladas com furos redondos (números 12 a 19) e furos alongados (números 8 a 13). As peneiras de furos redondos são responsáveis pela separação dos grãos chatos, ao passo que as de furos alongados separam os grãos tipo moca.

### **2.2.3 Classificação pela cor**

A Instrução Normativa N° 08, de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003), também traz a classificação do café Beneficiado Cru, de acordo com a coloração do grão, em 8 (oito) classes, conforme Tabela 4.

A cor apresentada pelo grão de café influi diretamente no aspecto do produto e, conseqüentemente, no preço, uma vez que determinadas cores podem indicar falta de cuidado na fase pós-colheita ou envelhecimento. Entre os fatores observados por Carvalho & Chalfoun (1985), que influem na cor após a colheita, estão a incidência de chuva durante a secagem, na condução do processo de secagem, o excesso de luz solar durante o armazenamento e injúrias mecânicas provocadas pela regulagem inadequada das máquinas de beneficiamento.

**TABELA 3** Classificação do café por peneiras.

<b>Tipo de grão</b>	<b>Tamanho do grão</b>
Grão chato graúdo	Peneiras 19, 18 e 17
Grão chato médio	Peneiras 16 e 15
Grão chato miúdo	Peneiras 14 e menores
Grão moca graúdo	Peneiras 13, 12 e 11 e menores
Grão moca médio	Peneira 10
Grão moca miúdo (moquinha)	Peneiras 9 e menores

**Fonte:** Brasil (2003)

**TABELA 4** Classificação do café beneficiado por meio da coloração do grão cru.

<b>Classe</b>	<b>Cor (características)</b>
Verde Azulado e Verde Cana	cores características do café despulpado ou degomado
Verde	grão de coloração verde e suas nuances
Amarelada	grão de coloração amarelada, indicando sinais de envelhecimento do produto
Amarela	-
Marrom	-
Chumbado	-
Esbranquiçada	-
Discrepante	mistura de cores oriundas de ligas de safras ou cores diferentes.

**Fonte:** Brasil (2003)

#### 2.2.4 Classificação quanto à bebida

Esta classificação baseia-se nas informações sensoriais, as quais permitem ao degustador classificar o café entre as seguintes categorias de bebida:

##### A) Bebidas Finas do Grupo I - Arábica.

**Estritamente mole:** café que apresenta, em conjunto, todos os requisitos de aroma e sabor "mole", porém mais acentuado;

**Mole:** café que apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado;

**Apenas mole:** café que apresenta sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar;

**Duro:** café que apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladar estranho.

##### B) Bebidas Fenicadas do Grupo I - Arábica.

**Riado:** café que apresenta leve sabor, típico de iodofórmio;

**Rio:** café que apresenta sabor típico e acentuado de iodofórmio;

**Rio Zona:** café que apresenta aroma e sabor muito acentuado, assemelhado ao iodofórmio ou ao ácido fênico, sendo repugnante ao paladar.

#### 2.3 Composição química do fruto do cafeeiro

A composição química do fruto do cafeeiro pode ser influenciada por um conjunto de características genéticas, por fatores culturais e ambientais.

Passada a fase de amadurecimento, o catabolismo passa ser maior que o anabolismo, fase na qual ocorre a senescência. Observa-se nesta fase a

ocorrência de fermentações com produção de álcoois e ácidos indesejáveis; ruptura da estrutura da parede celular, modificações na estrutura de pectinas, celuloses, hemiceluloses e lignina e escurecimento da casca e da polpa, devido às oxidações dos pigmentos e ocorrência de podridões. Com isso, a qualidade dos frutos tende a decrescer acentuadamente (Carvalho, 1997).

O grão de café apresenta uma composição química diversificada formada por centenas de substâncias químicas. A Tabela 5 contém as classes e os componentes encontrados no café arábica, assim como seus valores médios.

**TABELA 5** Composição química (em % matéria seca) de grãos crus da espécie *Coffea arabica* L.

<b>Classes e componentes</b>	<b>% no grão cru</b>
<b>Carboidratos</b>	
Açúcares redutores	0,1-2,48
Sacarose	2,82-7,2
Pectinas	2,0
Amido	10,0-19,23
Pentosanas	5,0
Hemicelulose	15,0
Holocelulose	18,0
Lignina	2,0
Óleos	13,0
Proteínas(N x 6,25)	9,0-16,0
Cinza como óxido	4,0
<b>Ácidos voláteis</b>	
Clorogênico	7,0
Oxálico	0,2
Málico	0,3
Cítrico	0,3
Tartárico	0,4
Trigonelina	1,0
Caféina	1,0

**Fonte:** Sivetz (1963); Leite (1991); Chagas (1994); Lopes (2000) e Pimenta (2001)

## **2.4 Fatores que afetam a composição química e a qualidade do café**

### **2.4.1 Local de cultivo e condições climáticas**

A incidência de chuvas e as variações na temperatura são fatores climáticos que estão diretamente relacionados com a altitude. Em média, para cada 100 metros acrescidos na altitude a temperatura diminui 0,7 °C (OIC, 1991).

Esses efeitos climáticos observados na região Sul de Minas Gerais devido às variações topográficas, as quais permitem o cultivo em diferentes altitudes, aliados aos sistemas microrregionais de manejo da cultura, fazem desta região produtora de cafés com os mais diferentes tipos de bebida. Outra particularidade relacionada ao clima é que regiões com alta umidade relativa durante o período de colheita tendem a produzir cafés com maior número de defeitos e bebida de baixa qualidade (Matiello, 1991).

Entre os estados, e mesmo dentro deles, podem ocorrer diferenças entre qualidade de café, como o que se verifica em Minas Gerais, onde as regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Sul de Minas destacam-se pela produção de cafés finos. Por outro lado, a região da Zona da Mata possui uma característica climática tal que provoca alterações nas características da bebida (acidez, corpo e aroma), as quais apresentam uma estreita relação com a contaminação por microorganismos. A localização de lavouras em vales geralmente cobertos por neblina foi considerada com tendência a produzir cafés com bebida dura e rio. As variações climáticas, podem influenciar significativamente na qualidade da bebida quando da ocorrência do aumento da umidade relativa do ambiente, afetando as composição química da mucilagem do café, determinando um tipo de atividade microbiana e uma intensidade característica do processo fermentativo (Camargo et al., 1992). Cabe ressaltar que, embora essa diferença seja sempre citada, os cafés originados de regiões produtoras de bebida

tradicionalmente rio podem ter a bebida melhorada se forem tomados alguns cuidados, e utilizado o processamento por via úmida e realizada de uma secagem adequada (Carvalho, 1997).

Um trabalho sobre a influência da altitude na qualidade do café produzido na Região Sul de Minas Gerais foi realizado por Silva (2003), oportunidade em que analisou café cereja descascado de municípios da região do Sul de Minas, cujas 32 propriedades amostradas localizavam-se nas faixas de altitude entre 720 a 920 metros e 920 a 1120 metros. Com os resultados obtidos, o pesquisador observou que os cafés produzidos na maior faixa de altitude apresentaram corpo e acidez mais fracos e doçura mais alta. As várias análises químicas realizadas levaram à conclusão de que maiores altitudes possibilitam a produção de cafés de melhor qualidade.

Procurando averiguar estas influências climáticas na qualidade do café, Chalfoun & Carvalho (2001) estudaram o efeito da altitude e da ocorrência de chuvas durante os períodos de colheita sobre cafés procedentes de 14 municípios da região do Sul do Estado de Minas Gerais. Os resultados obtidos foram que as faixas de altitudes estudadas (700 a 1000 metros) não afetaram significativamente os padrões de qualidade da bebida; a maioria das localidades tem apresentado períodos de colheita e secagem muito dilatados; quando a colheita é antecipada, predominam os frutos com características químicas de estágio de maturação incompletos; quando a colheita é retardada, a ocorrência de chuvas compromete a qualidade dos grãos, ou seja, a elevada umidade promove sua deterioração, principalmente naquelas propriedades sem estrutura adequada para evitar tal problema.

Serrano & Castrillón (2002), com o objetivo de determinar uma tendência das características físico-químicas e da qualidade de bebida de café à medida que se aumentava a altitude, realizaram um trabalho em 10 faixas de

altitude na região do “ecotopo 206 B”, no município de Fresno, na Colômbia, departamento de Tolima. Os resultados mostraram que existe um efeito da altitude sobre as características do café torrado e da bebida, mostrando que a faixa em que foram observadas as melhores qualidades estavam entre 1450 e 1650 metros de altitude.

Os pesquisadores Figueroa et al. (2000) realizaram um trabalho na Guatemala com a intenção de demonstrar que a qualidade do café arábica seria determinada pelas condições climáticas e estas, por sua vez, definidas pela altitude, latitude e regime de chuvas, além da variedade cultivada. Os autores comentam que a influência varietal sobre a qualidade do café é um tema bastante polêmico e relativamente pouco estudado, reconhecendo também que as características organolépticas do café variam de acordo com sua origem geográfica. Citam que os cafés arábicas lavados caracterizam-se por certa acidez e aroma intenso, como é o caso dos originados da Guatemala, Costa Rica, Kênia, Etiópia e Tanzânia, porém cada um apresenta as características peculiares de cada país, dentro de suas zonas cafeeiras. Outra observação é que, o café natural brasileiro, ou processado por via seca, tem uma menor acidez, com aroma menos acentuado, mas muito encorpado.

Pesquisando cafés em Honduras, Decasy et al. (2003) avaliaram a qualidade de diferentes cafés em relação a diferentes meios ambientes. Para melhor mostrar a qualidade de bebida do café hondurenho, os autores realizaram um estudo com 52 amostras de café arábica, produzido em seis regiões em Honduras. O objetivo foi identificar o meio ambiente e fatores agronômicos que afetam a qualidade do café. Características físicas e bioquímicas do café após torração foram usadas para ligar os descritores de qualidade do café às variáveis por meio de análise multivariada. Os cafés de qualidade superior foram aqueles que vieram de Olancho e regiões de El Paraíso. Os autores concluíram

que altitudes elevadas e precipitações anuais abaixo de 1500 mm favoreceram a qualidade na análise sensorial.

Os pesquisadores Guyot et al. (1996) realizaram estudos na Guatemala, avaliando o efeito da altitude sobre a qualidade de duas variedades de café (bourbon e catuaí), entre as altitudes de 1100 e 1400 metros. O efeito do sombreamento foi também estudado para o café catuaí, cultivado a 1100 metros. Estes autores chegaram a conclusão de que o cultivo em diferentes altitudes resulta em clara diferença no tamanho e aspectos e na composição (acidez, cafeína e teor de óleos) e que os efeitos sobre qualidade sensorial foram menos marcantes. Outra observação foi que as plantas sombreadas produziram café com melhor qualidade que as não sombreadas em termos de incremento da acidez e teores de açúcar. O ponto em comum entre o sombreamento e altitude é que ambos retardam o amadurecimento e melhoram a qualidade do café, principalmente do café catuaí.

A influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café foi estudada por Leite (1991), oportunidade na qual, trabalhando com café natural, cereja e cereja despulpado, encontrou valores de amido muito acima da média encontrada por Sivetz (1963), de 10,0%, ou seja, café natural variando de 12,44 a 18,54%; cereja de 12,92 a 19,23% e cereja despulpado de 13,37 a 18,73%. O autor explica estas variações citando Navellier (1970) e Amorim (1972), os quais relatam que as condições climáticas de algumas regiões permitem um maior desdobramento do amido em açúcares que outras, sendo que nestas os grãos apresentam uma alta porcentagem de amido.

As regiões que apresentam altos e prolongados níveis de umidade relativa do ar nos períodos pré-colheita, colheita e secagem no terreiro em geral apresentam bebidas de pior qualidade devido à ocorrência de deteriorações nos

frutos e à conseqüente ocorrência de defeitos no café (Matiello, 1991). O autor relata, ainda, que os cafés secados em terreiros localizados nas propriedades com maior altitude, estando sujeitos a uma maior umidade relativa do ar, podem apresentar maior incidência de microrganismos, uma vez que estes terão um ambiente favorável à sua proliferação.

Em algumas regiões, como, por exemplo, naquelas próximas ao Lago de Furnas os frutos de café maduros sofrem infecções microbianas que prejudicam sensivelmente a qualidade da bebida. Segundo Cortez (1993), os plantios localizados junto à represa de Furnas sofrem influência do espelho d'água, o qual acelera a maturação dos frutos e facilita o processo de desenvolvimento de fungos, podendo levar os frutos do café a sofrerem fermentações propiônica e butírica, que resultam quase sempre em uma depreciação da qualidade da bebida. Os fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*, por exemplo, produzem enzimas capazes de degradar os polissacarídeos contidos na polpa do café.

#### **2.4.2 Incidência de microrganismos**

A incidência de microrganismos nas fases pré e pós-colheita tem sido um dos principais fatores envolvidos na qualidade do café, principalmente na modalidade de colheita e preparo adotados no Brasil. Aqui, a colheita é composta de uma mistura de frutos em diferentes estádios de maturação e o preparo é por “via seca”, ao contrário de outros países, como a Colômbia, em que o processo de colheita é seletivo (colheita a dedo) e os frutos são despulpados. Na produção do café natural, o fruto é seco de forma integral, estando sujeito a fermentações e infecções por microrganismos. Quando a fermentação é prolongada, a infecção por microrganismos torna-se acentuada e

começa a produção de compostos responsáveis pelos sabores indesejáveis (Carvalho & Chalfoun, 1985).

Frutos muito maduros em processo de senescência, que se encontram presos às plantas, e condições climáticas como a ocorrência de geadas ou chuvas de granizo, ambas associadas a altas temperaturas e umidade relativa do local de cultivo, também facilitam o desenvolvimento de microrganismos. Estes fatores reforçam as teorias de que regiões próximas a represas tendem a produzir cafés com bebida de qualidade inferior se não forem adotados procedimentos específicos adequados a estes locais (Carvalho et al., 1997).

### **2.4.3 Fatores da colheita**

O sistema de colheita tem grande influência na qualidade final do produto. No Brasil, observa-se que o tipo de colheita empregado promove uma mistura dos frutos em diferentes estágios de maturação, promovendo perdas de qualidade do café.

Para avaliar o efeito do sistema de colheita, isoladamente de outros fatores que pudessem interferir na qualidade final do produto, Carvalho Júnior (2002) estudou a influência de diferentes sistemas de colheita em três tipos de café: cereja/verde, bóia (provenientes da lavagem do café) e no café mistura (composto de frutos provenientes da lavoura). O autor concluiu que o sistema de colheita manual derriçou uma quantidade maior de frutos verdes quando comparada com os sistemas mecanizados, sendo esta diferença significativa ao nível de 5% ( $P < 0,05$ ). Esta maior incidência de frutos verdes pode interferir negativamente na qualidade da bebida.

Os frutos verdes são responsáveis por um café de pior tipo, além do que contribuem para um mal aspecto do produto torrado e da bebida (Teixeira et al., 1982). Ainda Teixeira (1984) concluiu que o peso do grão sofre influência direta

do estágio de maturação, o que interfere na qualidade da bebida, uma vez que os grãos verdes são menores, mais leves e depreciam a bebida.

Pimenta (1995), avaliando a composição química nos diferentes estágios de maturação do café, observou uma variação bastante pronunciada entre um estágio e outro. Verificou-se que os frutos no estágio cereja apresentaram maior atividade da polifenoloxidase, peso de grãos (rendimento), solubilidade de pectinas e mais elevados teores de açúcares, baixos teores de fenólicos totais (baixa adstringência), cinza, potássio, proteína bruta, fibra bruta e cafeína, baixa lixiviação de potássio, perda de peso e atividade da pectinametilesterase. Já os frutos secos na planta promovem uma perda de peso dos grãos, diminuição nos teores de gordura, alta atividade da poligalacturonase e lixiviação de potássio. O estágio de maturação verde-cana mostrou valores intermediários na maioria dos parâmetros avaliados.

Dando sequência ao trabalho anterior, Pimenta verificou que, quando da avaliação da lixiviação dos íons potássio dos grãos de café para o líquido de imersão, estes valores foram maiores para os cafés verdes, seguidos do seco/passa e verde-cana e com valores bem inferiores nos grãos de frutos cereja. Isto indica que a elevada porcentagem de frutos verdes na mistura de grãos pode elevar a lixiviação de potássio, confirmando a relação de seus altos índices com a estruturação incompleta da parede celular (verde) e deteriorações (seco/passa), o que está diretamente relacionado com a pior qualidade do produto.

Analisando diversos fatores em cafés colhidos com diferentes estágios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000) concluíram que existe diferença quando estes cafés são comparados entre si quanto a acidez total titulável; sólidos solúveis totais; compostos fenólicos; açúcares redutores, não redutores e totais, nos diferentes estágios de maturação.

Para verificar o efeito da matéria-prima na qualidade do café, Oliveira (2002) realizou uma pesquisa trabalhando com amostras de café bóia, cereja e mistura, colhidas em três épocas diferentes e secadas ao sol. Neste trabalho foram encontrados algumas características desejáveis para o café cereja, como aspecto, número de defeitos, cor dos grãos e menores teores de compostos fenólicos. Outros componentes químicos não puderam ser analisados, como índices de qualidade, devido às suas variações irregulares.

Garruti & Gomes (1961), estudando a influência do estágio de maturação dos grãos na qualidade da bebida do café, observaram que os cafés obtidos de frutos cerejas apresentavam bebida mole, os frutos colhidos verdes e os secos na árvore tiveram a bebida classificada como dura e os recolhidos no chão, bebida rio. Segundo os autores, isto ocorre pelo fato de os frutos verdes ainda não apresentarem os teores de alguns componentes químicos em níveis ideais para conferir ao grão condições de proporcionar uma bebida de alta qualidade. Além disso, os grãos secos na árvore encontram-se na fase de senescência, na qual ocorrem fermentações que produzem compostos químicos indesejáveis, depreciando a qualidade da bebida, dependendo das condições ambientais do local de produção.

Pesquisas realizadas por Pereira (1997) e Coelho (2000) tiveram como contribuição mostrar que a adição de grãos com os defeitos verde, ardido e preto compromete sensivelmente a qualidade de café bebida estritamente mole, indicando que é necessário colher frutos no estágio de maturação cereja e ter os devidos cuidados na pós-colheita para que seja possível obter bebida de melhor qualidade.

Os autores (Freire & Miguel 1985), trabalhando com cafés em vários estágios de maturação, observaram que o café colhido precocemente, ou seja, com grande percentual de frutos no estágio verde, além de causar prejuízo ao

tipo e bebida, pode atingir um índice de 20% de perdas em relação ao rendimento final, uma classificação por tipo acima de 8 e bebida neutra (verde); o café colhido no estágio verde-cana apresentou uma classificação por tipo de 6-7 e bebida mole (verde); o café colhido no estágio cereja teve classificação por tipo 5 e bebida apenas mole; o café passa teve uma classificação por tipo 6 e bebida mole-ácida; e o café colhido no estágio de seco, tipo 6 com bebida mole-ácida.

#### **2.4.4 Fatores da pós-colheita**

##### **A) Processamento do café**

Uma das formas de preservação da qualidade dos grãos de café é a realização do manejo adequado na pós-colheita, com o objetivo de evitar fermentações e infecções microbianas indesejáveis.

Com o objetivo de verificar o efeito da matéria-prima e do tipo de secagem na qualidade do café, Oliveira (2002) trabalhou com café derriçado no pano e submetido a diferentes períodos de amontoamento (0, 1, 2, 3, 4, e 5 dias) de secagem ao sol e em secador experimental a 50° C. O autor observou os seguintes resultados: maior incidência no número de defeitos para o café secado ao sol, somente no 5° dia de amontoamento e bebida dura ardida; na secagem em secador, a partir do 2° dia de amontoamento o café apresentou grande número de defeitos e bebida dura avinagrada; houve uma pequena tendência de aumento da acidez com o aumento do período de amontoamento; o potássio lixiviado aumentou com o amontoamento do café até cinco dias, nas duas secagens. Entretanto, com o café mistura e temperatura a 55° C ocorreram alguns danos na qualidade, enquanto as diferenças entre 45 e 50° C foram pequenas.

Após a colheita, o café pode seguir dois caminhos de preparo: um conhecido por via seca e outro por via úmida.

## **A1) Via seca**

A via seca é o processamento mais utilizado no Brasil. Neste caso, o café é secado de forma integral, ou seja, com a casca. A maioria dos produtores que utilizam este meio o fazem em terreiros de cimento, asfalto, lama asfáltica, tijolo, pedra rejuntada, terra batida ou terreiro suspenso, onde o produto permanece o tempo necessário até atingir o ponto de meia seca ou o ideal para armazenamento.

### **A1.1) Lavação e separação**

Após a colheita, independentemente de ser realizada mecânica ou manualmente, o café deve passar por um processo de separação por diferença de densidade, em que os frutos com diferentes estádios de maturação e as impurezas são separados.

Um outro tipo de café que ocorre na operação de colheita, é aquele conhecido como de “varreção”. Por se tratar geralmente de café com pior qualidade, estes frutos não devem ser misturados com aqueles das demais parcelas (Chalfoun, 1997).

### **A1.2) Secagem**

Neste processo, existem situações nas quais a secagem é realizada totalmente no terreiro, de forma mista, utilizando o terreiro e o secador mecânico, ou secagem somente no secador. Qualquer que seja a modalidade utilizada, é importante que o produtor trabalhe com lotes o mais homogêneos possível quanto ao estágio de maturação e teor de umidade, o que contribui para a obtenção de um produto final de boa qualidade.

### **A1.2.1) Secagem em terreiros**

Segundo Chalfoun & Carvalho (1997), deve-se dar preferência aos terreiros pavimentados, o que contribui para um menor risco de contaminação dos frutos por microorganismos existentes no solo.

### **A1.2.2) Secagem em secadores**

Relatos de Chalfoun & Carvalho (1997) concluem que a utilização de secadores, apesar de ter um alto custo de energia quando comparado com a solar nos terreiros, torna-se necessária quando comparada com as desvantagens advindas dos terreiros.

Entre os diversos tipos de secadores disponíveis estão os horizontais rotativos intermitentes, tipo barça ou modelo Viçosa e o vertical com câmara de descanso. Os secadores denominados rotativos intermitentes, também conhecidos por pré-secadores, operam com cafés nos mais diferentes teores de água.

## **2.5 Ocorrência de defeitos**

Existem diversos fatores que podem contribuir para a ocorrência de defeitos, tais como manejo inadequado da lavoura, incidência de pragas e doenças, injúrias ocorridas na colheita, condições climáticas e práticas inadequadas na pós-colheita. Estes fatores podem acarretar distúrbios na composição química e, conseqüentemente, perda de qualidade.

Carvalho et al. (1970) estudaram a ocorrência dos principais defeitos do café, tais como grãos de película esverdeada (grãos verdes), ardidos e pretos em distintas fases de maturação dos frutos. Os autores observaram que o defeito verde foi encontrado com maior freqüência nos frutos colhidos verdes e em

ordem decrescente nas frações seco normal, meio maduro, maduro, passa e seco normal e nos caídos ao chão. Estes resultados esclarecem que o defeito verde não deve ser atribuído apenas a frutos colhidos verdes, pois ocorreram em todas as frações estudadas. Os grãos ardidos apresentaram-se com frequência mais elevada nos grãos secados do chão e menor nas demais frações. Embora este defeito tenha ocorrido em todas as etapas, não deve ser atribuído apenas às fermentações anormais, mas também a vários outros fatores.

Geralmente, o defeito ardido tem como origem os frutos recolhidos do chão e aqueles que foram secados na planta. Além destas observações, Carvalho et al. (1970) constataram uma porcentagem muito pequena deste defeito em frutos verdes e uma proporção ainda menor nos frutos meio maduro, maduro e passa. Os autores observaram ainda que, quando ocorre uma mudança brusca do estágio verde para seco, o defeito ardido fica pronunciado.

Os autores German-V (1973) e Zuluago (1990) afirmam que as deficiências nutricionais ocorridas durante o desenvolvimento dos frutos, assim como as fermentações destes, são causadoras do defeito ardido. Além destes, os autores consideram também os fatores climáticos, a passagem brusca do estágio verde para seco, o amadurecimento excessivo, o ataque de pragas e doenças e a permanência dos frutos secos na planta ou no chão.

Pereira (1997) observou que a adição de defeitos verde ardido e preto alterou sensivelmente a bebida de um café de qualidade, transformando-o progressivamente em bebidas inferiores à medida que se aumentava a quantidade dos defeitos.

Coelho (2000), avaliando química e sensorialmente a qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos com os defeitos preto, ardido e verde, chegou às seguintes conclusões: a inclusão de grãos verdes, ardidos e pretos altera significativamente as características químicas e

sensoriais; observou-se um aumento linear nos teores de compostos fenólicos com a inclusão de quantidades crescentes de grãos ardidos e pretos e redução linear com a inclusão de grãos verdes; ocorreu um aumento significativo nos teores de potássio lixiviado com a inclusão dos três tipos de defeitos; na adição das diferentes quantidades do defeito verde, os valores de acidez total titulável reduziram, enquanto o defeito ardido aumentou de modo significativo;

Myia et al. (1973/74), observaram que a inclusão de 5% de defeito ardido alterou um café classificado como de bebida mole, ao passo que foram necessários 20% do mesmo defeito para alterar um café de bebida dura.

A origem do grão preto, segundo observações de Meireles (1990), deve-se a deteriorações ocorridas durante o período em que estes grãos permaneceram em contato com o chão, o que facilitou a ocorrência de fermentações e infecções microbianas, propiciando um café de bebida inferior. Já Carvalho et al (1970) relatam que este defeito ocorre principalmente nos frutos secos no chão, porém acontecem também naqueles frutos secos naturalmente na planta.

Estudando a interferência do defeito preto na bebida do café, Teixeira et al. (1968) observaram que 10% deste defeito transformou um café de bebida mole em dura. Na mesma linha de pesquisa, Myia et al. (1973/74) quando adicionaram 2% do referido defeito, constataram uma mudança negativa na bebida. A adição de 4,5% deste defeito num café de bebida dura promoveu uma mudança na bebida para uma classe inferior.

Abreu et al. (1996) estudaram o efeito dos níveis de adição do defeito verde na composição química de cafés estritamente mole e concluíram que a adição crescente do defeito “verde” promoveu decréscimo no índice de coloração das misturas, aumentos na acidez total e nos compostos fenólicos e não influenciou os teores de proteína bruta.

Verificando a influência que o defeito verde tem sobre a qualidade da bebida, Vicente (1968), citado por Myia et al. (1973/74), concluiu que uma mistura de café verde numa proporção superior a 60% provoca a queda na qualidade da bebida, sendo detectados os gostos amargo, sujo e fermentado.

## **2.6 Propriedades físicas e químicas do café e a qualidade da bebida**

O sabor característico da bebida do café é devido à presença e aos teores dos vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, destacando-se entre eles, os ácidos, os aldeídos, as cetonas, os açúcares, as proteínas, os aminoácidos, os ácidos graxos, os compostos fenólicos e também a ação de enzimas em alguns destes constituintes e obtendo-se como produto de reações, compostos que interferirão no sabor da bebida (Souza, 1996).

Os diversos componentes químicos do café sofrem transformações com o processo de torração. Estas transformações são ocasionadas por reações que originam novos compostos, os quais dependem da composição química original do grão do café. Os teores destes constituintes químicos são influenciados pela genética da planta, pelas condições climáticas, pelo manejo, pelos cuidados nas fases de colheita e pós colheita, pelo armazenamento e beneficiamento. Desta forma, é notória a importância de preservar a integridade física do grão de café.

### **2.6.1 Umidade**

A Instrução Normativa nº 08 (Brasil, 2003) normatiza que, independentemente de sua classificação, os teores de água do café beneficiado (grão cru) devem estar entre os limites ideais de 11 e 12,5%.

Prete (1992) verificou em cafés com aproximadamente 8% de umidade, uma intensa lixiviação de potássio, sendo que cafés com teores superiores a 8%

não apresentaram diferenças significativas entre si quanto à lixiviação destes íons.

### **2.6.2 Açúcares**

Os teores de açúcares variam com a evolução da maturação do frutos, sendo considerados como importantes substratos para as reações de pirólise que ocorrem durante o processo de torração. Pereira (1997) relata serem as reações de Maillard e de caramelização aquelas em que os açúcares participam formando produtos importantes para a cor, o sabor e o aroma da bebida.

As quantidades de açúcares parecem estar envolvidas no mecanismo de proteção às membranas celulares do café, segundo Leprince et al (1993), citados por Ribeiro (2003). Este autor observou que os maiores valores de açúcares totais ocorreram nas amostras submetidas às menores taxas de redução de água, correspondendo aos menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, estes indicando maior integridade das membranas celulares.

Os monossacarídeos mais encontrados são a glicose e a frutose. Considerados como açúcares redutores, seus teores podem variar de 0,1 a 1% em grãos de café da espécie *Coffea arabica* L. (Leite, 1991; Lopes, 2000).

Grãos oriundos de frutos cerejas das cultivares Mundo Novo e Catuaí, avaliados pela Unidade Técnica da OIC (1992), apresentaram maiores teores de carboidratos totais quando comparados aos grãos de frutos imaturos. Maiores teores de sacarose foram observados nos grãos de frutos cerejas descascados da cultivar Catuaí e nos de cerejas preparados via seca da cultivar Mundo Novo. Este trabalho evidencia as diferenças que podem ocorrer no teor de açúcares em consequência das distintas fases de maturação e processamento do café, e ainda entre cultivares de uma mesma espécie.

Para avaliar o efeito do sistema de colheita, isoladamente de outros fatores que pudessem interferir na qualidade final do produto, Carvalho Júnior (2002) estudou a influência de diferentes sistemas de colheita em três tipos de café: cereja/verde, bóia (provenientes da lavagem do café) e no café mistura (composto de frutos provenientes da lavoura). O autor concluiu que o sistema de colheita manual derriçou uma porcentagem significativamente ( $P < 0,05$ ) maior de frutos verdes quando comparada com os sistemas mecanizados. Provavelmente, isto influenciou nos resultados dos valores médios de açúcares redutores posteriormente observados, com diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os valores médios destes açúcares em função dos sistemas de colheita estudados.

Num trabalho de pesquisa realizado por Navellier (1970) observou-se, para frutos no estágio de maturação cereja, um teor médio de açúcares totais na faixa de 8,0%, ao passo que Leite (1991) encontrou 3,6%. Quanto aos açúcares redutores, foi observado um teor de 0,18%, e aos não-redutores, de 3,40%.

Pimenta (2001), estudando cafés colhidos em sete épocas durante o período da colheita, verificou um aumento gradativo nos teores de açúcares dos grãos à medida que a colheita foi prolongada, mantendo os frutos por mais tempo na planta. Os valores dos açúcares redutores encontrados pelo autor variaram entre 0,6% e 0,81%. Já os valores encontrados para os açúcares não-redutores e totais, variaram respectivamente de 4,39% a 6,74% e de 5,22% a 7,91%, valores relativos à primeira e à sétima época de colheita. Estas variações podem estar associadas à intensificação do processo de maturação dos frutos e à conseqüente diminuição da quantidade de frutos verdes.

Analisando os teores de açúcares em cafés colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000) concluíram que os frutos no estágio cereja apresentaram maiores teores

de açúcares redutores, não redutores e totais, seguidos pelos estádios seco/passa, verde-cana e verde.

De acordo com Pimenta (2003), a relação mais importante dos açúcares com a qualidade do produto final está na formação de compostos com coloração caramelizada escura (desejável) durante o processo de torração, através de sua reação com aminoácidos (reação de Maillard).

Trabalhando com cafés obtidos por diferentes tipos de processamento (natural, despulpado, descascado e desmucilado), Pereira et al. (2003) observaram que o café natural apresentou maiores teores de sólidos solúveis, o que certamente ocorreu em virtude da presença da polpa e da mucilagem durante a secagem dos frutos, confirmando seu potencial de propiciar bebidas mais encorpadas e adocicadas.

Pereira et al. (2003) pesquisaram o efeito de diferentes métodos de processamento sobre a composição físico-química e a qualidade do café submetido aos processamentos café natural (processado de forma convencional, com todos os estádios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado. Após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento, avaliaram a composição físico-química e a qualidade do café, sendo realizadas as análises de açúcares redutores, não-redutores e totais nos grãos de café crus e moídos. Foram verificadas diferenças nas variáveis estudadas, sendo que, o café natural apresentou valores médios menores de açúcares redutores. O café cereja desmucilado apresentou teores de açúcares não redutores e de açúcares totais superiores aos demais processamentos. O café cereja descascado apresentou o maior teor de açúcares redutores e o menor teor de açúcares não redutores. Não se observaram diferenças entre os três métodos de processamento através da análise sensorial, sendo os cafés classificados como bebida mole.

Pereira et al. (2003) trabalharam com cafés oriundos de quatro tipos de processamento: cafés naturais, descascados, despulpados e desmucilados, os quais foram submetidos à torração média para averiguar a existência de diferenças químicas e qualitativas entre os mesmos. Após secagem, beneficiamento e torração, foram realizadas análises químicas para avaliação dos teores de açúcares totais, redutores e não-redutores. Diferenças significativas foram constatadas para estas variáveis, não ocorrendo o mesmo com os açúcares totais. O café cereja natural apresentou valores médios significativamente superiores para açúcares redutores. Os autores consideraram a hipótese de que ocorre translocação de substâncias para os grãos durante o pré-processamento e/ou secagem, o que se reflete nas características qualitativas do café torrado, principalmente do natural. Talvez isto se deva à proteção exercida pela casca, que mantém por um período de tempo mais prolongado teores de água elevados nas camadas intermediárias (polpa e mucilagem) dos frutos, facilitando a migração de compostos menores como açúcares e ácidos.

Os teores de açúcares encontrados nos grãos de café podem estar diretamente relacionados com as condições climáticas de cada região onde são produzidos, conforme Chagas et al. (1996). Neste trabalho os autores relatam haver diferença nos teores de açúcares redutores para os cafés analisados em distintas regiões, sendo os valores encontrados iguais a 1,87% para os cafés da região do Triângulo Mineiro, 1,39% para os cafés do Sul de Minas Gerais e 0,95% para os cafés da Zona da Mata Mineira. Os autores associaram estas variações às condições climáticas das regiões, que possivelmente devem ter proporcionado uma maturação mais uniforme do café, fazendo com que ocorra uma maior produção e acúmulo de açúcar. Os teores de açúcares totais relatados no mesmo trabalho foram de 7,75% nas amostras do Triângulo Mineiro, 7,03% nos cafés da região Sul de Minas Gerais e 5,32% nas amostras da Zona da Mata Mineira.

Malta et al. (2003) trabalharam com cafés submetidos a diferentes métodos de processamentos, como o café natural (processado de forma convencional, com todos os estádios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado. Após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento, avaliaram-se a composição físico-química e a qualidade do café, sendo realizadas as análises de açúcares redutores, não-redutores e totais nos grãos de café crus e moídos. Foram observadas diferenças entre os tratamentos, sendo que o café natural apresentou menores teores de açúcares redutores. Entretanto, não se observaram diferenças entre os três métodos de processamento através da análise sensorial, sendo os cafés classificados como bebida mole.

Outros autores confirmaram o efeito do clima no teor de açúcar, como Carvalho (1997), que cita as condições regionais de alta umidade relativa, aliadas a altas temperaturas, como sendo promotoras da ação de microrganismos, desencadeando processos fermentativos e transformando os açúcares em álcool.

Antes da maturação do fruto não se verificam alterações intensas nos teores de açúcares totais, redutores e não redutores. No momento em que ocorre a maturação, o acúmulo de açúcares redutores é maior que do que o de sacarose (Rena & Maestri, 1985). Prete et al. (1995) observaram que os frutos cereja possuem maiores teores de açúcares totais, redutores e não redutores do que os frutos verdes e verde-cana e Carvalho & Chalfoun (1985) constataram que este fato está relacionado à ausência da mucilagem nos frutos verdes, substância constituída por grande quantidade de açúcar.

Leite (1991), estudando a influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café, observou que os frutos no estádio cereja apresentaram maior quantidade de açúcares quando comparados aos frutos despulpados e os derriçados no pano.

Com a eliminação da polpa, retira-se parte dos açúcares que poderiam ser difundidos para o grão. Os cafés ditos derriçados no pano podem ter maior quantidade de frutos verdes, e portanto menores teores de açúcares, e os frutos passas e secos, devido à ocorrência de uma decomposição dos mesmos, exibiram os menores teores destes constituintes. Os valores médios dos açúcares totais encontrados foram de 3,6% e de açúcares não redutores, equivalentes a 3%. Variaram de 2,82 a 5,15 para o cereja, de 2,70 a 4,38 para o cereja despulpado e de 2,30 a 4,30 para o derriçado no pano. O autor atribui estes baixos valores de açúcares aos altos valores de amido, cujos valores variaram entre 13,37 e 18,73% para o café cereja despulpado; 12,92 e 19,23% para o café cereja e 12,44 e 18,54% para o derriçado no pano. O autor acredita que, nas diferentes regiões de Minas Gerais em que foi realizada a pesquisa, as condições climáticas devem ter acarretado um menor desdobramento do amido em açúcares, sendo os cafés destas mais ricos em amido e com menores teores de açúcares quando comparados aos cafés de outros locais.

Os grãos defeituosos contêm menores quantidades de açúcares, conforme foi verificado por Coelho (2000), que observou uma redução linear nos teores de açúcares totais à medida que grãos defeituosos eram adicionados ao café estritamente mole. Na análise sensorial, o café de bebida estritamente mole foi prejudicado pela inclusão de grãos defeituosos, com intensificação de alguns atributos indesejáveis mascarando outros atributos desejáveis no café de qualidade superior.

Com o objetivo de demonstrar que os processos fermentativos podem comprometer a qualidade da bebida e a classificação do café quanto ao tipo, Godinho et al. (1998) trabalharam com café-cereja recém colhido e passado em lavador. Em seguida, o produto foi acondicionado em sacos de polietileno trançado por diferentes períodos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias). Como resultado, os autores verificaram que os teores de açúcares redutores e não-redutores

diminuíram com o aumento no tempo dos frutos ensacados, levando os autores a concluírem que tal fato deveu-se à utilização desses açúcares nos processos fermentativos.

### **2.6.3 Acidez**

A acidez no café tem sido considerada um indicativo de qualidade do produto, sendo utilizada como auxiliar na prova de xícara. Essa acidez pode variar de acordo com os níveis de fermentações ocorridos nos grãos e também com os diferentes estádios de maturação dos mesmos, podendo aumentar gradativamente com a maturação (Pimenta, 2003).

Carvalho et al. (1994) constataram valores médios de acidez titulável total de 211,2; 235,5; 218,3; 250,4; 477,2 e 284,5 ml NaOH/100g de amostra para café bebida estritamente mole; mole; apenas mole; dura; riada e rio. Verificou-se um aumento significativo à medida que o grão apresenta uma pior qualidade, indicando que, a acidez titulável total pode servir como suporte para avaliar a qualidade da bebida.

A fermentação que pode ocorrer nos frutos do café desencadeia a formação dos ácidos oxálico, málico, cítrico, tartárico, pirúvico (não voláteis) e os ácidos acético, propiônico, valérico e butírico (voláteis), que são apontados como responsáveis pela acidez encontrada no café (Feldman et al., 1969). Esta acidez pode ser também causada pelos ácidos fenólicos Assim, o nível de fermentação ocorrido, bem como a origem da mesma, aliados ao estágio de maturação, definem o valor da acidez total titulável, tornando esta acidez um dos parâmetros utilizados como auxiliares na avaliação dos grãos. Observações semelhantes foram feitas por Arcila-Pulgarin & Valência-Aristzábal (1975) quando analisaram frutos verdes, os quais observaram que os mesmos

possuíam menores valores de acidez total titulável quando comparados com frutos em estádios de maturação mais avançados.

Os diversos provadores da OIC (1991) dividem a acidez encontrada no café em dois tipos: uma que é considerada como acidez desejável, chamada de “acidity”, originada principalmente das reações entre os ácidos málico e cítrico; e outra considerada indesejável ou “sourness”, que tem sua origem provavelmente em fermentações que ocasionaram um prolongamento nas reações. Estas fermentações prolongadas conferem ao café um sabor azedo, o que é percebido pelos bons provadores.

Myia et al. (1973/74) observaram que os defeitos pretos, ardidos e verdes apresentam um nível de acidez em ordem decrescente de intensidade.

Pereira (1997) observou menor índice de acidez do café estritamente mole que recebeu a inclusão de defeitos verdes, quando comparado ao café no qual foram incluídos grãos ardidos e pretos. O autor explica que a acidez observada nos defeitos verdes deveu-se ao fato de os mesmos não possuírem mucilagem e, assim, não terem sofrido fermentação do açúcar que a constitui, produzindo ácidos. Estes ácidos teriam a capacidade de migrar para o interior da semente, alterando a qualidade da bebida.

Na seqüência de seus trabalhos, Pereira (1997), trabalhando com o defeito “preto”, observou que por este ser um defeito oriundo de fermentações mais intensas do que os “ardidos”, deveriam apresentar teores mais elevados de acidez titulável, o que não aconteceu. Entretanto, o autor lembra que se deve considerar a possibilidade da ocorrência de uma maior volatilização e/ou lixiviação de ácidos em virtude de degradações mais intensas que tenham ocorrido nas membranas. Deve-se salientar, ainda, a possibilidade de que a acidez indesejável conferida por estes grãos dependa do tipo e da proporção dos ácidos presentes e não somente da quantidade dos mesmos.

A acidez, apesar de ser confundida com o sabor azedo para quem não é do ramo, é um atributo importante para os degustadores que classificam a bebida. Sivetz & Desorier (1979) consideram este sabor importante para os degustadores em função de sua percepção pelo paladar. Já a acidez indesejável pode ser proveniente de fatores climáticos ou indicativa do manuseio inadequado durante as fases de maturação e pós-colheita (Northmore, 1969).

Analisando os teores de acidez titulável total em cafés colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000), concluíram que os frutos cereja apresentaram maior acidez titulável total, vindo em seqüência os estádios seco/passa, verde cana e verde.

Pimenta (2001), trabalhando com café lavado e mantido ensacado por oito períodos diferentes antes da secagem (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias), concluiu que ocorreu um aumento gradativo na acidez titulável total, considerado por ele como fortes indicativos de perda de qualidade.

Pimenta (2001), avaliando diferentes épocas de colheita, observou que a acidez variou entre 200 e 250 ml de NaOH 0,1N e atribuiu esta maior acidez observada nas amostras que continham mais frutos no estágio cereja à constituição completa do fruto e às fermentações ocorridas na mucilagem. O mesmo autor (1995) encontrou valores médios de 247,86; 254,29; 260,71 e 255,00 ml de NaOH 0,1 N/100 g de amostra, para cafés nos estádios verde, verde-cana, cereja e seco/passa, respectivamente. Observou também que os grãos verdes têm menor acidez total titulável pela ausência de fermentações dos açúcares e conseqüente transferência dos ácidos formados para o grão.

Com o objetivo de avaliar a influência da época de colheita na qualidade de café, Carvalho Júnior (2002) estudou o efeito de seis sistemas de colheita em três épocas. O autor concluiu que, os cafés colhidos na época III (agosto)

apresentaram valores significativamente maiores ( $P < 0,01$ ) de acidez titulável total do que nas épocas I (junho) e II (julho).

Avaliando a qualidade de cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, Villela (2002) observou que o café natural apresentou, em relação ao despulpado, maior valor de acidez titulável total, o que provavelmente aconteceu devido à fermentação da mucilagem, cuja acidez tenha passado para o interior do grão.

Pereira et al. (2003) avaliaram os constituintes químicos do café obtidos dos processamentos descascamento, despulpamento, desmucilagem e natural, e observaram que o café natural apresentou maior valor de acidez titulável total sem, no entanto, diferir dos demais tratamentos.

Para avaliar o efeito do sistema de colheita, isoladamente de outros fatores que pudessem interferir na qualidade final do produto, Carvalho Júnior (2002) estudou a influência de diferentes sistemas de colheita em três tipos de café: cereja/verde, e bóia (provenientes da lavagem do café) e no café mistura (composto de frutos provenientes da lavoura). O autor concluiu que o café bóia apresentou um valor significativamente ( $P < 0,01$ ) maior de acidez quando comparado ao café verde/cereja e ao café mistura em função dos sistemas de colheitas, quando comparados com os sistemas mecanizados. Isto significa que a acidez total titulável dos grãos de café aumenta à medida que se retarda a colheita.

#### **2.6.4 Condutividade elétrica e potássio lixiviado**

As membranas celulares são as primeiras a serem afetadas quando o café é exposto a algum tipo de injúria (Amorim, 1978). O rompimento da estrutura da membrana favorece um contato maior entre as enzimas e os componentes químicos e mesmo entre os próprios componentes, intra e extracelulares, o que

provoca reações com modificações na composição química e, conseqüentemente, na qualidade dos grãos. O autor realizou testes de lixiviação de potássio com o objetivo de avaliar a integridade da membrana celular, sendo encontrados maiores índices de lixiviação de potássio em cafés de qualidade inferior. Com isto, concluiu-se que os cafés que sofreram deteriorações de qualidade tiveram as membranas afetadas.

O autor referenciou ainda que os grãos de café de bebida mole apresentaram maior concentração de polipeptídios e alto peso molecular, enquanto os de bebida rio apresentaram concentrações mais altas de polipeptídios de peso molecular baixo. Tal fato indica ter havido uma degradação de proteínas durante a deterioração da qualidade do café. O mesmo ocorreu com os lipídios, devido à hidrólise dos triglicerídeos e ao consumo metabólico dos insaponificáveis, aumentando a concentração de ácidos graxos livres e reduzindo os insaponificáveis. Como esses compostos fazem parte das membranas do grão, Amorim & Silva (1968) afirmaram que as modificações químicas, e provavelmente estruturais, nas membranas ocorrem devido à deterioração do café.

Malta et al. (2003) trabalharam com cafés submetidos a diferentes métodos de processamentos, como o café natural (processado de forma convencional, com todos os estádios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado. Após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento, avaliaram a condutividade elétrica e lixiviação de potássio, não sendo encontradas diferenças significativas entre as amostras analisadas.

Na determinação da condutividade elétrica, os grãos são imersos em água, assim, o nível de degradação das membranas influenciará na sua permeabilidade, aumentando a quantidade de eletrólitos que serão translocados para este meio aquoso (Ching & Schoolcraft, 1968). A medição da

condutividade elétrica é possível através de um aparelho chamado condutivímetro, que mede as cargas elétricas, lixiviadas do citoplasma na água de imersão.

Amorim (1978) observou uma ocorrência crescente de íons potássio no meio líquido à medida que aumentava o grau de deterioração do grão de café. O potássio é o íon presente em maior quantidade no grão de café, o que explica ser o mais observado nos líquidos citoplasmáticos lixiviados.

Goulart et al. (2003) fizeram uma análise comparativa entre lixiviação de potássio e condutividade elétrica em diversas amostras de café do Estado de Minas Gerais, com diferentes padrões de qualidade. Este trabalho concluiu que os valores da lixiviação de potássio e condutividade elétrica aumentaram com a queda da qualidade do café; ambas se adequaram para separar amostras de café consideradas de melhor qualidade (estritamente mole, mole e apenas mole) das de pior qualidade (duro e riado), colocando em último lugar a amostra de bebida rio.

Diversos autores vêm observando haver uma relação direta entre a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio (Lopes, 2000; Pinto et al., 2003 e Villela, 2002). No estudo da composição química de grãos de diferentes cultivares de café, Mendonça (2004) observou haver uma correlação positiva entre a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio por meio de análise multivariada.

Para avaliar o efeito do sistema de colheita, isoladamente de outros fatores que pudessem interferir na qualidade final do produto, Carvalho Júnior (2002) estudou a influência de diferentes sistemas de colheita em três tipos de café: cereja/verde, bóia (provenientes da lavagem do café) e no café mistura (composto de frutos provenientes da lavoura). O autor concluiu que o café bóia

apresentou um valor significativamente ( $P < 0,01$ ) menor de lixiviação de potássio quando comparado com o café verde/cereja e o café mistura.

Pinto (2002) relata, que em um de seus trabalhos, que as melhores bebidas avaliadas apresentaram menores valores de condutividade elétrica.

Pesquisa realizada por Pimenta et al. (1997) revelaram que frutos colhidos nos estádios verde, verde-cana, cereja e seco/passa apresentaram respectivamente, valores de lixiviação de 59,19; 33,95; 24,37; e 38,15 ppm/g de amostra, confirmando a observação de Prete (1992) de que o defeito verde está diretamente ligado à lixiviação de potássio.

Pimenta (2001), estudando sete épocas de colheita, verificou valores decrescentes para a lixiviação de potássio da primeira para a última época de colheita. Tais variações foram atribuídas ao fato de que nas épocas em que as porcentagens de frutos verdes são maiores, existe uma lixiviação de potássio mais elevada, devido ao fato de estes grãos ainda não terem suas membranas celulares completamente estruturadas e possuem alto teor de potássio no interior das células, permitindo maior lixiviação deste íon. Os valores para a lixiviação de potássio encontrados pelo autor variaram de 59,04 ppm na primeira época a 56,14 ppm na última.

Com o objetivo de avaliar a influência da época de colheita na qualidade de café, Carvalho Júnior (2002) estudou o efeito de seis sistemas de colheita em três épocas. O autor concluiu que os cafés colhidos na época III (agosto) apresentaram valores significativamente maiores ( $P < 0,01$ ) de condutividade elétrica e lixiviação de potássio do que nas épocas I (junho) e II (julho).

Pereira et al. (2003), estudando os constituintes químicos dos cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, observaram que o café natural apresentou o menor valor de lixiviação de potássio, enquanto o despulpado teve o maior valor. Estes resultados demonstraram a importância dos cuidados na

pré-colheita, colheita e pós-colheita do café, já que injúrias ocasionadas promovem alterações nas estruturas celulares e, conseqüentemente, na composição química, podendo alterar a qualidade da bebida.

Também Villela (2002), avaliando a qualidade de cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, observou que o café natural apresentou maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio que os demais.

### **2.6.5 Polifenóis**

Os compostos fenólicos no café são responsáveis pela cor e adstringência do fruto e contribuem para o sabor e o aroma do produto final. Quando ocorre a hidrólise do ácido clorogênico, que dos polifenóis é o encontrado em maior quantidade, ele converte-se em ácido caféico e quínico (estes, por terem o fenol como grupo cíclico, possuem um sabor mais amargo e adstringente que os demais ácidos, segundo Menezes 1994), prejudicando a qualidade da bebida. Além disto, os polifenóis atuam sobre os aldeídos como agentes protetores da oxidação, o que indica estarem diretamente ligados com a qualidade. Na ocorrência de qualquer injúria no grão, a polifenoloxidase é liberada das células e age sobre os polifenóis, estes são oxidados a quinonas, as quais, em quantidades expressivas, atuam inibindo a polifenoloxidase, diminuindo sua atividade. A oxidação dos polifenóis a quinonas anula sua ação antioxidante sobre os aldeídos, sendo então oxidados, causando alterações no aroma do café após o processo de torração (Amorim & Silva, 1968).

Dentan (1992) observou que os polifenóis estão associados à graxa cuticular que ocorre na superfície do grão, sendo também encontrados no citoplasma, ao lado da parede celular do endosperma, no parênquima.

Os polifenóis foram observados nos teores de 8,73% nos frutos cereja e 9,66% nos frutos colhidos por derriça em trabalhos realizados por Carvalho et al. (1989). Os maiores teores de polifenóis estão associados à depreciação da bebida; com isso pode-se deduzir que os frutos verdes contribuem mais para a perda da qualidade da bebida. A diminuição gradativa dos teores destes compostos à medida que o grão vai amadurecendo é uma realidade comprovada por Abreu et al. (1996) e Pimenta (1995).

Analisando os teores de compostos fenólicos em cafés colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000) concluíram que os frutos seco/passa apresentaram os menores teores destes compostos, vindo em sequência os estádios cereja, verde cana e verde.

Para avaliar o efeito do sistema de colheita, isoladamente de outros fatores que pudessem interferir na qualidade final do produto, Carvalho Júnior (2002) estudou o efeito de diferentes sistemas de colheita em três tipos de café: cereja/verde, e bóia (provenientes da lavagem do café) e no café mistura (composto de frutos provenientes da lavoura). O autor concluiu que o sistema de colheita manual derriçou uma porcentagem significativamente ( $P < 0,05$ ) maior de frutos verdes quando comparada com os sistemas mecanizados. Provavelmente, isto influenciou nos resultados dos valores médios de polifenóis posteriormente observados, com diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os valores médios destes em função dos sistemas de colheita estudados.

Goulart et al. (2003) fizeram uma análise do teor de ácido clorogênico em diversas amostras de café do Estado de Minas Gerais, com diferentes padrões de qualidade. Este trabalho concluiu que o teor de ácido clorogênico não variou em função da qualidade da bebida.

Analisando os teores de compostos fenólicos em café colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000) concluíram que os frutos no estágio verde apresentaram maiores teores de compostos fenólicos

Pimenta (2001) verificou que os teores de polifenóis diminuem à medida que se retarda a colheita, resultado atribuídos à grande quantidade de frutos verdes nas primeiras épocas de colheita.

Abreu (1996), estudando o efeito da adição de defeito verde na composição química de cafés classificados como de bebida estritamente mole, constatou ocorrer um aumento nos compostos fenólicos nas misturas que continham maiores quantidades deste defeito.

Coelho (2000) avaliou os teores de polifenóis após realizar a inclusão de grãos defeituosos e observou um aumento linear nos teores destes compostos em café de bebida estritamente mole com a inclusão de diferentes quantidades de defeitos ardidos e pretos. Estes defeitos, segundo o autor, podem ter maiores teores de polifenóis devido ao mecanismo de defesa em reação à infecção microbiana.

Os polifenóis podem ter origem a partir da infecção dos frutos pelo fungo *Fusarium* sp, por exemplo. Para se defender deste fungo, a planta ativa um mecanismo de defesa a partir do qual são produzidos estes compostos, segundo observações feitas por Amorim (1978).

Analisando os teores de polifenóis em cafés submetidos aos métodos de processamentos de café natural (processado de forma convencional, com todos os estádios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado, Malta et al. (2003) não encontraram diferença significativa para estes componentes químicos após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento.

A resultado semelhante ao citado anteriormente chegou Villela (2002) quando, avaliando a qualidade de cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, observou que o tipo de processamento não influenciou no teor de polifenóis.

Pereira et al. (2003), trabalhando com cafés oriundos de quatro tipos de processamento cafés naturais, descascados, despulpados e desmucilados, observaram existência de diferenças químicas e qualitativas entre os mesmos na torração média. Após secagem, beneficiamento e torração, foi realizada análise de compostos fenólicos, verificando-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável em questão.

#### **2.6.6 Sólidos solúveis**

Num trabalho realizado com cafés obtidos por diferentes tipos de processamento (natural, despulpado, descascado e desmucilado), Pereira et al. (2003) observaram que o café natural apresentou maiores teores de sólidos solúveis, o que certamente ocorreu em virtude da presença da polpa e da mucilagem durante a secagem dos frutos, confirmando seu potencial de propiciar bebidas mais encorpadas.

Avaliando a qualidade de cafés descascado, despulpado, desmucilado e natural, Villela (2002) observou que o café natural apresentou maiores valores de sólidos solúveis totais, entretanto, o autor não atribuiu esta variação aos diferentes tipos de processamentos.

Analisando os teores de sólidos solúveis em café colhidos em diferentes estádios de maturação (verde, verde cana, cereja e seco/passa), Pimenta et al. (2000) concluíram que os frutos no estádio verde apresentaram menores teores de sólidos solúveis. Os maiores valores foram encontrados para o fruto verde cana estando os demais com valores iguais.

Carvalho et al. (1994) relatam que existe uma influência do estágio de maturação na qualidade do café, sendo que os grãos colhidos no estágio de maturação verde, bem como aqueles secos na planta, mostram baixos teores de sólidos

Trabalhando com cafés submetidos a diferentes métodos de processamentos, Malta et al. (2003) verificaram que o café natural (processado de forma convencional, com todos os estágios de maturação dos frutos), cereja descascado e cereja desmucilado, após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento, apresentavam diferenças quanto ao teor sólidos solúveis totais. As análises demonstraram que o café natural possui valores médios superiores de sólidos solúveis que os demais tratamentos. Entretanto, esta diferença não interferiu na classificação das amostras pela análise sensorial, sendo os cafés classificados como bebida mole.

Pereira et al. (2003) analisaram cafés oriundos de quatro tipos de processamento: cafés naturais, descascados, despulpados e desmucilados, os quais foram submetidos à torração média para averiguar a existência de diferenças químicas e qualitativas entre os mesmos. Após secagem, beneficiamento e torração, foram realizadas análises de sólidos solúveis totais, para as quais foram encontradas diferenças significativas, através das quais o café cereja natural apresentou valores médios significativamente superiores. Talvez isto se deva à proteção exercida pela casca, que mantém por um período de tempo mais prolongado teores de água elevados nas camadas intermediárias (polpa e mucilagem) dos frutos, facilitando a migração de compostos menores como açúcares e ácidos.

Malta et al. (2003) trabalharam com cafés submetidos a diferentes métodos de processamentos, como o café natural (processado de forma convencional, com todos os estágios de maturação dos frutos), cereja descascado

e cereja desmucilado. Após secagem em terreiro de alvenaria e beneficiamento, os autores avaliaram a concentração de sólidos solúveis, cujos valores no café natural e bóia foram maiores que nos demais processamentos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização do experimento**

Em busca de informações que possam subsidiar as discussões sobre as influências de diversos fatores na qualidade da bebida do café, realizou-se o presente trabalho, oportunidade em que foram visitadas 37 empresas cafeeiras, distribuídas em 11 municípios da Região do Sul de Minas Gerais, colhendo-se amostras de cafés processados por via seca.

A coleta das amostras foi realizada entre os meses de julho e dezembro de 2002, tendo sido registradas as altitudes das propriedades, pois existem relatos que as citam como fatores importante na qualidade da bebida.

O preparo das amostras, armazenamento, classificação, análises químicas, físicas e sensoriais foram realizados no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café, no Laboratório de Grãos e Cereais do Departamento de Ciência dos Alimentos e no Laboratório Dr. Alcides de Carvalho, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), ambos localizados no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Foram incluídos nesta amostragem os municípios da região Sul de Minas Gerais, que possuíam lavouras nas altitudes médias entre 700 e 1255 m.

Para avaliar a influência da altitude na qualidade do café após a coleta das amostras, as respectivas propriedades foram agrupadas nas faixas denominadas de altitude 1, que variou de 700 a 850 m; altitude 2, de 851 a 950 m; e altitude 3, de 951 a 1255 m. A amplitude destas três faixas foi definida após a coleta das amostras de tal forma que ambas tivessem um número aproximadamente igual de propriedades, ou seja, um número balanceado de propriedades por faixa de altitude.

Determinaram-se as altitudes das lavouras utilizando um altímetro, sendo os valores médios utilizados para fins dos cálculos.

Na Tabela 6 estão apresentadas as propriedades em função das faixas de altitude, na qual se observa que apenas um município apresentou propriedades abrangendo todas as três faixas.

**TABELA 6** Faixa de altitude de abrangência, número de propriedades e de municípios correspondentes.

Município	Altitude			Total
	700 - 850 m	851 - 950 m	951 - 1255 m	
1 - Cabo Verde	1	2	-	3
2 - Boa Esperança	3	1	-	4
3 - Guapé	3	1	1	5
4 - Lavras	1	-	1	2
5 - São Sebastião do Paraíso	1	3	-	4
6 - Piumhi	2	1	-	3
7 - Passos	3	1	-	4
8 - Três Pontas	-	3	1	4
9 - Santo Antônio do Amparo	-	-	3	3
10 - Poços de Caldas	-	-	4	4
11 - Muzambinho	-	-	1	1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>37</b>

## **3.2 Metodologia analítica**

### **3.2.1 Preparo das amostras**

A amostragem foi realizada coletando o maior número de amostras possível (amostras simples), as quais foram posteriormente misturadas, formando amostras compostas, das quais foram retiradas as quantidades suficientes para a realização das diversas análises. A maioria das amostras coletadas foi beneficiada nas propriedades e uma pequena parte, em coco, foi beneficiada no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café, da Universidade Federal de Lavras.

Um grupo de amostras foi preparado retirando-se os defeitos intrínsecos (grãos preto, ardido, verde, concha, mal granado, quebrado esmagado brocado) e os extrínsecos (pau, pedra, coco, marinheiro, casca etc), o qual foi considerado como café sem defeitos. A partir destas amostras, para cada parâmetro químico analisado foram moídos 150 gramas de grãos, perfazendo uma amostra composta, a qual foi posteriormente dividida em três sub-amostras de 50 gramas, passando a ser consideradas como repetições.

Procedimento semelhante ao anterior foi adotado para as amostra consideradas com defeitos, sendo que, neste caso, foram retirados apenas os defeitos considerados extrínsecos.

As amostras destinadas às análises químicas foram moídas durante 3 minutos em moinho de bola (modelo Prolabo, Paris) com nitrogênio líquido. Após a moagem, o material foi acondicionado em embalagem plástica e armazenado em freezer, com temperatura aproximada de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Neste trabalho, para avaliação da qualidade do café foram realizadas análises nas amostras com e sem defeitos, para determinação da condutividade elétrica, potássio lixiviado, acidez total titulável, compostos fenólicos, sólidos solúveis totais, pH, açúcares redutores e não-redutores.

### **3.2.2 Análise sensorial**

A classificação da bebida pela análise sensorial (prova de xícara) foi realizada por um provador credenciado pelo Ministério da Agricultura, no Pólo de Tecnologia em Qualidade de Café localizado no CEPECAFÉ (UFLA).

Foram utilizados 10 gramas de café em torração clara e moagem grossa para cada xícara avaliada, sendo adicionados 100 ml de água no ponto inicial de ebulição (aproximadamente 90 °C). Esta análise foi realizada utilizando três xícaras para cada amostra, sendo estas avaliadas com e sem defeitos.

### **3.2.3 Classificação por tipo**

A classificação por tipo foi realizada através da soma do número de defeitos encontrados em 300 g de amostras de café beneficiado; cada defeito recebeu sua equivalência conforme rege a Instrução Normativa nº 8 (Brasil, 2003). Foram separados todos os tipos de defeitos intrínsecos (grãos pretos, ardidos, conchas, mal granados, brocados e quebrados) e extrínsecos (casca, café coco, marinho, paus, pedras, torrões etc.). Os defeitos foram quantificados e pesados.

### **3.2.4 Teor de água**

O teor de água dos grãos foi determinado em estufa ventilada a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, segundo Brasil (1992). Os resultados foram expressos em porcentagem em base úmida (%b.u).

### **3.2.5 Condutividade elétrica**

A técnica para a determinação da condutividade elétrica foi uma adaptação da metodologia proposta por Prete et al. (1992). Utilizaram-se três

sub-amostras contendo 50 grãos de cada amostra original, considerando a presença e a ausência dos defeitos intrínsecos (grãos pretos, ardidos, conchas, mal granados, brocados e quebrados). Foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,01 grama. As amostras foram colocadas em copo plástico de 200 ml de volume, ao qual foram adicionados 75 ml de água destilada. Posteriormente os copos foram colocados em estufa ventilada sob temperatura de 25° C durante 5,0 horas. Após este período, realizou-se a leitura da condutividade elétrica da solução, a cada 15 minutos, utilizando-se o aparelho ANALION C – 701. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra.

### **3.2.6 Lixiviação de íons potássio**

A extração foi realizada após 3,5 horas de embebição dos grãos, e a determinação da quantidade de potássio lixiviado foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK- 2002, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Os resultados foram expressos em ppm.

### **3.2.7 Açúcares totais, redutores e não redutores**

Extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990), e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

### **3.2.8 Sólidos solúveis**

Determinados em refratômetro portátil Atago - Palette modelo PR-100 (0- 32%), conforme normas da AOAC (1990).

### **3.2.9 Acidez total titulável e pH**

A partir do filtrado obtido pela agitação de 2 gramas de amostra em 50 ml de água, a acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1N de acordo com técnica descrita pela AOAC (1990) e expressa em ml de NaOH 0,1N por 100 gramas de amostra. A partir do mesmo extrato, o pH foi medido utilizando-se peagâmetro marca Gehaka.

### **3.2.10 Polifenóis**

Foram extraídos à quente pelo método de Goldstein & Swain (1963) utilizando metanol 80% (V/V) como extrator e identificados pelo método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em %.

## **3.3 Análise estatística**

Os resultados experimentais foram analisados utilizando-se técnicas multivariadas, em que as variáveis possivelmente responsáveis pela qualidade são consideradas em grupos. De acordo com um modelo hierarquizado multivariado, cada fonte de variação foi analisada por uma aproximação da estatística “F”, segundo os critérios apresentados por Johnson & Wichern (1988).

Numa primeira análise multivariada, foram envolvidas oito variáveis com o objetivo de identificar diferenças entre as fontes de variação, representadas por meio da “manova” (Johnson & Wichern, 1988).

Após a verificação de quais fontes foram significativas, determinou-se a formação de grupos, indicando níveis de qualidade do café. Para isto, realizou-se a análise de clusters por K-médias (Johnson & Wichern, 1988).

Cabe salientar que esta análise permitiu inferir quais das variáveis analisadas foram relevantes para a determinação da qualidade do café nas três altitudes avaliadas. Após esta conclusão, realizou-se uma nova análise multivariada, reagrupando estas variáveis, as quais foram decisivas na determinação da qualidade do café nas três altitudes.

Todo o procedimento anterior foi utilizado tanto nas análises das amostras de café sem defeitos, quanto naquelas com defeitos utilizando o programa SAS (Statistical Analyses System).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando utiliza-se a análise estatística univariada, devido ao fato da qualidade do café ser influenciada por diversos fatores analisados, os quais podem atuar em grupos ou isoladamente, torna-se extremamente difícil identificar quais são aqueles fatores que tem uma maior contribuição na definição da qualidade do café.

Neste trabalho, para que fosse evitada a situação descrita anteriormente, fez-se uso da análise estatística multivariada, a qual possibilitou comprovar que a condutividade elétrica, potássio lixiviado e acidez total titulável, podem ser utilizados como descritores da qualidade do café.

Na Tabela 7, são apresentados os resultados dos critérios multivariados para análise estatística, da fonte de variação altitude. Observa-se que, os quatro critérios estatísticos para análise multivariada, mostraram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ), para o fator altitude.

**TABELA 7** Critérios multivariados para análise estatística da fonte de variação altitude.

<b>Critério Estatístico</b>	<b>Aproximação da Estatística F</b>	<b>GL (Num)</b>	<b>GL (Den)</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Wilks'	4,70	18	348	<0,0001**
Traço de Pillai	4,64	18	350	<0,0001**
Traço de Hotelling-Lawley	4,77	18	286	<0,0001**
Roy's	6,93	9	175	<0,0001**

\*\* significativo a 1%

Vários autores, como OIC (1991), Guyot (1996), Figueroa et al. (2000), Ortolani et al. (2000), Silva (2003), e Decassy et al. (2003), nos diversos trabalhos realizados, concluíram que a altitude, juntamente com as condições climáticas por ela definidas, exercem grande influência na qualidade do café.

Devido à avaliação da influência das diferentes altitudes na qualidade do café ser um dos objetivos deste trabalho, os resultados apresentados na Tabela 7 revelam-se de grande valia para o desenvolvimento do mesmo.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos critérios multivariados para a análise estatística da fonte de variação município dentro de altitude.

Observa-se, na Tabela 8, que os quatro critérios estatísticos para análise multivariada mostraram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ), para a fonte de variação município dentro de altitude.

Embora tenham sido significativas as diferenças entre municípios dentro de altitude, estes resultados não tiveram um estudo detalhado, pois o objetivo principal era verificar a influência da altitude na qualidade do café.

Na Tabela 9 são apresentados os critérios multivariados para análise estatística da fonte de variação propriedade dentro de município. Observa-se que os quatro critérios estatísticos para análise multivariada mostraram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ).

**TABELA 8** Critérios multivariados, para análise estatística da fonte de variação município dentro de altitude.

<b>Critério Estatístico</b>	<b>Aproximação da Estatística F</b>	<b>GL (Num)</b>	<b>GL (Den)</b>	<b>p-valor</b>
Wilks	4,25	63	986	<0,0001**
Traço de Pillai	3,69	63	1260	<0,0001**
Traço de Hotelling-Lawley	4,77	63	643	<0,0001**
Roy's	19,70	9	180	<0,0001**

\*\* significativo a 1%

**TABELA 9** Critérios multivariados para análise estatística da fonte de variação propriedade dentro de município.

<b>Critério Estatístico</b>	<b>Aproximação da Estatística F</b>	<b>GL (Num)</b>	<b>GL (Den)</b>	<b>p-valor</b>
Wilks	3,95	153	1409	<0,0001**
Traço de Pillai	3,33	153	1638	<0,0001**
Traço de Hotelling-Lawley	4,73	153	953	<0,0001**
Roy's	22,67	17	182	<0,0001**

\*\* significativo a 1%

Apesar de terem ocorrido diferenças significativas entre propriedades dentro de municípios, não se realizou um estudo detalhado destes resultados, uma vez que o objetivo principal era avaliar o efeito da altitude na qualidade.

Na Tabela 10 são mostrados os critérios multivariados, para análise estatística da fonte de variação defeito. Observa-se que os quatro critérios estatísticos para análise multivariada mostraram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ).

**TABELA 10** Critérios multivariado para análise estatística da fonte de variação defeito.

<b>Critério Estatístico</b>	<b>Aproximação da Estatística F</b>	<b>GL (Num)</b>	<b>GL (Den)</b>	<b>p-valor</b>
Wilks	38,40	9	174	<0,0001**
Traço de Pillai	38,40	9	174	<0,0001**
Traço de Hotelling-Lawley	38,40	9	174	<0,0001**
Roy's	38,40	9	174	<0,0001**

\*\* significativo a 1%

Observa-se que a fonte de variação defeito foi significativa para todos os critérios estudados. Este fato induziu a realização de um estudo detalhado dos mesmos, procurando determinar a influência destes defeitos na qualidade da bebida.

Diversos autores, como Abreu et al. (1996), Coelho (2000), Freire & Miguel (1985), Meireles (1990), Myia et al. (1973), Pereira (1997) e Pimenta (2001) e Teixeira et al. (1968), estudaram a interferência dos diferentes tipos de defeitos na qualidade do café. Os resultados obtidos por esses autores levaram a ser considerada, neste trabalho, a presença de defeitos como fator importante na determinação da qualidade do café.

Na Tabela 11 são apresentados os critérios multivariados para análise estatística da fonte de variação altitude × defeito. Observa-se que dois critérios estatísticos para análise multivariada mostraram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ) e um ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ). Para o critério Traço de Pillai, não houve diferença significativa.

**TABELA 11** Critérios multivariados para análise estatística da fonte de variação altitude x defeito.

<b>Critério Estatístico</b>	<b>Aproximação da Estatística F</b>	<b>GL (Num)</b>	<b>GL (Den)</b>	<b>p-valor</b>
Wilks	1,64	18	348	0,0489*
Traço de Pillai	1,62	18	350	0,0521
Traço de Hotelling-Lawley	1,66	18	286	0,0469*
Roy's	2,69	9	175	0,0060**

\* significativo a 5%

\*\* significativo a 1%

As significâncias apresentadas para três critérios estatísticos, na Tabela 11, indicam que ocorreu uma interação entre as fontes de variação altitude e defeito. Este resultado torna-se de grande importância para este trabalho, uma vez que os defeitos variam de acordo com a altitude, os quais, segundo diversos autores, interferem na qualidade. Assim sendo, as amostras foram analisadas com e sem os defeitos, nas três faixas de altitudes.

#### **4.1 Primeira análise de clusters**

##### **4.1.1 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 1**

###### **4.1.1.1 Formação de grupos**

O método de análise de variância multivariada procura avaliar os dados que estão sendo analisados de tal forma que os mesmos sejam reunidos em tantos grupos (clusters) quantos sejam necessários, levando em consideração a distância média de cada observação em relação a um ponto denominado “centróide”. O centróide é considerado como um ponto de equilíbrio entre as médias de todas as variáveis estudadas e agrupadas por similaridade entre os valores.

Para o entendimento da formação dos grupos foram apresentadas as informações da Tabela 12, em que são apresentados os resultados das análises de todas as variáveis avaliadas: polifenóis (Fenol), condutividade elétrica (CE), potássio lixiviado (KLix), acidez total titulável (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ACNR). Observa-se ainda, na última coluna, a formação de grupos, o que se deve à prévia decisão de classificar as amostra em três grupos, de acordo com os resultados das análises.

Cada amostra foi identificada pela letra “v”(escolhida aleatoriamente) e um número que variou de 1 a 37 (total de amostras coletadas), cujo objetivo foi facilitar a identificação junto a outras amostras no laboratório

A identificação de cada amostra aparece três vezes na primeira coluna da Tabela 12, representando três repetições, sendo, nas colunas seguintes, apresentados os valores encontrados para as análises das oito variáveis avaliadas.

**TABELA 12** Formação de grupos para as propriedades situadas na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

<b>Amostra</b>	<b>Fenol</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>pH</b>	<b>SST</b>	<b>ACR</b>	<b>ACNR</b>	<b>Grupo</b>
v16 (Piumhi)	4,51	148,84	51,53	200,00	6,10	12,50	0,79	6,93	1
v16 (Piumhi)	4,80	148,24	49,09	193,75	6,08	12,50	0,72	6,79	1
v16 (Piumhi)	4,98	144,75	48,75	193,75	6,05	12,50	0,66	7,35	1
V18 (Piumhi)	5,24	153,58	42,23	218,75	5,96	13,50	0,46	7,60	1
v18 (Piumhi)	5,31	150,70	41,10	243,75	5,91	13,50	0,43	8,07	1
v1 (B.Esperança)	7,83	103,02	26,82	200,00	5,89	13,00	0,54	7,20	2
v1 (B.Esperança)	7,36	103,95	24,07	187,50	5,89	13,10	0,47	7,00	2
v3 (B.Esperança)	5,75	104,32	32,54	225,00	6,02	13,50	0,45	5,84	2
v3 (B.Esperança)	5,83	102,71	32,06	225,00	5,99	13,00	0,40	6,49	2
v4 (B.Esperança)	5,17	105,14	34,86	218,75	6,00	13,00	0,87	5,00	2
v4 (B.Esperança)	5,27	105,47	30,33	206,25	5,92	13,00	0,63	7,10	2
v4 (B.Esperança)	5,92	106,92	25,72	218,75	5,90	14,50	0,73	5,34	2
v5 (Cabo Verde)	5,43	88,54	28,38	187,50	6,02	12,50	0,32	8,04	2
v7 (Guapé)	6,00	113,23	32,21	206,25	6,13	13,00	0,39	8,05	2
v8 (Guapé)	5,50	92,60	29,96	206,25	6,05	13,00	0,49	5,17	2
v8 (Guapé)	5,85	91,05	29,74	200,00	6,03	13,00	0,51	7,29	2
v8 (Guapé)	5,64	92,64	28,24	218,75	6,01	13,00	0,61	7,81	2
v12 (Passos)	5,36	92,70	28,58	206,25	6,07	13,50	0,70	6,57	2
v12 (Passos)	5,59	91,38	28,45	187,50	6,00	13,50	0,57	6,97	2

“...Continua...”

“TABELA 12 Continuação”.

<b>Amostra</b>	<b>Fenol</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>pH</b>	<b>SST</b>	<b>ACR</b>	<b>ACNR</b>	<b>Grupo</b>
v12 (Passos)	5,89	86,75	26,28	181,25	6,01	13,00	0,59	6,75	2
v13 (Passos)	4,82	91,62	28,37	212,50	5,98	13,00	0,52	6,72	2
v18 (Piumhi)	5,57	14,44	35,19	212,50	5,96	13,50	0,45	7,31	2
v29 (S.S.Paraiso)	5,25	85,31	23,13	231,25	6,00	14,00	0,45	6,80	2
v29 (S.S.Paraiso)	5,68	79,53	21,46	218,75	5,92	14,50	0,45	6,41	2
v34 (Lavras)	4,86	100,96	33,99	212,50	6,05	13,00	0,37	8,02	2
v34 (Lavras)	4,85	94,28	32,47	225,00	6,04	13,00	0,48	8,29	2
v34 (Lavras)	4,00	90,57	32,59	225,00	6,04	12,00	0,43	7,53	2
v1 (B.Esperança)	7,57	97,42	25,96	275,00	5,88	13,00	0,50	7,57	3
v3 (B.Esperança)	97,42	97,56	31,17	256,25	5,98	13,00	0,42	5,71	3
v5 (Cabo Verde)	97,56	92,10	26,34	243,75	6,00	13,50	0,40	5,92	3
V5 (Cabo Verde)	92,10	88,70	26,02	256,25	6,02	13,00	0,32	5,60	3
v7 (Guapé)	88,70	122,90	36,82	250,00	6,14	13,00	0,42	5,78	3
v7 (Guapé)	122,90	116,69	41,28	243,75	6,10	13,50	0,43	6,15	3
v10 (Guapé)	116,69	111,75	34,56	293,75	6,17	12,50	0,45	5,82	3
v10 (Guapé)	111,75	120,69	36,37	281,25	6,16	12,50	0,45	5,55	3
v10 (Guapé)	120,69	114,20	34,50	243,75	6,16	12,00	0,31	6,55	3
v13 (Passos)	114,20	84,41	26,41	250,00	5,99	13,00	0,66	4,14	3
v13 (Passos)	84,41	88,98	26,64	256,25	6,00	13,00	0,61	5,31	3
v14 (Passos)	88,98	121,88	40,40	250,00	5,97	13,00	0,75	4,50	3
v14 (Passos)	121,88	119,73	34,78	250,00	6,04	12,50	0,85	4,83	3
v14 (Passos)	119,73	122,96	38,84	256,26	5,97	12,50	0,73	4,93	3
v29 (S.S Paraíso)	122,96	84,79	23,56	250,00	5,95	14,00	0,40	6,03	3

B. Esperança = Boa Esperança

S.S Paraíso = São Sebastião do Paraíso

#### 4.1.1.2 Análise estatística

Na Tabela 13, cujo objetivo principal é a nomeação dos grupos, está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 1 para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3

grupos distintos: onde o grupo 1 foi composto por 5 observações; o grupo 2, por 22; e o grupo 3, por 15 observações.

Na Tabela 14 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 1, para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que o grupo 2 apresenta os valores das variáveis CE, KLix e ATT menores que os demais, o que pode ser um indicativo de que, neste grupo, estão as amostras de café com qualidade superior, vindo em seguida os grupos 3 e 2.

Vários autores, como Amorim (1978), Pimenta (2001), Villela (2002), Pinto (2002), Pereira et al. (2003) e Goulart et al. (2003), e citaram, em seus trabalhos, que os menores valores da condutividade elétrica e da lixiviação de potássio relacionam-se diretamente com a melhor qualidade do café.

Na Tabela 15 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 1. Observa-se que, entre todas as variáveis estudadas, CE, KLix e ATT foram as únicas que contribuíram igualmente e de forma significativa para a discriminação dos grupos. Isto leva a crer que os resultados das análises destas três variáveis podem ser utilizados como parâmetros importantes na classificação da qualidade do café quanto à composição química.

**TABELA 13** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores do café natural sem defeitos produzido na altitude 1 (700 a 850 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	5	17,929	34,233
Grupo 2	22	18,738	78,429
Grupo 3	15	23,121	70,324

**TABELA 14** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas dentro da altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

<b>Variável</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
Fenol	4,9680	5,6100	5,6133
CE	149,2220	92,5968	105,6507
KLix	46,5400	29,3382	32,2433
ATT	210,0000	209,6591	257,0840
pH	6,0200	5,9964	6,0353
SST	12,9000	13,2091	12,9333
ACR	0,6120	0,5191	0,5133
ACNR	7,3466	6,8940	11,1985

**TABELA 15** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	GL (Grupo)	GL (Resíduo)	Pr>F
Fenol	2	39	0,234
<b>CE</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>KLix</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>ATT</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
PH	2	39	0,304
SST	2	39	0,247
ACR	2	39	0,401
ACNR	2	39	0,425

#### 4.1.2 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 2

##### 4.1.2.1 Formação de grupos

Na Tabela 16 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições de todas as variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 2 (851 a 950 m), para amostras de café natural sem defeitos, nas quais se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 16** Formação de grupos para as propriedades na altitude 2 (851 a 950 metros) para amostras de café natural sem defeitos.

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v30 (Três Pontas)	5,53	92,64	31,72	256,25	5,94	13,50	0,52	6,61	1
v30 (Três Pontas)	5,60	87,89	29,97	275,00	5,93	14,50	0,58	7,06	1
v30 (Três Pontas)	5,79	97,79	31,32	287,50	6,01	14,00	0,40	7,78	1
v31 (Três Pontas)	5,51	86,13	26,13	312,50	5,87	14,00	0,52	7,46	1

“...Continua...”

“TABELA 16 Continuação”

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v31 (Três Pontas)	5,64	86,96	26,66	262,50	5,90	14,00	0,44	7,03	1
v31 (Três Pontas)	5,98	91,40	30,16	275,00	5,88	14,50	0,43	7,66	1
v32 (Três Pontas)	5,87	111,08	34,34	250,00	5,98	14,50	0,26	6,87	1
v32 (Três Pontas)	5,89	112,45	38,33	243,75	5,97	15,00	0,41	6,57	1
v32 (Três Pontas)	5,86	121,53	35,43	250,00	6,01	14,50	0,33	6,57	1
v2 (B.Esperança)	5,13	79,29	32,59	225,00	5,87	13,00	0,34	6,49	2
v2 (B.Esperança)	5,56	81,93	26,20	193,75	5,87	13,50	0,32	6,76	2
v2 (B Esperança)	5,49	95,66	30,47	187,50	5,92	13,00	0,40	6,60	2
v6 (Cabo Verde)	6,18	100,42	28,40	187,50	6,04	13,00	0,46	7,64	2
v6 (Cabo Verde)	6,20	101,41	27,81	187,50	6,08	13,00	0,48	6,94	2
v6 (Cabo Verde)	5,79	95,26	31,44	193,75	6,03	14,00	0,52	8,31	2
v1 (Guapé)	5,51	98,83	27,26	150,00	6,20	9,50	0,60	7,35	2
v1 (Guapé)	5,59	98,93	28,97	218,75	6,13	13,00	0,70	6,78	2
v1 (Guapé)	5,64	101,14	29,41	218,75	6,09	13,00	0,54	7,77	2
v26 (S.S Paraíso)	5,14	98,63	30,53	212,50	6,04	14,00	0,37	6,47	2
v26 (S.S Paraíso)	5,22	94,79	31,44	200,00	5,95	14,00	0,54	7,00	2
v26 (S.S Paraíso)	5,29	94,02	28,44	200,00	5,97	13,50	0,44	7,31	2
v27 (S.S Paraíso)	5,30	109,19	20,63	193,75	5,96	13,50	0,40	5,48	2
v27 (S.S Paraíso)	5,18	107,46	24,72	187,50	5,92	14,00	0,43	6,62	2
v27 (S.S Paraíso)	5,42	104,72	24,73	175,00	5,92	13,00	0,54	5,75	2
v28 (S.S Paraíso)	6,23	66,85	21,12	181,25	5,96	13,50	0,42	6,62	2
v28 (S.S Paraíso)	6,05	69,03	22,16	193,75	5,92	14,00	0,36	7,38	2
v28 (S.S Paraíso)	6,30	72,38	18,73	187,50	5,91	14,50	0,36	7,02	2
v15 (Passos)	5,60	150,08	45,45	218,75	6,09	13,50	0,57	7,53	3
v15 (Passos)	5,27	154,97	49,36	231,25	6,07	14,50	0,55	7,56	3
v15 (Passos)	6,03	151,69	46,37	237,50	6,03	13,00	0,50	7,25	3
v17 (Passos)	5,66	139,77	49,05	193,75	5,86	14,00	0,61	7,70	3
v17 (Passos)	5,91	136,79	52,59	218,75	5,85	14,00	0,61	7,49	3
v17 (Passos)	5,72	142,22	48,78	200,00	5,83	14,00	0,70	7,96	3
v36 (Cabo Verde)	6,37	149,94	53,25	250,00	5,99	12,00	0,44	6,32	3
v36 (Cabo Verde)	6,50	150,72	56,40	218,75	6,02	12,00	0,55	6,19	3
v36 (Cabo Verde)	6,17	153,85	57,98	250,00	5,97	12,50	0,43	6,47	3

B. Esperança = Boa Esperança

S.S Paraíso = São Sebastião do Paraíso

#### 4.1.2.2 Análise estatística

Na Tabela 17 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 2 para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 9 observações; o grupo 2, por 18; e o grupo 3, por 9 observações.

Na Tabela 18 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 2, para amostras de café natural sem defeitos.

Na Tabela 19 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 2.

**TABELA 17** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores do café natural sem defeitos produzido na altitude 2 (851 a 950 metros).

<b>Grupo</b>	<b>N<sup>o</sup> de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	9	21,828	46,497
Grupo 2	18	19,055	44,675
Grupo 3	9	18,205	31,664

**TABELA 18** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fenol	5,7411	5,6233	5,9144
CE	98,6522	92,7744	147,7811
Klix	31,5622	26,9472	51,0256
ATT	268,0556	194,0972	224,3056
PH	5,9433	5,9878	5,9678
SST	14,2778	13,2778	13,2778
ACR	0,4322	0,4567	0,5511
ACNR	7,0656	6,9036	7,1637

**TABELA 19** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	GL (Grupo)	GL(Resíduo)	Pr>F
Fenol	2	33	0,156
<b>CE</b>	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
<b>KLix</b>	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
<b>ATT</b>	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
PH	2	33	0,455
SST	2	33	0,027
ACR	2	33	0,029
ACNR	2	33	0,577

### 4.1.3 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 3

#### 4.1.3.1 Formação de grupos

Na Tabela 20 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições de todas as variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 3 (951 a 1255 m), para amostras de café natural sem defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 20** Formação de grupos para as propriedades na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v19 (P.Caldas)	4,95	87,02	28,44	187,50	5,97	13,00	0,38	5,85	1
v19 (P.Caldas)	4,96	88,41	27,77	225,00	5,94	13,00	0,43	6,27	1
v19 (P.Caldas)	5,03	90,40	28,87	225,00	5,92	13,00	0,52	6,11	1
v20 (P.Caldas)	5,92	66,74	21,19	218,75	5,89	13,00	0,67	6,45	1
v20 (P.Caldas)	5,83	65,46	20,52	206,25	5,86	14,00	0,89	8,46	1
v20 (P.Caldas)	5,90	67,78	21,68	237,50	5,83	14,00	0,79	7,47	1
v22 (P.Caldas)	4,95	45,79	12,97	212,50	6,01	12,50	0,62	7,32	1
v22 (P.Caldas)	4,62	42,24	12,03	250,00	5,88	13,00	0,57	7,74	1
v22 (P.Caldas)	4,95	42,63	12,34	206,25	5,86	12,50	0,52	6,06	1
v21 (P.Caldas)	5,82	116,78	32,86	268,75	5,88	12,50	0,47	7,16	2
v21 (P.Caldas)	5,70	120,26	33,90	268,75	6,05	13,00	0,42	6,38	2
v21 (P.Caldas)	5,78	112,77	34,18	268,75	5,96	12,75	0,42	7,11	2
v23 (S.A Amparo)	5,95	123,00	47,51	262,50	5,99	13,50	0,51	6,78	2
v23 (S.A Amparo)	5,41	131,47	46,84	275,00	5,99	12,50	0,35	7,42	2
v23 (S.A Amparo)	5,73	123,53	42,56	287,50	6,00	13,00	0,43	6,04	2
v24 (S.A Amparo)	5,71	112,02	45,13	268,75	5,89	12,00	0,50	6,21	2
v33 (Três Pontas)	5,78	126,64	39,47	306,25	6,11	15,50	0,46	6,22	2
v33 (Três Pontas)	5,35	120,98	36,04	331,25	6,09	12,50	0,42	8,33	2
v33 (Três Pontas)	5,67	123,35	36,39	331,25	6,10	12,50	0,40	8,57	2
v35 (Lavras)	4,32	126,71	41,97	281,25	6,24	12,50	0,40	7,17	2
v35 (Lavras)	4,90	123,37	38,18	250,00	6,23	12,50	0,36	6,16	2
v9 (Guape)	7,79	111,06	39,96	187,50	6,05	12,50	0,45	6,12	3
v9 (Guape)	7,91	110,17	38,84	193,75	6,01	12,50	0,43	7,79	3

“Continua”

“TABELA 20 Continuação”

<b>Amostra</b>	<b>Fenol</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>pH</b>	<b>SST</b>	<b>ACR</b>	<b>ACNR</b>	<b>Grupo</b>
v9 (Guape)	7,87	120,42	41,05	181,25	6,05	13,00	0,42	8,63	3
v24 (S.A Amparo)	5,87	114,76	38,20	237,50	5,87	12,00	0,37	7,41	3
v24 (S.A Amparo)	5,79	112,25	38,74	200,00	6,27	12,50	0,37	6,10	3
v25 (S.A Amparo)	6,00	141,97	52,43	231,25	5,92	13,50	0,48	7,01	3
v25 (S.A Amparo)	5,12	141,79	50,57	218,75	5,87	13,50	0,49	7,29	3
v25 (S.A Amparo)	5,55	140,03	50,77	231,25	5,92	13,50	0,49	7,74	3
v35 (Lavras)	5,03	129,05	38,48	231,25	6,28	12,00	0,30	6,71	3
v37 (Muzambinho)	5,20	134,64	35,64	200,00	5,87	12,50	0,41	6,62	3
v37 (Muzambinho)	5,85	133,04	42,59	194,00	5,87	12,00	0,29	7,87	3
v37 (Muzambinho)	5,75	133,32	40,52	225,00	5,87	12,00	0,39	6,95	3

P. Caldas = Poços de Caldas

S.A Amparo = Santo Antônio do Amparo

#### 4.1.3.2 Análise estatística

Na Tabela 21 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 3 para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 9 observações e os grupos 2 e 3, por 12 observações cada.

Na Tabela 22 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 3, para amostras de café sem defeitos.

Na Tabela 23 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 3. Observa-se, novamente, que as variáveis CE, KLix e ATT, agora acompanhadas da ACR, contribuíram igualmente com maior significância para a discriminação dos grupos, ressaltando a força das três primeiras como possíveis descritores da qualidade.

**TABELA 21** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores, do café natural sem defeitos produzido na altitude de 3 (951 a 1255 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	9	23,608	40,368
Grupo 2	12	22,559	48,079
Grupo 3	12	22,717	30,513

**TABELA 22** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas na altitude 3 (951 a 1.255 m), para amostras de café natural sem defeitos.

<b>Variável</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
Fenol	5,2344	5,5100	6,1442
CE	66,2744	121,7400	126,8750
KLix	20,6456	39,5858	42,3158
ATT	218,7500	283,3333	210,9583
PH	5,9067	6,0442	5,9875
SST	13,1111	12,8958	12,6250
ACR	0,5989	0,4283	0,4075
ACNR	6,8584	6,9609	7,1861

**TABELA 23** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	GL (Grupo)	GL (Resíduo)	Pr>F
Fenol	2	39	0,027
<b>CE</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>Klix</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>ATT</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
PH	2	39	0,046
SST	2	39	0,311
ACR	2	39	0,000
ACNR	2	39	0,648

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas 15, 19 e 23, observa-se que as variáveis CE, KLix e ATT foram as únicas a apresentarem diferenças significativas e no mesmo nível para as três faixas de altitudes estudadas. Isto significa que estas variáveis foram as mais importantes para discriminação dos grupos, podendo ser consideradas como indicadoras da qualidade do café. Desta forma, estas três variáveis foram responsáveis pela classificação dos cafés, sendo tanto melhor a qualidade quanto menores os valores encontrados para as referidas variáveis.

Após concluir que o grupo das variáveis CE, KLix e ATT contribui isoladamente e de forma definitiva para a classificação da qualidade do café, procedeu-se uma segunda análise de grupos (clusters). Nesta nova análise foram utilizadas somente as três variáveis (CE, KLix e ATT) na composição dos novos grupos. Desta forma, foi possível definir qual das três altitudes produz o café de melhor qualidade, ou seja, qual das três altitudes apresenta, pelo menos, duas variáveis com valores significativamente menores que os das demais. A altitude

que apresentar esta condição será considerada como produtora de café com qualidade superior.

## 4.2 Segunda análise de clusters

### 4.2.1 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 1

#### 4.2.1.1 Formação de grupos

Na Tabela 24 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 1 (700 a 850 m), para amostras de café natural sem defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 24** Formação de grupos para as fazendas na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v16 (Piumhi)	148,84	51,53	200,00	2
v16 (Piumhi)	148,24	49,09	193,75	2
v16 (Piumhi)	144,75	48,75	193,75	2
V18 (Piumhi)	153,58	42,23	218,75	2
v18 (Piumhi)	150,70	41,10	243,75	2
v1 (B.Esperança)	103,02	26,82	200,00	3
v1 (B.Esperança)	103,95	24,07	187,50	3
v3 (B.Esperança)	104,32	32,54	225,00	3
v3 (B.Esperança)	102,71	32,06	225,00	3
v4 (B.Esperança)	105,14	34,86	218,75	3
v4 (B.Esperança)	105,47	30,33	206,25	3
v4 (B.Esperança)	106,92	25,72	218,75	3
v5 (Cabo Verde)	88,54	28,38	187,50	3

“...Continua...”

“TABELA 24 Continuação”

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v7 (Cabo Verde)	113,23	32,21	206,25	3
v8 (Guapé)	92,60	29,96	206,25	3
v8 (Guapé)	91,05	29,74	200,00	3
v8 (Guapé)	92,64	28,24	218,75	3
v12 (Passos)	92,70	28,58	206,25	3
v12 (Passos)	91,38	28,45	187,50	3
v12 (Passos)	86,75	26,28	181,25	3
v13 (Passos)	91,62	28,37	212,50	3
v18 (Piumhi)	14,44	35,19	212,50	3
v29 (Passos)	85,31	23,13	231,25	3
v29 (Passos)	79,53	21,46	218,75	3
v34 (Lavras)	100,96	33,99	212,50	3
v34 (Lavras)	94,28	32,47	225,00	3
v34 (Lavras)	90,57	32,59	225,00	3
v1 (B.Esperança)	97,42	25,96	275,00	1
v3 (B.Esperança)	97,56	31,17	256,25	1
v5 (Cabo Verde)	92,10	26,34	243,75	1
v5 (Cabo Verde)	88,70	26,02	256,25	1
v7 (Guapé)	122,90	36,82	250,00	1
v7 (Guapé)	116,69	41,28	243,75	1
v10 (Guapé)	111,75	34,56	293,75	1
v10 (Guapé)	120,69	36,37	281,25	1
v10 (Guapé)	114,20	34,50	243,75	1
v13 (Passos)	84,41	26,41	250,00	1
v13 (Passos)	88,98	26,64	256,25	1
v14 (Passos)	121,88	40,40	250,00	1
v14 (Passos)	119,73	34,78	250,00	1
v14 (Passos)	122,96	38,84	256,26	1
v29 (Passos)	84,79	23,56	250,00	1

B.Esperança = Boa Esperança

#### 4.2.1.2 Análise estatística

Na Tabela 25 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 1, para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 15 observações; o grupo 2, por 5; e o grupo 3, por 22 observações.

Na Tabela 26 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 1, para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que o grupo 3 apresenta as três variáveis com valores menores que todos os demais, o que pode ser um indicativo de que neste grupo estão os cafés com melhor qualidade, vindo em seguida os grupos 1 e 2.

**TABELA 25** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural sem defeitos produzido na altitude 1 (700 a 850 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	15	20,403	37,242
Grupo 2	5	17,912	34,218
Grupo 3	22	18,664	78,427

**TABELA 26** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
CE	105,6507	149,2220	92,5968
KLix	32,2433	46,5400	29,3382
ATT	257,0840	210,0000	209,6591

#### 4.2.2 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 2

##### 4.2.2.1 Formação grupos

Na Tabela 27 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 2 (851 a 950 m), para amostras de café natural sem defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 27** Formação de grupos para as fazendas na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Amostra	CE	KLix	ATT	Grupo
v30 (Três Pontas)	92,64	31,72	256,25	3
v30 (Três Pontas)	87,89	29,97	275,00	3
v30 (Três Pontas)	97,79	31,32	287,50	3
v31 (Três Pontas)	86,13	26,13	312,50	3
v31 (Três Pontas)	86,96	26,66	262,50	3
v31 (Três Pontas)	91,40	30,16	275,00	3
v32 (Três Pontas)	111,08	34,34	250,00	3

“...Continua...”

“TABELA 27. Continuação”

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v32 (Três Pontas)	112,45	38,33	243,75	3
v32 (Três Pontas)	121,53	35,43	250,00	3
v2 (B.Esperança)	79,29	32,59	225,00	1
v2 (B. Esperança)	81,93	26,20	193,75	1
v2 (B.Esperança	95,66	30,47	187,50	1
v6 (CaboVerde	100,42	28,40	187,50	1
v6 (Cabo Verde	101,41	27,81	187,50	1
V6 (Cabo Verde	95,26	31,44	193,75	1
v11 (Guapé	98,83	27,26	150,00	1
v11 (Guapé	98,93	28,97	218,75	1
v11 (Guapé)	101,14	29,41	218,75	1
v26 (S.S Paraíso)	98,63	30,53	212,50	1
v26 (S.S Paraíso)	94,79	31,44	200,00	1
v26 (S.S Paraíso)	94,02	28,44	200,00	1
v27 (S.S Paraíso)	109,19	20,63	193,75	1
v27 (S.S Paraíso)	107,46	24,72	187,50	1
v27 (S.S Paraíso)	104,72	24,73	175,00	1
v28 (S.S Paraíso)	66,85	21,12	181,25	1
v28 (S.S Paraíso)	69,03	22,16	193,75	1
v28 (S.S Paraíso)	72,38	18,73	187,50	1
v15 (Passos)	150,08	45,45	218,75	2
v15 (Passos)	154,97	49,36	231,25	2
v15 (Passos)	151,69	46,37	237,50	2
v17 (Piumhi)	139,77	49,05	193,75	2
v17 (Piumhi)	136,79	52,59	218,75	2
v17 (Piumhi)	142,22	48,78	200,00	2
v36 (Cabo Verde)	149,94	53,25	250,00	2
V36 (Cabo Verde)	150,72	56,40	218,75	2
v36 (CaboVerde)	153,85	57,98	250,00	2

B. Esperança = Boa Esperança

S.S Paraíso = São Sebastião do Paraíso

#### 4.2.2.2 Análise estatística

Na Tabela 28 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 2, para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 18 observações; o grupo 2 por 11; e o grupo 3, por 7 observações.

Na Tabela 29 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 2, para amostras de café natural sem defeitos.

**TABELA 28** Estatísticas para análise de agrupamento na altitude 2 dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural sem defeitos produzido na altitude 2 (851 a 950 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	18	19,011	44,512
Grupo 2	11	22,428	34,955
Grupo 3	7	17,582	39,273

**TABELA 29** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
CE	92,7744	147,7811	98,6522
KLix	26,9472	51,0256	31,5622
ATT	194,0972	224,3056	268,0556

### 4.2.3 Avaliação de cafés sem defeitos na altitude 3

#### 4.2.3.1 Formação de grupos

Na Tabela 30 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 3 (951 a 1255 m), para amostras de café natural sem defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 30** Formação de grupos para as propriedades na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural sem defeitos.

Amostra	CE	KLix	ATT	Grupo
v19 (P. Caldas)	87,02	28,44	187,50	2
v19 (P. Caldas)	88,41	27,77	225,00	2
v19 (P. Caldas)	90,40	28,87	225,00	2
v20 (P. Caldas)	66,74	21,19	218,75	2
v20 (P. Caldas)	65,46	20,52	206,25	2
v20 (P. Caldas)	67,78	21,68	237,50	2
v22 (P. Caldas)	45,79	12,97	212,50	2
v22 (P. Caldas)	42,24	12,03	250,00	2

“...Continua...”

**“TABELA 30. Continuação”**

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v22 (P. Caldas)	42,63	12,34	206,25	2
v21 (P. Caldas)	116,78	32,86	268,75	3
v21 (P. Caldas)	120,26	33,90	268,75	3
v21 (P. Caldas)	112,77	34,18	268,75	3
v23 (S.A Amparo)	123,00	47,51	262,50	3
v23 (S.A Amparo)	131,47	46,84	275,00	3
v23 (S.A Amparo)	123,53	42,56	287,50	3
v24 (S.A Amparo)	112,02	45,13	268,75	3
v33 (Três Pontas)	126,64	39,47	306,25	3
v33 (Três Pontas)	120,98	36,04	331,25	3
v33 (Três Pontas)	123,35	36,39	331,25	3
v35 (Lavras)	126,71	41,97	281,25	3
v35 (Lavras)	123,37	38,18	250,00	3
v9 (Guapé)	111,06	39,96	187,50	1
v9 (Guapé)	110,17	38,84	193,75	1
v9 (Guapé)	120,42	41,05	181,25	1
v24 (S.A Amparo)	114,76	38,20	237,50	1
v24 (S.A Amparo)	112,25	38,74	200,00	1
v25 (S.A Amparo)	141,97	52,43	231,25	1
v25 (S.A Amparo)	141,79	50,57	218,75	1
v25 (S.A Amparo)	140,03	50,77	231,25	1
v35 (Lavras)	129,05	38,48	231,25	1
v37 (Muzambinho)	134,64	35,64	200,00	1
v37 (Muzambinho)	133,04	42,59	194,00	1
V37 (Muzambinho)	133,32	40,52	225,00	1

P.Caldas = Poços de Caldas

S.A.Amparo = Santo Antônio do Amparo

#### 4.2.3.2 Análise estatística

Na Tabela 31 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 3, para amostras de café natural sem defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: onde o grupo 1 foi composto por 12 observações; o grupo 2, por 9; e o grupo 3, por 12 observações.

Na Tabela 32 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 3, para amostras de café natural sem defeitos.

Na Figura 1 estão representados os valores para CE nas três altitudes.

Observa-se, na Figura 1, que ocorreu diferença significativa para a variável CE somente entre as altitudes 1 e 3 e um dado com valor discrepante na altitude 1. Também nesta Figura observa-se um ponto discrepante (\*), referente a uma das leituras da amostra v18 (14,44) pertencente ao grupo 3, o qual encontra-se muito longe da média.

Os pontos representados por um (\*) no interior dos retângulos, representam as médias dos valores encontrados para a referida variável, analisada em cada altitude.

A linha que divide o retângulo em duas partes refere-se à mediana dos dados observados para a variável em uma determinada altitude.

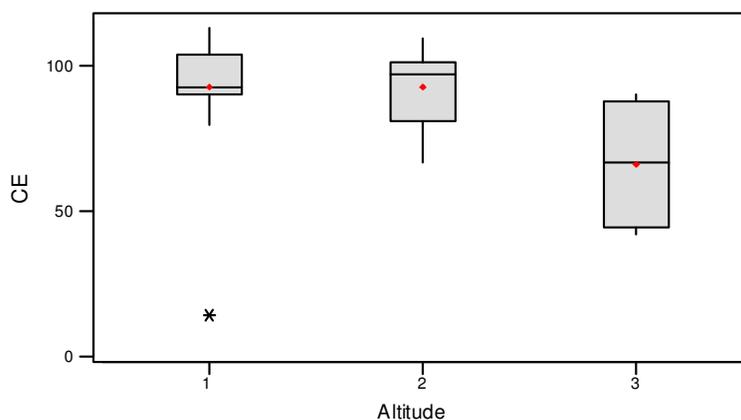
A diferença nas dimensões entre as partes dos retângulos, determinada pela mediana, refere-se à variabilidade dos dados.

**TABELA 31** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural sem defeitos produzido na altitude 3 (951 a 1255 metros).

Grupo	Nº de Observações	Distância média em relação ao centróide	Distância máxima em relação ao centróide
Grupo 1	12	22,675	30,428
Grupo 2	9	23,536	40,354
Grupo 3	12	22,514	48,054

**TABELA 32** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades na altitude 3 (951 a 1255 m), para amostras de café natural sem defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
CE	126,8750	66,2744	121,7400
KLix	42,3158	20,6456	39,5858
ATT	210,9583	218,7500	283,3333



**FIGURA 1** Gráfico Box plot para comparação da CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ), nas três altitudes, em café natural sem defeitos.

Na Figura 2 estão representados os valores para KLix nas três altitudes.

Observa-se na Figura 2, que não ocorreu diferença significativa para a variável KLix entre as três altitudes estudadas.

Na Figura 3 estão representados os valores para ATT nas três altitudes.

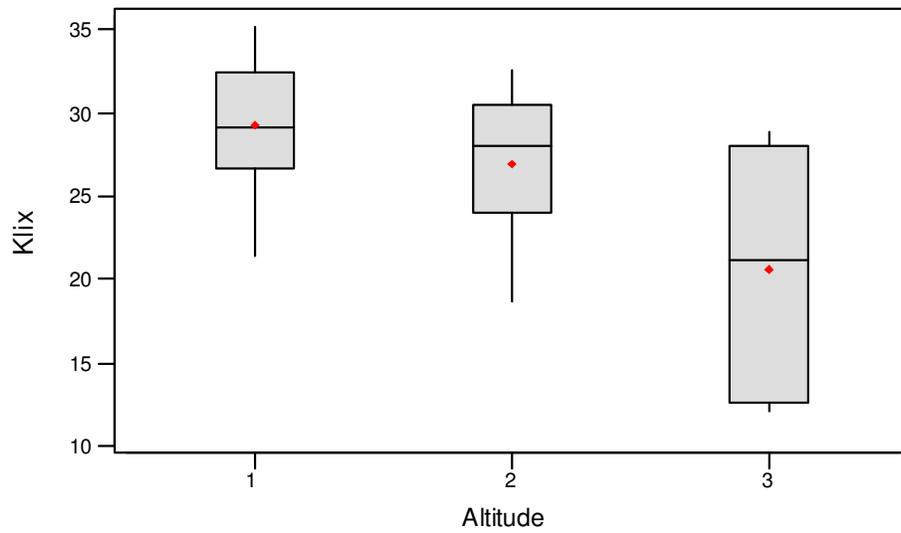
Observa-se, na Figura 3, que ocorreu diferença significativa para a variável ATT entre as altitudes 2 e 3.

Na Tabela 33 está representada a análise de variância referente ao café natural sem defeitos de qualidade superior, quando avaliadas as variáveis CE, KLix e ATT nas três altitudes. Esta Tabela mostra, pelo teste de “F”, a diferença significativa entre as 3 variáveis. Observa-se que ocorreu diferença significativa ao nível de 1% ( $P < 0,01$ ) para todas as variáveis estudadas.

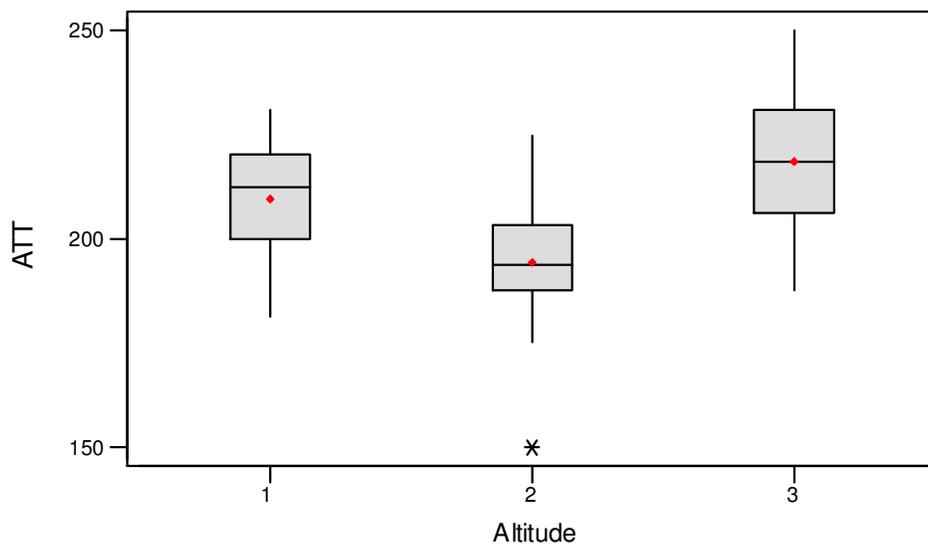
Na Tabela 34, pelo teste “F”, está representada uma comparação entre as médias de cada variável, dentro das diferentes altitudes. Observa-se que a altitude 3 produziu o café de qualidade superior, vindo em seguida as altitudes 2 e 1.

As variáveis CE, KLix e ATT foram consideradas determinantes na classificação da qualidade do café e possuem praticamente o mesmo poder decisório nesta determinação. Assim sendo, considerou-se que a ocorrência, para uma mesma altitude, de valores estatisticamente menores para duas variáveis foi suficiente para classificar esta altitude como produtora de café com qualidade superior.

Observa-se, na Tabela 34, que para a altitude 3 os valores da CE e KLix são estatisticamente menores que os demais, o que a classifica em primeiro lugar como produtora das características indicativas da preservação da qualidade, apesar de apresentar maior valor de ATT que as demais.



**FIGURA 2** Gráfico Box plot para comparação do KLiX (ppm/g), nas três altitudes, em café natural sem defeitos.



**FIGURA 3** Gráfico Box plot para comparação da ATT (ml de NaOH 0,1N/100g), nas três altitudes, em café natural sem defeitos.

**TABELA 33** Análise de variância referente ao café natural sem defeitos de qualidade superior, comparando as diferenças entre as altitudes

Variável	QME	Pr>F
CE	301,0	0,001
KLix	21,0	0,000
ATT	267,0	0,001

**TABELA 34** Comparação entre as médias das variáveis estudadas para café sem defeitos nas três altitude.

Altitude	CE	Altitude	KLix	Altitude	ATT
3	66,27a	3	20,64a	2	194,20a
1	92,60b	2	26,94b	1	209,66b
2	92,77b	1	29,33c	3	218,75c

Em segundo lugar, como produtora de café de qualidade inferior ao da altitude 3 vem a altitude 2, que embora apresentando valores estatisticamente iguais aos da altitude 1 para CE, apresenta menores valores que esta para KLix e ATT.

Conseqüentemente, em último lugar, está a altitude 1, a qual foi classificada-se como produtora de café com qualidade inferior aos das demais.

### 4.3 Primeira análise de clusters para cafés com defeitos

#### 4.3.1 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 1

##### 4.3.1.1 Formação de grupos

Na Tabela 35 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições de todas as variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 1 (700 a 850 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 35** Formação de grupos para as fazendas na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v56 Piumhi	4,81	184,47	60,87	250,00	5,99	13,00	0,77	8,87	1
v56 Piumhi	4,03	181,66	61,24	250,00	5,98	13,50	0,76	9,33	1
v56 Piumhi	4,55	181,83	57,64	237,50	5,99	13,50	0,72	11,14	1
v58 Piumhi	5,41	169,10	51,61	237,50	5,96	14,00	0,28	6,47	1
v74 Lavras	5,97	217,11	54,85	193,75	5,99	14,50	0,76	7,03	1
v74 Lavras	6,12	199,46	54,13	200,00	6,00	14,50	0,72	6,74	1
v74 Lavrass	6,04	187,42	53,07	200,00	5,99	15,50	0,77	6,49	1
v41 (B.Esperança)	5,11	115,37	32,68	243,75	5,89	14,00	0,37	8,47	2
v43 (B.Esperança)	4,90	152,44	47,63	231,25	5,96	14,00	0,61	8,21	2

“...Continua...”

“TABELA 35 Continuação”

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v43 (B.Esperança)	5,36	154,22	47,01	250,00	5,99	14,00	0,71	6,50	2
v43 (B.Esperança)	5,12	143,93	40,06	250,00	6,01	14,00	0,36	5,57	2
v44 (B.Esperança)	5,32	149,33	44,30	237,50	5,90	13,50	0,32	7,09	2
v44 (B.Esperança)	5,16	148,67	41,42	231,25	5,91	13,50	0,27	5,75	2
v44 (B.Esperança)	5,13	143,59	43,57	237,50	5,91	14,00	0,22	6,57	2
v45 (Cabo Verde)	5,38	146,57	42,03	231,25	5,83	14,00	0,50	7,08	2
V45 (Cabo Verde)	5,10	138,02	42,11	231,25	5,84	14,00	0,48	6,09	2
v45 (Cabo Verde)	5,38	147,44	39,98	231,25	5,82	14,00	0,42	6,24	2
v47 (Guapé)	5,78	137,57	37,16	250,00	5,88	13,50	0,87	6,23	2
v47 (Guapé)	5,86	159,34	44,82	268,75	5,91	13,00	0,95	5,79	2
V47 (Guapé)	6,00	148,18	39,61	275,00	5,89	14,50	0,90	6,07	2
v50 (Guapé)	5,23	133,03	36,89	262,50	5,98	12,00	0,55	6,24	2
v50 (Guapé)	5,13	139,85	38,57	262,50	5,96	12,50	0,38	7,09	2
v50 (Guapé)	5,27	134,18	37,93	262,50	5,97	12,00	0,38	6,13	2
v54 (Passos)	5,17	152,65	45,46	250,00	5,85	13,00	0,72	7,67	2
v54 (Passos)	5,16	139,43	44,14	243,75	5,88	12,50	0,71	7,59	2
v54 (Passos)	4,84	158,65	49,92	250,00	5,87	12,50	0,67	6,79	2
v58 (Piumhi)	5,42	163,97	46,82	250,00	5,99	13,50	0,24	7,42	2
v58 (Piumhi)	5,32	158,71	47,44	225,00	5,99	14,00	0,20	7,31	2
v41 (B.Esperança)	5,17	126,20	37,30	231,25	5,88	14,00	0,31	7,72	3
v41 (B.Esperança)	5,59	114,63	31,78	225,00	5,88	13,00	0,38	6,38	3
v48 (Guapé)	5,66	124,94	34,80	200,00	5,87	13,00	0,44	5,20	3
v48 (Guapé)	5,85	122,27	33,54	212,50	6,17	14,00	0,44	6,24	3
v48 (Guapé)	5,57	127,06	35,84	206,25	5,86	13,50	0,52	7,78	3
v52 (Passos)	5,45	114,98	31,90	181,25	5,87	12,50	0,44	7,66	3
v52 (Passos)	4,77	110,31	30,99	187,50	5,86	12,50	0,56	7,01	3
v52 (Passos)	5,02	119,99	34,88	181,25	5,84	13,00	0,55	6,38	3
v53 (Passos)	4,84	133,10	36,07	200,00	5,82	13,00	0,46	4,97	3
v53 (Passos)	4,83	130,32	36,26	200,00	5,85	12,00	0,39	5,33	3
v53 (Passos)	5,57	127,96	36,55	206,25	5,84	12,50	0,40	5,25	3
v69 (Passos)	6,41	137,26	42,84	212,50	5,92	14,00	0,63	6,97	3
v69 (Passos)	6,48	131,64	44,41	225,00	5,94	13,00	0,40	6,81	3
v69 (Passos)	6,77	134,64	41,20	225,00	5,95	12,00	0,61	8,64	3

B.Esperança = Boa Esperança

#### 4.3.1.2 Análise estatística

Na Tabela 36 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 1 para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 7 observações; o grupo 2, por 21; e o grupo 3, por 14 observações.

Na Tabela 37 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 1, para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que o grupo 3 apresentou os valores das variáveis CE, KLix e ATT menores que os demais, o que pode ser um indicativo de que, neste grupo, estão as amostras de café com qualidade superior, vindo em seguida os grupos 2 e 1.

Na Tabela 38 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos, realizados na altitude 1. Observa-se que entre todas as variáveis estudadas, CE, KLix e ATT foram as únicas que contribuíram igualmente e de forma significativa para a discriminação dos grupos. Isto leva a crer que os resultados das análises destas três variáveis podem ser utilizados como parâmetros importantes na classificação da qualidade do café quanto à composição química.

**TABELA 36** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores do café natural com defeitos produzido na altitude 1 (700 a 850 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	7	26,623	41,604
Grupo 2	21	16,541	32,247
Grupo 3	14	15,762	27,866

**TABELA 37** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades da altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fenol	5,2757	5,2924	5,5700
CE	188,7214	145,9590	125,3786
KLix	56,2014	42,3595	36,3114
ATT	224,1071	246,4286	206,6964
PH	5,9857	5,9157	5,8964
SST	14,0714	13,4286	13,0000
ACR	0,6838	0,5158	0,4676
ACNR	8,0067	6,7560	6,5938

**TABELA 38** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 1 (700 a 850 metros).

Variável	GL (Grupo)	GL (Resíduo)	Pr>Fc
Fenol	2	39	0,280
<b>CE</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>KLix</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
<b>ATT</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>0,000</b>
Ph	2	39	0,019
SST	2	39	0,012
ACR	2	39	0,054
ACNR	2	39	0,025

## 4.3.2 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 2

### 4.3.2.1 Formação de grupos

Na Tabela 39 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições de todas as variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 2 (851 a 950 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 39** Formação de grupos para propriedades na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v46 (Cabo Verde)	6,20	137,65	41,93	218,75	5,85	14,00	0,60	7,92	1
v46 (Cabo Verde)	5,93	143,74	41,87	231,25	5,87	13,50	0,56	6,28	1
v57 (Piumhi)	5,53	175,01	54,38	200,00	5,96	13,50	0,47	6,24	1
v57 (Piumhi)	5,57	178,58	57,55	187,50	5,91	13,50	0,69	7,35	1
v57 (Piumhi)	5,31	181,93	58,69	187,50	5,91	14,50	0,34	6,79	1
v66 (Passos)	6,19	148,26	41,26	225,00	5,98	12,50	0,85	7,23	1
v66 (Passos)	6,21	138,06	39,66	225,00	5,98	12,00	0,46	6,24	1
v66 (Passos)	6,23	139,68	39,72	231,25	5,95	12,00	0,65	6,37	1
v70 (T.Pontas)	5,50	138,42	37,26	250,00	5,94	14,00	0,55	6,99	1
v71 (T.Pontas)	5,47	139,96	38,77	231,25	5,92	14,00	0,59	6,45	1
v71 (T.Ponta)s	5,01	133,81	38,55	212,50	5,94	13,50	0,36	6,75	1
v55 (Passos)	5,89	206,00	65,59	256,25	6,04	16,00	0,40	6,79	2
v55 (Passos)	5,56	203,97	65,16	237,50	6,05	16,00	0,44	7,76	2
v55 (Passos)	5,78	229,00	75,82	250,00	6,05	16,00	0,47	7,58	2
v72 (T.Pontas)	5,57	154,89	44,38	275,00	6,00	14,00	0,50	6,59	2
v72 (T.Pontas)	5,54	163,63	47,93	262,50	6,00	14,00	0,33	6,75	2
v72 (T.Pontas)	5,70	163,18	47,74	262,50	5,99	15,00	0,52	6,27	2
v76 (Cabo Verde)	6,01	198,11	65,00	225,00	5,95	13,50	0,51	6,06	2
V76 (Cabo Verde)	5,46	210,08	66,39	237,50	5,95	13,50	0,55	6,36	2
v76 (Cabo Verde)	6,14	190,93	55,52	231,25	5,94	14,00	0,50	6,61	2
v42 (B.Esperança)	5,19	122,88	28,44	225,00	5,90	13,50	0,72	7,64	3
v42 (B.Esperança)	4,76	122,27	33,35	231,25	5,90	13,50	0,62	8,51	3
v42 (B.Esperança)	4,88	104,03	28,36	237,50	5,91	13,00	0,55	9,19	3

“...Continua...”

“TABELA 39 Continuação...”

<b>Amostra</b>	<b>Fenol</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>pH</b>	<b>SST</b>	<b>ACR</b>	<b>ACNR</b>	<b>Grupo</b>
v46 (Cabo Verde)	5,81	126,75	36,52	225,00	5,86	14,00	0,55	6,90	3
v51 (Guapé)	5,29	108,14	30,00	212,50	5,93	13,00	0,52	7,16	3
v51 (Guapé)	5,10	114,43	33,27	212,50	5,91	13,00	0,38	6,42	3
v51 (Guapé)	5,10	120,84	36,46	218,75	5,93	13,00	0,35	5,78	3
v67 (S.S.Paraíso)	6,64	117,20	42,43	206,25	5,92	12,50	0,20	5,52	3
V67 (S.S.Paraíso)	6,26	112,41	43,01	206,25	5,92	12,50	0,22	6,18	3
V67 (S.S.Paraíso)	6,56	116,11	42,76	200,00	5,94	12,00	0,23	5,33	3
V68 (S.S.Paraíso)	6,36	103,39	25,27	200,00	5,95	12,50	0,44	7,95	3
v68 (S.S.Paraíso)	6,02	105,67	26,54	212,50	5,93	12,00	0,42	5,84	3
v68 (S.S. Paraíso)	6,21	101,94	26,54	218,75	5,93	12,50	0,46	7,03	3
v70 (T.Pontas)	5,27	113,50	36,90	237,50	5,93	14,00	0,34	6,29	3
v70 (T.Pontas)	5,43	127,80	34,76	237,50	5,94	14,00	0,36	6,77	3
v71 (T.Pontas)	5,79	133,22	34,89	212,50	5,93	14,50	0,46	7,03	3

T.Pontas = Três Pontas      B.Esperança = Boa Esperança      S.S.Paraíso = São Sebastião do Paraíso

#### 4.3.2.2 Análise estatística

Na Tabela 40 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 2 para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 11 observações; o grupo 2, por 9; e o grupo 3, por 16 observações.

Na Tabela 41 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 2, para amostras de café natural com defeitos.

Na Tabela 42 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 2. Observa-se que, novamente, as variáveis CE, KLix, ATT, agora acompanhadas da pH e SST, contribuíram igualmente com maior significância para a discriminação dos grupos, ressaltando a força das três primeiras como possíveis descritores da qualidade

**TABELA 40** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores do café natural com defeitos produzido na altitude 2 (851 a 950 metros).

Grupo	N <sup>o</sup> de Observações	Distância média em relação ao centróide	Distância máxima em relação ao centróide
Grupo 1	11	23,800	46,195
Grupo 2	9	28,553	47,214
Grupo 3	16	15,601	23,687

**TABELA 41** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fenol	5,7409	5,7389	5,6669
CE	150,4636	191,0878	115,6613
KLix	44,5127	59,2811	33,7188
ATT	218,1818	248,6111	218,3594
PH	5,9282	5,9967	5,9206
SST	13,3636	14,6667	13,0938
ACR	0,5563	0,4671	0,4254
ACNR	6,7822	6,7522	6,8471

**TABELA 42** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 2 (851 a 950 metros).

Variável	GL (Grupo)	GL (Resíduo)	Pr>Fc
Fenol	2	33	0,907
CE	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
KLix	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
ATT	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>0,000</b>
PH	2	33	0,000
SST	2	33	0,000
ACR	2	33	0,052
ACNR	2	33	0,959

### 4.3.3 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 3

#### 4.3.3.1 Formação de grupos

Na Tabela 43 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições de todas as variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 3 (951 a 1255 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 43** Formação de grupos para as propriedades na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Amostra	Fenol	CE	KLix	ATT	pH	SST	ACR	ACNR	Grupo
v49 (Guapé)	5,75	130,15	38,70	193,75	6,36	11,00	0,38	7,57	1
v49 (Guapé)	5,24	137,08	38,29	206,25	5,92	13,00	0,35	5,73	1
v49 (Guapé)	5,89	145,25	45,15	200,00	5,93	12,50	0,44	5,87	1
v59 (Poços)	5,43	131,97	37,21	225,00	5,95	14,50	0,50	7,61	1
v59 (Poços)	5,64	123,04	33,32	237,50	5,92	11,50	0,48	7,35	1
v59 (Poços)	4,77	128,02	37,61	225,00	5,94	12,50	0,57	6,31	1
v60 (Poços)	5,41	129,14	38,56	212,50	5,88	13,00	0,61	6,89	1
v60 (Poços)	5,53	110,81	30,55	225,00	5,91	13,50	0,59	5,06	1
v60 (Poços)	5,54	118,64	34,03	225,00	5,88	12,50	0,48	5,17	1
v61 (Poços)	5,75	123,87	48,83	231,25	5,97	12,00	0,46	6,64	1
v61 (Poços)	6,03	114,73	45,50	225,00	5,93	13,00	0,63	5,63	1
v61 (Poços)	5,42	124,22	46,30	237,50	5,93	13,50	0,54	6,93	1
v62 (Poços)	5,56	131,09	49,77	250,00	5,72	11,50	0,73	6,78	1
v62 (Poços)	5,85	124,50	48,66	237,50	5,92	11,50	0,76	5,53	1
v62 (Poços)	5,63	134,63	46,59	256,25	5,91	12,00	0,63	6,39	2
v63 (S.A Amparo)	5,62	139,11	50,70	256,25	6,03	13,50	0,37	5,96	2
v63 (S.A Amparo)	5,45	140,68	46,98	275,00	6,04	12,50	0,29	6,57	2
v63 (S.A Amparo)	5,09	140,26	44,47	275,00	6,03	13,00	0,36	6,85	2
v64 (S.A Amparo)	5,65	159,29	52,93	268,75	5,97	12,00	0,42	7,22	2
v64 (S.A Amparo)	5,65	152,91	46,34	256,25	5,95	13,00	0,45	7,59	2
v73 (T.Pontas)	5,60	171,24	45,17	282,00	6,02	14,00	0,59	7,46	2
v73 (T.Pontas)	5,52	153,83	42,77	268,75	6,02	13,00	0,46	6,35	2
v73 (T.Pontas)	5,60	152,92	45,94	275,00	6,02	13,50	0,57	6,68	2

“...Continua...”

“TABELA 43 Continuação...”

<b>Amostra</b>	<b>Fenol</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>pH</b>	<b>SST</b>	<b>ACR</b>	<b>ACNR</b>	<b>Grupo</b>
v75 (Lavras)	6,11	169,47	72,01	312,50	6,14	13,50	0,49	7,12	2
v75 (Lavras)	6,37	167,72	72,53	312,50	6,05	14,00	0,46	7,19	2
v75 (Lavras)	6,37	160,50	72,56	312,50	6,06	14,00	0,61	7,05	2
v64 (S.A Amparo)	5,97	168,18	53,28	250,00	5,93	11,50	0,62	7,06	3
v65 (S.A Amparo)	5,41	152,15	47,89	225,00	5,96	11,50	0,49	6,19	3
v65 (S.A Amparo)	5,57	159,25	53,07	231,25	5,92	11,50	0,55	7,49	3
v65 (S.A Amparo)	5,24	152,91	48,44	212,50	5,96	11,50	0,57	6,32	3
v77 (Muzambinho)	6,21	162,59	47,07	231,25	5,94	13,00	0,46	5,64	3
v77 (Muzambinho)	6,36	176,00	51,51	225,00	5,94	14,00	0,57	5,90	3
v77 (Muzambinho)	6,38	171,84	49,07	225,00	5,94	13,50	0,41	6,58	3

Poços = Poços de Caldas      S.A Amparo = Santo Antônio do Amparo      T.Pontas = Três Pontas

#### 4.3.3.2 Análise estatística

Na Tabela 44 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 3 para amostras de café com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 14 observações; o grupo 2, por 12; e o grupo 3, por 7 observações.

Na Tabela 45 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 3, para amostras de café natural com defeitos.

Na Tabela 46 está representada a análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 3. Observa-se que somente as variáveis estudadas, CE, KLix e ATT, contribuíram significativamente e no mesmo nível para a discriminação dos grupos.

**TABELA 44** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, pH, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, compostos fenólicos, açúcares redutores e não redutores do café natural com defeitos produzido na altitude 3 (951 a 1255 metros).

Grupo	Nº de Observações	Distância média em relação ao centróide	Distância máxima em relação ao centróide
Grupo 1	14	16,661	30,428
Grupo 2	12	24,146	41,386
Grupo 3	7	12,328	22,245

**TABELA 45** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fenol	5,5579	5,7217	5,8771
CE	126,6079	153,5467	163,2743
KLix	40,8914	53,2492	50,0471
ATT	223,6607	279,2292	228,5714
PH	5,9400	6,0200	5,9414
SST	12,5357	13,1667	12,3571
ACR	0,5367	0,4755	0,5240
ACNR	6,3621	6,8693	6,4533

**TABELA 46** Análise de variância de cada variável para três agrupamentos realizados na altitude 3 (951 a 1255 metros).

Variável	GL (Grupo)	GL (Resíduo)	Pr>Fc
Fenol	2	30	0,182
<b>CE</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>0,000</b>
<b>KLix</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>0,002</b>
<b>ATT</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>0,000</b>
PH	2	30	0,087
SST	2	30	0,123
ACR	2	30	0,339
ACNR	2	30	0,187

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas 38, 42 e 46, observa-se que as variáveis CE, KLix e ATT foram as únicas a apresentarem diferenças significativas e no mesmo nível para as três faixas de altitudes estudadas. Isto significa que estas variáveis foram as mais importantes para discriminação dos grupos, podendo ser consideradas como indicadoras da qualidade do café. Desta forma, estas três variáveis foram responsáveis pela classificação dos cafés, sendo tanto melhor a qualidade quanto menores os valores encontrados para as referidas variáveis.

Após concluir que o grupo das variáveis CE, KLix e ATT contribui isoladamente e de forma definitiva para a classificação da qualidade do café, procedeu-se uma segunda análise de grupos (clusters). Nesta nova análise, foram utilizadas somente as três variáveis (CE, KLix e ATT) na composição dos novos grupos. Desta forma, foi possível definir qual das três altitudes produz o café de melhor qualidade, ou seja, qual das três altitudes apresenta pelo menos duas variáveis com valores significativamente menores que os das demais. A altitude que apresentar esta condição será considerada como produtora de café com qualidade superior.

#### **4.4 Segunda análise de clusters de cafés com defeitos**

##### **4.4.1 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 1**

###### **4.4.1.1 Formação de grupos**

Na Tabela 47 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 1 (700 a 850 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 47** Formação de grupos para as propriedades na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural com defeitos.

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v56 (Piumhi)	184,47	60,87	250,00	1
v56 (Piumhi)	181,66	61,24	250,00	1
v56 (Piumhi)	181,83	57,64	237,5	1
v58 (Piumhi)	169,1	51,61	237,5	1
v74 (Lavras)	217,11	54,85	193,75	1
v74 (Lavras)	199,46	54,13	200,00	1
v74 (Lavras)	187,42	53,07	200,00	1
v41 (B.Esperança)	115,37	32,68	243,75	2
v43 (B.Esperança)	152,44	47,63	231,25	2
v43 (B.Esperança)	154,22	47,01	250,00	2
v43 (B.Esperança)	143,93	40,06	250,00	2
v44 (B.Esperança)	149,33	44,3	237,50	2
v44 (B.Esperança)	148,67	41,42	231,25	2
v44 (B.Esperança)	143,59	43,57	237,50	2
v45 (C.Verde)	146,57	42,03	231,25	2
v45 (C.Verde)	138,02	42,11	231,25	2
v45 (C.Verde)	147,44	39,98	231,25	2
v47 (Guapé)	137,57	37,16	250,00	2
v47 (Guapé)	159,34	44,82	268,75	2
v47 (Guapé)	148,18	39,61	275,00	2
v50 (Guapé)	133,03	36,89	262,50	2
v50 (Guapé)	139,85	38,57	262,50	2
v50 (Guapé)	134,18	37,93	262,50	2
v54 (Passos)	152,65	45,46	250,00	2
v54 (Passos)	139,43	44,14	243,75	2
v54 (Passos)	158,65	49,92	250,00	2
v58 (Piumhi)	163,97	46,82	250,00	2
v58 (Piumhi)	158,71	47,44	225,00	2
v41 (B.Esperança)	126,20	37,30	231,25	3
v41 (B.Esperança)	114,63	31,78	225,00	3

“...Continua...”

“TABELA 47 Continuação..”

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v48 (Guapé)	124,94	34,8	200	3
v48 (Guapé)	122,27	33,54	212,5	3
v48 (Guapé)	127,06	35,84	206,25	3
v52 (Passos)	114,98	31,9	181,25	3
v52 (Passos)	110,31	30,99	187,5	3
v52 (Passos)	119,99	34,88	181,25	3
v53 (Passos)	133,1	36,07	200	3
v53 (Passos)	130,32	36,26	200	3
v53 (Passos)	127,96	36,55	206,25	3
v69 (Paraíso)	137,26	42,84	212,5	3
v69 (Paraíso)	131,64	44,41	225	3
v69 (Paraíso)	134,64	41,2	225	3

B.Esperança = Boa Esperança

#### 4.4.1.2 Análise estatística.

Na Tabela 48 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 1, para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 7 observações; o grupo 2, por 21; e o grupo 3, por 14 observações.

Na Tabela 49 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 1, para amostras de café natural com defeitos.

**TABELA 48** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural com defeitos produzido na altitude 1 (700 a 850 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	7	26,527	41,585
Grupo 2	21	16,496	32,196
Grupo 3	14	15,641	27,841

**TABELA 49** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para fazendas na altitude 1 (700 a 850 metros), para amostras de café natural com defeitos.

<b>Variável</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
CE	188,7214	145,9590	125,3786
KLix	56,2014	42,3595	36,3114
ATT	224,1071	246,4286	206,6964

## 4.4.2 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 2

### 4.4.2.1 Formação de grupos

Na Tabela 50 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 2 (851 a 950 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 50** Formação de grupos para as propriedades dentro da altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural com defeitos.

Amostra	CE	KLix	ATT	Grupo
v46 (Cabo Verde)	137,65	41,93	218,75	1
v66 (Paraíso)	138,06	39,66	225,00	1
v71 (T.Pontas)	133,81	38,55	212,50	1
v42 (B.Esperança)	122,88	28,44	225,00	1
v42 (B.Esperança)	122,27	33,35	231,25	1
v42 (B.Esperança)	104,03	28,36	237,50	1
v46 (B.Esperança)	126,75	36,52	225,00	1
v51 (Guapé)	108,14	30,00	212,50	1
v51 (Guapé)	114,43	33,27	212,50	1
v51 (Guapé)	120,84	36,46	218,75	1
v67 (Paraíso)	117,20	42,43	206,25	1
v67 (Paraíso)	112,41	43,01	206,25	1
v67 (Paraíso)	116,11	42,76	200,00	1
v68 (Paraíso)	103,39	25,27	200,00	1
v68 (Paraíso)	105,67	26,54	212,50	1
v68 (Paraíso)	101,94	26,54	218,75	1
v70 (T.Pontas)	113,50	36,90	237,50	1
v71 (T.Pontas)	133,22	34,89	212,50	1
v46 (Cabo Verde)	143,74	41,87	231,25	2
v66 (Paraíso)	148,26	41,26	225,00	2
v66 (Paraíso)	139,68	39,72	231,25	2

“...Continua...”

“TABELA 50 Continuação...”

Amostra	CE	KLix	ATT	Grupo
v70 (T.Pontas)	138,42	37,26	250,00	2
v71 (T.Pontas)	139,96	38,77	231,25	2
v72 (T.Pontas)	154,89	44,38	275,00	2
v72 (T.Pontas)	163,63	47,93	262,50	2
v72 (T.Pontas)	163,18	47,74	262,50	2
v70 (T.Pontas)	127,8	34,76	237,50	2
v57 (Piumhi)	175,01	54,38	200,00	3
v57 (Piumhi)	178,58	57,55	187,50	3
v57 (Piumhi)	181,93	58,69	187,50	3
v55 (Passos)	206,00	65,59	256,25	3
v55 (Passos)	203,97	65,16	237,50	3
v55 (Passos)	229,00	75,82	250,00	3
v76 (Cabo Verde)	198,11	65,00	225,00	3
v76 (Cabo Verde)	210,08	66,39	237,50	3
v76 (Cabo Verde)	190,93	55,52	231,25	3

T.Pontas = Três Pontas    B.Esperança = Boa Esperança

#### 4.4.2.2 Análise estatística

Na Tabela 51 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 2 para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos:, o grupo 1 foi composto por 18 observações e os grupos 2 e 3, por 9 observações.

Na Tabela 52 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 2, para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que o grupo 1 apresentou as três variáveis com valores menores que os demais, além de uma relação direta entre os valores da CE e KLix entre todos os grupos.

**TABELA 51** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural com defeitos produzido na altitude 2 (851 a 950 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	18	15,930	25,578
Grupo 2	9	19,840	31,117
Grupo 3	9	26,796	43,460

**TABELA 52** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades na altitude 2 (851 a 950 metros), para amostras de café natural com defeitos.

<b>Variável</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
CE	118,4611	146,6178	197,0678
Klix	34,7156	41,5211	62,6778
ATT	217,3611	245,1389	223,6111

### 4.4.3 Avaliação de cafés com defeitos na altitude 3

#### 4.4.3.1 Formação de grupos

Na Tabela 53 encontram-se os valores das amostras com 3 repetições das variáveis avaliadas para composição dos grupos dentro da altitude 3 (951 a 1255 m), para amostras de café natural com defeitos, em que se observa a formação de 3 grupos.

**TABELA 53** Formação de grupos para as propriedades dentro da altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural com defeitos.

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v49 (Guapé)	130,15	38,70	193,75	1
v49 (Guapé)	137,08	38,29	206,25	1
v49 (Guapé)	145,25	45,15	200,00	1
v59 (Poços)	131,97	37,21	225,00	1
v59 (Poços)	123,04	33,32	237,50	1
v59 (Poços)	128,02	37,61	225,00	1
v60 (Poços)	129,14	38,56	212,50	1
v60 (Poços)	110,81	30,55	225,00	1
v60 (Poços)	118,64	34,03	225,00	1
v61 (Poços)	123,87	48,83	231,25	1
v61 (Poços)	114,73	45,50	225,00	1
v61 (Poços)	124,22	46,30	237,50	1
v62 (Poços)	131,09	49,77	250,00	1
v62 (Poços)	124,50	48,66	237,50	1
v62 (S.A Amparo)	134,63	46,59	256,25	2
v63 (S.A Amparo)	139,11	50,70	256,25	2
v63 (S.A Amparo)	140,68	46,98	275,00	2
v63 (S.A Amparo)	140,26	44,47	275,00	2
v64 (S.A Amparo)	159,29	52,93	268,75	2
v64 (S.A Amparo)	152,91	46,34	256,25	2

“...Continua...”

“TABELA 53 Continuação...”

<b>Amostra</b>	<b>CE</b>	<b>KLix</b>	<b>ATT</b>	<b>Grupo</b>
v73 (T.Pontas)	171,24	45,17	282,00	2
v73 (T.Pontas)	153,83	42,77	268,75	2
v73 (T.Pontas)	152,92	45,94	275,00	2
v75 (Lavras)	169,47	72,01	312,50	2
v75 (Lavras)	167,72	72,53	312,50	2
v75 (Lavras)	160,50	72,56	312,50	2
v64 (S.A Amparo)	168,18	53,28	250,00	3
v65 (S.A Amparo)	152,15	47,89	225,00	3
v65 (S.A Amparo)	159,25	53,07	231,25	3
v65 (S.A Amparo)	152,91	48,44	212,50	3
v77 (Muzambinho)	162,59	47,07	231,25	3
v77 (Muzambinho)	176,00	51,51	225,00	3
v77 (Muzambinho)	171,84	49,07	225,00	3

Poços = Poços de Caldas S.S Amparo = Santo Antônio do Amparo

#### 4.4.3.2 Análise estatística

Na Tabela 54 está representada a análise estatística de agrupamento dentro de altitude 3, para amostras de café natural com defeitos. Observa-se que foi possível identificar 3 grupos distintos: o grupo 1 foi composto por 14 observações; o grupo 2, por 12 observações; e o grupo 3, por 7 observações.

Na Tabela 55 estão representadas as médias das variáveis utilizadas para a formação dos grupos dentro da altitude 3, para amostras de café natural com defeitos.

**TABELA 54** Estatísticas para análise de agrupamento dos teores de acidez titulável total, condutividade elétrica e lixiviação de potássio do café natural com defeitos produzido na altitude 3 (951 a 1255 metros).

<b>Grupo</b>	<b>Nº de Observações</b>	<b>Distância média em relação ao centróide</b>	<b>Distância máxima em relação ao centróide</b>
Grupo 1	14	16,592	30,422
Grupo 2	12	24,126	41,382
Grupo 3	7	12,241	22,219

**TABELA 55** Médias das variáveis utilizadas para formação de grupos para propriedades na altitude 3 (951 a 1255 metros), para amostras de café natural com defeitos.

<b>Variável</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
CE	126,6079	153,5467	163,2743
KLix	40,8914	53,2492	50,0471
ATT	223,6607	279,2292	228,5714

Na Figura 4 estão representados os valores para CE nas três altitudes.

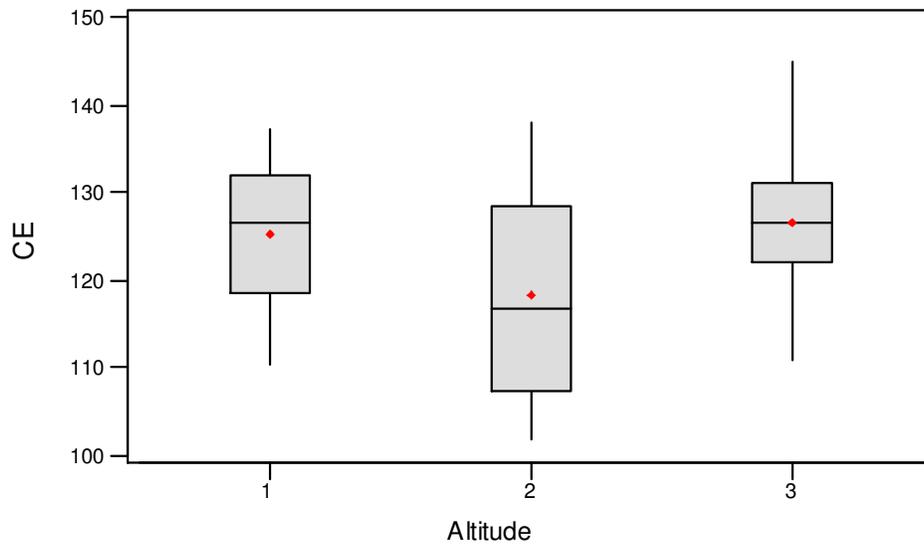
Observa-se, na Figura 4, que ocorreu diferença significativa para a variável CE entre as altitudes 2 e as demais, as quais não diferenciaram entre si.

Na Figura 5 estão representados os valores para KLix nas três altitudes.

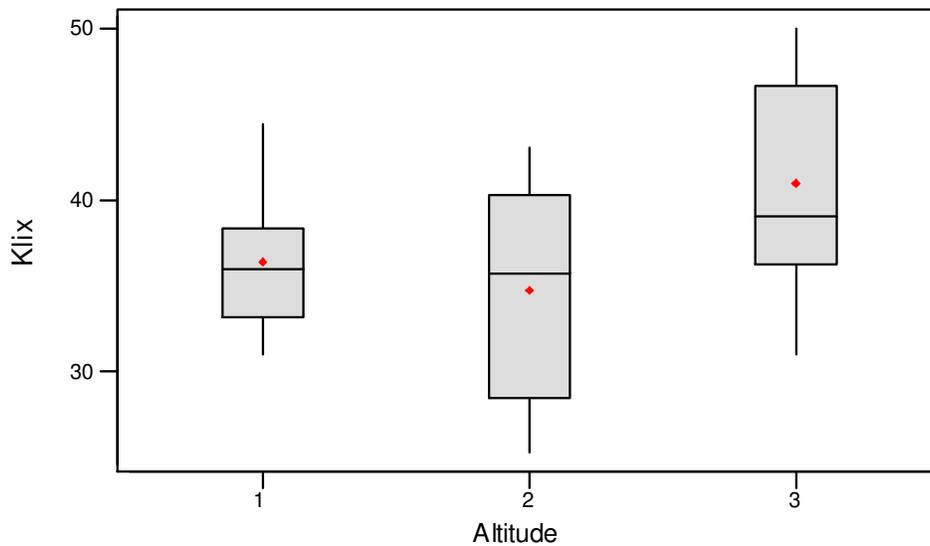
Observa-se, na Figura 5, que ocorreu diferença significativa para a variável KLix entre as altitudes 3 e as demais, as quais não diferenciaram entre si.

Na Figura 6 estão representados os valores para ATT nas três altitudes.

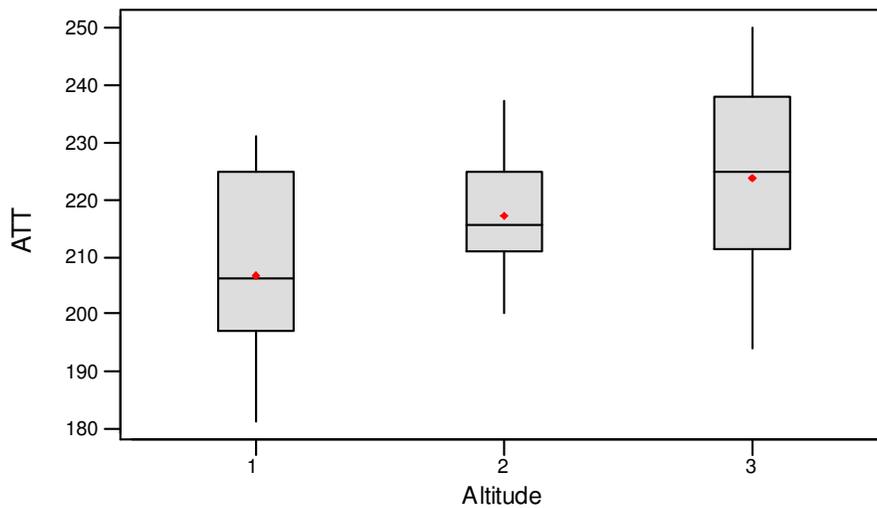
Observa-se, na Figura 6, que ocorreu diferença significativa para a variável ATT entre as altitudes 1 e as demais, as quais não se diferenciaram entre si.



**FIGURA 4** Gráfico Box plot para comparação dos valores da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ), nas três altitudes em café natural com defeitos.



**FIGURA 5** Gráfico Box plot para comparação dos valores da Lixiviação de Potássio (ppm/g), nas três altitudes em café natural com defeitos.



**FIGURA 6** Gráfico Box plot para comparação dos valores da Acidez Titulável Total (ml de NaOH 0,1N/100g), nas três altitudes em café natural com defeitos.

Na Tabela 56 está representada a análise de variância referente ao café natural com defeitos de qualidade superior, quando são avaliadas as variáveis CE, KLix e ATT nas três altitudes. Esta Tabela mostra, pelo teste de “F”, a diferença significativa entre as 3 variáveis. Observa-se que, ocorreu diferença significativa ao nível de 5% ( $P < 0,05$ ) para a variável CE e a 1% ( $P < 0,01$ ) para as demais.

Na Tabela 57 está representada uma comparação entre as médias de cada variáveis (CE, KLix e ATT), dentro das diferentes altitudes.

Observa-se, na Tabela 57, que a altitude 3 apresentou valores para CE e KLix maiores que os da altitude 2 e valores para KLix e ATT maiores que os da altitude 1, o que a classifica como produtora de café com qualidade inferior. Já as altitudes 1 e 2 produzem café de igual qualidade por não apresentarem pelo menos duas das variáveis com valores estatisticamente menores em uma mesma altitude.

Observa-se na Tabela 57 pelo teste “F”, que a altitude 3 apresenta valores estatisticamente maiores para CE e KLix que os da altitude 2 e maiores para KLix e ATT que os da altitude 1. Isto a classifica como produtora das piores características indicativas da preservação da qualidade, apesar de apresentar valor da CE igual ao da altitude 1 e valor da ATT igual ao da altitude 2.

**TABELA 56** Análise de variância referente ao café natural com defeitos, de qualidade superior, comparando as três altitudes

Variável	QME	Pr>F
CE	97,8	0,049
KLix	31,8	0,01
ATT	206,0	0,01

**TABELA 57** Comparação entre as médias das variáveis estudadas para café com defeitos nas três altitudes.

<b>Altitude</b>	<b>CE</b>	<b>Altitude</b>	<b>KLix</b>	<b>Altitude</b>	<b>ATT</b>
2	118,46a	2	34,71a	1	206,70a
1	125,38b	1	36,31a	2	217,36b
3	126,64b	3	41,00b	3	223,79b

Em segundo lugar, como produtoras de café de qualidade superior estão as altitudes 1 e 2, as quais não diferenciam entre si por não apresentarem duas variáveis com valores estatisticamente diferentes em uma mesma altitude.

Observa-se, ainda na Tabela 57, que apesar de os valores da CE serem estatisticamente iguais nas altitudes 1 e 3, os valores do KLix não o são. Isto pode ser explicado pela maior incidência de grãos verdes encontrados nas amostras da altitude 3, os quais apresentam maior teor de potássio na sua composição e maior desestruturação celular.

Pode-se concluir, também, que os defeitos tiveram um maior efeito sobre as amostras coletadas nas maiores altitudes. Isto corresponde ao fato de que estas altitudes produziram cafés de qualidade superior quando na ausência de defeitos, ou seja, os defeitos são mais expressivos quando incidem sobre cafés de qualidade superior.

#### **4.5 Número de defeitos e classificação da bebida**

A presença dos diferentes tipos de defeitos tem sido estudada por diversos autores citados neste trabalho, os quais observaram que o número e o tipo de defeitos afetam diretamente a qualidade da bebida do café.

Na Tabela 58 estão representados os resultados da classificação da bebida de cafés processados de forma natural, com e sem defeitos e o número de grãos defeituosos.

**TABELA 58** Quantidade de defeitos observada em amostras de 300 gramas do café natural, provenientes de 37 propriedades da Região do Sul de Minas Gerais, e seus respectivos tipos de bebida, avaliados pela análise sensorial.

Amostra	Defeitos									Altitude
	CD	SD	P	A	C/M	V	Q	E	B	
v22 (Poços)	D	M		74	4	46	23	4	19	
v21 (Poços)	D	D		60	17	39	8	-	10	
v19 (Poços)	RD	AM		103	11	31	0	3	19	
v37 (Muzambinho)	D	D		46	39	54	16	10	29	
v20 (Poços)	RD	AM	3	123	20	79	2	11	9	
v9 (Guapé)	AM	AM		5	2	37	23	2	6	3
v25 (S.A Amparo)	D	AM		23	47	5	4	4	41	
v24 (S.A Amparo)	D	AM		71	30	26	2	-	24	
v23 (S.A. amparo)	AM	EM		91	26	15	32	2	13	
v33 (T. Pontas)	D	M		123	35	25	1	20	24	
v35 (Lavras)	D	EM		96	3	3	13	1	102	
v17 (Piumhi)	M	EM		18	123	3	3	5	2	
v30 (T.Pontas)	D	M		65	36	17	2	4	32	
v32 (T.Pontas)	D	AM		131	20	16	2	6	22	
v36 (C.Verde)	D	AM		57	47	28	20	7	9	
v15 (Passos)	RD	M		162	110	60	31	-	51	
v31 (T.Pontas)	D	AM		78	12	13	2	10	16	2
v28 (S.S Paraíso)	D	AM		55	34	48	3	3	19	
v27 (S.S. Paraíso)	D	D		36	13	48	4	2	-	
v2 (B.Esperança)	D	M		64	33	16	3	10	66	
v26 (S.S. Paraíso)	D	M		88	27	21	3	4	19	
v6 (Cabo Verde)	RD	AM		157	15	46	0	2	2	
v11 (Guapé)	D	AM		138	25	31	10	1	10	

“...Continua...”

“TABELA 58. Continuação”

Amostra	Defeitos									Altitude
	CD	SD	P	A	C/M	V	Q	E	B	
v4 (B. Esperança)	RD	M	3	30	18	4	7	3	24	
v5 (Cabo Verde)	RD	M		149	24	74	4	1	16	
v10 (Guapé)	M	M		57	46	8	13	5	5	
v7 (Guapé)	D	AM		108	22	22	2	2	34	
v8 (Guapé)	AM	M		48	18	38	18	2	8	
v34 (Lavras)	RD	D		102	38	39	1	12	13	
v1 (B. Esperança)	D	AM		48	38	19	3	7	40	1
v29 (S.S. Paraíso)	RD	M		93	36	29	4	1	24	
v3 (B. Esperança)	RD	D		57	29	19	2	9	42	
v16 (Piumhi)	D	M		21	135	17	113	11	4	
v12 (Passos)	RD	D		72	44	15	10	4	9	
v18 (Piumhi)	D	M		18	13	12	2	3	16	
v13 (Passos)	D	M		27	21	26	7	16	1	
v14 (Passos)	D	M		32	141	20	51	35	10	

Poços = Poços de Caldas S.A.Amparo = Santo Antônio do Amparo

T.Pontas = Três Pontas S.S Paraíso = São Sebastião do Paraíso

B.Esperança = Boa Esperança

CD = Com defeito SD = Sem defeito EM = Excritamente mole M = Mole

AM = Apenas mole D = Duro RD = Riado P = Preto A = Ardido

C/M = Chocho/Mal granado V = Verde Q = Quebrado E = Esmagado

B = Brocado

Observa-se, na Tabela 58, que nas três faixas de altitude ocorreu uma melhoria na qualidade do café quando o mesmo foi avaliado sem os defeitos, mostrando a influência destes na qualidade da bebida. Vê-se ainda que retirando os defeitos apenas 4 amostras (10,8%) não mudaram a classificação da bebida; 100% das amostras da altitude 3 passaram de RD para AM; 50% das amostras da altitude 2 passaram de bebida RD para M e 50% de RD para M; 50% das

amostras da altitude 1 passaram de bebida RD para M e 50% de RD para D; a maior incidência de bebida EM ocorreu na altitude 3, vindo em seguida a altitude 2, sendo que a altitude 1 não apresentou este tipo de bebida, o que pode ser um indicativo de que as maiores altitudes possibilitam a produção de cafés de melhor bebida. Entretanto, não foi possível estabelecer uma relação precisa entre a prova sensorial, a altitude, o tipo e a quantidade de defeitos.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando as condições nas quais se conduziu este trabalho, pode-se concluir que:

- Os resultados das análises das variáveis condutividade elétrica, potássio lixiviado e acidez total titulável podem ser utilizados como descritores da qualidade do café com e sem defeitos.
- As maiores altitudes produzem cafés com as melhores características químicas quando as amostras são avaliados sem os defeitos.
- Os defeitos exercem maior impacto sobre a qualidade do café nas faixas de altitudes mais elevadas.
- Quando o café foi analisado com os defeitos, a maior altitude produziu café de qualidade inferior que as demais, as quais não se diferenciaram entre si.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. M. A.; CARVALHO, V. D. de; BOTREL, N. Efeito de níveis de adição de defeito “verde” na composição química de cafés classificados como bebida “estritamente mole”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6. p. 456-461, jun. 1996.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionado com a determinação da qualidade**. Piracicaba. 1978. 85 p. Tese (“Livre Docente” em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMORIM, H. V. **Relação entre alguns compostos orgânicos de grão de café verde com a qualidade da bebida**. 1972. 136 p. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMORIM, H. V.; SILVA, O. M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, New York, v. 219, n. 5152, p. 381-382, July 1968.

ARCILA-PULGARIM, J.; VALÊNCIA-ARISTZÁBAL, G. Relación entre la actividad de la polifenol oxidase (P. F. O.) y las pruebas de catacion como medidas de la calidad de la bebida del café. **Cenicafé**, Caldas, v. 26, n. 2, p. 55-71, abr./jun. 1975.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of Analysts of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. 2v.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 22-29, ago. 2003. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 385 p.

CAMARGO, A. P.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J. O. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de arábica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: MICIIBC, 1992.

CARVALHO, A.; GARRUTI, R. S.; TEIXEIRA, A. A.; PUPO, L. M.; MÔNACO, L. C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n. 20, p. 207-220, 1970.

CARVALHO, V. D. de. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 73 p. (Curso de Especialização).

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

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

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.

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

CARVALHO JUNIOR, C. de. **Efeito de sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado e, Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

CHAGAS, S. J. de R.; CARVALHO, V. D.; COSTA, L. ROMANIELLO, M. M. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II — Valores de acidez titulável e teores de açúcares (redutores, não redutores e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 224-231, abr./jun. 1996.

CHALFOUN, S. M. **Colheita e preparo do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 49 p. (Curso de Pós-Graduação: “Lato Sensu” Especialização à Distância – Cafeicultura Empresarial; Produtividade e Qualidade).

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. de. Influência da altitude e da ocorrência de chuvas durante os períodos de colheita e secagem sobre a qualidade do café, procedente de diferentes municípios da região Sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 2, p. 32-36, 2001. Especial-Café.

CHING, T. M.; SCHOOLCRAFT, I. Physiological and chemical differences in aged seeds. **Crop Science**, Madison, v. 8, n. 4, p. 407- 409, 1968.

COELHO, K. F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos**. 2000. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CORTEZ, J. G. Controle das fermentações do café e a qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 19., 1993, Três Pontas. **Resumos...** Rio de Janeiro: MARA, 1993. p. 86.

DECAZY, F.; AVELINO, J.; GUYOT, B.; PERRIOT, J. J.; PINEDA, C.; CILAS, C. Qualidade de difetentes cafés hondurenhos em relação a diferentes meio ambientes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. p. 2356-2361, 2003.

DENTAN, E. The microscopic structure of the coffee bean. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. New York: Croom Helm, 1985. P. 284-304.

FELDMAN, J. R.; RYDER, W. S.; KUNG, J. T. Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. p. 733-739, 1969.

FIGUEROA, P.; JIMENEZ, O. H.; LÓPES de L. E.; ANZUETO, F. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolepticas y físicas del café. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE CAFEICULTURA, 19., 2000, San José, Costa Rica. **Memoria...** San José: ICAFE, 2000. p. 493-497.

FREIRE, A. C. F.; MIGUEL, A. C. Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12., 1985, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1985. p. 210-214.

GARRUTI, R. dos S.; GOMES, A. G. Influência do estágio de maturação sobre a qualidade do café do Vale do Paranaíba. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 44, p. 989-995, Out. 1961.

GERMAN-V. A. Factores que incidem en la formacion de granos negros y caida de frutos verdes de café. **Cenicafe**, Caldas, v. 24, n. 2, p. 47-55, abr./jun. 1973.

GODINHO, R. P.; VILELA, E. R.; OLIVEIRA, G. A. Deterioração pós-colheita do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Rio de Janeiro: MARA/PROCAFÉ, 1998. p. 128-129.

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

GOULART, P. F. P.; ALVES, J. D.; MALTA, M. R.; MAGALHÃES, M. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; MEYER, L. E. Análise comparativa entre lixiviação de potássio, condutividade elétrica, teor de ácido clorogênico e métodos de quantificação da atividade da polifenol oxidase em extratos semipurificados de amostras de café de diferentes padrões de qualidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 7, p. 78-85, 2003. Especial – Café.

GUYOT, B.; GUEULE, D.; MANEZ, J. C.; PERRIOT, J. J.; GIRON, J.; VILLAIN, L. Efeito da altitude e sombreamento no café arabica. **Journal-Article**, v. 3, n. 4, p. 272-283, 1996.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 607 p.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1991. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. de R.; OLIVEIRA, W. M. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial Café.

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

MEIRELLES, A. M. A. **Ocorrência e controle da microflora associada aos frutos de café (*Coffea arabica* L.) provenientes de diferentes localidades do estado de Minas Gerais**. 1990. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

MENDONÇA, L. M. V. L. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de (*Coffea arabica* L )** 2004. 153 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

MENEZES, H. C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com maturação de café**. 1994. 71 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Campinas, Campinas.

MIYA, E. E.; GARRUTI, R. S.; CHAIB, M. A.; ANGELUCCI, R. S.; FIGUEIREDO, I.; SHIRONE, I. Defeito do café e qualidade da bebida. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 5, p. 417-432, 1973/74.

NAVELLIER, P. Coffee. In: ENCYCLOPÉDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS. New York: John Wiley, 1970. v. 19, p. 373-447.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 375-384, 1944.

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

OLIVEIRA, G. A. de. **Qualidade dos cafés cereja, bóia e mistura submetidos a diferentes períodos de amontoamento e tipos de secagem**. 2002. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFE. **El despulpado del café por medio de desmucilaginosos mecánicos sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana en el Estado de Paraná en Brasil**. Londres, 1992. n. p. (Reporte de Evaluación Sensorial).

ORGANIZATION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Quantitative descriptive flavour profiling of coffees from COOPARAISO - MG, Brasil**. Londres, 1991. p. 1-3. (Report de Evaluacion Sensorial).

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “estritamente mole”**. 1997. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, R. G. F. A.; ABRAHÃO, A. A.; VILELA, T. C.; FURTADO, E. F.; BORÉM, F. M. Composição química de grãos de café submetidos a diferentes tipos de processamento: II-Torração média. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL; WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 261.

PEREIRA R. G. F. A.; VILELA, T. C.; BORÉM, F. M.; ABRAÃO, A. A.; LOPES, L. M. V. Constituintes químicos de cafés despulpados, descascados, desmucilado e natural. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro-Ba, 2003. p. 164-165.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café** (*Coffea arabica* L.). 2001. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café**. Lavras-MG: Editora UFLA, 2003. 304 p

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

PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida do café colhido em quatro estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 171-177, fev. 1997.

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

PINTO, N. A. V. D. Avaliação enzimática e química do grão de café e classificação pela prova da xícara. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2002, Caxambú – MG. **Anais...** Caxambú, 2002. p. 162-163.

PINTO, N. A. V. D.; PEREIRA, R. G. F. A., PÁDUA, P. M. Thé. Avaliação enzimática quantificação e integridade de compostos da parede celular em grãos de café cru. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, Ba: Embrapa Café CBP&DC, 2003. p. 160

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exudado de grãos de café** (*Coffea arabica* L) e sua relação com a qualidade da bebida. 1992. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PRETE, C. E. C.; ABRAHÃO, J. T. M.; BARCA, A. A. L. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estágios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21., Caxambu. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: MARA/PROCAFE, 1995. p. 19-121.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

RIBEIRO, D. M. **Qualidade do café descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SERRANO, C. E. B.; CASTRILLÓN, J. J. C. Influência de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206 B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchiná, Caldas, v. 53, n. 2, p. 119-131, abr./jun. 2002

SILVA, R. F. da. **Qualidade do café cereja descascado produzido na Região Sul de Minas Gerais**. 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

SIVETZ, M.; DEROSIER, N. W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westport, p. 521-575, 1979.

SOUZA, S. M. C. de. **O café** (*Coffea arabica* L.) **na região do sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. 1996. 171 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TEIXEIRA, A. A. Observações sobre várias características do café colhido verde e maduro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA/EMBRAPA, 1984. p. 227-228.

TEIXEIRA, A. A.; HASHIZUME, H.; NOBRE, G. W.; CORTEZ, J. G.; FAZUOLI, L. C. Efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes. In: COLÓQUIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL SOBRE O CAFÉ, 10., 1982, Salvador. **Resumos...** Salvador, 1982. p. 73-80.

TEIXEIRA, A. A.; PEREIRA, L. S. de P.; GOMES, F. P.; CRUZ, V. F. de.; CASTILHO, A. de. **A influência de grãos pretos em ligas com cafés de bebida mole.** Rio de Janeiro: IBC, 1968.

VILLELA, T. C. **Qualidade do café cereja despoldado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem.** 2002. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ZULUAGO-VASCO, J.; Los factores que determinan la calidad del café verde. In: FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. **50 ANOS DE Cenicafé 1938-1988:** conferências comemorativas. Chinchiná, Caldas: CENICAFE, 1990. p. 167-183.

## ANEXO

**TABELA 1A** Amostras de café coletadas em onze municípios em diferentes altitudes.

<b>Amostra</b>	<b>Município</b>	<b>Altitude (m)</b>
v22	Poços de Caldas	1.255
v21	Poços de Caldas	1.205
v19	Poços de Caldas	1.200
v20	Poços de Caldas	1.125
v37	Muzambinho	1.200
v9	Guapé	1.120
v25	Santo Antônio do Amparo	1.050
v24	Santo Antônio do Amparo	991
v23	Santo Antônio do Amparo	987
v33	Três Pontas	977
v35	Lavras	955
v17	Piunhi	950
v32	Três Pontas	930
v36	Cabo Verde	930
v30	Três Pontas	930
v15	Passos	904
v31	Três Pontas	895
v28	São Sebastião do Paraíso	885
v27	São Sebastião do Paraíso	880
v26	São Sebastião do Paraíso	870
v2	Boa Esperança	870
v6	Cabo Verde	865
v11	Guapé	860
v5	Cabo Verde	850
v4	Boa Esperança	850
v10	Guapé	850
v7	Guapé	845
v8	Guapé	842
v34	Lavras	835
v1	Boa Esperança	829
v29	São S. do Paraíso	825
v3	Boa Esperança	810
v16	Piunhi	806
v12	Passos	773
v18	Piunhi	745
v13	Passos	740
v14	Passos	705

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)