

**ENILSON DE BARROS SILVA**

**POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO: EFEITO DE FONTES, DOSES E DETERMINAÇÃO  
DE CLORETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**  
**Dr. Francisco Dias Nogueira**

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

**1995**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Silva, Enilson de Barros

Potássio para o cafeeiro : efeito de fontes, doses e determinação de cloreto /  
Enilson de Barros Silva. -- Lavras : UFLA, 1995.

87 p. : il.

Orientador: Francisco Dias Nogueira.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Café - Adubação potássica. 2. Potássio. 3. Cloreto. 4. Qualidade. 5.  
Análise. I - Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-633.73893

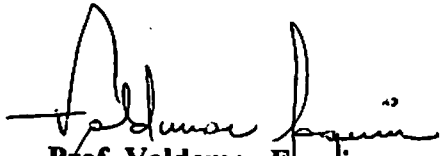
**ENILSON DE BARROS SILVA**

**POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO: EFEITO DE FONTES, DOSES E DETERMINAÇÃO  
DE CLORETO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do curso de  
Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e  
Nutrição de Plantas para obtenção do título de  
“Mestre”

**APROVADA EM 16 DE AGOSTO DE 1995:**

  
**Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães**

  
**Prof. Valdemar Faquin**

  
**Profª Vânia Déa de Carvalho**

  
**Dr. Francisco Dias Nogueira**  
**(ORIENTADOR)**

À MINHA ESPOSA FRANCISCA  
E À MINHA FILHA JÚNIA  
OFEREÇO

AOS MEUS PAIS, JOSÉ E CARMELINA  
E À MINHA IRMÃ SHEILA  
DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade do aprendizado.

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

À EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), pelo apoio, e possibilidade de realização deste trabalho dentro de sua programação, e à FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais), pelo auxílio financeiro.

Ao Dr. Francisco Dias Nogueira, pela orientação, amizade e incentivo na realização deste curso.

Ao Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães e Profª Vânia Déa de Carvalho, pelas sugestões apresentadas.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso (FESP - EPAMIG), em especial aos Srs. Juracy de Oliveira Júnior e Homero Gomes Lemos, pelo apoio na condução do experimento, e coleta de dados, e ao Sr. Samuel Rosa de Brito, pela amizade, coleguismo, e valiosa colaboração nas análises de laboratório.

Aos Pesquisadores do Laboratório de Qualidade de Café "Dr. Alcides Carvalho" da EPAMIG, Laerte Costa e Silvio Júlio Rezende Chagas, pela orientação nas análises de qualidade de café.

À Professora (UFMG) Linda Sebastião Nogueira e ao Professor (UFV), Efraim L. Reis, pelos subsídios em materiais concedidos.

Aos Professores Valdemar Faquin, Fabiano Ribeiro do Vale, Geraldo A. de A. Guedes, Janice Guedes de Carvalho, pelos ensinamentos e oportunas contribuições.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo (DCS/UFLA), em especial ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> João Batista Corrêa, Delano Carlos Ribeiro e João Guaberto Penha, nos trabalhos de laboratório.

Aos colegas e amigos: Luiz Fernando Corbeira da Silva e Marcelo Ribeiro Malta, pela contribuição nas análises de cloreto.

Aos colegas, amigos de curso e a todos os quais contribuíram para a realização deste trabalho.

À Deus, por tudo!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Efeitos do cloro na planta.....	3
2.2 Determinação do cloreto.....	6
2.3 Respostas do cafeeiro ao potássio.....	9
2.4 Composição química e a qualidade do café.....	11
2.5 Potássio e qualidade do café.....	15
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Localização, solo e caracterização climática.....	19
3.2 Delineamento experimental, tratamentos e adubação.....	19
3.3 Avaliações.....	22
3.3.1 Cloreto.....	22
3.3.1.1 Método de Mohr.....	22
3.3.1.2 Método mercurimétrico.....	24
3.3.1.3 Método de Volhard.....	25
3.3.1.4 Método de titulação potenciométrica.....	26
3.3.2 Produção.....	29
3.3.3 Parâmetros qualitativos.....	30
3.3.3.1 Atividade da polifenoloxidase.....	30
3.3.3.2 Acidez titulável total.....	31
3.3.3.3 Compostos fenólicos totais.....	31
3.3.3.4 Índice de coloração.....	31
3.3.3.5 Proteína total.....	31
3.3.3.6 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	32
3.3.3.7 Cafeína.....	32
3.3.4 Determinação dos teores de macro e micronutrientes em folhas e grãos.....	32
3.3.5 Análise estatística.....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
4.1 Comparação de métodos para determinação de cloreto.....	34
4.2 Teores de cloreto nas folhas, grãos, casca e frutos de café.....	40
4.3 Produção.....	44
4.4 Efeito dos tratamentos nos parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados de café.....	46
4.5 Correlação entre os teores de nutrientes nas folhas e grãos com os parâmetros qualitativos.....	58

<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Teores médios de alguns constituintes químicos do café beneficiado.....	12
2	Características físicas e químicas de amostras a três profundidades do LRd da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso - MG, realizada em 04/1993 <sup>1/</sup> .....	20
3	Dados climatológicos da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso (MG), registrados no período experimental.....	21
4	Titulação potenciométrica de extrato foliar de cloreto por solução de nitrato de prata (0,0282 mol.L <sup>-1</sup> ) com eletrodos indicador de fio de prata e outro calomelano de referência.....	28
5	Produção (sacas beneficiadas.ha <sup>-1</sup> ) de dois anos e do biênio (93/94).....	44
6	Porcentagem de frutos verde, cereja, passa e seco nos anos de 1993 e 1994.....	51
7	Coefficientes de correlação linear simples entre os teores foliares dos nutrientes (g.kg <sup>-1</sup> de MS) e as doses de K aplicados e os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados no ano de 1994, para cada fonte utilizada.....	59
8	Coefficientes de correlação linear simples entre os teores dos nutrientes nos grãos (g.kg <sup>-1</sup> de MS) e as doses de K aplicados e os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados no ano de 1994, para cada fonte utilizada.....	60

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Desenho esquemático da titulação potenciométrica com os seguintes equipamentos: (A) bureta, (B) ponte salina, (C) eletrodo indicador, (D) eletrodo de referência, (E) agitador magnético, (F) peagâmetro, (G) barra magnética e (H) becker.....	27
2	Correlação linear simples (r) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em folhas de café.....	35
3	Correlação linear simples (r) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em grãos beneficiados de café.....	36
4	Correlação linear simples (r) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em casca de café.....	37
5	Teor de cloreto em folhas (A), grãos (B), casca (C) e frutos (D) de cafeeiro, em função das doses de K na forma KCl para os métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), Volhard (VO) e titulação potenciométrica (PO), em 1993.....	41
6	Teor de cloreto em folhas (A), grãos (B), casca (C) e frutos (D) de cafeeiro, em função das doses de K na forma KCl para os métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), Volhard (VO) e titulação potenciométrica (PO), em 1994.....	42
7	Atividade da polifenoloxidase (PFO) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.....	47
8	Valores de acidez titulável total (ATT) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.....	49
9	Teores de compostos fenólicos (CF) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.....	50
10	Valores de índice de coloração (IC) de grãos beneficiados de café, 1994.....	52
11	Porcentagem de proteína total (PT) em função de doses de K em grãos beneficiados de café, 1994.....	54

12	Teores de açúcares redutores (AR) em grãos beneficiados de café, 1994.....	55
13	Teores de açúcares não redutores (ANR) em função de doses de $K_2SO_4$ em grãos beneficiados de café, 1994.....	56
14	Teores de açúcares totais (AT) em função de doses de $K_2SO_4$ em grãos beneficiados de café, 1994.....	57
15	Teor de cafeína (CAF) em função de doses de KCl em grãos beneficiados de café, 1994.....	58

## RESUMO

SILVA, Enilson de Barros. **Potássio para o cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto.** Lavras: UFLA, 1995. 87p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).\*

O objetivo deste trabalho foi testar metodologias para determinação do íon cloreto nas folhas e frutos, e efeito de fontes e doses de K nos teores de cloreto nas folhas, e nos frutos, e, também, na produção, e nos aspectos qualitativos do grão beneficiado do café.

O experimento foi instalado num LRD, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG de São Sebastião do Paraíso (MG), em fevereiro de 1993, utilizando-se a espécie *Coffea arabica*, L. da cultivar Catuai Vermelho, linhagem LCH 2077-2-5-44, no espaçamento 3,5 x 2,0 m, com duas plantas por cova. A parcela experimental foi composta por três linhas de oito covas, formando um total de 24 covas por parcela, sendo considerada como parcela útil apenas as seis covas centrais. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se três fontes de K: KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e K-Mag, nas parcelas e quatro doses (0, 100, 200 e 400 g de K/cova), nas subparcelas. As adubações de manutenção, bem como, os cuidados fitossanitários foram os mesmos para todos os tratamentos.

O experimento foi conduzido até outubro de 1994, tendo sido avaliados em 1993 e 1994 os teores de nutrientes nas folhas e grãos. Além dos nutrientes foi analisado o cloreto (Cl) pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), de Volhard (VO) e titulação potenciométrica (PO). Foi feita a correlação linear dos métodos de MO, ME e VO em relação ao PO, considerado como padrão. Em cada ano foi avaliada a produção de grãos beneficiados, os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados, como: atividade de polifenoloxidase (PFO), acidez titulável total (ATT), compostos fenólicos (CF), índice de coloração (IC), proteína total (PT), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), açúcares totais (AT) e cafeína (CAF),

---

\* Orientador: Dr Francisco Dias Nogueira; Membros da Banca: Dr. Paulo Tácito Guimarães Gontijo, Prof. Valdemar Faquin, Prof<sup>a</sup> Vânia Déa de Carvalho.

que foram submetidos à análise de variância, teste de médias, regressão polinomial, e correlação linear simples com os teores de nutrientes das folhas e grãos com parâmetros qualitativos.

Os resultados obtidos mostraram, que o método mercurimétrico, pela sua precisão e praticidade, é o mais indicado para análise de rotina, se o compararmos com outros métodos de determinação de cloreto. Os teores de cloreto seguiram a seguinte ordem decrescente: folhas, casca, frutos e grãos, e aumentaram em cada parte com as doses de KCl. Não houve respostas de produção, em dois anos de estudo às fontes e doses de K. Nos parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados foi verificado maior PFO e menor ACT, no ano de 1993, na fonte  $K_2SO_4$ . No ano de 1994, a resposta à fonte  $K_2SO_4$  teve a mesma tendência para PFO e ATT, apresentando-se ainda um maior IC, bem como, uma resposta favorável no teor de AT, neste ano, tendo o  $K_2SO_4$ , promovido melhor qualidade de café. O efeito dos tratamentos sobre os CF e a PT não se relacionou com a qualidade do café, quando expressa pela PFO, e houve uma redução da CAF com aumento das doses de KCl, em 1994.

## SUMMARY

### **Potassium for the coffee tree: effects of sources, doses and chloride determination**

The objective of this work was to test methodologies to determine the chloride ion in both leaves and fruit and effect of sources and doses of K upon the chloride contents in leaves and fruit and also on the yield and qualitative aspects of the processed coffee grain.

The experimental was established on a LRD situated on a EPAMIG experimental farm in São Sebastião do Paraíso - MG in February, 1993, by utilizing the species *Coffea arabica*, cultivar Catuaí Vermelho, line LCH 2077-2-5-44, at the spacing 3,5 x 2,0 m with two plants per hole. The experimental plot was made up of three roles of eight holes, amounting to 24 holes per plot, being the six central holes considered as a useful plot. The randomized block experimental design with four replications was utilized, in split-plot scheme, using three sources of K: KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and K-Mag in the plots and four doses (0, 100, 200 e 400 g K/hole) in the subplots. The maintenance fertilization, as well as phytosanitary practices were the same to all the treatments.

The experiment was conducted a till October of 1994, having been evaluated in 1993 and 1994, the nutrient contents in leaves and grain. Besides nutrients chlorides of Mohr (MO), mercurimetric (ME), Volhard (VO) and potentiometric titration (PO). Linear correlation of the MO, ME and VO methods was done relative to the PO, considered as a standard. Every year, the production of processed grains was evaluated, the qualitative parameters of the processed grains as: polyphenoloxidase activity (PPO), total titrable acidity (TTA), phenolic compounds (PC), coloration index (CI), total protein (TP), reducing sugars (RS), non-reducing sugars (NRS) and total sugars (TS) and caffeine (CAF) which were submitted to the variance analysis, test of averages, polynomial regression and simple linear correlation with the nutrient contents of leaves and grains with qualitative parameters.

The results obtained showed that the mercurimetric method by its accuracy and feasibility is the most advisable for routine analysis as compared with other methods used for determining chloride. The chloride contents followed the following decreasing order: leaves, husk, fruit and grains and increased in every part with the KCl doses. There was no response of

yield in two years studied to the sources and doses of K. In the qualitative parameters of the processed grains, increased PPO and decreased ATT in the year 1993, in the  $K_2SO_4$  source. In the year 1994, the response to the  $K_2SO_4$  source showed same trend to PPO and ATT, showing an even higher CI as well as a favorable response in the TS content in this year, having  $K_2SO_4$  afford best quality of coffee. The effect of the treatments on PC and TP did not relate to the quality of the coffee as expressed by the PPO and there was a decrease of the CAF with increasing the KCl doses.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café (23,6%), seguido imediatamente pela Colômbia e Indonésia, sendo que a produção desses países correspondem respectivamente a 15,6% e 7,0% do mercado mundial. No Brasil, o Estado de Minas Gerais se destaca como o maior produtor, contribuindo com a cota de 50% da produção nacional, seguido por São Paulo e Espírito Santo, ambos participando com 15,4% da produção (Anuário..., 1995).

○ O grande desafio atual de nossa cafeicultura está na produção de café de qualidade, possibilitando maior competitividade no mercado internacional, e a obtenção de preços compensadores.

○ A melhoria dos cuidados no preparo do café tornou-se um desafio para os produtores em consequência da maior facilidade de comercialização e aos maiores retornos econômicos advindos da venda de um produto de melhor qualidade. Associado a isto, no Brasil, o café é um dos poucos produtos agrícolas que tem o preço baseado em parâmetros qualitativos: o valor do produto varia significativamente de acordo com a qualidade.

Para uma maior competitividade do café brasileiro através da melhoria do produto, torna-se necessário, apoiar-se numa investigação multidisciplinar, com características voltadas para os atributos de qualidade da bebida, que é o interesse final.

○ Entre outros fatores, a nutrição mineral do cafeeiro parece afetar a qualidade da bebida principalmente, quando há uma acentuada deficiência ou excesso de alguns nutrientes (Amorim et al., 1965 e Amorim, 1978). Poucos são os trabalhos, enfatizando a influência da nutrição mineral do cafeeiro, na qualidade da bebida.

O cafeeiro é uma cultura bastante exigente em K e o cloreto de potássio é o fertilizante mais utilizado na lavoura cafeeira. Esta fonte possui 47% de cloro, o que leva a planta a absorver e a acumular elevadas quantidades deste elemento.

Questionam-se os efeitos da absorção contínua, e o acúmulo do íon cloreto pelo cafeeiro, e seus efeitos na sua nutrição, e conseqüentemente na qualidade da bebida. Neste caso, o uso de fontes de potássio (K), isentas de cloreto, talvez possam promover melhoria na qualidade da bebida do café.

Raros são os trabalhos encontrados na literatura relativos a efeitos indesejáveis do cloreto sobre a qualidade do café, enfocando os teores de cloreto nas folhas e nos frutos, sendo ainda mais escassa a comparação entre os métodos existentes para sua determinação, com a finalidade de correlacionar os teores de cloreto com parâmetros de qualidade do grão beneficiado.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de testar metodologias para determinação do íon cloreto nas folhas e nos frutos, e efeitos de fontes e doses de K nos teores de Cl nas folhas e nos frutos, na produção do cafeeiro, e nos aspectos qualitativos dos grãos beneficiados de café.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Efeitos do cloro na planta

O cloro (Cl) é um micronutriente não metálico, pertencente ao grupo 7A, dos halogênicos, juntamente com o iodo, bromo, fluor e astato. Devido à falta de um elétron na configuração estável do gás nobre, o elemento forma um único íon cloreto. As ligações com outros compostos são monovalentes, podendo ser iônicas ou covalentes. Na forma elementar, o Cl é um gás verde-claro, de fórmula molecular  $\text{Cl}_2$ . Ocorre, naturalmente, como ânion cloreto (Rajj, 1991).

No solo, o cloreto não é fixado pela matéria orgânica ou pelas argilas. O elemento é facilmente lixiviado, mais do que os ânions fosfato, sulfato e nitrato, sendo menos adsorvido nas argilas pH dependentes. O fosfato pode ocupar a maioria dos pontos de adsorção das argilas, ficando o cloreto livre na solução do solo, sendo também bastante susceptível à lixiviação (Jacob e Uexküll, 1961 e Tisdale, Nelson e Beaton, 1986).

As pesquisas evidenciam que o Cl é um micronutriente essencial na vida vegetal (Broyer et al., 1954 e Johnson et al., 1957), sendo absorvido por algumas espécies de plantas em quantidades muito elevadas. Pela sua distribuição na biosfera, o interesse dos fisiólogos se dirige menos para os problemas relativos à sua eventual deficiência do que, para as modificações metabólicas provocadas por sua presença, em concentrações demasiadamente elevadas, no meio nutritivo (Marschner, 1986, Tisdale, Nelson e Beaton, 1986 e Mengel e Kirkby, 1987).

[ O Cl tem uma função importante como cofator, junto com manganês, na evolução do oxigênio, no fotossistema II, na fotossíntese (Broyer et al., 1954; Gouny, 1973; Marschner, 1986; Mengel e Kirkby, 1987 e Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989). ]

Evidências indicam que a ATPase localizada no tonoplasto é estimulada pelo Cl (Mettler, Mandala e Taiz, 1982). O efeito da adubação com cloreto de potássio sobre a ATPase nas raízes pode ser resultado de duas reações separadas: primeiro o K<sup>+</sup> estimula a ATPase ligada ao plasmalema, e, na segunda, o Cl<sup>-</sup> ativa a ATPase ligada ao tonoplasto (Marschner, 1986).

Pouco se sabe sobre as funções do Cl em outros processos metabólicos. Uma função específica do Cl no metabolismo do nitrogênio é o seu efeito estimulante sobre a enzima sintetase da glutamina, utilizando como substrato, o glutamato no processo de assimilação do amônio (Rognes, 1980 e Marschner, 1986). Segundo Freney, Delwiche e Johnson (1957), plantas deficientes em Cl podem acumular certos aminoácidos e amidas, proporcionando uma inibição na síntese, ou degradação de proteínas.

O Cl é pouco móvel na planta. Geralmente, ele se acumula nos tecidos da planta com o tempo e há poucas evidências do movimento deste nutriente dos tecidos velhos para os novos (Eaton, 1966). A sua toxidez se manifesta pela queima da extremidade e margens das folhas, com bronzeamento prematuro e abscisão das folhas (Eaton, 1966; Gouny, 1973; Snoeck, N'Goran e Snoeck, 1986; Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989; N'Goran, 1990).

O uso intensivo de fertilizantes que contém Cl no cultivo do cafeeiro, pode provocar toxidez, quando atinge a concentração de 5000 mg Cl.kg<sup>-1</sup> nas folhas, sem que os sintomas se manifestem (Malavolta, 1986). Este autor relata que o elevado conteúdo de Cl não corresponde à necessidade da planta, pode ser um caso de “consumo de luxo”, pelo uso de cloreto de potássio na adubação do cafeeiro.

Há poucos trabalhos a respeito do teor de Cl no cafeeiro. Muller (1966) apresentou uma série de dados sobre macro e micronutrientes no cafeeiro, mas nada mencionou sobre a concentração de Cl, por não ter constatado sintomas de deficiência deste nutriente, no mesmo.

A concentração e a quantidade de micronutrientes e alumínio no cafeeiro, foram determinados por Catani et al. (1967). Encontraram altas concentrações de Cl nas diversas partes da planta, principalmente nas folhas e frutos, tendo sido registrado teores acima de 6280 mg.kg<sup>-1</sup> nas folhas e 3320 mg.kg<sup>-1</sup> nos frutos. Mas, estes autores advertem que pouco se conhece sobre o teor deste micronutriente no cafeeiro.

Em outro trabalho, Catani, Moraes e Bergamin (1969) determinaram a concentração de Cl nas folhas de cafeeiro adubado com cloreto de potássio (332 g de K/cova) e

verificaram teores acima de  $5000 \text{ mg.kg}^{-1}$ , sem que se observassem sintomas de toxidez. Todavia estes autores coletaram folhas no mês de janeiro, mas, se a amostragem tivesse sido feita no período de estiagem, os resultados poderiam ter sido diferentes, com maior teor de Cl nas folhas.

A fertilização do cafeeiro com cloreto e sulfato de potássio acompanhada de análise foliar foi estudada por Arana (1967). Este autor relata que o cafeeiro requer quantidades baixas de Cl e altas de S ( $300 \text{ mg Cl.kg}^{-1}$  e  $2,2 \text{ g S.kg}^{-1}$ ) e que a toxidez do íon cloreto se manifesta por danos visíveis, quando o teor de Cl ultrapassa a  $2000 \text{ mg.kg}^{-1}$ , considerando este valor como um teor crítico tentativo. Propôs ainda, que a adubação potássica do cafeeiro deveria ser constituída de 25%, na forma de cloreto e 75%, na forma de sulfato de potássio.

[Segundo Fernandes (1986), a toxidez de Cl pode ocorrer pelo uso de doses excessivas e continuadas de cloreto em solos com má drenagem, embora o cafeeiro pareça ser uma planta tolerante. Este autor admite que o excesso de Cl provoque queda prematura dos frutos. Têm-se provado experimentalmente, que a adição do cloreto em dado momento pode causar uma absorção muito alta pelo cafeeiro, devendo ser seus efeitos bioquímicos melhor estudados (Gonzalez et al., 1977). Este autor encontrou teores acima de  $2400 \text{ mg Cl.kg}^{-1}$  nas folhas sem observar sintomas visíveis de toxidez.]

O emprego de doses elevadas de cloreto de potássio na adubação do cafeeiro, propicia um acúmulo excessivo de Cl na planta, chegando, às vezes, a atingir teores tóxicos (Malavolta, 1980 e Moraes, 1981). A ocorrência de chuvas abundantes após a aplicação do cloreto parece contribuir para minimizar esses efeitos prejudiciais. [O emprego do sulfato de potássio como uma fonte isenta de Cl seria mais indicado, mas isto ficaria subordinado ao custo relativo dos nutrientes integrantes em cada fonte e à oferta do fertilizante no mercado (Martins, Garcia e Fiorante, 1981).] Estes últimos autores não encontraram diferenças na produção, quando utilizaram cloreto de potássio, sulfato duplo de potássio e magnésio, nitrato de potássio e sulfato de potássio, mas observaram que o sulfato de potássio, apesar de não se diferenciar estatisticamente das demais fontes, foi o que proporcionou a menor produção.

Trabalhando com café robusta, com quinze anos de idade, em condições de campo, na Costa do Marfim, Snoeck, N'Goran e Snoeck (1986) verificaram que houve redução na produção, quando os teores foliares de Cl eram superiores a  $13000 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Os sintomas de

toxidez visíveis, como necroses marginais e bronzeamento foram observados em teores acima de 7000 mg Cl.kg<sup>-1</sup> nas folhas.

Segundo Furlani (1976), a aplicação de cloreto e de sulfato de potássio, na nutrição mineral de mudas de *Coffea arabica*, L. cv. Catuaí com dois meses de idade, em casa de vegetação, não promoveu sintomas visuais de toxidez, como: queima, necrose ou desfolha, para esta cultivar, quando a concentração de Cl atingiu 9400 mg.kg<sup>-1</sup> nas folhas mais velhas (terço inferior), ou um teor 7600 mg Cl.kg<sup>-1</sup>, para todas as folhas.

[Sem trabalhos conclusivos, admite-se que o Cl tenha efeitos diretos e indiretos na qualidade da bebida. Amorim et al. (1973) relataram que em cafeeiros adubados com cloreto de potássio, o ânion cloreto pode exercer um efeito negativo na bebida. Como efeito indireto, Malavolta (1986) comenta que o excesso de K (ou do ânion acompanhante, o cloreto) pode provocar uma queda maior de frutos, que fermentam no solo, com conseqüente perda de qualidade do produto.]

## 2.2 Determinação do cloreto

Existe um certo interesse pelo conhecimento dos efeitos do Cl no cafeeiro e, o desenvolvimento da análise instrumental tem contribuído para a utilização de métodos mais precisos e práticos para a determinação de um maior volume de amostras em análise de rotina. O ânion cloreto pode ser determinado por métodos gravimétricos, volumétricos, potenciométricos e por colorimetria.

Os métodos volumétricos, como os métodos de Mohr e de Volhard, são extensivamente utilizados em análise de plantas e foram desenvolvidos no século XVII (Gaines, Parker e Gascho, 1984). O método de Mohr é a determinação direta do íon cloreto e o de Volhard é a determinação indireta (Ohlweiler, 1968ab e Jeffery et al., 1992). Segundo estes autores, o método de Volhard envolve a titulação do íon prata em meio ácido com solução padrão de tiocianato de potássio, após a precipitação do íon cloreto, em presença do indicador, que é uma solução saturada de sulfato de amônio e ferro III. Este método foi adaptado por Catani, Moraes e Bergamin (1969), segundo a metodologia de Kolthoff e Sandell (1952), para análise de cloreto no tecido foliar do cafeeiro.

O método de Mohr consiste na titulação do cloreto com solução padrão de nitrato de prata em presença do cromato de potássio como indicador (Ohlweiler, 1981). Para o cafeeiro, ainda não foi utilizado, mas Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) descrevem a marcha analítica para determinação de cloreto em tecido vegetal, utilizando como extrator água destilada, que raramente é citada na literatura. Um aspecto negativo da água está na presença de elevadas quantidades de ácidos orgânicos, que causam interferência na determinação do ponto final da titulação (Krieg e Sung, 1977).

Lacroix, Keeney e Walsh (1970) compararam os métodos de Mohr, da titulação potenciométrica e potenciometria direta (cloridrômetro) e concluíram que o de Mohr teve o menor coeficiente de variação (1,8%), em comparação aos outros métodos que tiveram 2,1% e 6,7% respectivamente em material foliar de alfafa. Estes autores obtiveram uma correlação altamente positiva entre o método de Mohr e o da titulação potenciométrica, conferindo-lhes portanto, resultados similares. Afirmam que o ponto final da titulação, no método de Mohr, é de difícil detecção.

A mercurimetria pode ser utilizada na determinação de cloreto em análise química inorgânica. O método baseia-se na titulação do cloreto com solução padrão de nitrato de mercúrio(II). O ponto final da titulação é determinado com o auxílio de indicadores, como por exemplo, nitroprussiato de sódio ou difenilcarbazona, os quais produzem respectivamente uma turvação causada pela formação de nitroprussiato de mercúrio e um complexo azul-violeta, que é afetado pela concentração do indicador. Os melhores resultados são obtidos com 5 a 10 gotas de difenilcarbazona (Ohlweiler, 1974).

O pH do extrato influencia a determinação do cloreto pelos métodos de Mohr e mercurimétrico. No método de Mohr, a faixa ideal de pH deve ficar em torno de 6,5 a 10,5. Quando o pH é inferior a 6,5 a concentração de íon cromato reduz tanto, que o produto de solubilidade do cromato de prata já não é mais atingido, e conseqüentemente, o indicador deixa de funcionar. De outra parte, um pH da solução superior a 10,5 pode precipitar em óxido de prata (Ohlweiler, 1968c). No método mercurimétrico, a faixa de pH em torno de 3,0 e 3,5 é a que assegura uma melhor configuração na titulação de soluções de cloreto com nitrato de mercúrio (II), em presença de difenilcarbazona (Ohlweiler, 1974).

A análise potenciométrica é a mais difundida, sendo este, o método oficial da Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para determinação de cloreto em tecido vegetal (AOAC, 1970). Este método tem elevada precisão, mas necessita de muito tempo por tratar-se de titulação manual (Gilliam, 1971; Adriano, Pratt e Holtzclaw, 1973 e Gaines, Parker e Gascho, 1984).

A titulação potenciométrica envolve a medição da diferença de potencial entre dois eletrodos, sendo um, o indicador. O potencial é avaliado em função da concentração do íon a ser determinado, utilizando-se um eletrodo de referência de potencial constante. O ponto de equivalência será revelado por uma abrupta modificação do potencial no registrador de pH em milivolt (mV), contra o volume da solução titulante (Ohlweiller, 1968b e Jeffery et al., 1992).

Para a análise de cloreto utiliza-se, mais comumente, como eletrodo de referência, um calomelano saturado com cloreto de potássio, mas pode-se usar um eletrodo de prata-cloreto de prata, e o outro deve ser um eletrodo que entre rapidamente em equilíbrio com um dos íons do precipitado. O eletrodo indicador pode utilizar um fio de prata ou um fio ou tela de platina prateada, selados convenientemente num tubo de vidro e por finalmente, eletrodos seletivos apropriados. O eletrodo de referência deve ter um potencial constante, não necessariamente conhecido, mas o eletrodo indicador deve ter uma resposta rápida perante as alterações da concentração iônica do elemento problema (Jeffery et al., 1992).

Um ponto importante em uma titulação potenciométrica é a ponte salina de ágar, para comunicação entre os eletrodos de referência e o indicador. A complicação está relacionada ao potencial de junção líquida, isto é, tendência dos íons de diferentes mobilidades difundirem com velocidades diferentes através das superfícies limites, nos extremos da ponte salina (Ohlweiller, 1968b e Kolthoff e Kuroda, 1951). Na prática, o potencial é reduzido a alguns milivolts, mediante o uso de pontes salinas, contendo soluções de elevada concentração eletrólítica (Ohlweiller, 1968b e Jeffery et al., 1992), como por exemplo, nitrato de potássio e nitrato de amônio.

A determinação de cloreto pelo método da titulação potenciométrica foi utilizada por Catani et al. (1967) na análise do teor de cloreto no caule, ramos, folhas e frutos do cafeeiro. Estes autores somente citaram a metodologia no artigo, sem entrar em detalhes da marcha analítica. Encontraram principalmente nas folhas e frutos, elevados teores deste micronutriente, mas relataram que pouco se sabe à respeito do teor de cloreto no cafeeiro.

### 2.3 Respostas do cafeeiro ao potássio

A resposta das plantas ao K é variável em âmbito mundial. No continente americano cabe destacar respostas positivas do cafeeiro ao K, na Colômbia, Brasil e Porto Rico; na África, Costa do Marfim, Uganda e algumas regiões do Quênia (Carvajal, 1984).

(As exigências do cafeeiro em K são equivalentes as de N, sendo este exigido em maior proporção no crescimento foliar; ao passo que o K aparece com maior concentração nos frutos, em particular na polpa do café (Catani et al., 1965 e Moraes, 1981). As quantidades de K nas partes vegetativas são suficientes, para mostrar que este nutriente desempenha um papel importante na nutrição desta planta. Em geral, altos teores de K estão associados com colheitas elevadas.)

A absorção de K pelas plantas é afetada pela natureza das argilas, pela capacidade de troca de cátions do solo, e das raízes das plantas, pela porcentagem de saturação de K, pela natureza, e quantidade de outros cátions do solo, pela fração orgânica, e pelo teor de umidade do solo (Aduayi, 1970 e Tisdale, Nelson e Beaton, 1986).

Franco et al. (1960), utilizando adubação exclusivamente mineral, em Terra Roxa, legítima de Ribeirão Preto, nas doses de 0, 100, 200 e 400 g de K/cova na espécie *Coffea arabica* L. var *typica*, com 40 anos, afirmaram que a dose de 100 g proporcionou um aumento na produção se comparada com a da testemunha, tendo havido um aumento de 9% entre os tratamentos 100 g e 200 g de K/cova e não foi obtido aumento na produção, quando passou de 200 g para 400 g de K/cova.

Moraes, Cervellini e Lazzarini (1974) não obtiveram respostas ao K, nas doses de 0, 50 e 100 g de K/cova em um LV orto de Campinas, com a cultivar Mundo Novo, quando comparadas isoladamente, mas foi registrado efeito significativo de sua interação com N e P. Hiroce et al. (1975) também não encontraram respostas ao K no LR de São Simão e LV orto de Campinas com aplicação de 0, 83 e 166 g de K/cova em cultivar Mundo Novo, apesar de observar-se deficiência de potássio no final do ciclo, quando os teores foram respectivamente 15,6 e 156 mg.dm<sup>-3</sup> nos solos estudados.

Em um Podzólico Vermelho-Escuro de Machado (MG), cultivado com “Mundo Novo”, Souza e Caixeta (1974) obtiveram respostas lineares e quadráticas em relação ao K, ao

aplicarem 0, 83 e 166 g de K/cova em dados de cinco produções. Guimarães (1986) com a espécie *Coffea arabica* L. cv. Catuai verificou-se respostas à adubação mineral e orgânica, em quatro solos de baixa fertilidade natural, sendo LE de Machado e Alfenas, um LEH de Alfenas, e um LRd de São Sebastião do Paraíso, e concluiu que a correlação entre as doses de fertilizantes, e produção máxima (90% da produção absoluta), nos locais onde as respostas foram significativas, demonstrou-se que a produção máxima na primeira colheita (1975) correspondeu a uma dose de 60 g de K/cova; 94 e 98 g de K/cova respectivamente na ausência e presença de matéria orgânica, na terceira colheita (1977), e de 159 g de K/cova na quinta colheita (1979).

Viana (1980) avaliou dois experimentos com mesmo delineamento, sendo um em LE<sub>d</sub> do Norte do Paraná e o outro em TRe no município de Quintal do Sol, quando ambos possuíam pela análise inicial, um teor de 60 e 216 mg K.dm<sup>-3</sup> respectivamente. Este autor aplicando às doses de 37, 50 e 75 g de K/cova, obteve a maior produção na safra 79/80, em ambos os experimentos, com a menor dose aplicada em cv. Mundo Novo.

Viana et al. (1985) não obtiveram respostas à aplicação de 25, 50 e 100 g de K/cova na safra de 1985, mas notaram crescimento na produção em torno de 20%, quando aumentaram a dose de K e a diferença parece maior entre 25 e 50 g de K/cova, que corresponde respectivamente à produção de 35,4 e 41,5 sacas beneficiadas.ha<sup>-1</sup>, do que entre 50 e 100 g de K/cova. A produção obtida com a maior dose, 41,5 sacas beneficiadas.ha<sup>-1</sup>, indica que a dose de 50 g de K/cova, seria satisfatória.

Em alguns trabalhos acima citados nota-se uma correlação entre o teor de K no solo e a resposta do cafeeiro à aplicação de K. Malavolta (1986) afirma que a faixa adequada de K disponível no solo para cafeeiro é 117 a 156 mg.dm<sup>-3</sup>. Pavan, Chaves e Mesquita Filho (1986) afirmam que teores de K no solo de 23,4 mg.dm<sup>-3</sup> limitam a produção, mas as produções máximas foram obtidas em parcelas com teores de 117 mg.dm<sup>-3</sup>. Guimarães (1986) obteve respostas, em anos de alta produção, na faixa tida como adequada entre 112 a 150 mg.dm<sup>-3</sup> e em anos de baixa produção, entre 44 a 60 mg.dm<sup>-3</sup>.

Para diagnose foliar do cafeeiro analisa-se o 3<sup>o</sup> ou 4<sup>o</sup> par de folhas de ramos a meia altura da planta e ao redor da mesma. Mas, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) os teores dos nutrientes numa análise foliar podem variar por diversos fatores, tais como: **planta**: variedade, idade da folha, época de amostragem, presença de frutos, exposição. Para o cafeeiro, variedade e

exposição parecem não influenciar os teores nas folhas; **clima:** chuvas; **práticas culturais:** adubação, herbicidas, capinas, culturas intercalares; **pragas e moléstias.**

Malavolta (1993) apresentou uma tabela onde se classificam os teores de macro e micronutrientes em: deficiente, marginal, adequado, alto e excessivo, (de folha do 3<sup>a</sup> ou 4<sup>a</sup> pares de folhas), amostrados em fevereiro/março. Os teores de nutrientes tidos como adequados (faixa crítica) por este autor são: macronutrientes em  $\text{g.kg}^{-1}$ : N - 27 a 32; P - 1,5 a 2,0; K - 19 a 24; Ca - 10 a 14; Mg - 3,1 a 3,6; S - 1,5 a 2,0; e para micronutrientes, em  $\text{mg.kg}^{-1}$ : B - 59 a 80; Cu - 8 a 16; Fe - 90 a 180; Mn - 120 a 210; Zn - 8 a 16.

Malavolta et al. (1963) determinaram os teores de macro e micronutrientes contidos na casca e nos grãos de café de três variedades, cultivados em três solos do Estado de São Paulo e encontraram teores na casca de macro ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) foram: N (17,8); P (1,4); K (3,75); Ca (4,1); Mg (1,3); S (1,5); B (34); Cu (18); Fe (150); Mn (29) e Zn (70). Para os teores no grãos foram de N (17,1); P (1,0); K (15,3); Ca (2,7); Mg (1,5); S (1,2); B (16); Cu (15); Fe (60); Mn (20) e Zn (12). São restritos os trabalhos com teores nestas partes do cafeeiro, sendo mais frequente estudos de teores no fruto como um todo (casca + grão). Os autores encontraram que os nutrientes extraídos em maiores quantidades pelos grãos e pela casca foram respectivamente em ordem decrescente, os seguintes:  $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$  e  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{S} > \text{P} > \text{Mg}$ .

## 2.4 Composição química e qualidade do café

A qualidade do café se acha estreitamente relacionada às diversas características físico-químicas e constituintes químicos responsáveis pelo sabor e aroma, que são característicos das bebidas. Entre os compostos, se sobressaem os açúcares, ácidos, compostos fenólicos, cafeína, compostos voláteis, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas que de acordo com seus teores e atividades, conferem ao café sabores e aromas peculiares (Gnagy, 1961; Sivetz, 1963, Amorim e Silva, 1968ab; Feldman, Ryder e Kung, 1969; Sanint e Valência, 1972 e Oliveira et al., 1976).

Os compostos químicos do grão de café cru dependem de fatores genéticos influenciados pelo ambiente, das condições de manejo para produção e do processamento do produto após a colheita (Clifford, 1975). Dentro das condições de manejo, a adubação e a

nutrição da planta podem influenciar na composição orgânica do grão verde, que após torrado produz compostos que conferem características de aroma e sabor do café.

Os teores dos principais constituintes químicos do café cru foram compilados por Prete (1992) e os resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Teores médios de alguns constituintes químicos do café beneficiado

CONSTITUIENTES	TEORES	REFERÊNCIAS
Água	8 a 12%	Tango (1971), Leite (1991) e Bassoli (1992).
Protéínas	9 a 16%	Amorim e Josephson (1975) e Bassoli (1992)
Minerais	9 a 16%	Malavolta et al. (1963); Tango (1971) e Njoroge (1987)
Lipídeos	10 a 18%	Bassoli (1992)
Carboidratos	20 a 25%	Clifford (1975) e Njoroge (1987)
Sólidos solúveis	24 a 31%	Garruti et al. (1962) e Bassoli (1992)
Açúcares totais	5 a 10%	Tango (1971); Njoroge (1987) e Leite (1991)
Açúcares redutores	0 a 5%	Tango (1971) e Njoroge (1987).
Ácido Clorogênico	2,0 a 8,4%	Tango (1971) e Njoroge (1987)
Cafeína	0,6 a 1,5%	Tango (1971) e Njoroge (1987)
Potássio	13,5 a 18,8g/kg	Malavolta et al. (1963) e Clifford (1975)

Além destes dados contidos na Tabela 1, outros resultados analíticos são registrados na literatura: carboidratos (Mutiso, 1971; Amorim et al., 1974a e Bassoli, 1992); ácidos clorogênicos, fenóis hidrolisáveis e fenóis totais (Feldman, Ryder e Kung, 1969; Amorim et al., 1974c e Gopal, Venkataramanan e Ratna, 1976); proteínas solúveis (Amorim, 1972; Amorim e Josephson, 1975; Amorim et al., 1974b e Amorim, 1978), ácido ascórbico, cafeína e trigolína (Gopal e Vasudera, 1974) e sólidos solúveis (Garruti et al., 1962).

Resumidamente, os resultados mais relevantes, indicam que os piores cafés, em termos de qualidade de bebida, possuem menos proteínas solúveis, menos ácido ascórbico, baixo

teor em carboidratos e lipídeos, e mais aminoácidos livres, mais ácido clorogênico, mais fenóis, e maior teor de ácidos graxos livres com baixo conteúdo de lipídeos, e os sólidos solúveis não se correlacionam com a qualidade da bebida.

As transformações bioquímicas que ocorrem no grão de café e que levam a uma depreciação da qualidade da bebida são, principalmente, de natureza enzimática. Estas transformações que envolvem glicosidases, polifenoxidasas, lipases e proteases, levam a uma degradação das paredes e membranas celulares, assim como, as mudanças de coloração do grão, com conseqüente prejuízo na qualidade (Amorim e Teixeira, 1975). Dentre estas, especial atenção foi dada à enzima polifenoloxidase, a qual está correlacionada positivamente com a qualidade da bebida do café, como demonstraram Amorim e Silva (1968ab), seguidos por Rotemberg e Iachan (1972), Sanint e Valência (1972), Melo e Amorim (1975), Melo et al. (1980), Leite (1991), Carvalho et al. (1994) e Chagas (1994).

A enzima polifenoloxidase encontra-se ligada às membranas e é ativada somente quando liberada destas (Amorim, 1978). Amorim e Silva (1968ab) relatam que a enzima polifenoloxidase liberada atua nos polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, cuja oxidação é então facilitada, enquanto os polifenóis são transformados em quinonas, substâncias, que por sua vez, inibem ou diminuem a atividade das polifenoloxidasas. Qualquer fator ambiental que altere a estrutura da membrana, por exemplo, o ataque dos insetos, infecções por microorganismos, alterações fisiológicas e danos mecânicos, provocam uma rápida deterioração dos grãos de café. Uma vez rompida a membrana celular ocorre um maior contato entre as enzimas e os compostos químicos intra e extracelulares presentes no grão, ocasionando reações químicas, que modificam a composição original do café verde e conseqüentemente comprometendo as propriedades organolépticas da infusão (Prete, 1992 e Chagas, 1994).

Os compostos fenólicos e polifenóis, estão presentes em todo vegetal e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias com estruturas químicas relativamente simples ou complexas como os taninos e a lignina (Van Buren, 1970). Os frutos do cafeeiro se caracterizam pelos altos teores de compostos fenólicos e em particular, de ácido clorogênico (Carelli, Lopez e Monaco, 1974; Chifford e Wight, 1979 e Ramirez, 1987).

Em estudos desenvolvidos por Carvalho, Chalfoun e Chagas (1989) encontraram teores de 8,73%, em média, de fenólicos totais em frutos cereja e 9,66% para os frutos de café de

derriça. É de fundamental importância salientar que os compostos fenólicos contribuem, de maneira altamente significativa, para um desejável sabor e aroma do produto final, estando estreitamente relacionados com a adstringência de frutos.

Tentando correlacionar a composição do grão com a qualidade da bebida, Amorim (1972) observou que o teor de ácido clorogênico em café de “bebida mole” era menor com relação aos de bebida “rio”, “riado” e “dura”. Os teores de fenóis totais, solúveis em água e em metanol a 80%, não apresentaram diferenças significativas. Quanto aos teores de carboidratos livres e açúcares redutores, embora se apresentassem um pouco discrepantes não diferiram estatisticamente. Em contribuição ao estudo dos efeitos de correlação dos carboidratos influenciando a qualidade da bebida, Amorim et al. (1974a) concluíram que a sua atuação não é específica, porque há grande variedade de compostos químicos que podem influenciar na qualidade da bebida. Em outro trabalho, Amorim et al. (1976) relataram que os teores de carboidratos decrescem com o armazenamento e que os cafés de “bebida mole” possuem teores maiores de carboidratos do que cafés de pior qualidade.

Entre os mono e oligossacarídeos, o carboidrato encontrado em maior quantidade no grão verde de café é a sacarose e seu teor pode variar de 1,9 a 10% na matéria seca (Lockhart, 1957; Wolfrom, Plunkett e Laver, 1960; Feldman, Ryder e Kung, 1969 e Navellier, 1970), sendo considerado como açúcar não redutor no cálculo final. Os monossacarídeos livres mais encontrados são a glicose e a frutose, sendo que na maioria dos trabalhos são calculados como açúcares redutores e variam de 0 a 5%, segundo Lockhart (1957).

Resultados recentes sobre a atividade da polifenoloxidação, índice de coloração, e acidez titulável total, foram determinados por Carvalho et al. (1994), a partir de cafés de bebida previamente conhecida pela “prova da xícara”, como: estritamente “mole”, “apenas mole”, “dura”, “riada” e “rio”, tendo estes autores concluído que a atividade da polifenoloxidação, e índice de coloração aumentaram, enquanto a acidez decresceu com a melhoria da qualidade do café, e que os frutos beneficiados podem ser classificados pelo índice de coloração, e polifenoloxidação.

A primeira fonte para extração de cafeína (1,3,7 trimetilxantina) foi grãos de café, e que foi sintetizada quimicamente a partir da teobromina, extraída do cacau. O conteúdo da cafeína nos grãos depende da espécie do cafeeiro: *Coffea arabica* contém, em média, 1,2% do alcalóide e *Coffea canephora*, em torno de 2,2% (Carvalho, Sondahl e Sloman, 1983).

Com relação aos efeitos fisiológicos, a cafeína está incluída entre os estimulantes psicomotores que têm a propriedade de estimular a atividade mental. Para o homem, doses terapêuticas (100-200 mg) produzem uma leve excitação psíquica, favorecendo o trabalho intelectual, afastando a sonolência e a sensação de fadiga (Mingola, 1967). Mas, Sivetz (1979) relata que estes efeitos são devidos principalmente à cafeína, não se podendo deixar de considerar que outros compostos presentes no grão cru, ou formados durante a torração do café, nos atinjam também.

A dose letal de cafeína, baseada em animais em laboratório situa-se em torno de 10 g para o ser humano (Burg, 1975). A xícara de café do consumidor norte-americano tem em média, 150 ml o que corresponde a um valor em torno de 85 mg de cafeína (Macrae, 1985). Então, seriam necessárias a ingestão de 118 xícaras ou 18 litros para se atingir a dose letal.

## **2.5 Potássio e a qualidade do café**

O potássio tem sido, há muito tempo, considerado o “elemento da qualidade” em nutrição de plantas (Pretty, 1982; Zehler, Kreipe e Gething, 1986 e Raij, 1990). A sua ação benéfica, na qualidade das culturas, revela-se de muitas maneiras: melhor utilização de N na formação de proteínas, tamanho e forma dos grãos, sementes e tubérculos, melhorando os teores de óleo de grãos e sementes, de vitamina C de frutas, a coloração de frutas, hortaliças, etc. Apesar desta reputação qualitativa e de aumentar a produção agrícola, normalmente ignora-se a extensão dos benefícios da adubação potássica.

A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida como se faz para produção. O padrão de qualidade depende de propósitos, pelos quais, a planta ou parte dela é utilizada (Mengel e Kirkby, 1987). No caso do café, o mais importante é o reflexo da adubação na produção, além dos efeitos sobre os compostos químicos responsáveis pela qualidade da bebida.

A composição mineral do grão e a quantidade de compostos orgânicos, como: celulose, hemicelulose, óleos, trigonelina, ácido clorogênico, compostos nitrogenados etc., podem variar com o estado nutricional do cafeeiro, local de cultivo e variedade do café. O sabor e o aroma do café são conferidos por compostos voláteis e não voláteis, presentes nos grãos antes da

torração e depois dela. Os compostos voláteis desprendem-se durante a torração e quando se prepara a infusão (Amorim, 1968).

Embora alguns pesquisadores admitam que a adubação influa na qualidade da bebida, são escassos os trabalhos que relacionam com a composição química do solo, os tratos culturais e com a composição da folha e dos frutos.

Em uma série de avaliações da qualidade da bebida, em um experimento conduzido por quatro anos agrícolas, com o objetivo de obter resultados referentes ao desenvolvimento vegetativo, em função de diferentes modalidades de aplicação de adubos no cafeeiro, variedade Mundo Novo, em Terra Roxa Misturada, não constataram diferenças pela "prova da xícara" na qualidade da bebida, no período avaliado (Godoy, Graner e Orsi, 1962; Graner e Godoy JR, 1964; Graner e Godoy JR, 1970 e Godoy JR e Graner, 1970)

Amorim et al. (1965) estudando o efeito da adubação NPK na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida, obtiveram efeitos favoráveis com a adubação fosfatada sobre a bebida, quando avaliada por degustadores em amostras de café cereja despulpado. Mas, estes autores também afirmaram que esses resultados devem ser tratados com reserva, uma vez que os teores desses nutrientes (NPK), no grão e na polpa, não se correlacionam com os valores correspondentes à bebida, mas correlacionaram-se com o teor de fósforo, no solo ao nível de 5% de significância ( $r=0,807$ ). Os autores acharam esta correlação fortuita.

Em outro trabalho, Amorim et al. (1973) estudaram os efeitos da adubação NPK nos teores de macro e micronutrientes nos frutos, e na qualidade da bebida, e obtiveram efeito negativo da adubação nitrogenada, e potássica sobre a qualidade da bebida, confirmando resultados de trabalho anterior (Amorim et al., 1967). Amorim et al. (1967) constataram também uma correlação negativa entre o teor de N no grão e qualidade da bebida. O teor de K no grão não se correlacionou com qualidade da bebida. A fonte de K utilizada em ambos os experimentos foi o cloreto de potássio e os autores sugeriram um possível efeito negativo do cloreto na bebida.

Dentre as várias características físicas que contribuem para qualidade do café, a cor do grão é a que mais chama a atenção, sendo, portanto, de grande importância na apreciação de mercado, uma vez que, além de poder depreciar o produto, pode também contribuir para sua rejeição, por estar, de modo geral, relacionada com o preço do café e com a qualidade da bebida. Os grãos nas cores verde claro, branca, amarela, verde cana, preto, vermelho ou marrom além de

depreciarem o tipo do café (característica física), de maneira geral, produzem uma bebida inferior (Lazzarini e Moraes, 1958 e Garruti e Gomes, 1961), segundo Northmore (1968) os grãos de cor verde azulada, indicam cafés de melhor qualidade.

Neste aspecto, Northmore (1965), no Quênia, observou um efeito depressivo dos teores de cálcio e de potássio nos grãos de café com relação a coloração. O efeito do cálcio, que proporciona uma coloração parda no grão, está relacionado com uma bebida de inferior qualidade, que talvez possa ser causada pela ação secundária, induzindo uma redução na absorção de ferro. Robinson (1960) verificou que a deficiência de ferro produz uma grande quantidade de grãos de coloração amarelada ou parda. Com relação ao excesso de K no grão, produzindo uma bebida inferior, Northmore (1965) observou que os teores de K, acima de 17,5 g/kg na matéria seca, proporcionaram uma coloração parda dos grãos. Northmore (1968) observou em cafeeiro, no Quênia, uma seqüência de cores nos grãos (azul, verde, amarelo e pardo) que correspondem a uma ordem decrescente de qualidade, onde as duas últimas indicam cafés piores. O mais importante foi a observação feita pelos autores que os grãos pardos depois de secos, torrados, moídos e postos em infusão, proporcionaram uma bebida de inferior qualidade.

No Quênia, Blore (1965) notou que a qualidade da bebida dos cafés provenientes de solos com cobertura morta de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, L.) era inferior e chegou à conclusão de que o excesso de K rompeu o equilíbrio K:Mg. Posteriormente, foi adicionado sulfato de magnésio, com ele, os sintomas de deficiência de Mg desapareceram e a qualidade melhorou. O autor afirma que a adição de Mg, restaurou o equilíbrio K:Mg e reduziu a absorção de K. Associado a esta melhoria na qualidade pela aplicação de sulfato de magnésio, Northmore (1968) constatou que o ácido clorogênico e o magnésio podem formar um complexo verde-azulado que pode ser indicativo de boa qualidade para o café.

↪ A descoberta de que a atividade da enzima polifenoloxidase está correlacionada positivamente com a qualidade da bebida do café arábica, no Brasil (Amorim e Silva, 1968ab) foi confirmada posteriormente por Rotemberg e Iachan (1972), também no Brasil e por Sanint e Valência (1972) na Colômbia. Dentro desta linha de pesquisa, Arcila-Pulgarin e Valência-Aristizábal (1975) estudaram o efeito da fertilização potássica sobre a atividade da polifenoloxidase e não encontraram diferenças estatísticas entre os seguintes tratamentos: testemunha, cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), KCl + N + P + Mg e  $K_2SO_4$  +

N + P + Mg; e a fertilização potássica aumentou os teores de K nos grãos, sem correlacionar com a atividade da enzima, mas, observaram uma maior atividade da enzima polifenoloxidase, quando se aplicou o sulfato de potássio.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Localização , solo e caracterização climática

O experimento de campo foi instalado em um Latossolo Roxo distrófico (LRd), fase floresta tropical subperenifolia transicional para Cerrado, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, sendo a altitude da sede do município de 940 m, a latitude de 20°54'S, a longitude a 46°59'W e uma precipitação pluviométrica média anual de 1627 mm, sendo clima classificado com Cwa, segundo Köppen (Antunes, 1986)

Para a caracterização do solo foram coletadas amostras compostas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, que depois de secas ao ar e passadas em peneira 2 mm, foram analisadas química e fisicamente. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Os dados climatológicos registrados durante os meses em que se desenvolveu o experimento são mostrados na Tabela 3, resumidos em médias mensais relativas, ao período de fevereiro 1993 a outubro de 1994.

### 3.2 Delineamento experimental, tratamentos e adubação

Usou-se neste experimento a espécie *Coffea arabica*, L., cultivar Catuai Vermelho e linhagem LCH 2077-2-5-44 no espaçamento 3,5 x 2,0 m plantado em dezembro de 1979, com duas plantas por cova.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se três fontes de K: cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e sulfato de potássio e magnésio (K-Mag) nas parcelas e quatro doses de K (0, 100, 200 e 400 g

de K/cova) aplicadas nas subparcelas com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de três linhas de oito covas, formando um total de 24 covas por parcela, sendo a parcela útil as seis covas centrais.

TABELA 2: Características físicas e químicas de amostras em três profundidades do LRd da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso - MG, realizada em 04/1993<sup>1/</sup>.

Parâmetros	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH (água)	4,3	4,2	4,0
P <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	2,0B	2,0B	2,0B
K <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	55M	44M	36M
Ca <sup>b</sup> (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	13B	8B	12B
Mg <sup>b</sup> (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	8M	4B	6M
Al <sup>b</sup> (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	6M	6M	8M
t (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	28M	19B	27B
T (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	72M	63M	82M
m (%)	21M	31M	30M
V (%)	31B	21MB	23MB
M.O. <sup>c</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	31A	23M	17M
S <sup>d</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	54,51	52,16	49,81
B <sup>e</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,56	0,46	0,37
Zn <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	1,45	1,10	0,85
Fe <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	34,40	43,50	36,60
Mn <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	33,40	19,60	25,90
Cu <sup>a</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	21,00	18,80	12,40
Areia <sup>f</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	340	400	330
Silte <sup>f</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	220	180	220
Argila <sup>f</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	440	420	450

<sup>1/</sup> Laboratório de Fertilidade e Física do Solo - DCS/UFLA - Lavras - MG

MB-muito baixo; B-baixo; M-médio; A-alto (CFSEMG, 1989); <sup>a</sup>Extrator Mehlich, <sup>b</sup>Extrator KCl 1 mol.L<sup>-1</sup>;

<sup>c</sup>Método colorimétrico; <sup>d</sup>Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; <sup>e</sup>Extrator água quente; <sup>f</sup>Método da pipeta.

**TABELA 3: Dados climatológicos da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso (MG) registrados no período experimental**

Mês/ano	Temperatura do ar (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Temperatura média	Máxima	Mínima		
Fev/93	21,8	26,2	17,6	78	368,9
Mar/93	22,9	28,8	14,8	73	290,0
Abr/93	21,7	27,5	16,0	70	75,4
Mai/93	18,5	25,2	12,2	76	89,1
Jun/93	17,3	23,8	10,9	72	72,5
Jul/93	18,0	26,3	10,2	68	0,0
Ago/93	18,6	26,1	11,0	66	51,7
Set/93	21,0	28,2	15,5	65	139,0
Out/93	22,7	28,9	16,5	63	83,0
Nov/93	24,0	30,1	17,8	64	62,3
Dez/93	22,4	27,6	17,4	82	25,0
Jan/94	21,8	26,4	17,3	83	291,8
Fev/94	24,8	30,9	18,8	77	122,0
Mar/94	22,8	28,4	17,2	78	151,9
Abr/94	21,3	27,9	14,8	75	38,4
Mai/94	20,3	27,4	13,3	72	104,8
Jun/94	15,7	22,1	9,7	68	7,9
Jul/94	18,2	25,3	11,1	69	12,9
Ago/94	19,9	28,3	17,5	58	0,0
Set/94	23,4	32,0	14,4	45	0,0
Out/94	24,8	32,1	18,2	62	141,4

O balanceamento do Mg, S e Ca foi feito pelo uso de sulfato de magnésio, gesso agrícola e calcário calcítico. A adubação nitrogenada e fosfatada (básica) foi aplicada em doses recomendadas para lavoura do mesmo porte e idade, segundo a CFSEMG (1989), com a utilização de fertilizantes não formulados, tendo sido usado a uréia e MAP como fontes. Os tratamentos e a adubação básica foram parceladas em quatro vezes iguais a cada ano.

Durante todo período, o experimento recebeu aplicações de B e Zn via foliar para o controle preventivo de deficiências, além dos controles fitossanitários e tratos culturais.

### 3.3 Avaliações

#### 3.3.1 Cloreto

O terceiro e o quarto pares de folhas conforme Malavolta (1993) foram coletadas tendo ainda sido analisados os grãos e a casca. As folhas lavadas, grãos e casca foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar a 70<sup>o</sup> C, até atingir peso constante. As folhas e a casca foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh. As amostras de grãos verdes foram trituradas em moinho tipo Croton Mod. TE - 580 em peneira de 30 mesh. Os materiais moídos foram utilizados para todos os métodos descritos a seguir:

##### 3.3.1.1 Método de Mohr

A determinação de cloreto foi adaptada, tomando como base os trabalhos de Lacroix, Keeney e Walsh (1970) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

Para a extração do cloreto procedeu-se do seguinte modo:

- a) pesar 1 g de matéria seca (MS) em erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 100ml de solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a 0,085 mol.L<sup>-1</sup>;
- c) agitar em agitador horizontal por 15 minutos;
- d) filtrar o extrato em papel de filtro e recolher o filtrado em frasco com tampa.

Para desenvolver o método, foi usado após a extração do cloreto com a solução de nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), na forma de íon cloreto, titular com solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), na presença do indicador cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) a 0,258 mol.L<sup>-1</sup>. O ponto final da titulação foi identificada pela coloração marrom pálida, resultante da formação de cromato de prata depois de toda a precipitação do cloreto ( $\text{AgCl}$ ).

O preparo da solução e a vidraria utilizada é descrita a seguir:

- a) solução extratora de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a 0,085 mol.L<sup>-1</sup>: dissolver 20 g de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada deionizada em balão volumétrico de 1000 ml;

b) padrão de nitrato de prata  $0,0282 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 4,791 g de  $\text{AgNO}_3$ , e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico de 1000 ml. Portanto, 1 ml desta solução, equivale a 1 mg de cloreto. Padronizar esta solução, colocar em um erlenmeyer, 50 ml de água destilada deionizada, 25 ml de  $\text{NaCl } 0,030 \text{ mol.L}^{-1}$  e 1 ml da solução indicadora de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  a  $0,258 \text{ mol.L}^{-1}$  e titular com nitrato de prata até o aparecimento da cor vermelha clara.

c) solução indicadora de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) a  $0,258 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 5 g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  em aproximadamente 50 ml de água destilada e deionizada. Adicionar solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), gota a gota, até a formação de um leve precipitado vermelho permanente, filtrar e diluir a 100 ml em proveta.

Na marcha analítica, propriamente dita, procedeu-se como o descrito a seguir:

a) tomar uma alíquota de 10 ml do extrato (1 g de MS/100 ml de solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e passar para erlenmeyer de 125 ml;

b) adicionar 1 ml de solução de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  como indicador com micropipeta de 1 ml, no momento da titulação para não ocorrer oxidação do extrato pelo cromato;

c) titular com padrão de nitrato de prata até formação de coloração marrom pálida, isto é, cor desenvolvida devido à formação de cromato de prata, depois de toda a precipitação do cloreto, anotando-se o volume gasto ( $V_1$ );

d) fazer prova em branco, titulando-se 10 ml da solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e anotando-se o volume de  $\text{AgNO}_3$  gasto ( $V_2$ );

e) utilizar 3 repetições das amostras preparadas.

Após a titulação foram feitos os cálculos aritméticos de acordo com o exemplo seguinte:

a) 1000 mg MS-----100 ml de extrator

X -----10 ml

X = 100 mg MS

b) 1,0 ml-----1 mg  $\text{Cl}^-$

V ----- Y

Y = V mg  $\text{Cl}^-$

$$c) V \text{ mg Cl}^- \text{-----} 100 \text{ mg MS}$$

$$\% \text{Cl}^- \text{-----} 100 \text{ mg MS}$$

$$\% \text{Cl}^- = V;$$

$$\text{Onde, } V = V_1 - V_2 = \text{ml AgNO}_3 \times Fc;$$

em Fc: fator de correção da padronização da solução de nitrato de prata.

### 3.3.1.2 Método mercurimétrico

A determinação de cloreto descrita foi uma adaptação das metodologias propostas por Lacroix, Keeney e Walsh (1970), Ohlweiler (1981) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). A extração do cloreto foi semelhante àquela descrita para o método de Mohr, e o princípio de sua determinação se baseia em sua reação com íons mercúricos para formar cloreto mercúrico solúvel, e quando íon mercúrico for adicionado em excesso, o indicador difenilcarbazona se torna azul-violeta, mostrando o ponto final da titulação.

Os aparelhos, reagentes e preparo de soluções utilizados foram:

a) indicador difenilcarbazona: dissolver 100 mg de difenilcarbazona em 100 ml de álcool à 95% e guardar em frasco escuro, na geladeira;

b) solução de nitrato de mercúrio II ( $0,0071 \text{ mol.L}^{-1}$ ): dissolver 2,66 g de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  em 20 ml de água destilada deionizada tratados com 0,25 ml de ácido nítrico concentrado e diluir para volume de 1000 ml; determinar a normalidade exata desta solução em relação a 10 ml da solução padrão de  $\text{NaCl } 0,0141 \text{ mol.L}^{-1}$  diluída a 100 ml, com água destilada e deionizada. Portanto, 1 ml de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , equivale a 1 mg de cloreto.

A marcha analítica procedeu-se como descrito a seguir:

a) tomar uma alíquota de 10 ml do extrato (1 g de MS/100 ml de solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e a passar para erlenmeyer de 125 ml;

b) adicionar 10 gotas de difenilcarbazona com uma pipeta de 2 ml;

c) titular com nitrato de mercúrio (II) até formar uma coloração azul violeta, ou seja, a cor desenvolvida devido ao excesso de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , que reage com a difenilcarbazona, anotar o volume gasto ( $V_1$ );

d) fazer a prova em branco, titulando-se 10ml da solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a  $0,085 \text{ mol.L}^{-1}$  e anotar, em seguida, o volume de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  gasto ( $V_2$ );

e) utilizar 3 repetições das amostras preparadas.

Os cálculos aritméticos são semelhantes àqueles adotados para o método de Mohr.

### 3.3.1.3 Método de Volhard

A determinação de cloreto baseou-se no método de Volhard (Kolthoff e Sandell, 1952), em suas linhas gerais, com as adaptações necessárias a sua aplicação, em material vegetal, feitas por Catani, Moraes e Bergamin (1969).

A marcha analítica procedeu-se como descrito a seguir:

a) incinerar 1 g do material seco a  $500\text{-}550^\circ \text{C}$  em cápsula de porcelana de 50 ml;

b) adicionar 20 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  e homogenizar;

c) filtrar para frasco de vidro de 100 ml, lavar o resíduo com 2 porções de 10 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ ;

d) adicionar 10 ml de solução padronizada de  $\text{AgNO}_3$   $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ , homogenizar e deixar em repouso por 15' para flocular o  $\text{AgCl}$ ;

e) filtrar para erlenmeyer de 125 ml com papel de filtro, lavando o precipitado com duas porções de 10 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ ;

f) adicionar 0,5 ml de solução de alumínio férrico a  $0,830 \text{ mol.L}^{-1}$  e titular com solução padronizada de  $\text{KSCN}$   $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$  até o aparecimento de cor rósea.

O preparo da solução utilizada é descrita a seguir:

a) solução de  $\text{AgNO}_3$   $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 8,5g de  $\text{AgNO}_3$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico. Padronizar a solução de  $\text{AgNO}_3$ , colocar 50 ml de água destilada e deionizada, 25 ml de  $\text{NaCl}$   $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ , e 1 ml de solução indicadora de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  a  $0,258 \text{ mol.L}^{-1}$ , e titular com  $\text{AgNO}_3$ , até o aparecimento da cor vermelha claro;

b) solução de  $\text{NaCl}$   $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 2,9226 g de  $\text{NaCl}$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico;

c) solução de KSCN  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 5,0 g de KSCN e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico. Padronizar a solução de KSCN com a solução de  $\text{AgNO}_3$ , já padronizada, usando como indicador 1 ml de solução de alúmen férrico a  $0,830 \text{ mol.L}^{-1}$ ;

d) solução de alúmen férrico a  $0,830 \text{ mol.L}^{-1}$ : dissolver 40 g de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  e completar o volume para 100 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico.

### 3.3.1.4 Método de titulação potenciométrica

A determinação de cloreto foi baseada em Lacroix, Keeney e Walsh (1970) e Jeffery et al. (1992), cujo princípio é o seguinte:

O procedimento envolve a medição da diferença de potencial entre dois eletrodos: um indicador, cujo potencial é função da concentração do íon a ser determinada, e um eletrodo de referência, de potencial constante. O ponto de equivalência será revelado por uma abrupta modificação do potencial, indicado pelas leituras em milivolt (mV), em peagâmetro, durante a adição do volume da solução padrão de  $\text{AgNO}_3$ . O volume de  $\text{AgNO}_3$  consumido na titulação, até à modificação abrupta, é determinado por um método prático preconizado por Guenther (1972) e Jeffery et al. (1992), que será descrito a seguir:

Para a extração do cloreto procedeu-se do seguinte modo:

- a) pesar 1 g de MS em erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 100 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ;
- c) agitar a mistura em agitador horizontal por 15 minutos;
- d) filtrar a mistura em papel de filtro e recolher em frasco com tampa.

Os aparelhos, reagentes e preparo de soluções utilizados foram:

- a) peagâmetro marca DIGIMED-DMPH-2, utilizado no módulo milivolt (mV);
- b) eletrodo indicador: um fio de prata com acoplamento no peagâmetro;
- c) eletrodo de referência: calomelamo saturado com KCl  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ ;
- d) solução extratora de ácido nítrico a  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ : diluir 7,5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado em 1000 ml de água destilada e deionizada;

e) ponte salina de vidro preparada com 3 g de ágar em 100 ml de água destilada e deionizada mais 40 g de nitrato de potássio;

f) solução padrão de nitrato de prata a  $0,0282 \text{ mol.L}^{-1}$ : preparo idêntico àquele descrito para método de Mohr.

O desenho esquemático para melhor esclarecimento é apresentado na Figura 1:

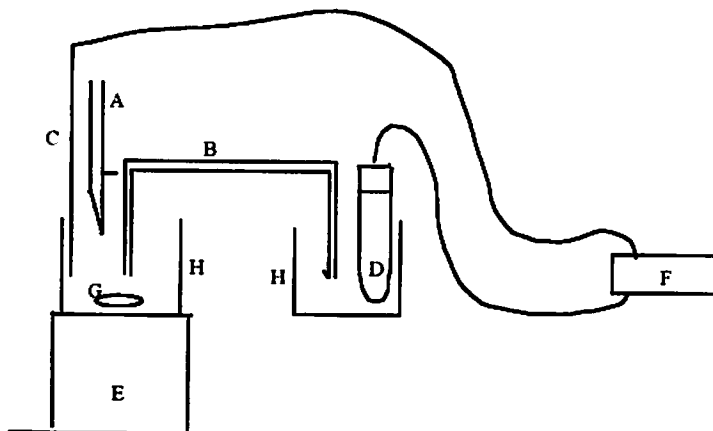


FIGURA 1: Desenho esquemático da titulação potenciométrica com os seguintes equipamentos: (A) bureta, (B) ponte salina, (C) eletrodo indicador, (D) eletrodo de referência, (E) agitador magnético, (F) peagômetro, (G) barra magnética e (H) becker.

A marcha analítica procede-se do seguinte modo:

a) tomar uma alíquota de 50 ml do extrato (1 g de MS/100 ml da solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) e passar para um becker de 50 ml;

b) titular com nitrato de prata  $0,0282 \text{ mol.L}^{-1}$  utiliza-se de uma bureta de 10 ml. A torneira deve ser ligada por um fio capilar, para que a solução seja titulada diretamente sobre o extrato a determinar. A adição da solução deve ser lenta e em espaços regulares, para que se observe, com clareza, a modificação abrupta. Continua adicionando-se a solução até que a variação em mV seja praticamente constante.

c) fazer prova em branco, titulando-se 50 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  e procedendo-se conforme feito para o extrato.

Para a determinação do volume gasto de nitrato de prata, utilizou-se o método prático, adaptado para a determinação de cloreto em tecido vegetal, exemplificado na Tabela 4.

TABELA 4: Titulação potenciométrica de extrato foliar de cloreto por solução de nitrato de prata ( $0,0282 \text{ mol.L}^{-1}$ ) com eletrodos indicador de fio de prata e outro calomelano de referência.

VAgNO <sub>3</sub> (ml)	E (mV)	▲V (ml)	▲E (mV)	▲E/▲V (mV.ml <sup>-1</sup> )	Volume médio (ml)	Derivada primcira (mV.ml <sup>-1</sup> )	▲volume médio (ml)	Derivada segunda (mV.ml <sup>-2</sup> )
0	125							
		0,04	9	225	0,02			
0,04	204					475	0,04	11875
		0,04	28	700	0,06			
0,08	232					0	0,08	0
		0,04	28	700	0,10			
0,12	260					-200	0,12	-1667
		0,04	20	500	0,14			
0,16	280					-150	0,16	-938
		0,04	14	350	0,18			
0,20	294					-125	0,20	-625
		0,04	9	225	0,22			
0,24	303					-50	0,24	-208
		0,04	7	175	0,26			
0,28	310					-75	0,28	-268
		0,04	4	100	0,30			
0,32	314					-25	0,32	-78
		0,04	3	75	0,34			
0,36	317					-75	0,36	-208
		0,04	2	50	0,38			
0,40	321							

Como se observa na Tabela 4, na coluna da derivada segunda, entre os valores de 11875 e -1667 ocorre a mudança abrupta, isto é, o volume de AgNO<sub>3</sub>, que reagiu equivalentemente com o cloreto contido na amostra é expresso entre aqueles valores. Este volume é calculado pela seguinte fórmula:

$$V_{eq} = V_1 + (V_2 - V_1) * D_1 / (D_1 + |D_2|), \text{ onde:}$$

V<sub>eq</sub> - Volume equivalente (ml);

V1 - Volume correspondente ao maior valor positivo da derivada segunda (ml);

V2 - Volume correspondente ao maior valor negativo da derivada segunda (ml);

D1 - Maior valor da derivada segunda ( $\text{mV} \cdot \text{ml}^{-2}$ );

D2 - Menor valor da derivada segunda ( $\text{mV} \cdot \text{ml}^{-2}$ );

Ex:  $V_{eq} = 0,04 + (0,12 - 0,04) * (11875) / (11875 + |-1667|)$

$$V_{eq} = 0,11 \text{ ml.}$$

O volume equivalente, obtido de cada amostra, é utilizado no cálculo do cloreto contido na matéria seca como se segue:

a) 1000 mg MS-----100 ml de extrator

X ----- 50 ml

$$X = 500 \text{ mg de MS}$$

b) 1 ml de  $\text{AgNO}_3$ -----1 mg  $\text{Cl}^-$

$V_{eq}$  ----- Y

$$Y = V_{eq} \text{ mg } \text{Cl}^-$$

c)  $V_{eq}$  mg  $\text{Cl}^-$ -----500 mg MS

% $\text{Cl}^-$  -----100 mg MS

$$\% \text{Cl}^- = 0,2 * V_{eq}$$

**Obs:** Proceder o mesmo cálculo para prova em branco, determinando-se o volume gasto de  $\text{AgNO}_3$ , por este método, para subtrair do extrato.

### 3.3.2 Produção

A produção de grãos das seis covas úteis foi colhida por derriça quando apresentavam aproximadamente 5% de frutos verdes, após serem colhidas avaliaram-se a porcentagem de frutos verdes, cerejas, passas e secos de cada parcela, e então, foram secas, pesadas e beneficiadas. As quantidades de café limpo por parcela útil foram então convertidas em produção de sacas por hectare.

No transcorrer do experimento fizeram-se duas colheitas, que correspondem aos anos 1993 e 1994.

### **3.3.3 Parâmetros qualitativos**

Os parâmetros qualitativos foram determinados em amostras de grãos beneficiados moídos em moinho tipo Croton Mod. TE-580, em peneira de 30 mesh, referente a cada tratamento aplicado, para os anos agrícolas de 1993 e 1994. As avaliações foram atividade enzimática da polifenoloxidase, acidez titulável total, compostos fenólicos totais, proteína total, açúcares redutores, não redutores, totais e caféina conforme métodos especificados a seguir:

#### **3.3.3.1 Atividade da polifenoloxidase**

##### **Obtenção do extrato enzimático da polifenoloxidase**

Com o objetivo de obter maior rendimento nas análises de laboratório, fez-se uma adaptação do processo de extração, descrito por Draetta e Lima (1976), como segue:

Foram pesados 5 g da amostra de café previamente moída e adicionaram-se 40ml da solução de fosfato de potássio  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  a pH 6,0. Em seguida, agitou-se por 5 minutos. Todo material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtragem, utilizando-se papel de filtro Whatman nº 1.

##### **Atividade da polifenoloxidase**

A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina) como branco expressa em  $\text{U.mim}^{-1}.\text{g}^{-1}$  (Unidade de atividade enzimática por unidade de tempo em minutos por gramas de grãos beneficiados)

### **3.3.3.2 Acidez titulável total**

A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup> de acordo com técnica descrita pela Association of Official Analytical Chemists (1970) e expressa em ml de NaOH.100 g<sup>-1</sup> de amostra.

### **3.3.3.3 Compostos fenólicos totais**

Os compostos fenólicos totais foram extraídos pelo método de Goldstein e Swain (1963), utilizando-se como extrator o metanol 50%, os quais são identificados de acordo com método de Folin Denis, descrito pela Association of Official Analytical Chemists (1970).

### **3.3.3.4 Índice de coloração**

Foi determinado pelo método descrito por Singleton (1966) e adaptado para o café.

Foram pesadas 2 g da amostra de café moídas e colocadas em erlenmeyer. Adicionou-se 50 ml de água destilada. Em seguida as amostras foram homogenizadas em agitador elétrico por 1 hora. Foi feita a filtragem (papel de filtro). Tomou-se 5 ml do filtrado e adicionou-se 10 ml de água destilada. Estas amostras foram deixadas em repouso por 20 minutos e lidas em comprimento de onda de 425 nm em espectrofotômetro.

### **3.3.3.5 Protéina total**

Calculada através da determinação do teor de nitrogênio total pelo método Kjeldahl (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989), multiplicando-se por 6,25.

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

Estes compostos foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela Association of Official Analytical Chemists (1970), determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

### **3.3.3.7 Cafeína**

A cafeína foi avaliada, segundo método colorimétrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

### **3.3.4 Determinação dos teores de macro e micronutrientes em folhas e grãos.**

A amostragem para as determinações dos teores de macro e micronutrientes nas folhas foram feitas, segundo recomendação de Malavolta (1993), ou seja, colhendo-se 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pares de folhas à partir das pontas dos ramos laterais, inseridos na altura média da planta e ao redor da mesma, no verão, nos dois anos de 1993 e 1994.

Os teores dos nutrientes na folha e grãos foram assim determinados: o teor de nitrogênio total das amostras foi determinado pelo método micro Kjeldahl, segundo (Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989), foram dosados os teores totais de P, por colorimetria; os de Ca e Mg e micronutrientes, por espectrofotometria de absorção atômica; os de K, por fotometria de chama; os de S total, por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O B foi extraído por incineração e determinado por colorimetria de curcumina (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

### **3.3.5 Análise estatística**

Os teores de cloreto determinado pelos métodos de Mohr, mercurimétrico e de Volhard foram correlacionados com os teores determinados pelo método de titulação

potenciométrica. Os dados de cloreto nas folhas, casca e grãos, produção e parâmetros qualitativos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. Os teores de nutrientes nas folhas e nos grãos foram correlacionados (correlação linear simples) com os dados dos parâmetros qualitativos. Utilizou-se nas análises os programas SANEST e SAEG e adotou-se, para análise dos dados os níveis de significância de 5% e 1%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Comparação de métodos para determinação de cloreto

Os coeficientes de correlações lineares ( $r$ ) entre os métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), Volhard (VO) e o titulação potenciométrica (PO), sendo este tomado como padrão, em relação aos teores médios de cloreto nas folhas, grãos e casca nos anos de 1993 e 1994 encontram-se nas Figuras 2 a 4.

Observa-se na Figura 2 que os métodos de MO e ME tiveram as melhores correlações com o PO (padrão) em material foliar. Apesar de terem coeficientes semelhantes, o primeiro tem uma difícil detecção visual, do ponto final da titulação, ou de viragem (Lacroix, Keeney e Walsh, 1970), o que não ocorreu nas análises feitas pelo segundo, no qual foi observado nitidez da cor azul-violeta, proporcionada pela difenilcarbazona. Esta nitidez do ponto de viragem pode estar relacionada com a maior eficiência do indicador difenilcarbazona, que atua na faixa de pH em torno de 3,0 a 3,5 mais próxima do pH do extrato (4,5), medido durante as análises (Ohlweiler, 1974). Ao contrário, o indicador cromato de potássio ( $K_2CrO_4$ ) atua em valores de pH mais elevados, em torno de 6,5 a 10,5. Abaixo de 6,5, a concentração do íon cromato reduz tanto, que o produto de solubilidade do cromato de prata já não é atingido e o indicador deixa de funcionar, ficando a faixa acima do ideal para uma melhor eficácia deste indicador (Ohlweiler, 1968c).

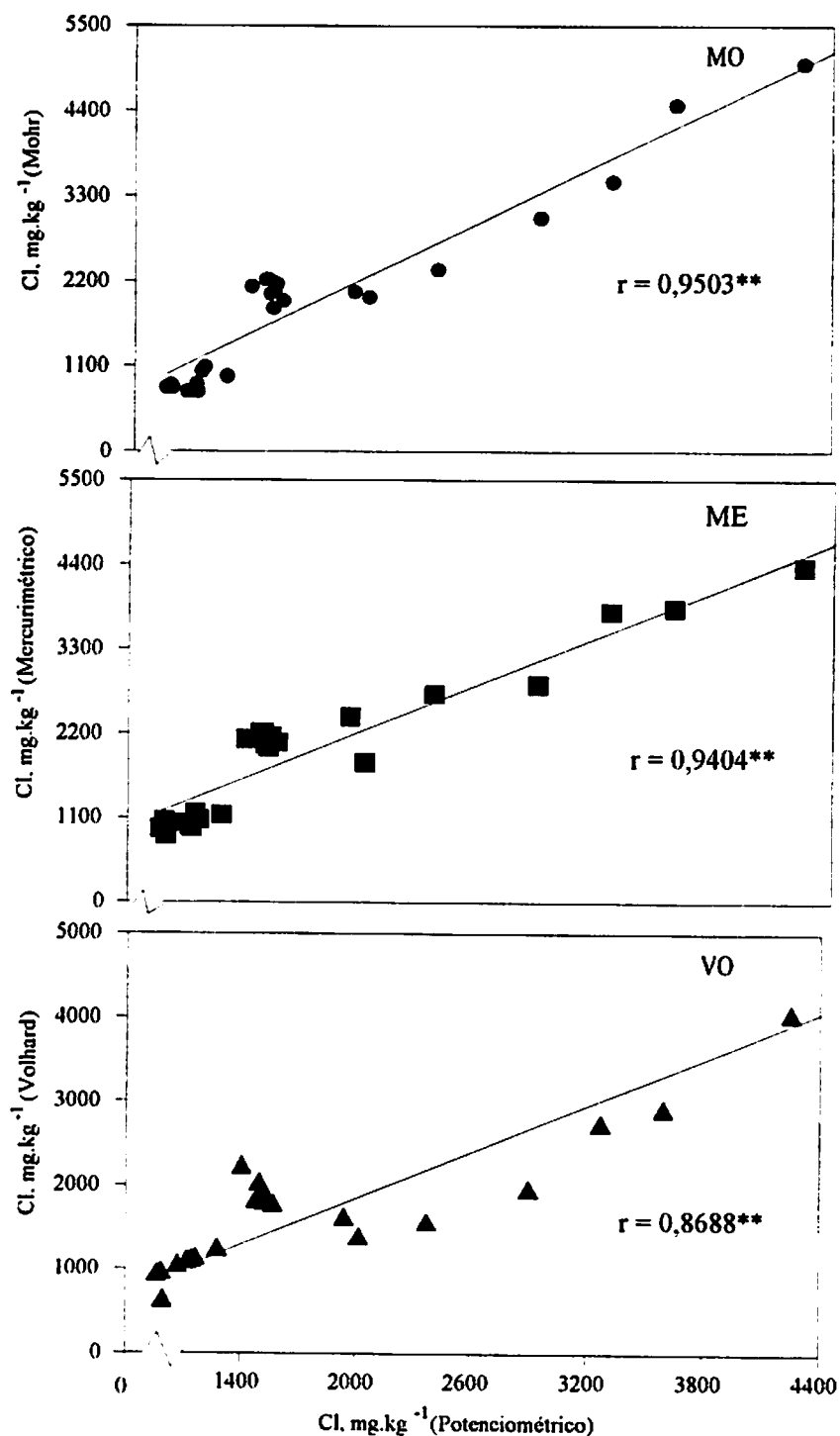
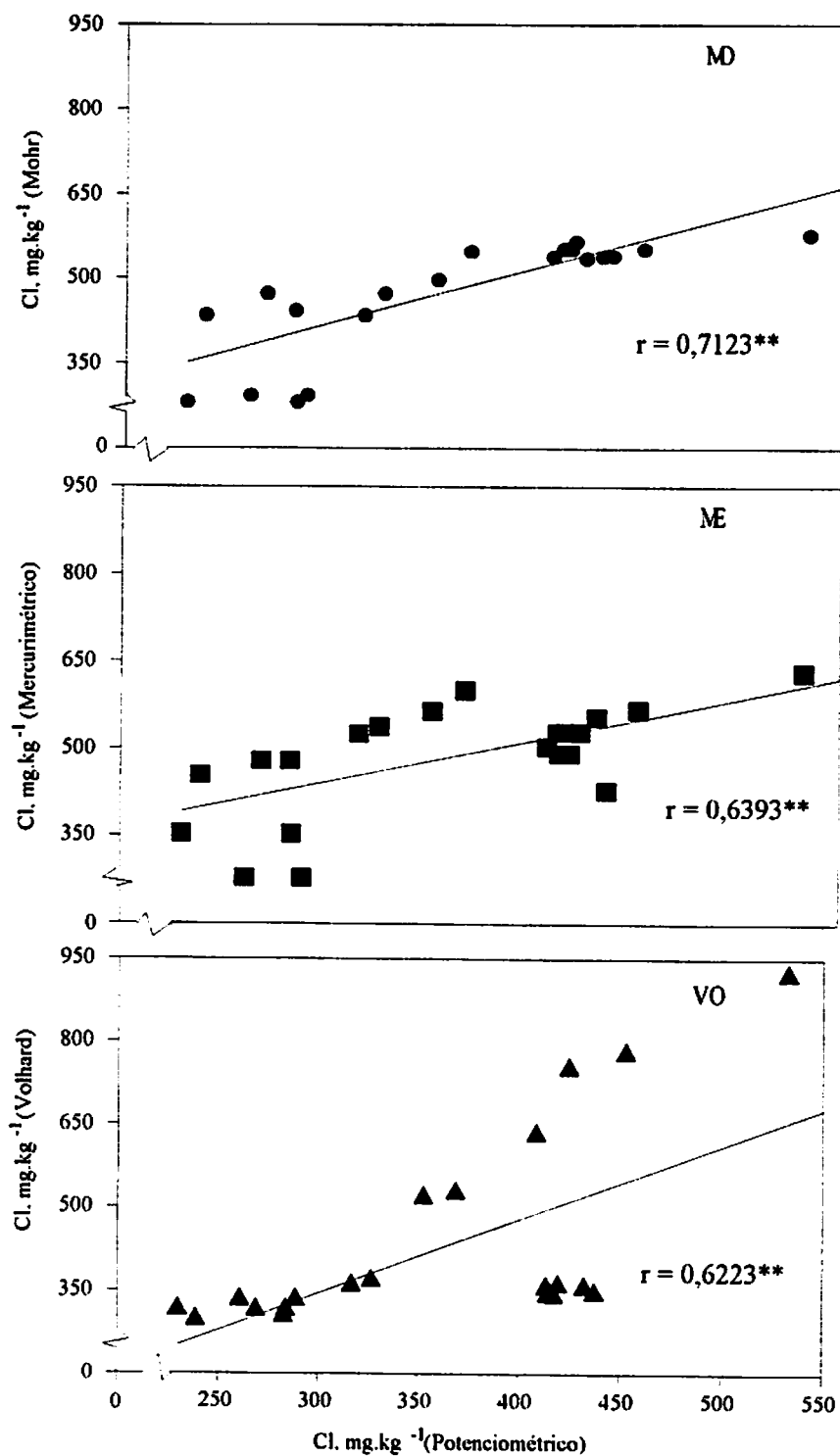


FIGURA 2: Correlação linear simples ( $r$ ) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em folhas de café.



**FIGURA 3:** Correlação linear simples ( $r$ ) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em grãos beneficiados de café.

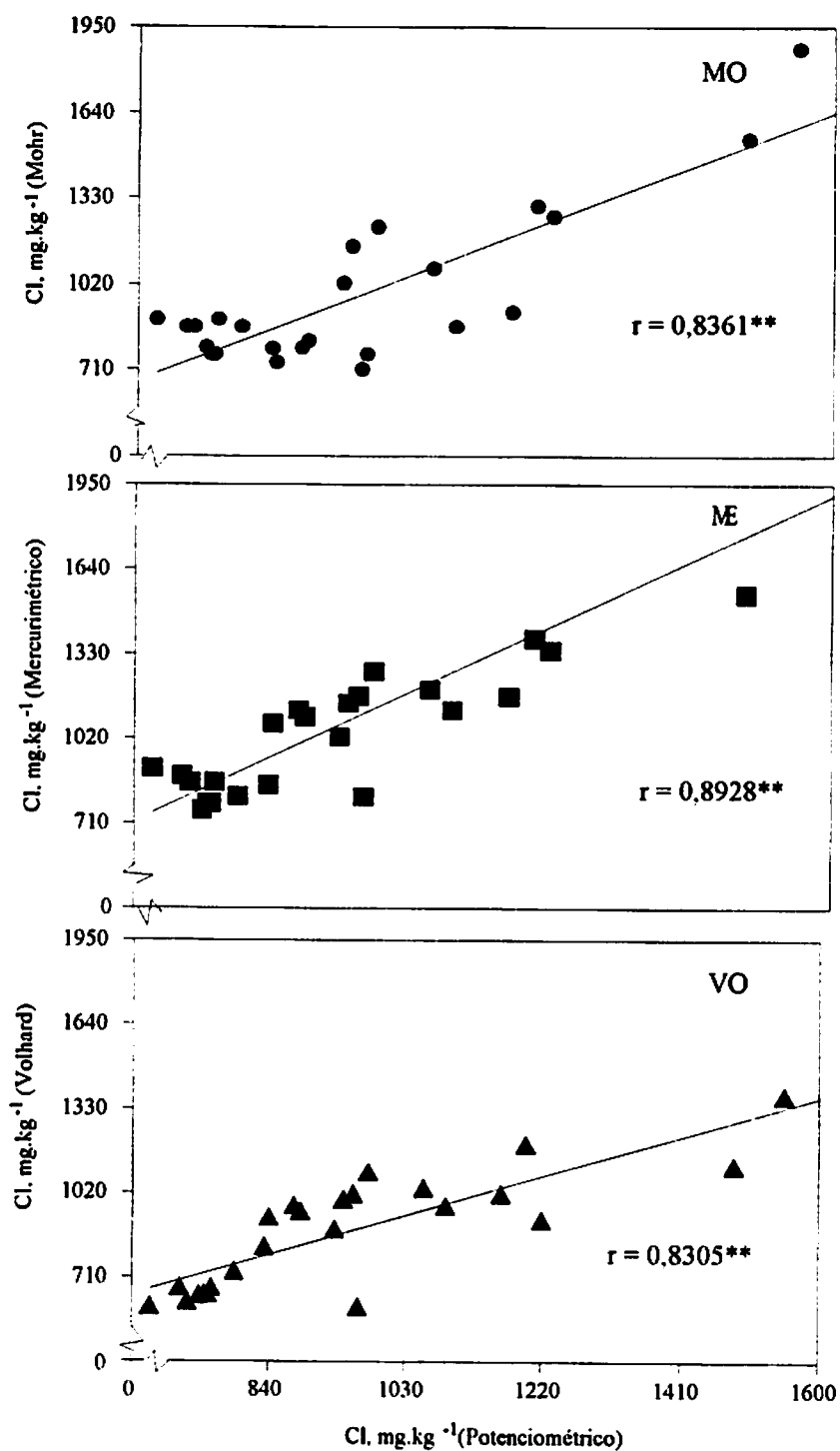


FIGURA 4: Correlação linear simples ( $r$ ) entre os teores médios de cloreto, nos anos de 1993 e 1994 determinados pelos métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME) e de Volhard (VO), em relação ao de titulação potenciométrica (PO) em casca de café.

O método de VO apresentou um coeficiente de correlação linear simples ( $r$ ) abaixo dos obtidos nos métodos de MO e ME. Este método baseia-se na determinação indireta do cloreto, em que este ânion é precipitado pelo nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$  a  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ ) e a estabilidade do precipitado pode ser influenciada pela luz (Kolhoff e Sandell, 1952). A prata residual, que não reage com o cloreto, por motivo de exposição à luz, é determinada por titulação com tiocianeto de potássio ( $\text{KSCN}$  a  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ ), implicando em um consumo de  $\text{KSCN}$ . Subtraindo-se este maior volume de  $\text{KSCN}$  do volume inicial de  $\text{AgNO}_3$ , obtem-se um valor subestimado de cloreto na amostra.

Nos métodos de MO e ME, um fator a ser considerado é que os extratos obtidos com água destilada e deionizada têm uma coloração turva, causados por compostos orgânicos extraídos, que dificultam a detecção do ponto final da titulação. A solução extratora de nitrato de cálcio reduziu a turvação do extrato, o que é um aspecto positivo em relação à extração com água destilada deionizada. A extração com água foi abandonada no princípio do estudo, ocasionados por grande interferência ao extrair mais compostos orgânicos presentes (Krieg e Sung, 1977). No caso do método PO, a turvação do extrato tem uma influência pequena na determinação do ponto final da titulação ser realizada por meios instrumentais como peagâmetro (Gilliam, 1971; Adriano, Pratt e Holzclaw, 1973 e Gaines, Parker e Gascho, 1984).

Observa-se pela Figura 3, que os coeficientes de correlações lineares simples ( $r$ ) dos teores de cloreto, das amostras de grãos pelos métodos de MO, ME e VO, em relação ao padrão, são inferiores aos obtidos no material foliar. Estes coeficientes menores nos métodos de MO e ME provavelmente sejam causados pela textura grosseira destas amostras, dificultando a extração do ânion cloreto por estes dois métodos e, também, pelo método padrão. A extração pelo método padrão é feita por agitação do material seco e no método de VO é feita por incineração do material. A dificuldade na extração pelo método padrão pode estar proporcionando uma correlação baixa entre os mesmos. A incineração dos grãos moídos no método de VO, pode ser mais eficiente em sua extração, porque o cloreto não está ligado a nenhum composto orgânico, não sendo assim liberado durante a incineração do material, determinando-se desta forma, o cloreto total da amostra. Mas, devem-se considerar os efeitos negativos do método de VO após a extração, na fase de determinação, quando ocorre a influência da luz, além da complexidade da análise em si.

Nos grãos, pela dificuldade de detecção do ponto final da titulação nos métodos de MO e ME, embora seja mais fácil no segundo, pela utilização do indicador difenilcarbazona, aumenta-se a discrepância dos teores de cloreto das amostras em relação ao método padrão, pois no padrão, o problema estaria relacionado diretamente com a extração e não com detecção do ponto final. Ao contrário, nos métodos de MO e ME estariam ocorrendo os dois problemas, isto é, a dificuldade na determinação do ponto final e extração difícil nas amostras de grãos.

Na Figura 4, observa-se que os coeficientes de correlações lineares simples ( $r$ ) nos métodos de MO e VO são semelhantes e que o método ME apresenta um valor superior para casca de café. Estes coeficientes são intermediários aos obtidos para folhas e para grãos (Figuras 2 e 3). A melhor correlação deste método pode ser atribuída a uma melhor detecção do ponto de viragem e a menor turvação do extrato pela utilização da solução de nitrato de cálcio como extrator. Os métodos de MO e VO proporcionaram menores coeficientes em comparação ao padrão o que seria atribuído às causas mencionadas na discussão da análise do material foliar.

Na execução das análises pelos métodos descritos devem-se considerar, nas condições atuais, os recursos disponíveis para um determinado volume de amostras. Pelos métodos de MO e ME é possível realizar 100 amostras/laboratoriais/dia, enquanto pelo de VO chegar-se-ia ao máximo a 40 amostras pela necessidade de incineração e a complexidade da análise. O método PO é moroso, sendo possível analisar apenas 40 amostras, contudo é mais preciso, portanto, mais adequado em situações que exijam maior precisão.

Na escolha de um método deve-se considerar o baixo custo das análises, a rapidez e a precisão. Portanto, o método de MO e o de ME são mais rápidos do que os métodos de VO e PO. Entretanto, o método PO seria o mais preciso na determinação dos teores de cloreto em amostras de folha e de casca, embora possa sê-lo também para grãos, desde que se melhore a extração do ânion nas amostras. O método de VO, seria o menos indicado, motivado pela sua complexidade e conseqüente demora. Entre os métodos de MO e ME, ambos de grande rapidez, a escolha entre os dois, estaria condicionada a uma melhor detecção do ponto final da titulação. Para amostras de folhas, de grãos e de casca, o método ME seria o mais indicado, ressaltando-se a necessidade de melhoria da extração para grãos. Em relação ao custo de sua utilização, na ordem decrescente, seria: VO, PO, ME e MO.

## 4.2 Teores de cloreto nas folhas, grãos, casca e frutos de café

A relação entre os teores de cloreto nas folhas, nos grãos beneficiados, na casca e nos frutos (grãos + casca) em função das doses de K aplicadas, tendo como fonte o KCl, nos anos de 1993 e 1994 são apresentados respectivamente nas Figuras 5 e 6, e a significância estatística nas Tabelas 1A a 8A.

Pelas Figuras 5A e 6A, observam-se valores superestimados dos teores de cloreto nas folhas determinados pelos métodos de MO e ME e, valores subestimados pelo método de VO em relação ao PO nos anos de 1993 e 1994. Nos grãos (Figuras 5B e 6B), ocorre a superioridade dos teores de cloreto nos métodos de MO, ME e VO em relação ao PO. Na casca, houve uma superioridade dos teores de cloreto para métodos de MO, ME e VO no ano de 1993 e no ano de 1994 houve uma superioridade no PO em relação ao VO (Figuras 5C e 6C). Esses resultados estão relacionadas com as causas discutidas no item 4.1., referentes aos coeficientes de correlações lineares simples ( $r$ ) entre os métodos de MO, ME e VO em relação ao PO, que resumidamente são no método MO e ME superestimando o teor de Cl pela dificuldade de detecção do ponto final, melhorada no ME, pela utilização do indicador difenilcarbazona, no VO uma influência da luz e da complexidade do método.

Os teores de cloreto encontrados nas folhas, no ano de 1993, em cada método, são superiores ao ano de 1994. Este resultado pode ser explicado pela adição de KCl na adubação foliar de Zn e B antes do planejamento e implantação do experimento, quando se adicionou KCl, para aumentar a absorção foliar de Zn (Malavolta, 1980). Após a implantação do experimento, as amostragens de folhas foram feitas 23 dias após a última aplicação dos tratamentos. No ano de 1994, os tratamentos foram aplicados parceladamente entre os meses de novembro a março, com amostragens de folhas 45 dias após e aplicação de B e Zn via foliar sem KCl. Neste período, a precipitação pluviométrica ocorrida (Tabela 3) teria provocado a lixiviação do cloreto, propiciando uma menor disponibilidade do ânion para o cafeeiro e conseqüentemente, uma menor absorção do mesmo.

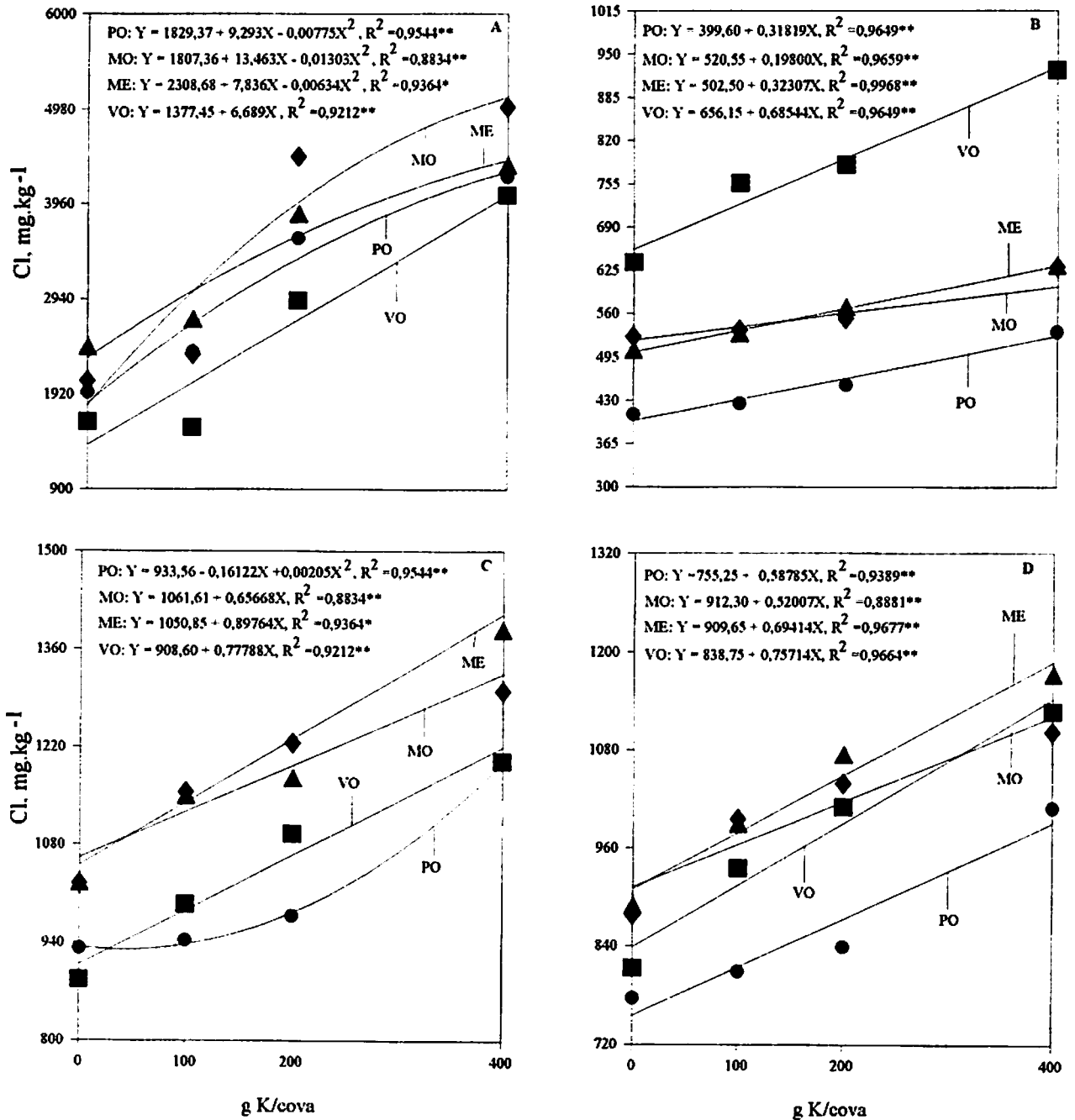


FIGURA 5: Teor de cloreto em folhas (A), grãos (B), casca (C) e frutos (D) de cafeeiro, em função das doses de K na forma KCl para os métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), Volhard (VO) e titulação potenciométrica (PO), em 1993.

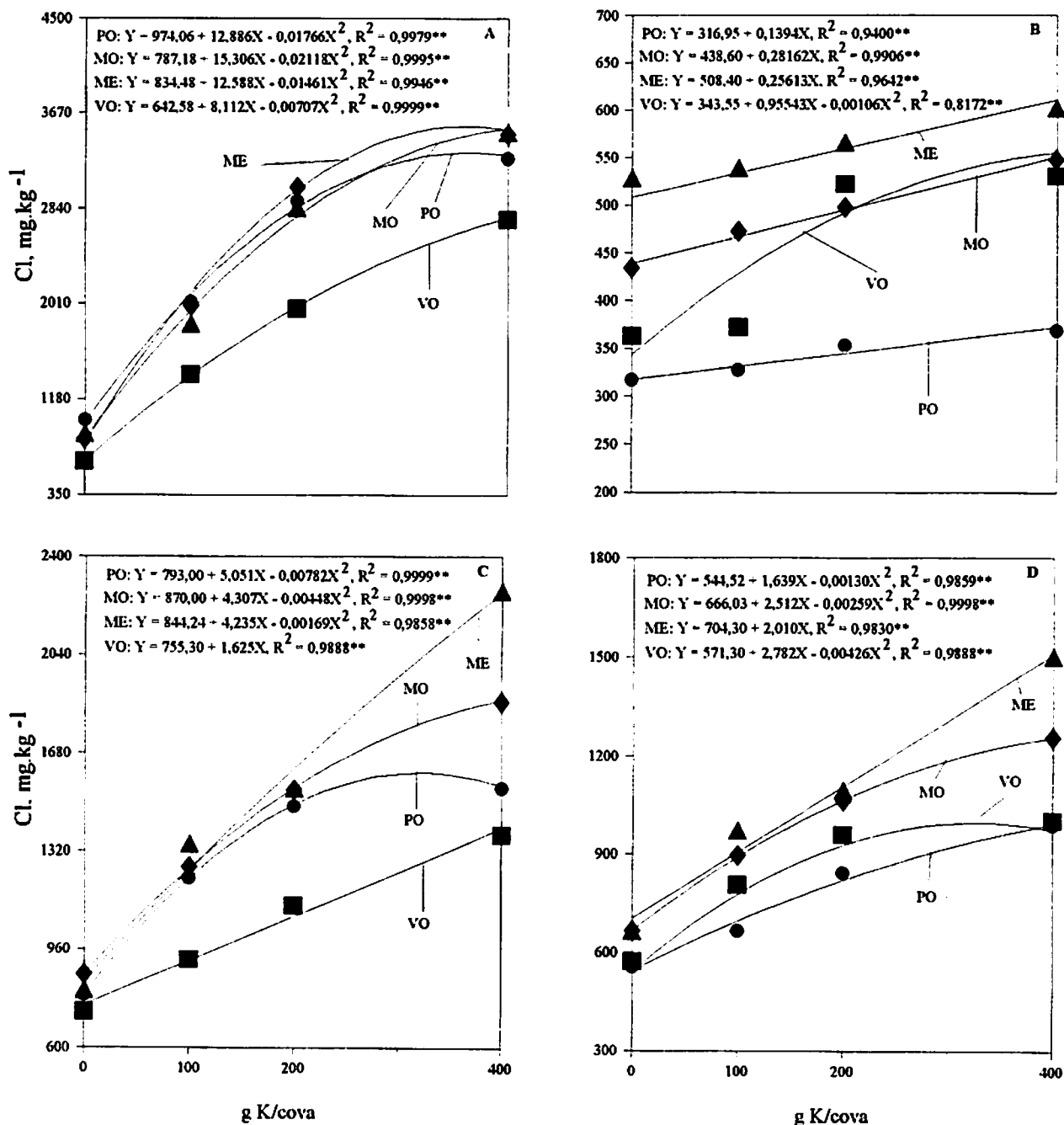


FIGURA 6: Teor de cloreto em folhas (A), grãos (B), casca (C) e frutos (D) de cafeeiro, em função das doses de K na forma KCl para os métodos de Mohr (MO), mercurimétrico (ME), Volhard (VO) e titulação potenciométrica (PO), em 1994.

Os teores de cloreto nas folhas, tomando como base a dose de 400 g de K/cova pelos métodos PO, MO, ME e VO, no ano de 1993 foram respectivamente de 4253, 5002, 4377 e 4056 mg Cl.kg<sup>-1</sup> (Figura 5A) e no ano de 1994 foram de 3274, 3481, 3497 e 2744 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 6A). Os teores, em ambos os anos, estão abaixo do encontrado por Catani et al. (1967), que obtiveram em amostras de todas as folhas de cafeeiro, isto é, todas folhas presentes na planta, no ato da coleta, um teor de 6815 mg Cl.kg<sup>-1</sup>. Catani, Moraes e Bergamin (1969) com a aplicação de 332 g de K/cova obtiveram 5149 mg Cl.kg<sup>-1</sup> em amostras do 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> par de folhas, pelo método de VO. No presente trabalho, o teor de cloreto pelo MO, no ano de 1993, está bem próximo do encontrado por Catani, Moraes e Bergamin (1969). Já Arana (1967), ao aplicar uma dose de 332 g de K/cova, obteve 2875 mg Cl.kg<sup>-1</sup>, pelo método de MO em amostras do 4<sup>a</sup> par de folhas na altura mediana do cafeeiro. Gonzalez et al. (1977) obtiveram um teor do cloreto de 2400 mg.kg<sup>-1</sup> pelo método de VO, analisando folhas do 2<sup>a</sup> par não tendo sido observados sintomas de toxidez deste nutriente. Os teores encontrados pelos últimos autores citados foram abaixo dos obtidos no presente trabalho e as diferenças podem ser explicadas pelo tipo de amostragem utilizada pelos autores citados.

No presente trabalho não foram observados sintomas de toxidez de cloro nas plantas, mesmo naqueles com teores acima do teor crítico de 2000 mg.kg<sup>-1</sup>, proposto por Arana (1967), que constatou sintomas de toxidez em condições de campo. Além deste autor, Snoeck, N'Goran e Snoeck (1986) obtiveram com café robusta na Costa do Marfim, sintomas visíveis de toxidez de cloro, descritos como necroses marginais e bronzeamento das folhas, em teores acima de 7000 mg Cl.kg<sup>-1</sup>, no 4<sup>a</sup> par de folhas (os autores não mencionaram o método de determinação do cloreto).

Nos grãos, os teores de cloreto, no ano de 1993 foram de 533, 630, 632 e 926 mg.kg<sup>-1</sup> e no ano de 1994 foram de 370, 549, 602 e 531 mg.kg<sup>-1</sup> (Figuras 5B e 6B), e na casca, no ano de 1993, foram de 1198, 1300, 1388 e 1200 mg Cl.kg<sup>-1</sup> e no ano de 1994 foram 1553, 1870, 2273 e 1381 mg Cl.kg<sup>-1</sup> (Figuras 5C e 6C) respectivamente pelos os métodos PO, MO, ME e VO na dose mais elevada (400 g de K/cova). Dados comparativos não foram encontrados na literatura disponível, para os grãos e casca de café isoladamente. Efetuou-se a soma dos teores de cloreto nos grãos e na casca, para representar o teor no fruto. Com base na dose de 400 g de K/cova, os teores de cloreto no ano de 1993 para os métodos PO, MO, ME e VO foram de 1009, 1102, 1172

e  $1126 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Figura 5D), e no ano de 1994 são de 998, 1257, 1499 e  $1002 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Figura 6D), respectivamente. Estes teores no fruto são inferiores àqueles determinados potenciométricamente por Catani et al. (1967), que encontraram um teor de  $3380 \text{ mg Cl.kg}^{-1}$ . Estes valores inferiores estão relacionados com a moagem do material, sendo que os autores citados utilizaram amostras moídas em gral de porcelana, ao contrário da moagem utilizada no presente trabalho.

### 4.3 Produção

Os efeitos de fontes e doses de K sobre a produção (sacas beneficiadas.ha<sup>-1</sup>) nos dois anos estudados e no biênio estão resumidos na Tabela 5.

TABELA 5: Produção (sacas beneficiadas.ha<sup>-1</sup>) de dois anos e do biênio (93/94)

Fonte	Doses de K	Produção		
		1993	1994	Biênio
KCl	0	32,3	38,4	35,4
	100	38,1	39,6	38,4
	200	31,4	33,3	32,4
	400	32,4	32,4	32,4
Média		33,6	35,9	34,8
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	29,4	50,8	40,1
	100	29,0	45,0	37,0
	200	38,2	56,0	47,1
	400	31,2	38,8	35,0
Média		32,0	47,6	39,8
K-Mag	0	31,0	37,4	34,2
	100	41,0	28,4	34,7
	200	35,8	41,1	38,5
	400	30,8	44,3	37,5
Média		34,7	37,8	36,3
Média Geral		33,4	40,4	36,9

De acordo com Stevens (1949) e Fraga e Conagin (1956), para se eliminar os efeitos da alternância de produção do cafeeiro, bastante comum, os dados de produção de 1993 e 1994 serão discutidos na forma de média destes anos e apresentados como produção bienal.

Pela análise de variância apresentada na Tabela 9A, não se observaram diferenças entre as fontes e as doses de K aplicadas ao solo nem na interação entre estes fatores. Estes resultados concordam com os obtidos por Martins, Garcia e Fiorante (1981), que não encontraram diferenças na produção entre as fontes: nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), K-Mag ( $KMgSO_4$ ) e cloreto de potássio (KCl). Segundo estes autores, o teor de K no solo, por ocasião da implantação do experimento era de  $25 \text{ mg.dm}^{-3}$  e, no presente experimento, era de  $55 \text{ mg.dm}^{-3}$  (Tabela 2), teor este mais elevado, mas que não equivale à necessidade da cultura, uma vez que, o teor crítico de K no solo, segundo Guimarães (1986) é de  $112 \text{ mg.dm}^{-3}$ , para ano de alta produção e de  $44 \text{ mg.dm}^{-3}$ , para ano de baixa produção.

A resposta do cafeeiro à aplicação de K, depende do teor de K disponível e de sua reposição no solo. O teor de K na área experimental estava acima do limite encontrado por Pavan, Chaves e Mesquita Filho (1986) de  $23 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Para estes autores, abaixo deste teor a produção do cafeeiro seria limitada. Hiroce et al. (1975) não obtiveram resposta à adubação potássica em dois solos, quando os teores foram de 15,6 a  $156 \text{ mg.dm}^{-3}$ , teores estes abaixo e acima daquele encontrado na área experimental, tendo estes autores aplicado 0, 83 e 166 g de K/cova. Também Moraes, Cervellini e Lazzarini (1975) não obtiveram resposta à adubação potássica ao aplicar as doses de 0, 50 e 100 g de K/cova, não mencionando os teores de K, no solo, no trabalho.

Malavolta (1986) propôs uma faixa ideal de K, no solo, em torno de 117 a  $156 \text{ mg.dm}^{-3}$ , para obter produção compensadora, teores estes acima do contido na análise inicial do presente trabalho (Tabela 2) e, que mesmo assim, não foi observada resposta à adubação potássica nas condições experimentais. Por outro lado, o mesmo autor menciona que em vez dos teores absolutos dos cátions deve-se usar um valor, que indique a participação percentual do K na CTC (capacidade de troca de cátions). Esta participação deve ser de 4-5, 3-4 e 2-3 % da CTC à pH 7,0, respectivamente para solos com textura arenosa, média e argilosa. Para o caso do presente experimento, o teor de K, representa 1,96% da CTC à pH 7,0 com textura argilosa na camada 0 a 20 cm, próximo do ideal para solo de textura argilosa proposto pelo autor, não havendo assim resposta na produção em ambos os anos estudados individualmente e no biênio em conjunto.

Não ocorreram respostas às fontes e doses de K nos dois anos avaliados e no biênio como mostra a análise de variância (Tabela 9A). A análise textural do solo da área experimental revelou um teor de silte de  $220 \text{ g.kg}^{-1}$  (Tabela 2), embora não se tenha feito análise mineralógica desta fração, especula-se que a mesma tenha reserva de K e esteja contribuindo para a reposição do K disponível. Há necessidade de conduzir novas pesquisas para averiguar esta possibilidade. Observar-se pela Tabela 5, que não existe diferença na produção entre as médias das fontes de K, que apresentaram respectivamente 33,6; 32,0 e 34,7  $\text{sc.ha}^{-1}$  nas fontes KCl,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e K-Mag no ano de 1993. No ano de 1994, a fonte  $\text{K}_2\text{SO}_4$  apresentou a maior produção (47,6  $\text{sc.ha}^{-1}$ ), seguida pelo K-Mag (40,4  $\text{sc.ha}^{-1}$ ) e menor produção no KCl (35,9  $\text{sc.ha}^{-1}$ ). No biênio a produção teve a mesma tendência do ano de 1994, apresentando uma produção de 39,8; 36,3 e 34,8  $\text{sc.ha}^{-1}$ , respectivamente, nas fontes  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , K-Mag e KCl.

#### **4.4 Efeito dos tratamentos nos parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados de café**

##### **Atividade da polifenoloxidase (PFO)**

Observa-se pela Figura 7 e Tabelas 10A e 12A que houve diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os valores de atividade da polifenoloxidase nas fontes estudadas nos anos de 1993 e 1994.

A maior atividade da enzima polifenoloxidase foi observada nas amostras que receberam a aplicação de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  onde se obteve, nos anos de 1993 valores de 63,12 e 63,18  $\text{U.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de amostra. No K-Mag obtiveram-se valores de atividade de 57,61 e 59,09  $\text{U.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de amostra e, no KCl, 56,89 e 59,35  $\text{U.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$  de amostra respectivamente nos anos de 1993 e 1994.

O sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) proporcionou maior atividade da polifenoloxidase, parâmetro este que expressa uma melhor qualidade do café, conforme Amorim e Silva (1968ab), Sanint e Valência (1970), Rotemberg e Iachan (1972), Oliveira et al. (1976), Amorim (1978), Leite (1991), Carvalho et al. (1994), e Chagas (1994).

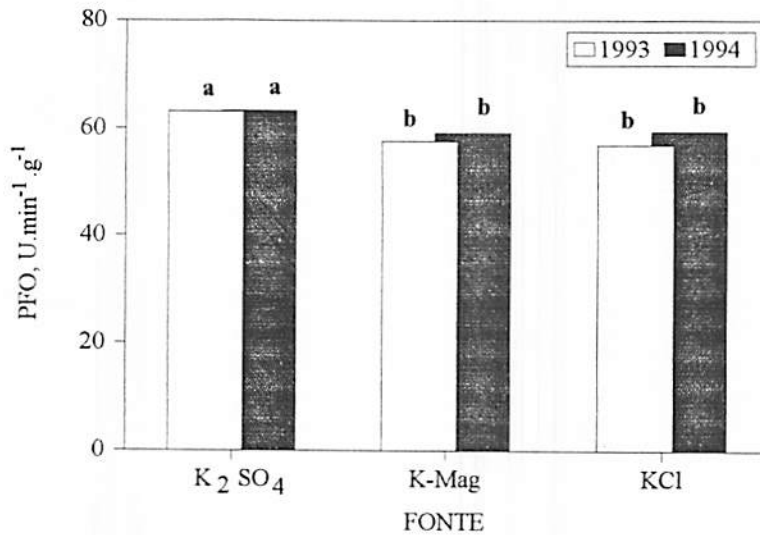


FIGURA 7: Atividade da polifenoloxidase (PFO) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.

Na literatura disponível, pertinente a esta linha de pesquisa, são escassos os trabalhos não havendo, portanto, resultados que permitam estabelecer comparações concludentes entre fontes de nutrientes e a atividade da polifenoloxidase. Arcila-Pulgarin e Valência-Aristizábal (1975) não encontraram diferenças na atividade da polifenoloxidase, quando se utilizou o KCl e o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, como fontes de K, mas verificaram uma tendência do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> proporcionar maior atividade enzimática da polifenoloxidase, sem contudo explicar as causas desta ocorrência.

Apesar das diferenças estatísticas, quanto às atividades da polifenoloxidase de cafés provenientes de diferentes fontes de K, nos dois anos estudados, os valores destas atividades enzimáticas foram próximos àqueles obtidos por Leite (1991), no mesmo local de cultivo (São Sebastião do Paraíso), de 57,46 U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de amostra de cafés derriçados no pano, do mesmo modo de colheita deste experimento, com excessão do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que foi superior ao encontrado pelo referido autor, mostrando, assim, um efeito favorável desta fonte em relação as outras duas.

Segundo Carvalho et al. (1994), a determinação da atividade da polifenoloxidase permite avaliar, de modo objetivo, a qualidade do café, estabelecendo a seguinte classificação, complementar àquela estabelecida pela “prova da xícara”: Café extra fino (estritamente mole) - atividade da polifenoloxidase superior a 67,66 U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de amostra; fino (mole e apenas mole) - atividade da polifenoloxidase de 62,99 a 67,66 U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de amostra; aceitável (dura) - atividade

da polifenoloxidase de 55,99 a 62,99  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra; não aceitável (riada e rio) - atividade de polifenoloxidase inferior a 55,99  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra.

Comparando os resultados obtidos no presente trabalho com os de Carvalho et al. (1994) observa-se que os valores da atividade da polifenoloxidase, quando se usou o  $\text{K}_2\text{SO}_4$  foram de 63,12 e 63,18  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra, nos anos de 1993 e 1994, respectivamente classificados como finos (“mole” e “apenas mole”), de 56,89 e 59,35  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra, quando se usou o KCl e de 57,61 e 59,09  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de amostra, quando se usou o K-Mag, nos anos de 1993 e 1994, respectivamente, classificados como aceitáveis (“dura”).

### Acidez titulável total (ATT)

No ano 1993, observaram-se diferenças significativas entre fontes ( $P<0,05$ ) entre doses de K ( $P<0,01$ ) e ainda na interação entre estes fatores ( $P<0,01$ ), na avaliação dos valores de acidez titulável total, conforme é mostrado na Tabela 10A. A resposta entre doses não foi relevante e nem da interação entre tratamentos (Tabela 14A). No ano de 1994, houve diferenças significativas entre os valores de acidez titulável total entre fontes de K ( $P<0,05$ ), como se mostra a Tabela 12A.

Pela Figura 8, observa-se que no ano de 1993, os mais baixos valores de acidez foram encontrados nas amostras de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e KCl, ou seja, de 324,06 e 332,50 ml de  $\text{NaOH}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de amostra, respectivamente. O maior índice foi obtido na amostra de K-Mag com um valor de 358,75 ml de  $\text{NaOH}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de amostra. No ano de 1994, a maior acidez foi obtida, quando se usou o KCl, ou seja, 326,56 ml de  $\text{NaOH}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de amostra e os mais baixos índices de acidez foram nas amostras K-Mag e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , valores de 295,31 e 292,18 ml de  $\text{NaOH}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de amostra respectivamente.

Leite (1991), Carvalho et al. (1994) e Chagas (1994) observaram uma relação inversa entre alta atividade de polifenoloxidase (PFO) e baixa acidez em amostras de café. No presente experimento, em ambos os anos, a mesma tendência foi observada para  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

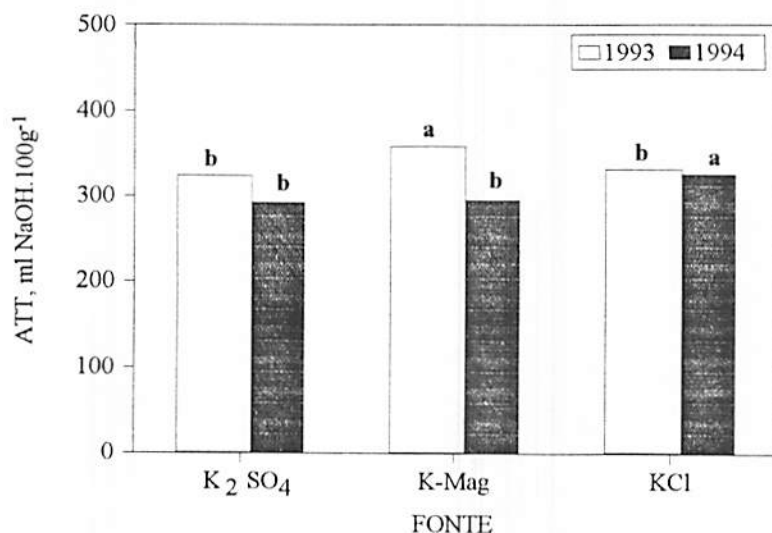


FIGURA 8: Valores de acidez titulável total (ATT) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.

Os resultados dos tratamentos com K-Mag (ano de 1993) não foram concordantes com aquela relação inversa existente entre a atividade da polifenoloxidase e acidez titulável total. Esta discordância pode ser atribuída à infecção de microorganismos na fase pós-colheita, observadas nas amostras deste tratamento. A ação dos microorganismos, produzindo acidez através da fermentação, desdobrando os açúcares presentes na mucilagem, completa-se também com a produção de álcool, ácidos acético, propiônico e butírico. A partir deste último já se observam prejuízos acentuados na qualidade (Carvalho et al., 1989).

Comparando a acidez titulável nos dois anos estudados, pode-se observar, no ano de 1994, uma acidez menor nas diferentes fontes em relação ao ano de 1993. Esta diferença pode ser atribuída à baixa precipitação pluviométrica, com longo período de estiagem, atingindo valores de 7,9 mm no mês de junho, na colheita de 1994, contra uma precipitação pluviométrica de 72,5 mm no mês de junho de 1993. Como consequência, observou-se uma umidade relativa do ar média de 68% e 72% respectivamente nos anos de 1994 e 1993 (Tabela 3). No ano de 1994, a precipitação possivelmente, acarretou menor desenvolvimento de microorganismos e conseqüentemente uma baixa fermentação e menor acidez em relação ao ano de 1993.

## Compostos fenólicos (CF)

Houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nos teores de compostos fenólicos porque as fontes de K, aplicadas no ano de 1993 e 1994, como mostram as análises estatísticas nas Tabelas 10A e 12A, enquanto os teores são apresentados na Figura 9.

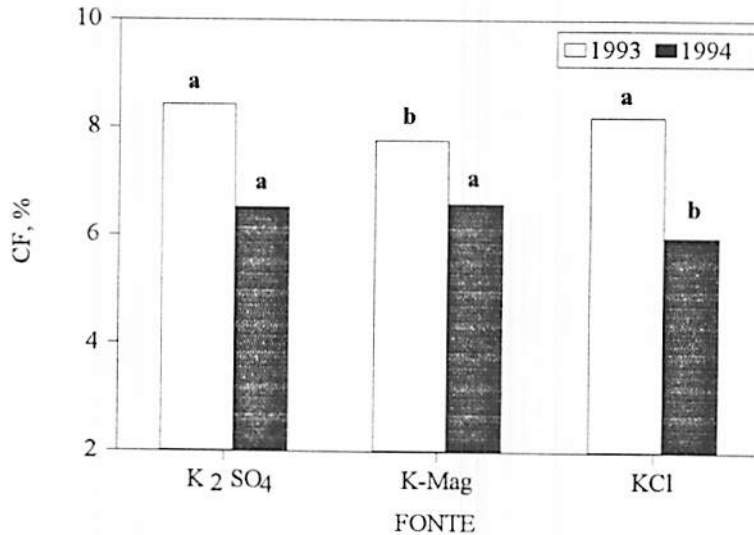


FIGURA 9: Teores de compostos fenólicos (CF) em grãos beneficiados de café, 1993 e 1994.

Pode-se observar que as amostras de grãos provenientes dos tratamentos K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KCl, no ano de 1993, apresentaram teores de 8,41 e 8,21%, respectivamente, seguido pelo K-Mag com teor de 7,75%. No ano de 1994, observaram-se para o K-Mag e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> teores de 6,58 e 6,51%, respectivamente, e teores menores para KCl de 5,97% de fenólicos totais.

A presença de frutos verdes contribui para que cafés derriçados no pano apresentem teores mais elevados destes compostos (Leite, 1991). A média geral de frutos verdes no experimento foi de 11%, no ano de 1993 (Tabela 6), o que contribuiu para o teor mais elevado de compostos fenólicos totais neste ano. No ano de 1994, apesar da geada, que poderia causar injúria e elevar os compostos fenólicos no grão, isto não ocorreu, verificou-se uma porcentagem de 26% de frutos passa e 74% de frutos secos como média geral (Tabela 6). Nestes estádios de maturação dos frutos, os teores de compostos fenólicos ativos são reduzidos, conforme Goldstein

e Swain (1963), que afirmam que a adstringência dos frutos tem origem nas frações menos polimerizadas, ou seja, mono, di e oligoméricas de compostos fenólicos extraíveis respectivamente em metanol e metanol 50%. Com o amadurecimento dos frutos, há uma polimerização dos fenóis e uma redução dos teores dos fenólicos ativos extraídos pelo metanol a 50%.

TABELA 6: Porcentagem de frutos verde, cereja, passa e seco nos anos de 1993 e 1994.

Fonte	Dose	1993				1994			
		Verde	Cereja	Passa	Seco	Verde	Cereja	Passa	Seco
KCl	0	09	39	25	27	0	0	24	76
	100	15	43	24	18	0	0	24	76
	200	10	40	24	26	0	0	34	66
	400	08	40	31	21	0	0	25	75
Média		11	41	26	22	0	0	27	73
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	08	31	24	37	0	0	28	72
	100	06	26	24	44	0	0	23	77
	200	10	30	26	34	0	0	24	76
	400	13	25	41	21	0	0	35	65
Média		09	28	29	34	0	0	28	72
K-Mag	0	08	30	36	26	0	0	23	77
	100	14	35	29	22	0	0	23	77
	200	11	29	41	19	0	0	24	76
	400	15	38	28	19	0	0	23	76
Média		12	33	34	21	0	0	23	77
Média geral		11	34	30	25	0	0	26	74

A presença de compostos fenólicos no café foi verificada por Carvalho, Chalfoun e Chagas (1989), que encontraram uma média de fenólicos de 8,73% em frutos colhidos no estágio de cereja e para todos os estádios de maturação (verde + cereja + passa + seco) derriçados no pano de 9,66%. Os teores encontrados, no presente trabalho, estão abaixo de 9,66% em ambos os anos, sendo que a origem das amostras eram de cafés derriçados no pano. Leite (1991) encontrou para cafés derriçados no pano, na mesma localidade deste experimento (São Sebastião do Paraíso), um teor de compostos fenólicos de 6,14%. Portanto, os teores de fenólicos, obtidos em 1993, nas diferentes fontes estão acima dos valores encontrados por aquele autor. Este teor

elevado está relacionado com a existência de uma maior percentagem de frutos verdes. Em 1994, os teores de compostos fenólicos foram bem próximos aos teores encontrado por Leite (1991), ocasionados pelas diferenças de maturação já discutidas.

### Índice de coloração (IC)

Os resultados referentes ao índice de coloração (IC) encontram-se na Figura 10 e as análises estatísticas nas Tabelas 10A e 12A. Observa-se que não houve diferença no índice de coloração no ano de 1993 ( $P > 0,05$ ), mas houve diferença significativa entre as fontes de K ( $P < 0,01$ ), também na interação entre fontes e doses de K ( $P < 0,01$ ) no ano de 1994. O desdobramento da interação (Tabela 14A) do ano de 1994, somente foi significativo, quando se usou o K-Mag, para um ajuste cúbico, que não é considerado no presente estudo.

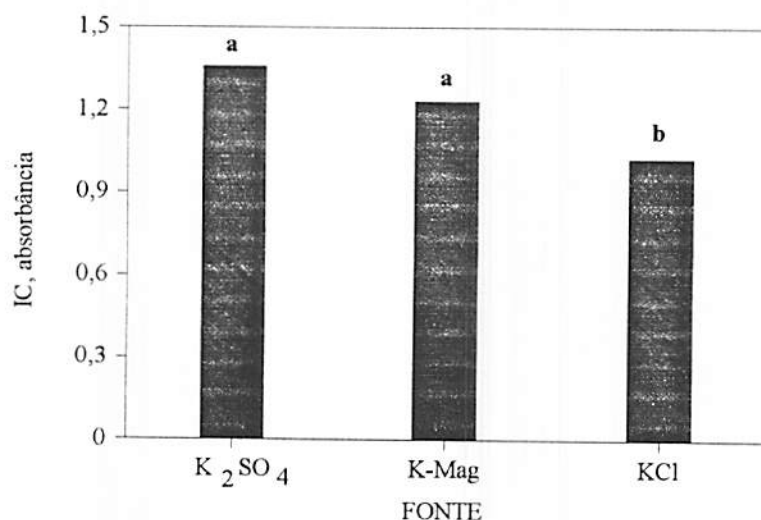


FIGURA 10: Valores de índice de coloração (IC) de grãos beneficiados de café, 1994.

Os maiores índices de coloração foram observados em amostras de grãos de café quando se usou o  $K_2SO_4$  (1,357) e o K-Mag (1,233), que não diferenciaram entre si, porém ambos foram estatisticamente diferentes do obtido na fonte KCl (1,024).

Segundo Carvalho et al. (1994), o índice de coloração permite separar cafés de bebidas “riada” e “rio”, ou seja, bebida não-aceitável (valores deste índice inferiores a 0,650), dos cafés de bebidas “dura” (aceitável), “mole”, “apenas mole” (finos) e “estritamente mole” (extras finos), com IC iguais ou superiores a 0,650. Portanto, pode verificar-se pelos valores do índice de coloração entre as fontes de K, que os cafés poderiam ter uma bebida, no mínimo, aceitável (“dura”), quando comparados com os daqueles autores.

As amostras de grãos de café da fonte  $K_2SO_4$ , em 1994, proporcionaram maior índice de coloração, apesar de não serem diferentes das amostras obtidas com o K-Mag e foram também as que apresentaram maior atividade da polifenoloxidase. Estes parâmetros são indicadores de cafés de melhor qualidade, segundo Leite (1991); Chalfoun, Carvalho e Guimarães (1992); Carvalho et al. (1994) e Chagas (1994).

Leite (1991) e Carvalho et al. (1994) verificaram que cafés de melhor qualidade possuem maior atividade da enzima polifenoloxidase, menor acidez titulável total e maior índice de coloração. Portanto, verificou-se que existiu uma identidade destes parâmetros e uma relação entre os mesmos, quando se usou o  $K_2SO_4$  no ano de 1994, confirmando que esta fonte proporcionou um café de melhor qualidade.

### **Protéina total (PT)**

As Tabelas 10A e 12A, mostram que existiram diferenças significativas entre doses de K na avaliação do teor de proteína total do grão no ano de 1994.

Pela Figura 11, observa-se que houve uma resposta quadrática do teor de proteína total do grão com aumento das doses de K aplicadas ao solo. O teor máximo de proteína foi obtido com a dose de 268 g de K/cova, atingindo um teor de 14,6%. Estes teores estão acima do encontrado por Sivetz (1963) de 13% e abaixo do encontrado por Amorim (1972) de 16%. O K é requerido para síntese de proteína em plantas (Malavolta, 1980; Marschner, 1986 e Mengel e Kirkby, 1987), atuando na polimerização de aminoácidos, nas ligações peptídicas e deslocamento da cadeia peptídica. O K melhora a utilização do N pelas plantas e aquelas deficientes em K apresentam menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como por exemplo, aminoácidos, amidas e nitrato.

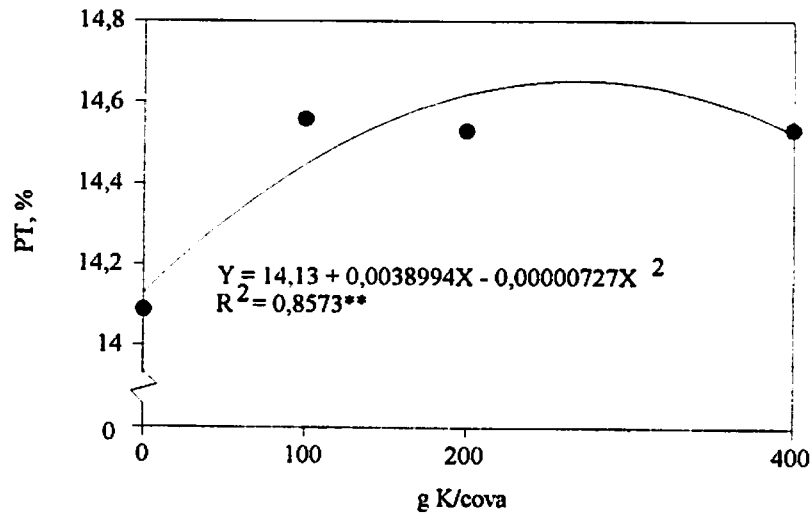


FIGURA 11: Porcentagem de proteína total (PT) em função de doses de K em grãos beneficiados de café, 1994.

Amorim (1972) e Amorim et al. (1974b) não encontraram diferenças nos teores de N total entre diferentes cafés classificados por degustadores pela “prova da xícara”. Estes autores registraram que o café “rio” possui menor teor de proteína solúvel extraída com NaOH a 1%, do que cafés “mole” e “duro”. Menor teor de proteína solúvel em café “rio” é devido ao envolvimento da atividade da polifenoloxidase, levando à produção de quinonas, as quais atacam as proteínas e este complexo formado é insolúvel no café “rio”. Portanto, o teor de proteína total (%N x 6,25) não mostrou a diferença de bebida entre cafés dos diversos tratamentos, no presente trabalho.

#### **Açúcares redutores (AR), não redutores (ANR) e totais (AT)**

Na avaliação dos açúcares, observou-se no ano de 1993, diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) somente entre doses de K para açúcares não redutores, mas com coeficiente de determinação não relevante para o ajuste, embora fosse significativo (Tabela 11A). No ano de 1994, houve efeito significativo entre fontes de K ( $P < 0,05$ ) para açúcares redutores (AR). Para ANR houve interação mais relevante entre as fontes e doses de K ( $P < 0,01$ ) e também para os AT ( $P < 0,01$ ), como se verifica na Tabela 13A.

O desdobramento da interação (Tabela 14A e 15A) mostra que houve somente influência relevante para ANR e AT, quando se aumentaram as doses de K dentro de fonte  $K_2SO_4$  ( $P < 0,01$ ).

Pela Figura 12, observa-se um maior teor de AR de 0,32% na fonte KCl que foi estatisticamente superior ao teor de 0,25%, quando se usou o  $K_2SO_4$  e ao teor de 0,24% do K-Mag. Os resultados obtidos entre as fontes estão dentro da faixa citada por Lockhardt (1957), que variam de 0 a 5% de AR. Leite (1991) encontrou, em amostras colhidas em São Sebastião do Paraíso, um teor de 0,06% de AR. Este teor é baixo em relação ao encontrado no presente experimento. Nota-se que houve um efeito da adubação potássica nos teores de AR, dentro da faixa indicada, de 0 a 5%, de açúcares redutores, de acordo com diversos autores citados por Prete (1992) conforme Tabela 1.

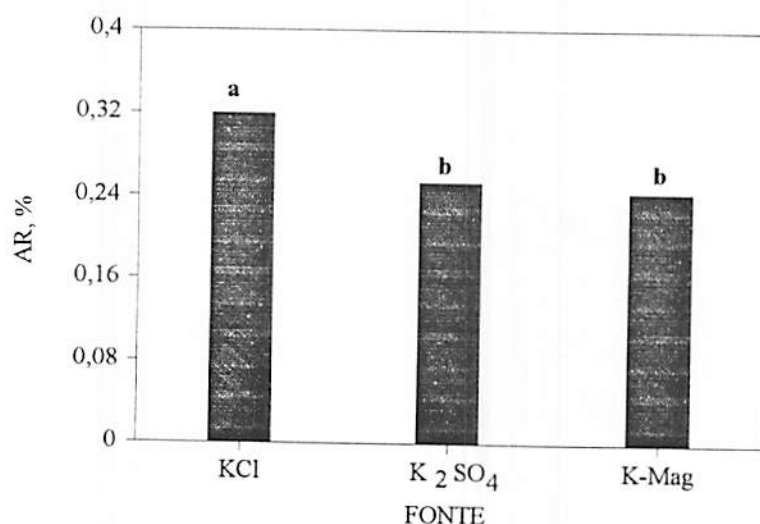


FIGURA 12: Teores de açúcares redutores (AR) em grãos beneficiados de café, 1994.

Em 1994, pela Figura 13, observa-se um efeito quadrático pelo aumento das doses de  $K_2SO_4$ , nos teores de ANR nos grãos beneficiados. O teor máximo de ANR foi obtido na dose de 214 g de K/cova, atingindo um teor de 5,14% de ANR. Este teor máximo de ANR está abaixo do encontrado por Sivetz (1963), ou seja, em torno de 7% e próximo do obtido por Wolfrom, Plunkett e Laver (1960) em torno de 5,3%.

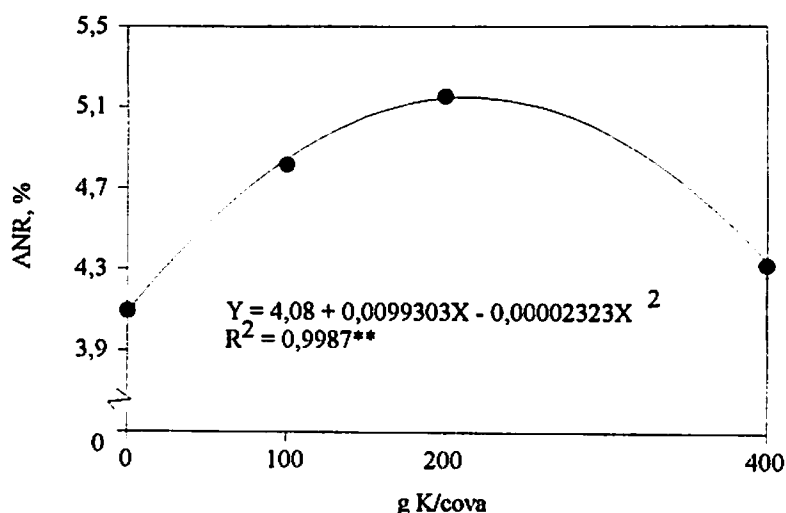


FIGURA 13: Teores de açúcares não redutores (ANR) em função de doses de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em grãos beneficiados de café, 1994.

Observa-se ainda, na Figura 14, um efeito quadrático entre os teores de AT com o aumento das doses de K. O teor máximo de AT foi obtido na dose de 209 g de K/cova, atingindo um teor de 5,63%. O teor máximo encontrado de AT mostra-se inferior ao valor médio observado por Navellier (1970), quando os grãos apresentaram 8% de AT, valores estes situados dentro da faixa de 5 a 10%, indicada por diversos autores citados por Prete (1992) na Tabela 1.

Os carboidratos podem contribuir para o sabor e aroma do café, conforme cita Amorim (1972), mas estes componentes não participam das classificações oficiais de qualidade de bebida, apesar de Amorim et al. (1976) afirmarem que os cafés melhores possuem maiores teores de açúcares totais, fato também verificado por Chagas (1994).

De modo geral, o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentou uma resposta superior, para os teores açúcares totais, diferenciada das outras fontes, também maior atividade polifenoloxidase, maior índice de coloração e menor acidez titulável total, confirmando, assim, que o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> propiciou, no ano de 1994, cafés de melhor qualidade.

O sabor doce desejável em cafés "Gourmet" detectados pelo painel organolético (Sensorial) da OIC (1992) é consequência da presença de açúcares nos grãos após a torração. Os açúcares, juntamente com os aminoácidos, são responsáveis pela cor caramelo desejável no café. Esta coloração é obtida pelas reações de Maillard e/ou caramelização.

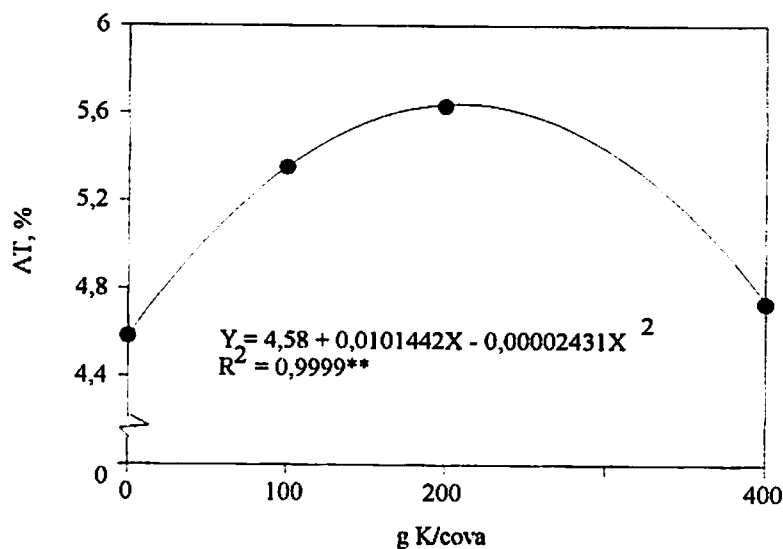


FIGURA 14: Teores de açúcares totais (AT) em função de doses de  $K_2SO_4$  em grãos beneficiados de café, 1994.

## Cafeína

Pela análise de variância (Tabela 11A), observa-se que não há diferença significativa ( $P > 0,05$ ) causadas por tratamentos entre os teores de cafeína no ano de 1993. Em 1994, houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre fontes e doses de K como se mostra na Tabela 13A. No desdobramento da interação (Tabela 15A) evidenciou-se um efeito linear nas doses de K dentro do KCl ( $P < 0,01$ ).

Pela Figura 15, observa-se uma redução linear do teor de cafeína com o aumento das doses de KCl. O teor mais elevado de cafeína foi na ausência de K (0 g de K/cova) de 1,79% e, na dose mais elevada (400 g de K/cova) foi de 1,35%. O valor na ausência de aplicação de K está acima da faixa (0,6 a 1,5%) indicada por diversos autores, citados por Prete (1992) e na dose mais elevada situa-se dentro da faixa indicada. Para a espécie arábica, Carvalho, Sondall e Sloman (1983) registraram o teor de 1,2%.

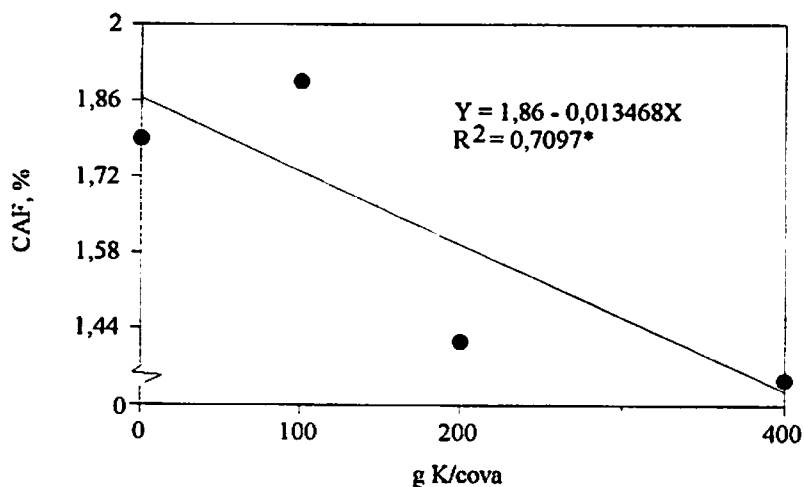


FIGURA 15: Teor de cafeína (CAF) em função de doses de KCl em grãos beneficiados de café, 1994.

#### 4.5 Correlação entre os teores de nutrientes nas folhas e grãos com os parâmetros qualitativos.

Como foi observado no item 4.4., ocorreram mais parâmetros qualitativos significativos no ano de 1994, do que em 1993, provavelmente pelo motivo da aplicação dos tratamentos terem sido feitos em março de 1993, com tempo insuficiente para influenciar esses parâmetros no próprio ano.

Foram realizadas correlações lineares simples entre: teores dos nutrientes nas folhas e nos grãos, com as doses de K aplicadas e com os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados no ano de 1994, cujos coeficientes e significâncias são mostradas para cada fonte estudada, nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Coeficientes de correlação linear simples entre os teores foliares dos nutrientes (g.kg<sup>-1</sup> de MS) e doses de K aplicadas e os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados no ano de 1994, para cada fonte utilizada.

Nut	Doses K	PFO <sup>(1)</sup>	ATT	CF	IC	PT	AR	ANR	AT	CAF
-----	---------	--------------------	-----	----	----	----	----	-----	----	-----

N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	NS	-0,4613*	NS	NS	0,4760*	0,4758*	NS	0,4863*	0,4968*	NS
K	0,7469**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,4615**
Ca	NS	NS	NS	NS	-0,4847*	NS	NS	NS	NS	0,4944**
Mg	NS	NS	NS	NS	-0,4563*	-0,4028**	NS	NS	NS	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	-0,4416*	-0,4557*	-0,4635*	NS	NS	NS
Cl	0,8656**	-0,7695**	NS	NS	NS	NS	NS	-0,5256*	-0,4562*	NS
Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mn	0,6457**	NS	NS	NS	-0,4702*	NS	NS	-0,5002*	-0,4986*	NS
Zn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,5165**
Doses K	-0,6614**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

N	0,4814**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0,4766**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K	0,6476**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ca	NS	-0,4560*	NS	NS	-0,4629*	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	0,4937**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,4433*	NS	NS
S	0,4361**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	-0,4007*	0,4647**	NS	NS	NS	-0,4498*
Cl	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fe	-0,5236*	NS	NS	NS	NS	-0,4368*	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Zn	0,4431*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Doses K	NS	NS	NS	NS	0,4327*	0,5289*	0,5654*	NS	NS	NS

## K-Mag

N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	0,5840**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K	0,6204**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ca	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	0,4039**	0,4345**	NS	NS	NS
Cl	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS	NS	-0,4577*	NS	NS	NS	NS
Zn	0,4850**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Doses K	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade.

(1) PFO - atividade de polifenoloxidase, ATT - acidez titulável total, CF - compostos fenólicos, IC - índice de coloração, PT - proteína total, AR - açúcares redutores, ANR - açúcares não-redutores, AT - açúcares totais e CAF - cafeína.

Tabela 8: Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de nutrientes nos grãos (g kg<sup>-1</sup> de MS) e doses de K aplicadas e os parâmetros qualitativos dos grãos beneficiados no ano de 1994, para cada fonte utilizada.

Nut	Doses K	PFO <sup>(1)</sup>	ATT	CF	IC	PT	AR	ANR	AT	CAF
N	NS	NS	NS	NS	0,4672**	0,9999**	-0,4116*	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	0,4774*	NS	-0,4341*	NS	NS	NS
K	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ca	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	NS	NS	NS	NS	-0,4081*	NS	NS	NS	NS	NS
S	-0,8198**	0,4852*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cl	0,7659**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,5636**
Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS	0,4636*	NS	NS	NS	NS	NS
Zn	NS	NS	NS	NS	0,4562*	NS	NS	NS	NS	NS
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>										
N	0,5606*	NS	NS	0,4953*	NS	0,9999**	-0,4825*	0,4350*	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K	0,6988*	NS	NS	0,4996*	0,6521*	NS	NS	0,4731*	0,4242*	NS
Ca	0,4074**	NS	NS	NS	0,4344**	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,4885*	0,4780**	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS	0,4780*	NS	0,6322**	0,6242**	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,4383*	-0,4742*	NS
Cl	-0,6667**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cu	NS	NS	NS	NS	0,4980*	NS	NS	0,4094**	0,4868**	NS
Fe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,4097**	0,4973**	NS
Mn	NS	0,4713**	NS	NS	0,4445**	NS	NS	NS	NS	NS
Zn	-0,4321**	NS	NS	NS	-0,4958*	NS	0,4937*	NS	NS	NS
K-Mag										
N	0,4754*	NS	NS	NS	NS	0,9999**	NS	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K	0,7285**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ca	0,4589**	-0,4981*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	0,4728*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	0,5402*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cl	-0,6535**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cu	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,4826**	NS	NS	NS
Fe	NS	NS	NS	-0,4343*	-0,4571*	NS	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Zn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,4348*

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade  
<sup>(1)</sup> PFO - atividade de polifenoloxidase, ATT - acidez titulável total, CF - compostos fenólicos, IC - índice de coloração, PT - proteína total, AR - açúcares redutores, ANR - açúcares não-redutores, AT - açúcares totais e CAF - cafeína.

Observaram-se que, de maneira geral, os teores foliares de K, Cl e S, quando envolvidos na composição química da fonte, correlacionaram-se positivamente com as doses aplicadas (Tabela 7); para os grãos, estas tendências não foram tão evidentes (Tabela 8). Poucas foram as correlações significativas entre os teores dos nutrientes nas folhas e nos grãos com os parâmetros qualitativos dos grãos, apresentando, também, valores dos coeficientes bastante baixos. Algumas são dignas de destaque e serão discutidas a seguir.

A Figura 7 mostra que a atividade da polifenoloxidase (PFO) no ano de 1994 foi estatisticamente maior, quando se aplicou o  $K_2SO_4$ , mas sem haver diferença entre o K-Mag e KCl. Uma possível explicação de uma menor atividade enzimática no KCl, talvez seja a correlação negativa entre a PFO e o teor de Cl nas folhas (Tabela 7), o que não foi observado para os grãos, apesar do aumento do teor de Cl com as doses de KCl (Tabela 8). A PFO é uma enzima cúprica (Malavolta, 1980), da qual o Cu é componente e ativador. Segundo Robison e Eskin (1991), o Cu é um livre catalizador da enzima PFO, mas o Cl inibe sua atividade devido à interação ou reação com aquele metal, possivelmente, uma redução na atividade enzimática na fonte KCl (Tabela 7).

Por outro lado, plantas que recebem Cl aumentam o conteúdo de água (Gouny, 1973). Possivelmente, um maior teor de umidade nos frutos favoreça a proliferação dos microrganismos, que segundo Leite (1991), qualquer condição adversa aos grãos, a PFO atua sobre os compostos fenólicos, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, conseqüentemente, facilitando a oxidação dos mesmos. Nesta situação, produzem-se quinonas, as quais agem como inibidor da ação da PFO.

Observou-se nas Figuras 13 e 14, que os açúcares não redutores (ANR) e totais (AT) apresentaram uma resposta quadrática dentro do  $K_2SO_4$ . Verifica-se uma correlação positiva do ANR e AT com os teores de K e S nas folhas (Tabela 7) e nos grãos (Tabela 8). Estas correlações positivas para o  $K_2SO_4$  em relação às outras fontes, confirmam a resposta em ANR e AT. O K é importante no transporte de carboidratos e ativador de enzimas em diversos processos de síntese (Malavolta, 1980, Mengel e Kirkby, 1987 e Faquin, 1994) e que o S tem uma influência na síntese de açúcares (Faquin, 1994).

Para o teor de cafeína (CAF) nos grãos de café observa-se uma correlação negativa com o teor de Cl nos grãos, no KCl (Tabela 8), confirmada pela redução linear do teor de cafeína nesta fonte, como é apresentado na Figura 15.

Embora não se tenha avaliado o conteúdo de ácido clorogênico, existe a indicação de que a cafeína possa formar um complexo com este ácido na forma de sais de K (Smith, 1963 e Horman e Viani, 1972), mas o teor de K não se correlacionou com a CAF e nem houve um aumento do teor de K nos grãos, dentro das doses de KCl (Tabela 8). Apesar de não haver correlação supõe-se que este complexo pode ter interferido na extração da CAF, a qual seria reduzida com aumento das doses de KCl.

Os demais nutrientes, porque não fazem parte da composição das fontes não apresentaram correlações dignas de destaque, como era de se esperar.

## **5 CONCLUSÕES**

**Pelos resultados obtidos conclui-se que:**

- 1) o método mercurimétrico (ME) é o mais indicado em rotina para determinação de cloreto nas folhas, grãos e casca de café;**
- 2) os teores de cloreto seguiram a seguinte ordem decrescente: folhas, casca, frutos e grãos e aumentaram com as doses de KCl;**
- 3) não houve resposta de produção às fontes e doses de K em ambos os anos estudados;**
- 4) os valores da atividade da polifenoloxidase, acidez titulável total, índice de coloração e teores de açúcares totais, no ano de 1994, mostram que a fonte sulfato de potássio promoveu uma melhor qualidade do café;**
- 5) o cloreto de potássio teve um efeito prejudicial na qualidade do café;**
- 6) a relação dos compostos fenólicos e proteína total com a qualidade do café não foram suficientemente evidente;**
- 7) houve uma redução do teor de cafeína com aumento das doses de KCl em 1994.**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.; PRATT, P.F.; HOLTZCLAW, K.M. Comparison of two simple methods of chlorine analysis in plant materials. *Agronomy Journal*, Madison, v.65, p.133-134, Jan/Feb. 1973.
- ADUAYI, E.A. Soil-plant nutrient relationships in tree crops with special reference to coffee: a review. *Turrialba*, San José, v.20, n.4, p. 463-470, 1970
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1978. 85p. (Tese de "Livre Docente" em Bioquímica)
- AMORIM, H.V. Estado nutricional do cafeeiro e qualidade da bebida. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.43, n.2, p.93-103, jun. 1968.
- AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Tese - Doutorado em Bioquímica).
- AMORIM, H.V.; JOSEPHSON, R.V. Water soluble protein and non protein components of Brazilian green coffee beans. *Journal of Food Science*, Chigago, v.40, n.5, p.1179-1184, 1975.
- AMORIM, H.V.; LEGENDRE, M.G.; AMORIM, V.L., ANGELO, A.J.S.; ORY, R.L. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VII.Total carbanyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides. *Turrialba*, San José, v.26, n.2, p.193-195, 1976.
- AMORIM, H.V.; SCOTON, L.C.; CASTILHO, A.; GOMES, F.P.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVII. Efeito da adubação NPK na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.22, p.139-152, 1965.
- AMORIM, H.V.; SCOTON, L.C.; CASTILHO, A.; GOMES, F.P.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da adubação N P e K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.24, p.215-227, 1967.

- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. **Relação da atividade da polifenol oxidase do grão de *Coffea arabica*, L. com a qualidade da bebida.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1968b. 16p. (Boletim Técnico-Científico, 31)
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. *Nature*, New York, v.219, n.27, p.381-382, july. 1968a.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3, Curitiba, 1975. **Resumos...**Rio de Janeiro: MEC/IBC, 1975.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; BREVIGLIER, O.; CRUZ, V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. I. Carbohydrates. *Turrialba*, San José, v.24, n.2, p.214-216, 1974a
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; CRUZ, V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. III. Soluble protein. *Turrialba*, San José, v.24, p.25-28, 1974b.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MORAES, R.S.; REIS, A.J.; GOMES, F.P.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro XXVII. Efeito da adubação N, P e K no teor de macro e micro nutrientes do fruto e na qualidade da bebida do café. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.30, p. 323-333, 1973.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; QUERCIO, M.A.; CRUZ, V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. II. Phenolic compounds. *Turrialba*, San José, v.24, n.2, p.217-221, 1974c.
- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.9-13, jun. 1986.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ. *Coffee Business*, v.1, n.1, ab., 1995. 58p.
- ARANA, M.L. Fertilización con cloruro de potasio y con sulfato de potasio en plantaciones de café. I. Verificación de la absorción de iones K, Cl y S por medio de análisis foliar. *Cenicafé*, Caldas, v.18, n.2, p.47-54, 1967.
- ARCILA-PULGARIN, J.; VALÈNCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relacion entre la actividad de la polifenol oxidasa (P.F.O.) y las pruebas de catación 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 CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 11.ed. Washington, 1970. 1015p.

- BASSOLI, P.G. **Avaliação da qualidade de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1992. 110p. (Dissertação de Mestrado)
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan./Fev. 1965.
- BLORE, T.W.D. Some agronomic practices affecting the quality of Kenya coffee. **Turrialba**, San José, v.15, n.2, p.111-118, Apr./June. 1965.
- BROYER, T.C.; CARTON, A.B.; JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R. Chlorine: a micronutrient element for higher plants. **Plant Physiology**, Lancaster, v.29, p.526-532, 1954.
- BURG, A.W. Effects of caffeine on the human system. **Tea & Coffee Trade Journal**, New York, v.147, n.1, p.40-41, 1975.
- CARELLI, M.L.C.; LOPEZ, C.R.; MONACO, L.C. Chorogenic acid in species of coffee and selections of *Coffea arabica*, L. **Turrialba**, San José, v.24, n.4, p.398-400, 1974.
- CARVAJAL, J.F. **Cafeto: cultivo y fertilización.** 2.ed. Berna: Instituto Internacional de la Potassa, 1984. 254p.
- CARVALHO, A.; SONDAHL, M.R.; SLOMAN, C. Teor de cafeína em seleções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.111-113.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J. de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar, 1994.
- 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, Maringá, 1989. **Resumos...** Rio de Janeiro: MEC/IBC, 1989. p.25-26.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; COSTA COUTO, A.; CHAGAS, S.J.R.; VILELA, E.R. Efeito do tipo de colheita e local de cultivo na composição físico-química do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15, Maringá, 1989. **Resumos...** Rio de Janeiro: MEC/IBC, 1989. p.23-24.
- CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P.; BERGAMIN, H. A concentração de cloro em folhas de café. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.26, p. 97-98, 1969.

- CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; BITTENCOURT, V.C.; JACINTO, A.O.; GRANER, C.A.F.A. Concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro, *Coffea arabica*, L.; Var. Mundo Novo (B.Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.24, p. 97-106, 1967.
- CATANI, R.A.; PELLEGRINO, H.; BERGAMIN FILHO, H.; GLÓRIA, N.A.; GRANER, C.A.F. Absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro *Coffea arabica* var Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.22, p.82-93, 1965.
- CHAGAS, S.J.R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1994. 95p. (Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos)
- CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de; GUIMARÃES, P.T.G. **Manual de preservação e melhoria da qualidade do café nas fases de pré e pós colheita**. Guaxupé: Enfin Ribeirão, 1992. 44p.
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffee beans. **Process Biochemistry**, Richkmansworth, p.20-23, 1975.
- CLIFFORD, M.N.; WIGHT, J. Chorogenic acids-their complex nature and routine determination in coffee beans. **Food Chemistry**, Essex, v.4, p.63-71, 1979.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Lavras, 1989. 159p.
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D.C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p.3-28, 1976.
- EATON, F.M. Chlorine. In: CHAPMAN, H.D. **Diagnostic criteria for plants and soils**. California: Divison of Agricultural Sciences, 1966. p.93-135.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 225p.
- 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.17, p.733-739, 1969.
- FERNANDES, D.R. Manejo do cafezal. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.275-301.

- FRAGA Jr., C.G.; CONAGIN, A. Delineamentos e análises de experimentos com cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v.15, n.17, p.177-191, 1956.
- FRANCO, C.M.; LAZZARINI, W.; CONAGIN, A.; REIS, A.J.; MORAES, F.R.P. Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.33, p.525-546, 1960.
- FRENEY, J.R.; DELWICHE, C.C.; JOHNSON, C.M. The effect of chloride on the amino acids of cabbage and cauliflower plants. **Australian Journal of Soil Review**, Sidney, v.12, p.160-167, 1957
- FURLANI, A.M.C. Efeitos da aplicação de cloreto e sulfato de potássio na nutrição do cafeeiro **Bragantia**, Campinas, v.35, n.29, p. 349-364, 1976.
- GAINES, T.P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate extraction. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, p.371-374, 1984.
- GARRUTI, R.S.; GOMES, A.G. Influência do estado de maturação sobre a qualidade da bebida do café da região do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.989-995, 1961
- GARRUTI, R.S.; TEIXEIRA, C.G.; TOLEDO, O.Z.; JORGE, J.P.N. Determinação de sólidos solúveis e qualidade da bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. **Bragantia**, Campinas, v.21, p.78-82, 1962.
- GILLIAM, J.W. Rapid measurement of chlorine in plant materials. **Soil Science America Proceedings**, Madison, v.35, p.512-513, 1971.
- GNAGY, M.J. Chorogenic acid in coffee and coffee substitutes. **Journal of Analysis Chemistry**, New York, v.44, p.272-275, 1961.
- GODOY JR.,C.; GRANER, E.A. Adubação do café. XI. Produção, rendimento, qualidade da bebida e características do fruto e do grão, no terceiro ano de colheita. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.45, n.1, p.40-45, 1970.
- GODOY JR.,C.; GRANER, E.A.; ORSI, E.W.L. Adubação do café. III. Produção, rendimento e qualidade da bebida na primeira colheita. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.37, n.3, p.141-149, 1962
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.
- GONZÁLEZ, M.A.; LÓPEZ, C.A.; CARVAJAL, J.F.; BRICEÑO, J.A. Efeito de la fuente de potasio em el acumulamiento de cloruros y sulfatos en el cafeto. **Agronomia Costarricense**, Caldas, v.1. n.1, p.31-37, 1977.

- GOPAL, N.H.; VASUDEVA, N. Studies on ascorbic acid in coffee plants. II. Distribution in rype frutis and its relation ship with coffee quality. **Journal of Coffee Research**, Karnataka, v.4, n.2, p.24-28, 1974.
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D.; RATNA, N.G.N. A quick biochemical test for assessment of coffee quality. **Indian Coffee**, Bangalore, v.40, p.29-33, 1976.
- GOUNY, P. Observaciones sobre el comportamiento del vegetal en presencia de ions de cloro. **Revista de la Potassa**, Berna, v.45, n.5, p.1-14, 1973
- GRANER, E.A.; GODOY JR, C. Adubação do café. VII. Produção, rendimento e qualidade da bebida no segundo ano de colheita (1961). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.39, n.2, p.61-67, 1964.
- GRANER, E.A.; GODOY JR, C. Adubação do café. X. Produção, rendimento, qualidade da bebida e características do fruto e do grão, no quarto ano de colheita. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.45, n.1, p.52-57, 1970.
- GUENTHER, W.B. **Química quantitativa: medições e equilíbrio**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 423p.
- GUIMARÃES, P.TG. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 140p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P.; GALLO, J.R.; NERY, C.; LAUN, C.R.P. Relações entre os teores de macronutrientes, boro e zinco das folhas de cafeeiro e as produções. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.27, n.4, p.390-399, 1975.
- HORMAN, I.; VIANI, R. The nature and confirmation of the caffeine-chlorogenate complex of coffee. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.924-927, 1972.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, p. 190-192.
- JACOB, A.; UEXKÜLL, H.von. **Fertilización: nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales**. Amsterdam: Internationale Handelmaatschappij voor Meststoffen, 1961.
- JEFFERY, G.H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R.C. **Vogel: análise química quantitativa**. 5.ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1992. 712p.
- JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, The Hague, v.8, p. 337-353, 1957.

- KOLTHOFF, I.M.; KURODA, P.K. Determination of traces of chloride: Potenciometric titration to the apparent equivalence potencial. **Analytical Chemistry**, Washington, v.23, n.9, Sept. p.1304-1306, 1951
- KOLTHOFF, I.M.; SANDELL, E.B. **Textbook of quantative inorganic analysis**. 3.ed. New York: The MacMillan Company, 1952. 759p.
- KRIEG, D.R.; SUNG, D. Interferences in chloride determinations using the specific in electrode. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Madison, v.8, n.2, p.109-114, 1977.
- LACROIX, R.L.; KEENEY, D.R.; WALSH, L.M. Potenciometric titration of chloride in plant tissue extracts using the chlorine ion electrode. **Commucations in Soil Science and Plant Analysis**, Madison, v.1, n.1, p.1-6, Jan. 1970.
- LAZZARINI, W.; MORAES, F.R.P. Influência dos grãos deteriorados(“tipo”) sobre a qualidade da “bebida” de café. **Bragantia**, Campinas, v.17, p.109-118, 1958.
- LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.)**. Lavras: ESAL, 1991. 131p. (Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos)
- LOCKHART, E.E. **Chemistry of coffe**. New York:The Coffe Brewing Institute, 1957. 20p. (Publication,.25).
- MACRAE, R. Nitrogenous components. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R.(eds.) **Coffe: chemistry**. London: Elseveir, 1985. v.1, p.115-152.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-275.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p
- MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMES, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pela variedades “Bourbon Amarelo, “Caturra Amarelo” e “Mundo Novo”. **Turrrialba**, San José, v.13, n.3, p. 188-189, 1963.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p

- MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. New York: Academic Press, 1986. 874p.
- MARTINS, M.; GARCIA, A.W.D.; FIORANTE, N. Estudo de fontes de potássio para o cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9, São Lourenço, 1981. **Anais...São Lourenço: IBC/GERCA, 1981. p.247-249.**
- MELO, M.; FAZUOLI, L.C.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, H.V. Alterações físicas, químicas e organolépticas em grãos de café armazenadas. **Ciência e Cultura, São Paulo, v.32, n.4, p.468-471, 1980**
- MELO, M.; AMORIM, H.V. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage VI, UV and visible spectral analysis and chlorogenic acid content on TCA soluble buffer extracts. **Turrialba, San José, v.25, n.3, p.243-248, 1975**
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principales of plant nutrition**. 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.
- METTLER, I.J.; MANDALA, S.; TAIZ, L. Characterization of "in vitro" proton pumping by microsomal vesicles isolated from corn coleoptiles. **Plant Physiology, Lancaster, v.70, p.1738-1742, 1982.**
- MINGOLA, Q. Excitantes do sistema nervoso central: excitantes psicomotores. In: MINGOLA, Q. **Química farmacéutica**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. p.222-227.
- MORAES, F.R.P.; CERVELINI, G.S.; LAZZARINI, W. Adubação química com N, P, K, B e Zn em cafeeiros plantados em Latossolo Vermelho Amarelo Orto da região de Campinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 2, Poços de Caldas, 1974. **Resumo...Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p.281-282.**
- MORAES, F.R.P.de. Adubação do cafeeiro: macronutrientes e adubação orgânica. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A.(coords). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfata/ Instituto Internacional da Potassa, 1981. p.77-89.
- MULLER, L.E. Coffe nutrition. In: CHILDERS, N.F. **Fruit nutrition**. New Bruswich: Horticultural Publications, 1966. p.685-776.
- MUTISO, S. Yellow cherry. **Kenya Coffe, Nairobi, v.36, n.428, p.281-282, 1971.**
- N'GORAN, K. Effets du chlore sur le comportement de quelques clones de caféiers robusta sur le littoral Ivoirien. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIN ON COFFEE, 13, Paipa (Colômbia), 1989. Paris: Association Scientifique Internacional Du Café, 1990. p.564-572.

- NAVELLIER, P. Coffe. In: *Encyclopédia of Industrial Chemical Analysis*. New York: Joh Wiley & Sons, 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.370-380, 1944.
- NJOROGE, S. M. Notes on the chemical basis of coffee quality. *Kenya Coffee*, Nairobi, p.152-154, 1987.
- NORTHMORE, J.M. Raw bean colours and the quality of Kenya Arabica coffee *Turrialba*, San José, v.18, n.1, p.14-20, ene./mar. 1968.
- NORTHMORE, J.M. Some factores affecting the quality of Kenya coffee. *Turrialba*, San José, v.15, n.3, p.184-194, July/Sept. 1965.
- OHWEILER, O.A. *Química analítica quantitativa*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. v.2, 643p.
- OHLWEILER, O.A. *Química analítica quantitativa*. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. 226p.
- OHWEILER, O.A. *Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica*. Brasília: Universidade de Brasilia, 1968a. v.2, 536p.
- OHWEILER, O.A. *Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica*. Brasília: Universidade de Brasília, 1968b. v.3, 807p.
- OHWEILER, O.A. *Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica*. Brasília: Universidade de Brasília, 1968c. v.4, 1113p.
- OLIVEIRA, J.C.; AMORIM, H.V.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. *Científica*, Jaboticabal, v.4, n.2, p.114-119, 1976.
- ORGANIZACION INTERMATIONAL DEL CAFÉ. *El despulpado del café por médio de desmucilagadoras mecánicas sin processo 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)
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.P.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.21, n.1, p.33-42, 1986.
- PONTING, J.D.; JOSLYNG, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. *Achives of Biochemistry*, New York, v.19, p.47-63, 1948.

- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica*, L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1992. 125p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia)
- PRETTY, K.M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILI, O.; USHERWOOD, N.R. **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.177-194.
- RAIJ, B.van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.(ed.) **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba:POTAFOS/CNPq, 1991. p.99-111.
- RAIJ, B.van. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna.** Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45p.
- RAMIREZ, J. Compuestos fenólicos en la pulpa de café: cromatografía de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica*, L. Turrialba, San José, v.37, n.7, p.317-323, 1987.
- ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.
- ROBINSON, J.B.D. Amber beans. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.25, n.291, p.91-93, 1960.
- ROGNES, S.E. Anion regulation of lupin asparagine synthetase: chloride activation of the glutamine utilizing reactions. **Phytochemistry**, Oxford, v.19, p.2287-2293, 1980.
- ROTENBERG, B.; IACHAN, A. Contribuição ao estudo enzimático do grão de café. I. Tirosinase e lacase. **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v.3, p.155-159, 1972.
- SANINT, O.B.; VALÉNCIA, A. Actividade enzimática en el grano de café en relación con la calidade de la bebida. I. Duración de la fermentación. **Cenicafé**, Caldas, v.23, p.59-71, 1972.
- SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties. **American Journal Enology Viticulture**, v.17, p.126-134, 1966.
- SIVETZ, M. Coffee and its influence on consumers: physiological effects of coffee and cafeeine. In: SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W.(eds.). **Coffee technology.** Westport: AVI Publishing, 1979. p.575-621.
- SIVETZ, M. **Coffee processing tecnologia.** Westport: Connecticut/AVI, 1963. v.2, 379p.
- SMITH, R.F. Les acides chlorogéniques du café. **Café Cacao Thé**, Paris, v.7, n.3, p.245-252, Juil/Sept. 1963.

- SNOECK, D.; N'GORAN, K.; SNOECK, J. Étude des formes de potassium sur chimisme foliare des caféiers robusta en Côte d'Ivoire - Influence du chlore. **Café Cacao Thé**, Paris, v.30, n.1, p. 37-50, jan./mar. 1986.
- SOUZA, S.P.; CAIXETA, J.V.M. Resposta do cafeeiro Mundo Novo à aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. **Resumos...**Rio de Janeiro: IBC/ GERCA, 1974. p276
- STEVENS, W.L. Análise estatística do ensaio de variedades de café. **Bragantia**, Campinas, v.9, p.103-123, 1949.
- TANGO, J.S. Utilização industrial do café e dos seus subprodutos. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 28, p.48-73, 1971.
- TISDALE, S.R.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: McMillam Publishing, 1986. 754p.
- VAN BÜREN, J. Fruit phenolics. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruts and their products**. New York: Academic Press, 1970. v.1, p.268-304.
- VIANA, A.S. Estudo de doses de N e K na formação de cafeeiros em solos LED e TRe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIERIAS, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**Rio de Janeiro: IBC/CERCA, 1980. p.205-211.
- VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; CÔRREA, J.B.; LACERDA, M.P.; FIORAVANTE, N. Doses e parcelamento de adubação nitrogenada e potássica para formação e produção do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 12, Caxambu, 1985. **Resumo...**Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. p.146-148.
- WOLFROM, M.L.; PLUNKERT, R.A.; LAVER, M.L. Carbohydrates of the coffe bean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.8, n.1, p.58-56, 1960.
- ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 111p.

**ANEXO**

TABELA 1A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto nas folhas de café, para os quatro métodos de análise do ano 1993.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	10502928,8958**	7910415,7708**	2147643,0625**	12613250,8958**
Blocos	3	24092,4097NS	5127,2986NS	32419,3333NS	21759,4722NS
Resíduo (A)	6	50997,7013	10221,4652	177782,3125	25571,2013
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	3166923,4097**	1102067,4097**	1369924,6111**	1628373,1944**
Interação F x D	6	2838910,4513**	1160821,0763**	2197635,5902**	1477138,3402**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	22456435,5017**	9374512,5446**	15537449,7160**	12776413,2071**
	RQ 1	854291,5584**	202800,8487**	106194,3896**	302693,2222**
	RC 1	3077149,1272**	649497,7840**	1222640,0818NS	625593,8204**
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	1290,1785NS	1290,1785NS	195676,8285*	724,5875NS
	RQ 1	15721,6623NS	15721,6623NS	8640,0146NS	38,5000NS
	RC 1	5530,9090NS	5530,9090NS	202659,6568*	34073,6000NS
Doses de K: fonte K-Ma	RL 1	21328,4571NS	8010,0259NS	2152,8642NS	1061,5017NS
	RQ 1	72438,9610NS	10974,0259NS	11417,3766NS	6153,9107NS
	RC 1	30046,5818NS	2790,1454NS	8892,0090NS	2277,2750NS
Resíduo (B)	27	57173,9560	24084,2245	830171,6250	19000,8472
Total	47				
C. V. (A)%		4,442	1,996	3,131	3,964
C. V. (B)%		9,406	6,129	8,235	6,834
Média Geral		2541,97	2531,97	2129,25	2017,04

NS, \* c \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 2A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto nos grãos beneficiados de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1993.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio				
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica	
Fontes de K (F)	2	4741,7500**	28878,1458**	947438,7708**	6056,3125NS	
Blocos	3	93,1319NS	1486,2500NS	6240,2986NS	3568,3611NS	
Resíduo (A)	6	174,7777	798,7291	6237,9652	3258,1736	
Parcelas	11					
Doses de K (D)	3	1555,6875*	6334,3055*	18522,7430*	2553,3611*	
Interação F x D	6	1568,5000NS	5209,1180**	19128,7430**	5147,6736**	
Doses de K: fonte KCl	RL	1	13612,7160**	36241,1160**	163134,5785**	35155,3017**
	RQ	1	385,0146NS	14,3441NS	1211,8441NS	1110,2743NS
	RC	1	57,4568NS	100,2272NS	4725,8272NS	3,1113NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL	1	0,4017NS	5600,7875NS	110,7160NS	890,0600NS
	RQ	1	1,1834NS	5091,6250NS	117,4691NS	457,7288NS
	RC	1	4,6022NS	1309,2750NS	438,0022NS	50,4568NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL	1	0,0017NS	900,1785NS	56,5785NS	578,1446NS
	RQ	1	13,7402NS	802,2873NS	79,2873NS	209,2224NS
	RC	1	2,9454NS	197,7840NS	466,3840NS	91,8204NS
Resíduo (B)	27	371,3217	1450,1805	4635,0393	19000,8472	
Total	47					
C.V.(A)%		1,235	2,697	8,003	6,597	
C.V.(B)%		3,601	7,267	13,764	6,353	
Média Geral		535,18	524,04	494,65	432,63	

NS. \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

**TABELA 3A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em casca de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1993.**

Causas de variação	GL	Quadrado Médio				
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica	
Fontes de K (F)	2	663663,8125**	89991,4375**	66990,7708**	187223,1458**	
Blocos	3	1134,9097**	2496,2986NS	1891,4166NS	456,4652NS	
Resíduo (A)	6	10585,2847	7290,0486	5507,4375	2265,8402	
Parcelas	11					
Doses de K (D)	3	4162,6319NS	58394,9097**	43652,2500**	15338,5763*	
Interação F x D	6	73012,4236**	33213,6597**	24947,6041**	39334,0347**	
Doses de K: fonte KCl	RL	1	149733,3017**	279777,3017**	210102,5160**	165670,4000**
	RQ	1	14854,9107NS	10032,7857NS	7623,1964NS	21097,4433*
	RC	1	508,4750NS	281,6000NS	200,4750NS	208,6568NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL	1	10475,1500NS	12071,4285NS	9024,1142NS	5753,6160NS
	RQ	1	1471,2727NS	1314,9350NS	995,2743NS	43,6623NS
	RC	1	1237,8272NS	59113,6363**	43860,1113**	1680,9090NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL	1	2880,1785NS	17,8571NS	15,4446NS	1026,0071NS
	RQ	1	12125,4691NS	3652,5974NS	2730,8587NS	1749,0974NS
	RC	1	260934,6022**	8204,5454NS	6090,3840NS	84790,1445**
Resíduo (B)	27	8090,0300	5594,9097	4186,4120	3799,9375	
Total	47					
C. V. (A)%		5,416	5,416	3,743	2,431	
C. V. (B)%		9,470	9,470	6,526	6,296	
Média Geral		949,81	949,81	991,45	979,02	

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 4A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em folhas de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1994.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	11022843,2708**	7834453,5625**	1909509,5208**	7684218,0833**
Blocos	3	80222,2500NS	74227,7430NS	13240,5833NS	121528,1111NS
Resíduo (A)	6	49182,3541	72322,3680	30773,6041	83082,3611
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	2605585,8055**	2210428,8541**	1460440,8055**	1666206,3333**
Interação F x D	6	1596703,9930**	1565601,0625**	902051,4930**	1234327,6666**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	14632234,7160**	14709927,0017**	9273349,9446**	10646431,7785**
	RQ 1	2258587,6623**	1074227,5584**	251950,9155**	1569944,1623**
	RC 1	84457,3090NS	85290,6272NS	1389,8272NS	25719,3090NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	130052,0642NS	61069,8285NS	9878,4000NS	10251,4571NS
	RQ 1	1280,1038NS	4680,5259NS	12600,3181NS	13158,1314NS
	RC 1	5432,0818NS	21448,1454NS	38991,2818NS	40384,9113NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	79706,7160NS	66402,8642NS	24964,5017NS	65881,2071NS
	RQ 1	33445,6509NS	2697,2743NS	30987,2743NS	31643,2224NS
	RC 1	117523,5972NS	49,1113NS	149518,9113**	870,8204NS
Resíduo (B)	27	32347,5972	26843,3634	16415,8564	57166,3703
Total	47				
C.V.(A)%		8,011	9,252	6,819	9,657
C.V.(B)%		12,993	11,274	9,961	16,021
Média Geral		1384,21	1453,31	1286,29	1492,41

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 5A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em grãos beneficiados de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1994.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	190384,7708**	145935,6458**	91023,7708**	29258,8958**
Blocos	3	6845,6875*	6570,9097NS	1273,2430NS	720,6319NS
Resíduo (A)	6	993,4375	1617,7013	406,7430	215,2569
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	3763,0208NS	2137,1319NS	12369,4652**	1183,57638*
Interação F x D	6	4557,7708*	3344,9236*	11123,4652**	2886,9413**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	27538,0875**	21229,8285**	77456,0642**	6748,4571**
	RQ 1	206,8977NS	772,8896NS	5707,1834**	113,1425NS
	RC 1	53,2022NS	15,2818NS	18603,0022**	317,9000NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	249,7785NS	1475,5017NS	14,4642NS	4773,6160**
	RQ 1	0,4691NS	414,0016NS	268,9107NS	290,4691NS
	RC 1	99937,0022*	23,1840NS	556,8750NS	69,6022NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	18,5785NS	72,8642NS	36,5160**	4838,0642**
	RQ 1	608,0259NS	2384,6493NS	1156,3896NS	1220,2743*
	RC 1	23,6454NS	92,7363NS	49,7818NS	2500,9113**
Resíduo (B)	27	1322,5763	2587,9814	425,0578	291,9560
Total	47				
C.V.(A)%		3,826	4,260	2,796	2,513
C.V.(B)%		8,829	7,563	5,717	5,854
Média Geral		411,89	472,10	360,60	291,89

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 6A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em casca de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1994.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	1718767,3125**	2383547,0625**	843541,3958**	1527387,0208**
Blocos	3	4425,6875NS	13132,1666*	1407,8055NS	5307,5763NS
Resíduo (A)	6	3985,8125	2676,5625	4307,8680	11246,7430
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	230687,1875**	489386,2777**	83301,4722**	158662,8541**
Interação F x D	6	247587,3125**	491538,8402**	117989,2013**	162365,1041**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	2071456,2160**	4328371,9446**	917001,6446**	1118036,5785**
	RQ 1	101135,4691**	14454,9610*	10040,8587NS	308260,3896**
	RC 1	442,0022NS	62451,2818**	1085,1840NS	49,7818NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	74,3142NS	455,4017NS	5313,6160NS	134,0642NS
	RQ 1	2432,1038NS	1341,3652NS	834,5600NS	1129,1493NS
	RC 1	94,5818NS	5216,4204NS	17375,5130*	13354,0363NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	910,3500NS	291,4571NS	782,5785NS	18998,1446NS
	RQ 1	827,5909NS	2003,7678NS	514,5600NS	1046,7678NS
	RC 1	212,8090NS	2805,2750NS	4891,1113NS	6270,2750NS
Resíduo (B)	27	3948,2708	3088,2633	2629,9583	13900,9282
Total	47				
C.V.(A)%		3,119	2,461	4,242	5,854
C.V.(B)%		6,208	5,286	6,630	13,017
Média Geral		1012,18	1051,25	773,54	905,72

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 7A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em frutos de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1993.

Causas de variação	G.L.	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	367097,3958**	87170,8125**	19238,3958**	128283,5833**
Blocos	3	356,9097NS	3428,6875NS	3985,5208NS	1525,5555NS
Resíduo (A)	6	6063,2847	5107,4791	4776,1458	3457,1388
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	11900,9097NS	22580,9652**	36377,1875**	28311,8333**
Interação F x D	6	34704,6180**	26721,4236**	22406,6458**	14255,5833**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	94666,0017**	168642,0071**	200642,8571**	120951,6071**
	RQ 1	10489,8766NS	5598,1314NS	6565,1314NS	7365,0974NS
	RC 1	1432,8090NS	24,1113NS	410,5113NS	502,0454NS
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	4246,0071NS	568,0285NS	5289,0017NS	2640,4571NS
	RQ 1	243,1314NS	10738,9350NS	473,3766NS	122,7678NS
	RC 1	2196,1113NS	34144,0363*	23749,3090NS	1386,2750NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	15142,4000NS	5,4017NS	204,0071NS	4651,7785NS
	RQ 1	34022,8636**	2349,3652NS	1552,7337NS	3328,9350NS
	RC 1	81491,2363**	6001,4204NS	4634,5090NS	29520,0363*
Resíduo (B)	27	4413,5300	4718,2708	2927,4745	2849,3333
Total	47				
C.V.(A)%		4,654	3,666	4,043	3,544
C.V.(B)%		7,976	7,046	6,330	6,434
Média Geral		836,65	974,81	854,73	829,58

NS. \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 8A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro, teor de cloreto em frutos de café, para os quatro métodos de análise do ano de 1994.

Causas de variação	G.L.	Quadrado Médio			
		Mohr	Mercurimétrico	Volhard	Potenciométrica
Fontes de K (F)	2	766868,3125**	961606,3958**	564595,7708**	401890,5625**
Blocos	3	3396,3055NS	4449,7222NS	2926,1875NS	236,3888NS
Resíduo (A)	6	858,0357	1087,8680	4161,9375	2106,9513
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	80803,8611**	160861,5555**	57880,2430**	41094,8333**
Interação F x D	6	86879,9236**	160363,6180**	48565,4097**	53397,3125**
Doses de K: fonte KCl	RL 1	723817,3017**	1415140,7160**	361899,4571**	423060,1142**
	RQ 1	33829,9107NS	5823,4350NS	91363,6428**	8550,3652**
	RC 1	79,4750NS	18642,0363**	9,9000NS	6165,0204*
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	361,6071NS	2,1875NS	808,8017NS	3125,5875NS
	RQ 1	865,0974NS	133,7159NS	5017,1493NS	1303,2727NS
	RC 1	2364,5454NS	1227,7840NS	163,2363NS	609,8272NS
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	2308,5160NS	0,7142NS	236,6000NS	25,2875NS
	RQ 1	60,4691NS	2248,9107NS	31,8181NS	13,4431NS
	RC 1	4,2022NS	1546,8750NS	5502,5818NS	815,4568NS
Resíduo (B)	27	1186,0879	1640,0787	4244,9837	964,7268
Total	47				
C.V.(A)%		2,003	2,111	5,223	3,957
C.V.(B)%		4,709	5,185	10,549	5,355
Média Geral		731,35	781,08	617,60	580,00

NS. \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 9A: Quadrado médios da análise de variância e respectivos níveis de significância da produção 92/93, 93/94 e biênio.

Causas de variação	GL	PRODUÇÃO		
		92/93	93/94	BIÊNIO
Fonte de K (F)	2	95,0400NS	603,2600NS	93,9500NS
Blocos	3	160,8400NS	333,6800NS	204,3800NS
Resíduo (A)	6	277,3100	254,3600	139,2400
Parcelas	11			
Doses de K (D)	3	63,3100NS	99,2000NS	24,7900NS
Interação F x D	6	35,3100NS	190,1800NS	41,2400NS
Resíduo (B)	27	45,4100	110,3500	23,2700
Total	47			
CV(A)%		25,445	19,746	17,136
CV(B)%		20,593	26,012	14,013
Média geral		32,72	40,38	34,43

TABELA 10A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros atividade da polifenoloxidase (PFO), acidez titulável total (ATT), compostos fenólicos totais (CF), índice de coloração (IC) e proteína total (PT) em 1993.

Causas de variação	GL	Quadrado médio				
		PFO	ATT	CF	IC	PT
Fonte de K (F)	2	185,2781**	5235,9375*	1,8319*	0,0129NS	1,6733NS
Blocos	3	11,0888NS	607,4652NS	0,0707NS	0,0121NS	0,3984NS
Resíduo (A)	6	10,3983	569,9652	0,1679	0,0222	0,3980
Parcelas	11					
Doses de K (D)	3	4,6313NS	38,0208**	0,2171NS	0,0069NS	0,2076NS
Interação F x D	6	2,9325NS	4400,5208**	0,3876NS	0,0276NS	0,3458NS
Resíduo (B)	27	12,7342	595,7282	0,1703	0,0164	0,7620
Total	47					
CV(A)%		2,723	3,527	2,522	9,061	2,204
CV(B)%		6,027	7,210	5,079	15,587	6,099
Média geral		59,20	338,43	8,127	0,822	14,31

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 11A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros açúcares redutores (AR), açúcares não-redutores (ANR), açúcares totais (AT) e cafeína (CAF) em 1993.

Causas de variação	GL	Quadrado médio			
		AR	ANR	AT	CAF
Fonte de K (F)	2	0,0056NS	0,2948NS	0,4847NS	0,0284NS
Blocos	3	0,0094NS	0,4631NS	0,5261NS	0,0017NS
Resíduo (A)	6	0,0101	0,2431	0,3666	0,0269
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	0,0066NS	0,7979*	0,6012NS	0,0265NS
Interação F x D	6	0,0117NS	0,3070NS	0,2462NS	0,0337NS
Resíduo (B)	27	0,0050	0,2271	0,2653	0,0263
Total	47				
CV(A)%		11,995	4,102	4,507	7,028
CV(B)%		16,866	7,930	7,669	13,890
Média geral		0,41	6,01	6,71	1,16

TABELA 12A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros atividade da polifenoloxidase (PFO), acidez titulável total (ATT), compostos fenólicos totais (CF), índice de coloração (IC) e proteína total (PT) em 1994.

Causas de variação	GL	Quadrado médio				
		PFO	ATT	CF	IC	PT
Fonte de K (F)	2	83,5746**	5781,2500**	1,8012*	0,4514*	0,107NS
Blocos	3	23,7997NS	325,5208NS	0,4089NS	0,0562NS	0,0937NS
Resíduo (A)	6	8,2300	468,7500	0,2546	0,0154	0,1017
Parcelas	11					
Doses de K (D)	3	66,4407NS	1297,7430NS	0,1441NS	0,0194NS	0,6199*
Interação F x D	6	60,7524NS	555,5555NS	0,1357NS	0,1425*	0,0912NS
Resíduo (B)	27	26,5113	860,8217	0,1984	0,0203	0,0688
Total	47					
CV(A)%		2,369	3,553	3,968	5,154	1,105
CV(B)%		8,504	9,629	7,005	11,842	1,819
Média geral		60,54	304,68	6,3583	1,204	14,42

NS. \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 13A: Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros açúcares redutores (AR), açúcares não-redutores (ANR), açúcares totais (AT) e cafeína (CAF) em 1994.

Causas de variação	GL	Quadrado médio			
		AR	ANR	AT	CAF
Fonte de K (F)	2	0,02718**	2,0847*	2,9674*	0,1178NS
Blocos	3	0,0016NS	0,2302NS	0,3856NS	0,1171NS
Resíduo (A)	6	0,0010	0,2940	0,3176	0,0551
Parcelas	11				
Doses de K (D)	3	0,0029NS	0,4468NS	0,3611NS	0,0889NS
Interação F x D	6	0,0028NS	1,2970**	1,1742**	0,2080*
Resíduo (B)	27	0,0014	0,2044	0,2787	0,0786
Total	47				
CV(A)%		5,821	5,728	5,364	7,580
CV(B)%		13,858	9,550	10,049	18,099
Média geral		0,27	4,73	5,25	1,54

TABELA 14A: Desdobramento da interação entre fontes de K (F) e doses de K (D) para acidez titulável total (ATT) no ano de 1993 e índice de coloração (IC) e açúcares não redutores (ANR) no ano de 1994.

Parâmetro	GL	ATT		IC		ANR	
		Q.M.	R <sup>2</sup>	Q.M.	R <sup>2</sup>	Q.M.	R <sup>2</sup>
Interação F x D	6	4400,5208**		0,1425**		1,2970**	
Doses de K: fonte KCl	RL 1	2745,7100*	0,2032	0,0007NS	0,0030	0,3940NS	0,0622
	RQ 1	3925,3600*	0,4937	0,0839*	0,3480	2,9720**	0,5307
	RC 1	6841,4200**	1,0000	0,1586**	1,0000	2,976**	1,0000
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL 1	16,1100NS	0,2399	0,0964*	0,6440	0,0240NS	0,0090
	RQ 1	3,2800NS	0,2888	0,0029NS	0,6635	2,7140**	0,9987
	RC 1	47,7800NS	1,0000	0,0503NS	1,0000	0,0030NS	1,0000
Doses de K: fonte K-Mag	RL 1	1260,0000NS	0,0974	0,0457NS	0,0879	0,0030NS	0,0960
	RQ 1	2722,4400*	0,3078	0,1315*	0,3408	0,0040NS	0,1988
	RC 1	8955,0500**	1,0000	0,3429**	1,0000	0,0290NS	1,0000
Resíduo (B)	27	595,7282		0,0203		0,2040	

NS. \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade

TABELA 15A: Desdobramento da interação entre fontes de K (F) e doses de K (D) para açúcares totais (AT) e cafeína no ano de 1994

Parâmetro	AT				CAF	
			Q.M.	R <sup>2</sup>	Q.M.	R <sup>2</sup>
Interação F x D		6	1,1740**		0,2080*	
Doses de K: fonte KCl	RL	1	0,2960NS	0,0582	0,6290**	0,7097
	RQ	1	2,4760**	0,5449	0,0030NS	0,7133
	RC	1	2,3150**	1,0000	0,2540NS	1,0000
Doses de K: fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	RL	1	0,0001NS	0,0001	0,0930NS	0,1785
	RQ	1	2,9720**	0,9999	0,1370NS	0,4406
	RC	1	0,0001NS	1,0000	0,2930NS	1,0000
Doses de K: fonte K-Mag	RL	1	0,0030NS	0,0395	0,0170NS	0,1702
	RQ	1	0,0150NS	0,2638	0,0001NS	0,1720
	RC	1	0,0490NS	1,0000	0,0780NS	1,0000
Resíduo (B)		27	0,2780		0,0780	

NS, \* e \*\* não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade