

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DO PROCESSO PÓS-COLHEITA DO CAFÉ  
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO**

**AUGUSTO CEZAR DE PAULA E MELO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP  
Agosto – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DO PROCESSO PÓS-COLHEITA DO CAFÉ  
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO**

**AUGUSTO CEZAR DE PAULA E MELO**

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP  
Agosto – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M528u Melo, Augusto Cesar de Paula e, 1983-  
Utilização de água residuária do processo pós-colheita do café na produção de mudas de cafeeiro / Augusto Cesar de Paula e Melo. - Botucatu : [s.n.], 2009.  
viii, 48 f., il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009

Orientador: Antonio de Pádua Sousa

Inclui bibliografia

1. Coffea arábica L. 2. Água residuária. 3. Café - Produção de mudas. 4. Reuso de água. 5. Café - Pós-colheita. I. Sousa, Antonio de Pádua. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

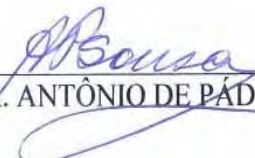
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DO PROCESSO PÓS-COLHEITA  
DO CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO”.

ALUNO: AUGUSTO CEZAR DE PAULA E MELO

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

  
\_\_\_\_\_  
PROD. DR. MARITANE PRIOR

Data da Realização: 13 de Novembro de 2009.

À todos que possam fazer uso deste trabalho  
**OFEREÇO**

À meus pais, Carlos Augusto e Katinha,  
à minha namorada, Mariele  
e à minha irmã Kátia.  
**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me iluminar mesmo nas horas mais difíceis.

À meus pais, Carlos Augusto e “Katinha”, pelo suporte, compreensão e exemplos dados durante toda minha formação.

À minha namorada, Mariele, pelo carinho, amor e apoio mesmo nos momentos em que não estava por perto.

À minha irmã e meu cunhado, Kátia e Luiz, por me incentivarem a todo instante.

À toda minha família por sempre confiar em mim.

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa, por aceitar me orientar, pelos ensinamentos, por me “suportar” e elucidar em todos os momentos de dúvida.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pelos conselhos e ensinamentos durante cursos e minha jornada em Botucatu.

À Profa. Dra. Maritane Prior, pelas sugestões e por se dispor a se deslocar para fazer parte da minha banca.

Ao “meio-irmão”, Felipe, companheiro de república, pela grande amizade nesse dois anos de mestrado.

Aos grandes amigos, José, Leandro, Jaime, Luiz e Julio, por fazerem parte da minha jornada aqui em Botucatu e me socorrerem no experimento.

Aos funcionários, Adão Gomes de Souza, Gilberto Winckler e José Israel Ramos, por permitirem e facilitarem a realização do presente trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP) pela oportunidade concedida de realização deste trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem e seu corpo de professores e funcionários que permitiram a execução deste trabalho.

Ao Cnpq, pela concessão de bolsa de mestrado.

À todos que ajudaram na coleta de garrafas PET para eu coletar e armazenar água.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Processamento pós-colheita do café .....	7
2.1.1 Via seca .....	7
2.1.2 Via úmida .....	8
2.1.3 Lavagem/separação do café .....	8
2.1.4 Descascamento/separação do verde .....	9
2.1.5 Despolpamento.....	10
2.1.6 Desmucilamento.....	10
2.2 Água residuária do processamento pós-colheita do café (ARC) .....	10
2.3 Alternativas para destinação e/ou diminuição da ARC .....	11
2.3.1 Recirculação da ARC no processo pós-colheita .....	12
2.3.2 Sedimentadores ou tanques de sedimentação .....	13
2.3.3 Filtros orgânicos.....	14
2.3.4 Lagoas anaeróbicas .....	14
2.3.5 Biodigestores.....	16
2.3.6 Disposição de água no solo.....	18
2.3.7 Fertirrigação .....	19
2.4 Importância do potássio .....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1 Caracterização da área experimental.....	22
3.2 Caracterização do solo a ser utilizado.....	23
3.3 Coleta, armazenamento e composição da ARC .....	24
3.4 Delineamento experimental e tratamentos .....	25
3.5 Obtenção e condução das mudas .....	27

3.6 Características avaliadas .....	28
3.6.1 Características vegetativas das plantas.....	28
3.6.2 Características químicas do solo .....	28
3.6.3 Características químicas das plantas .....	28
3.7 Análise estatística.....	29
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1 Temperaturas observadas durante a condução do experimento.....	30
4.2 Características vegetativas das plantas .....	31
4.3 Características químicas do solo .....	36
4.4 Características químicas das plantas .....	39
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>



**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1. Sequências de operações dos tipos de processamento pós-colheita do café .....	8
FIGURA 2. Anatomia do fruto do café .....	11
FIGURA 3. Exemplos de tanques de sedimentação .....	13
FIGURA 4. Esquema de sedimentador + lagoa anaeróbica + lagoa facultativa + corpo receptor .....	16
FIGURA 5. Esquema de um reator UASB (Upflow anaerobic sludge blanket) .....	17
FIGURA 6. Tanque de decantação da ARC (Água residuária de café) .....	24
FIGURA 7. Disposição das mudas de café na parcela .....	25
FIGURA 8. Distribuição dos tratamentos na casa de vegetação .....	26
FIGURA 9. Temperaturas diárias máxima e mínima durante a produção de mudas de café. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	30
FIGURA 10. Temperaturas média durante a produção de mudas de café. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	31
FIGURA 11. Alturas das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	32
FIGURA 12. Variação da massa fresca do sistema radicular em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	32
FIGURA 13. Variação da massa fresca da parte aérea em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	33
FIGURA 14. Variação da massa seca da parte aérea em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008. ....	34

- FIGURA 15. Variação do diâmetro do colo da planta em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....35
- FIGURA 16. Variação da condutividade elétrica nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....37
- FIGURA 17. Variação da matéria orgânica nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....37
- FIGURA 18. Variação do fósforo nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....38
- FIGURA 19. Variação do potássio nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....39
- FIGURA 20. Variação do teor de nitrogênio no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....40
- FIGURA 21. Variação do teor de potássio no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....41
- FIGURA 22. Variação do teor de fósforo no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....41
- FIGURA 23. Variação do acúmulo de nitrogênio na planta em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....42

FIGURA 24. Variação do acúmulo de fósforo na planta em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....43

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1. Análise química básica do solo e solo enriquecido. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	23
TABELA 2. Análise química de micronutrientes do solo e solo enriquecido. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	23
TABELA 3. Análise química de macronutrientes da ARC. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	25
TABELA 4. Análise química de micronutrientes da ARC. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	25
TABELA 5. Massa seca do sistema radicular, em g, das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008 .....	34
TABELA 6. Área foliar, em cm <sup>2</sup> , das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	36
TABELA 7. Acúmulo de potássio, em mg, na matéria seca da parte aérea das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.....	43

## RESUMO

Com o intuito de alcançar maiores produtividades de café, cafeicultores começaram, a partir da década de 80, a fazer uso do processamento pós-colheita de café, a fim de garantirem uma qualidade superior de seu produto. Porém, com o processamento, houve o surgimento de outro problema a água residuária de café (ARC) que passou a contaminar rios, ribeirões, solos, lençol freático, etc. Este trabalho teve como objetivo utilizar a ARC na produção de mudas de café verificando sua viabilidade e a capacidade de a ARC em suprir as necessidades das mudas com relação ao potássio, quando estas não recebem cloreto de potássio no solo utilizado. O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu – SP em uma casa de vegetação localizada no Departamento de Engenharia Rural, consistiu de 10 tratamentos em um fatorial 5x2 (5 proporções de água residuária de processamento pós-colheita do café – 0%, 25%, 50%, 75% e 100% - e presença ou ausência de cloreto de potássio no solo utilizado), com 4 repetições dispostos em delineamento inteiramente casualizados. A ARC foi aplicada a cada 48 horas com uma lâmina de 10 mm. Após 6 meses, foram avaliadas características vegetativas das plantas e características químicas do solo e das plantas. Constatou-se que os

tratamentos com a presença de cloreto de potássio foram estatisticamente inferiores aos tratamentos que não apresentavam KCl em seu solo quanto às características vegetativas. Com o aumento das proporções de água residuária, houve um decréscimo nas características vegetativas, porém um acréscimo nas características químicas do solo. Além disso, os tratamentos sem a presença de KCl e com 0% e 25% de água residuária de café foram estatisticamente iguais, mostrando a viabilidade no uso da ARC na produção de mudas de café, desde que o solo não contenha KCl e que a água utilizada seja uma mistura de 25% de ARC com 75% de água comum.

Palavras-chave: reúso de água, café, *Coffea arabica* L.

## UTILIZATION OF WASTEWATER OF COFFEE POST HARVEST PROCESS IN THE COFFEE PLANTS' PRODUCTION.

Botucatu, 2009, 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: AUGUSTO CEZAR DE PAULA E MELO

Adviser: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

### SUMMARY

Intending to achieve better results on coffee production, the coffee producers began, since the 80s to process the coffee post harvest, in order to ensure product's superior quality. But, with the processing, other problem appeared, the coffee wastewater (ARC – *água residuária de café*), which start the contamination of rivers, creeks, soil, water tables etc. This paper had as main objective to use the ARC on the coffee plants' production verifying its viability and to verify if the ARC is able to supply the coffee needs relating to potassium when these don't receive potassium chloride in the composition. The work was developed at Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu – SP in a greenhouse located at Departamento de Engenharia Rural. The work consisted of 10 treatments on a 5x2 factorial (5 wastewater proportions of coffee after the harvest processing - 0%, 25%, 50%, 75% and 100% – and potassium chloride presence or absence in the soil), with 4 repetitions made in delineation entirely design. The ARC was applied each 48 hours with a blade of 10 mm. After 6 months, the plants vegetative characteristic had been evaluated as well the chemical characteristics of the soil and of the plants. We observed that the treatments with potassium chloride presence had been statistically inferior to the treatments which did not present KCl in its soil related the vegetative characteristics. Moreover, with the increase of the

wastewater proportions, it happened a decrease in the vegetative characteristics, however an addition in the chemical characteristics of the soil. Also, the treatments without KCl presence and with 0% and 25% of coffee wastewater had been statistically equal, showing the viability in the use of the ARC in the production of coffee plants, since the soil does not contain KCl and that the water used in the soil was a mixture of 25% of ARC with 75% of common water.

Keywords: water reuse, coffee, *Coffea arabica* L.



## **1. INTRODUÇÃO:**

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do Mundo, sendo ainda o segundo maior consumidor, perdendo apenas para os Estados Unidos, mas, segundo a CONAB, até 2015 será o maior consumidor também.

A produção brasileira está distribuída em 11 estados em aproximadamente 1900 municípios, gerando 10 milhões de empregos direta e indiretamente (Guimarães, Mendes e Souza, 2008). O Estado de Minas Gerais se destaca por contribuir com 50% da produção nacional, sendo que só o Sul de Minas responde por 50% da produção mineira ou 25% da produção nacional.

Por muito tempo a preocupação dos cafeicultores brasileiros era apenas quantidade de café a ser exportada sem ao menos se preocupar com a qualidade. Com o passar dos anos, países como Colômbia e México perceberam a necessidade de se produzir Café de qualidade se tornava cada vez mais crescente, o que acabava por diminuir a participação brasileira no mercado internacional e, conseqüentemente, estes países conseguiram preços melhores para seus produtos, tornando o cultivo de café bastante rentável (Pimenta, 2003).

A fim de conseguir ágios na venda de seus produtos, cafeicultores brasileiros começaram a partir da década de 90 a usar técnicas e tecnologias, tais como

colheita feita no pano e não mais no chão, uso de terreiros pavimentados, colheita mecanizada, melhorias no processo de secagem e processamento pós-colheita dos frutos do café, que incrementassem a qualidade do café brasileiro. Porém, surgiram outros problemas quando se fez tais modificações, como por exemplo: grande consumo de água para processamento pós-colheita via úmida.

Alguns problemas foram sanados efetivamente, porém à medida que se resolvia um, aparecia um novo. No caso da água demanda de água, conseguiam minimizar o problema com o uso de um poço artesiano, por exemplo. Mas, por outro lado, com o processamento pós-colheita dos frutos do cafeeiro, a água residuária do café (ARC), gera altas concentrações de resíduos sólidos, além de altos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, o que a torna bastante poluente (Matos e Lo Mônaco, 2004). Como exemplo, para cada saca de café produzido gera-se 3.500 litros de ARC.

Segundo a legislação ambiental vigente (CONAMA, 2005), as águas residuárias geradas no processo, devem receber tratamento prévio, antes de serem lançadas em corpos d'água receptores ou podem ser dispostas de forma ambientalmente adequada no solo, como disposição final.

Recentemente, tem-se algumas possibilidades de destinos à ARC, como a construção de lagoas de decantação, sedimentadores e filtros orgânicos. Porém, esses métodos podem atingir custos elevados e ainda, como no caso de lagoas de decantação, podem ocupar um espaço considerável. Outra forma de destinação da ARC que ainda está sendo pesquisada é o uso da ARC para produção de álcool, procedendo-se sua fermentação. Segundo Soares et al. (2007) os teores de açúcar na mucilagem do café, em Grau Brix, varia de 6,5 a 9.

Por fim tem-se o tratamento por disposição no solo, que utiliza do sistema solo-planta para a degradação, assimilação e imobilização da maioria dos constituintes da água residuária e dos produtos de sua transformação no meio (Medeiros et al, 2005).

Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade de se utilizar a ARC na produção de mudas de café e ainda verificar se a ARC supre as necessidades de potássio em solos sem a presença de cloreto de potássio, visto a época em que é gerada a ARC coincide com a de produção de mudas de café.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:**

### **2.1. Processamento pós-colheita do café**

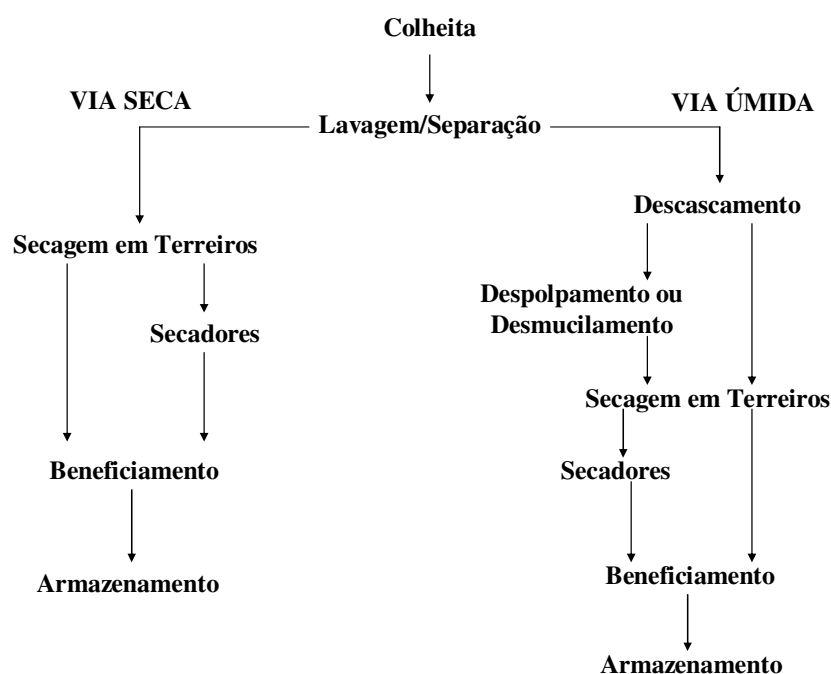
O processamento pós-colheita do café é um conjunto de técnicas e de equipamentos que visa manter a qualidade do café vindo da lavoura, podendo ser feito de dois modos: via seca, que resulta em “cafés naturais” ou “cafés de terreiro”; ou por via úmida, resultando em “cafés descascados”, “cafés despulpados” ou “cafés desmucilados”. Em ambos processos são exigidos um mínimo de operações para se obter determinado tipo de café.

#### **2.1.1. Via seca**

É o processo predominante na cafeicultura brasileira. Esse método deixa o café mais sujeito às fermentações podendo ocorrer perda de qualidade, porém corre menor risco se não o fizesse. Apesar de ser chamado “via seca”, o processo não dispensa o uso de água, pois normalmente se faz uso do lavador/separador quando o café chega da lavoura (Pimenta, 2003).

### 2.1.2. Via úmida

É um processo ainda pouco usado no Brasil, mas que vem ganhando mais adeptos devido a sujeitar os grãos de café à menores fermentações, provocando conseqüentemente, ganho na qualidade do café quando comparado ao processamento via seca. Além de fazer uso do lavador/separador, usam-se também descascador, peneiras de separação, tanques de fermentação e/ou desmucilador (Figura 1) (Pimenta, 2003). Segundo Chalfoun et al. (1997), este processamento é direcionado principalmente para a *Coffea arábica*, sendo utilizado por 1/3 da produção mundial.



**Figura 1.** Sequencias de operações dos tipos de processamento pós-colheita do café.

### 2.1.3. Lavagem/separação do café

É a primeira operação a ser feita assim que o café chega da lavoura tanto no processamento “via seca” como no “via úmida”. A primeira etapa do processo de lavagem visa à eliminação de impurezas contidas no café colhido como: folhas, galhos,

torrões, terra e pedras. A etapa seguinte consiste na separação do café, em que se separam cafés verdes e cereja do café seco ou “bóia”, nome dado por se tratar de um processo em que envolve a densidade do café, logo o café seco acaba boiando na água enquanto os cafés verdes e o cereja afundam. Com isso já se ganha em qualidade, visto que cafés de diferentes teores de água serão secos separadamente (Matiello et al, 2005).

#### **2.1.4. Descascamento/separação do café verde**

O processo de descascamento oferece grande vantagem onde o inverno é úmido, por este motivo há maiores riscos de ocorrerem fermentações indesejáveis. Com o descascamento a secagem do café é mais rápida permitindo que os grãos fiquem menos tempo no terreiro e conseqüentemente fiquem menos sujeitos a microrganismos que reduzem a qualidade do café.

Além disso, quando se faz o processo de descascamento, há separação dos frutos cerejas (frutos que são descascados) e dos frutos verdes, possibilitando ainda mais uma melhoria de qualidade, visto que cafés com teores de água diferentes serão secos separadamente e de forma mais uniforme (Matiello et al, 2005).

O descascamento e a separação ocorrem em um cilindro onde os cafés cereja e verde – separados na lavagem do “bóia” – são conduzidos juntamente com a água. Este cilindro é feito de forma janelado, tipo gaiola. Ocorrendo pressão dentro do cilindro os grãos dos frutos cerejas rompem as cascas e juntamente com estas, saem pelos orifícios do cilindro, enquanto os frutos verdes não rompem as cascas, por tê-las bem aderidas, impedindo que estes passem pelos orifícios e acabam saindo por saídas encontradas nas laterais do descascador (Matiello et al, 2005).

A seguir os frutos cerejas descascados e as cascas passam para um outro cilindro coberto por uma lâmina de cobre, com mamilos, que aprisionam os grãos e os pressionam em um movimento rotativo contra uma barra de borracha, separando assim os grãos ainda com um pouco de mucilagem de um lado, e a polpa com casca e parte da mucilagem do outro (Matiello et al, 2005).

### **2.1.5. Despolpamento**

O despolpamento é o processo de retirada da mucilagem (goma açucarada, rica em pectina, muito higroscópica), que ocorre após o descascamento. O café após ser descascado segue para um tanque de fermentação, onde deve permanecer de 12 a 36 horas juntamente com água, para que a mucilagem seja retirada (Leite, 2007).

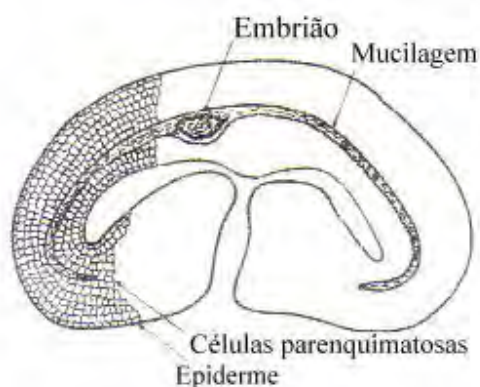
### **2.1.6. Desmucilamento**

O desmucilamento também é um processo de retirada da mucilagem, porém ocorre de forma mecânica, sendo que logo após o descascamento o café passa por um equipamento (desmucilador), que retira a mucilagem por atrito entre os grãos e a parede do implemento e ainda pela injeção de água sob pressão (Leite, 2007).

## **2.2. Água residuária do processamento pós-colheita do café (ARC)**

Durante os processos de lavagem, descascamento, despolpamento ou desmucilamento, há a geração de grande quantidade de água residuária (3.500L/saca produzida) que tem alta porcentagem de açúcares e materiais orgânicos encontrados principalmente na mucilagem do fruto do café (Figura 2), que se despejada diretamente em cursos d'água aumentam os valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO), conseqüentemente, podendo provocar a mortes de peixes e de predadores de larvas de mosquitos causadores de doenças (Matiello et al, 2005).

Além disso, nunca se preocupou tanto com o meio ambiente e, as instituições ambientais estão cada vez mais severas com as leis, tanto é que, para instalação de usinas de preparo de café, segundo a resolução 357/2005 do CONAMA, deve-se fazer um estudo dos impactos ambientais no local de instalação.



**Figura 2.** Anatomia do fruto do caf e

O tratamento da ARC chegou a tal ponto, que empresas certificadoras de propriedades cafeeiras já estão exigindo um plano de destinação ou de tratamento da ARC, para que esta não polua rios ou ribeirões por perto e assim não provoque proliferação de insetos causadores de doenças, atendendo tanto o aspecto social quanto o aspecto ecológico.

De acordo com Matiello(1991), a polpa do caf e é o resíduo da despolpa úmida dos frutos cereja, sendo que esse resíduo representa cerca de 39% da massa fresca ou 29% da m teria seca do fruto. Sendo que a polpa é basicamente constituída de carboidratos, proteínas, cafeína, taninos, potássio, nitrogênio, cálcio e sódio. Matos et al. (2005) encontraram na ARC concentrações de N, P e K de 462,6; 15,0 e 1.206,0 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, considerando água de lavagem, descascamento e descumilamento juntamente.

A carga orgânica gerada no processamento pós-colheita do caf e produzido por via úmida atinge valores de até 20.000 mgDBO<sub>5</sub>.L<sup>-1</sup>, muito acima da carga gerada pelo esgoto doméstico, que   da ordem de 300 mgDBO<sub>5</sub>.L<sup>-1</sup> (Silva e Campos, 2007).

### **2.3. Alternativas para destinação e/ou diminuição da ARC**

Vários trabalhos têm sido feitos com a ARC para que esta seja devolvida ao meio ambiente de forma que ela não prejudique a fauna e a flora do local de deposição ou mesmo outros trabalhos feitos para a otimização do processamento pós-colheita do caf e no que diz respeito ao uso d' gua. Dentre as alternativas para diminuição e destinação

da ARC pode-se citar: recirculação da água no processamento pós-colheita, uso de sedimentadores, filtros orgânicos, lagoas anaeróbicas, biodigestores, disposição da água no solo de forma adequada e fertirrigação.

### **2.3.1. Reciculação da ARC no processo pós-colheita**

A recirculação da água residuária do processamento do café é uma alternativa para diminuir o volume de água utilizada no processamento pós-colheita por via úmida e também é a técnica mais fácil de ser aplicada na propriedade, devido ao seu baixo custo e não demandar grande estrutura. Porém, quando se faz a recirculação, há um aumento gradativo para cada repassada da água nas cargas orgânica e inorgânica, além de a água poder atuar como agente de perda de qualidade dos grãos por levar microorganismos contaminantes aos grãos.

Portanto, é necessário que se faça um tratamento prévio para que a água de recirculação não se torne contaminante dos grãos que ainda vão ser beneficiados, e este tratamento deve ser feito de tal maneira que tenha curta duração para que a água possa ser aproveitada rapidamente (Matos e Lo Mônaco, 2004). Um dos tratamentos que tem boa aceitação é a coagulação, que é a neutralização das cargas negativas das partículas fazendo com que elas se atraiam e se aglomerem e, conseqüentemente, a velocidade de sedimentação aumenta, permitindo que a água seja reutilizada rapidamente. Além disso, o grau de agitação da água é bastante importante para promover maior colisão das partículas para que haja formação de flocos.

Em pesquisa realizada por Cabanellas et al. (2003) citado por Matos e Lo Mônaco (2004), verificou-se que em uma concentração de  $3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  para os coagulantes: sulfato ferroso clorado, sulfato de alumínio e cloreto férrico, ocorre maior remoção dos sólidos suspensos na água residuária para recirculação, quando o pH é mantido constante. Porém, quando o pH está na faixa de 7 a 8, o sulfato de alumínio e o cloreto férrico apresentam maiores remoções, já em pH de 4 a 5, o sulfato ferroso clorado tem melhor remoção comparado com os anteriores.

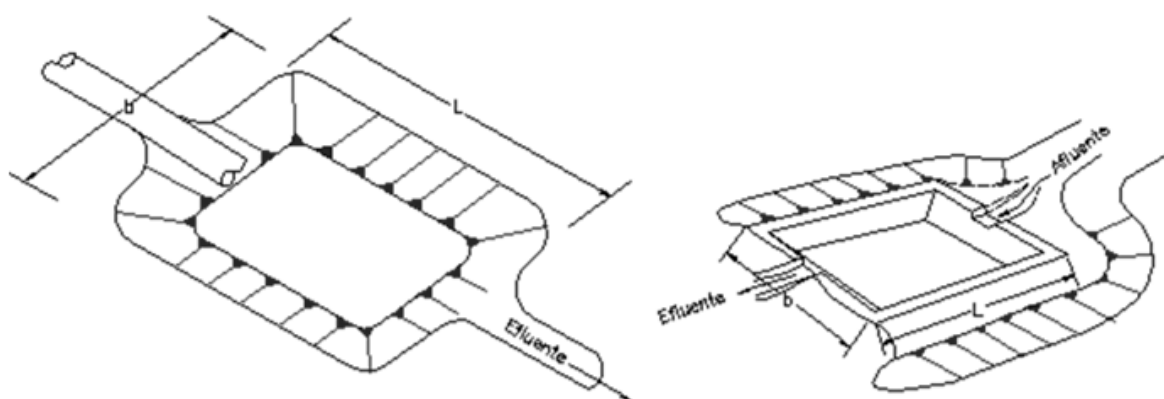
Após a recirculação da ARC essa deve passar por outros processos a fim de dar um destino ecologicamente correto, daí a importância de sedimentadores, filtros



orgânicos e lagoas de decantação, porém antes de seguir para estes processos a simples passagem dessa água por peneiras pode reduzir a quantidade de sólidos a ser processada pelos processos seguintes. Segundo Matos (2003), com a peneira consegue-se uma remoção de 140 L de polpas de cada 1000 L de efluente bruto.

### 2.3.2. Sedimentadores ou tanques de sedimentação

Os sedimentadores ou tanques de sedimentação ou ainda tanques de decantação são construídos de tal forma que a água residuária flui lentamente pelo tanque, permitindo que os sólidos, que contém maior massa específica que a água em tratamento, e se encontram em suspensão possam se sedimentar e acumular no fundo do tanque (Figura 3) (Matos e Lo Mônaco, 2004).



**Figura 3.** Exemplos de tanques de sedimentação.

No fundo dos tanques de sedimentação, um sistema de drenagem deve ser instalado, para permitir que os sólidos acumulados no fundo sejam retirados. Além disso, no nível da água, calhas devem ser construídas para coleta e condução de matérias sólidos que não se sedimentam. Este material não sedimentado juntamente com os sólidos retirados do fundo dos tanques, podem ser reutilizados na formulação de composto orgânico (Matos e Lo Mônaco, 2004).

### **2.3.3. Filtros orgânicos**

Os filtros orgânicos são muito utilizados se o produtor tem como objetivo reutilizar a água em um sistema de irrigação localizada (gotejamento, por exemplo), a fim de não ocorrer entupimento exagerado.

Segundo Matos (2003) os filtros de areia, comumente usados para tratamento de água para consumo humano e para gotejamento, não são recomendados devido à sua rápida colmatação superficial e redução do fluxo da água residuária. Segundo Brandão (2003) citado por Matos e Lo Mônaco (2004) a utilização de subprodutos do setor agropecuário é bastante interessante no tratamento de águas residuárias, pois muitos resíduos sólidos gerados no processo de produção ou no beneficiamento dos produtos podem ter destinação mais nobre na propriedade, minimizando os problemas relacionados ao meio ambiente.

De acordo com Lo Mônaco (2003), a utilização de filtros orgânicos constituídos por serragem de madeira na filtragem da água residuária da lavagem e descascamento dos frutos do cafeeiro, alcançou remoções de sólidos totais na ordem de 60 a 75% do volume total submetido a esse tipo de filtro. Sendo que, este filtro orgânico após ser retirado do sistema filtrante pode ser incorporado a compostos orgânicos, para não se tornar um novo resíduo problemático para o meio ambiente. É recomendável que seja construído um acesso lateral no sistema filtrante, para facilitar a retirada dos filtros orgânicos quando da saturação destes e a devida substituição por novos filtros orgânicos, para que a eficiência do sistema de filtragem não seja reduzida. Pesquisas estão sendo feitas com pergaminhos dos frutos do cafeeiro e bons resultados têm sido obtidos, quando são usados na sua granulometria natural em que são produzidos.

### **2.3.4. Lagoas anaeróbicas**

Os processos anaeróbicos estão sendo cada vez mais utilizados devido à sua alta eficiência na remoção de matéria orgânica e de macronutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, e ainda apresenta um custo relativamente baixo. Nos processos biológicos, a

remoção da matéria orgânica se dá pela atividade de microorganismos, que a degradam, utilizando-a como fonte de alimento, conseqüentemente, contribui para uma elevada redução da matéria orgânica na água residuária (Silva e Campos, 2007).

As lagoas anaeróbicas são as mais utilizadas quando se faz processos anaeróbicos, sendo a forma mais simples para tratamento de efluentes. As lagoas anaeróbicas, quando comparadas com outros métodos têm como vantagens: alta remoção da carga orgânica, grande redução de coliformes fecais e custo de investimento e manutenção relativamente baixo. Entretanto, apresenta como desvantagem que na sua construção demanda grandes áreas planas (Von Sperling, 1996).

Na construção da lagoa anaeróbica alguns pontos devem ser observados como, o solo onde vai ser construída a lagoa anaeróbica deve ter baixa permeabilidade, caso contrário algumas medidas devem ser tomadas como: fazer a compactação do solo ou uso de camadas de borracha butílica ou chapas de PVC, evitando a infiltração de água residuária no solo e não colocando em risco as águas subterrâneas. Além disso deve-se verificar a profundidade do lençol freático e o local de sua construção deve ser longe de povoados e em alguns casos devem ser cercados (Matos, 2003).

Outro aspecto importante na construção das lagoas é o sentido do vento predominante, que deve ser contrário ao das residências, para não levar odores para os domicílios. A profundidade das lagoas deve ser em torno de 3 a 5 metros e a área vai depender do volume de água residuária a ser armazenada (Figura 4).

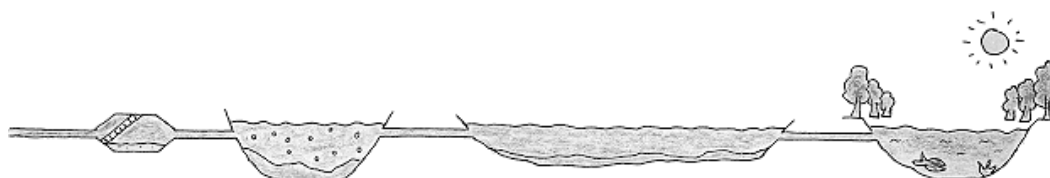
Além disso, em muitos estabelecimentos, coloca-se uma segunda lagoa (lagoa facultativa) após a lagoa anaeróbica, que tem como função fazer um tratamento secundário na água residuária, pois muitas vezes somente o uso de uma lagoa não é suficiente para que a água possa retornar ao meio ambiente.

O tratamento secundário, na segunda lagoa, se baseia que a água vinda da lagoa anaeróbica, vai percorrer a segunda lagoa lentamente demorando vários dias, com isso o material sólido vai se sedimentando e os microorganismos anaeróbicos vão decompondo o lodo acumulado no fundo da lagoa. Os materiais que ainda permanecem sobrenadante são decompostos por outras bactérias que sobrevivem tanto com ou sem oxigênio, sendo este oxigênio fornecido por algas que se desenvolvem nesta lagoa.

Mesmo com a decomposição do lodo por bactérias anaeróbicas, este ainda se acumula no fundo da lagoa, diminuindo a eficiência na remoção de sólidos. Segundo Matos (2003) a remoção deste lodo a cada 5 ou 6 anos permite que a eficiência continue boa, podendo chegar a 90% de remoção de sólidos e mais de 85% da DBO, e o lodo retirado do fundo das lagoas pode ser usado como composto orgânico.

Outra opção para o produtor rural é a construção de lagoas aeradas, que consistem na injeção de ar por compressores, injetores de gás ou aeradores superficiais, que aumenta a concentração de oxigênio, acelerando, conseqüentemente, o processo de estabilização de materiais sólidos, além de diminuir o espaço físico usado. Todavia, o produtor deve verificar a viabilidade deste processo devido ao aumento no consumo de energia elétrica (Matos, 2003).

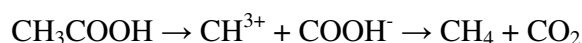
Atualmente os processos citados anteriormente são usados de forma conjugada e seqüenciada, como por exemplo, a água faz a recirculação, a seguir passa por um sedimentador, depois a água vai para lagoa anaeróbica e em seguida para a lagoa facultativa. Após esse procedimento a água segue para um corpo receptor e o lodo acumulado nas lagoas e no sedimentador, após ser seco pode ser usado como adubo orgânico (Figura 4).



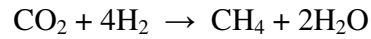
**Figura 4.** Esquema de sedimentador + lagoa anaeróbica + lagoa facultativa + corpo receptor.

### 2.3.5. Biodigestores

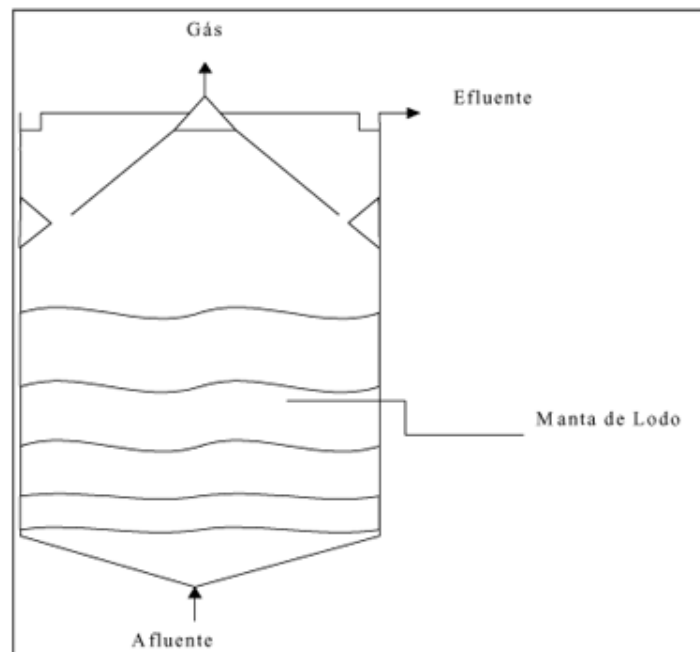
As bactérias anaeróbicas ao decomporem os materiais sólidos, são capazes de formar metano – um biogás – a partir de hidrogênio e gás carbônico. Segundo Metcalf e Eddy (2003), citados por Prado (2006) a produção deste biogás pode ser obtido por: clivagem do ácido acético ou pela redução do gás carbônico. Na ausência de hidrogênio ocorre a clivagem do ácido acético:



Já na presença de hidrogênio ocorre redução do gás carbônico, com o dióxido de carbono atuando como aceptor dos átomos de hidrogênio:



O metano produzido por estas reações tem alto teor explosivo, podendo ser usado como combustível para automóveis e sendo considerado um combustível limpo, logo a sua produção por biodigestores é viável, principalmente no aspecto ecológico do tratamento de efluentes. Os mais usados são os reatores UASB – do inglês *upflow anaerobic sludge blanket reactor* – que possuem fluxo ascendente, ou seja, o efluente vai de baixo para cima, passando por três estágios: o leito do lodo, onde há grande concentração de biomassa ativa; depois por biomassa menos densa e, por fim, por um separador trifásico, onde há a separação de sólidos em suspensão do biogás (Figura 5) (Chernicharo, 1997, citado por Silva e Campos, 2007).



**Figura 5.** Esquema de um reator UASB (Upflow anaerobic sludge blanket) .

### 2.3.6. Disposição de água no solo

É a alternativa mais usada, pois apresenta baixo custo na sua implantação e operação, tem o aproveitamento dos nutrientes presentes nos efluentes e dependendo da forma de disposição baixo consumo de energia. Entretanto, para se utilizar deste método, deve-se fazer uso de pelo menos uma das técnicas anteriormente citadas (sedimentadores, lagoa anaeróbica, lagoa facultativa ou biodigestor), para não contaminar o meio ambiente por saturação.

Dentre os métodos mais utilizados de disposição de água residuária no solo pode-se citar a infiltração e o escoamento superficial. Fertirrigação também é um método de disposição da água no solo, mas será tratado separadamente.

O método da infiltração rápida ou infiltração-percolação, visa à utilização do solo como elemento filtrante das águas residuárias. Ocorre a percolação da água residuária pela ação filtrante do meio poroso, sendo que a água residuária pode ser disposta em formas de tabuleiros ou canais de infiltração (Matos e Lo Mônaco, 2004).

Como vantagens o método apresenta: uso de pequenas áreas, pequeno gasto energético, pouca dependência da declividade, custos de implantação baixo, operação e manutenção baixos, simples construção, operação e manutenção, não gerar lodo e possibilitar aplicação durante todo ano. Por outro lado apresenta algumas desvantagens: exalação de odores, possibilidade de desenvolvimento de insetos causadores de doenças, depende de características do solo, pode contaminar o lençol freático, proporcionar alterações físicas e químicas do solo e depende da qualidade da água residuária gerada.

Segundo Matos e Lo Mônaco (2004) para que a eficiência, que é estimada no caso da DBO da ordem de 90 a 99% de remoção, do método de infiltração seja contínua é necessário que a aplicação de água residuária seja intermitente, intercalada com períodos de pousio e aeração do solo. A recomendação é de que faça a aplicação de 1 a 3 dias com um intervalo de 5 a 12 dias de pousio.

O outro método de disposição de água no solo é o escoamento superficial, consiste em aplicar águas residuárias em taxas maiores que a de capacidade de infiltração no solo, em terrenos inclinados e cultivados, normalmente, com gramíneas. Assim

parte da água é infiltrada, outra parte é evapotranspirada e o restante da água é coletada em canais.

Alguns cuidados devem ser tomados na confecção das rampas de tratamento como por exemplo: os solos onde as rampas vão ser implantadas devem ter baixa permeabilidade, as rampas devem apresentar comprimento entre 30 a 60 metros e a declividade deve variar de 2 a 15% (Matos, 2003).

As vantagens e desvantagens são praticamente iguais as do método de infiltração, sendo que as grandes vantagens deste método é que permite o tratamento de grandes volumes em pequenas áreas e torna possível o aproveitamento do potencial fertilizante da água residuária e ainda há menores riscos de contaminação do lençol freático. A eficiência pode chegar a 85% de remoção no caso de DBO e DQO, 80% de fósforo e 90% de nitrogênio. E como desvantagens a dependência de características do solo como declividade e permeabilidade (Matos e Lo Mônaco, 2004).

Outro fator importante para o sucesso do método do escoamento superficial, é a escolha da espécie vegetal a ser utilizada nas rampas para tratamento das águas. Características como: plantas perenes, tolerante à baixa oxigenação, tolerância à elevada salinidade do sistema radicular, alta capacidade de extração de nutrientes, resistência a pragas e doenças e densa cobertura vegetal, são desejáveis nas espécies vegetais a serem implantadas nas rampas de tratamento.

Aveia preta e azevém foram as espécies mais adequadas para o cultivo em rampas de tratamento de ARC em pesquisas realizadas pelo Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFV (Matos e Lo Mônaco, 2004).

### **2.3.7. Fertirrigação**

A fertirrigação é um método muito utilizado hoje em dia devido, a sua facilidade e economia no que diz respeito de fazer duas operações como se fosse uma só. Quando se trata de água residuária, a fertirrigação é o único método que visa o aproveitamento dos macro e micronutrientes presentes na água residuária de forma a substituir parte da adubação química a ser realizada na lavoura.

Dois aspectos importantes devem ser observados antes que a água residuária seja utilizada: a condutividade elétrica da água, para verificar a salinidade da água e a razão de adsorção de sódio (RAS), para verificar a impermeabilidade do solo. Ambas devem ser analisadas conjuntamente, para se determinar o potencial de salinização e sodificação do solo (Silva e Campos, 2007). Pelo motivo citado anteriormente as águas residuárias devem ser aplicadas de forma que ocorra o suprimento adequado de nutrientes e não o suprimento hídrico.

O sistema a ser utilizado para se fazer a fertirrigação com águas residuárias vai depender da cultura em questão, suscetibilidade às doenças e características do solo, podendo-se usar: aspersão, gotejamento, sulcos ou “chorumeiras”.

A fertirrigação apresenta as seguintes vantagens: baixo custo da água, visto que ela vai ser aproveitada; suprimento de parte dos nutrientes essenciais às plantas; economia de mão-de-obra e tempo, devido a se fazer duas operações condensadas em uma; otimização do sistema de irrigação e utilização do solo como tratamento da água residuária. Como desvantagens pode-se citar: necessidade de sistema de irrigação, possibilidade de maior incidência de pragas e doenças, salinização e sodificação do solo e maior gasto do equipamento e entupimento de bicos e bocais.

Muitas pesquisas têm sido feitas para dar um destino ideal e/ou diminuir o volume de ARC durante e após o processamento do café, porém nem todas estão ao alcance do produtor rural, visto que algumas medidas, como as citadas acima, exigem grande espaço físico ou alto investimento por parte do cafeicultor, e a realidade, é que muitos produtores se encontram descapitalizados ou não possuem área suficiente para fazer as adequações necessárias.

#### **2.4. Importância do potássio**

Ao contrário do nitrogênio e do fósforo, o potássio não forma compostos orgânicos na planta, porém encontra-se a mesma quantidade de potássio que nitrogênio. Sua função principal parece estar ligada ao metabolismo, ou seja, atividade enzimática, síntese e transporte de carboidratos, sendo vital para fotossíntese. Quando seu teor diminui, a fotossíntese diminui, aumentando a velocidade de respiração da planta, diminuindo



assim o suprimento de carboidrato para as plantas. O potássio é essencial na síntese protéica, pois ajuda a planta a otimizar o uso da água, quando promove a turgidez (rigidez causada por teor adequado de água nas células da folha) para manter a pressão interna nos tecidos (Lopes, 1989).

Além disso, tem grande importância na formação de frutos, na translocação de metais pesados, como ferro, e ainda no balanço iônico, ativa as enzimas controlando as velocidades de suas reações e ainda aumenta a resistência das plantas às doenças como.

Os sintomas da deficiência de potássio podem ocorrer de diversas formas, sendo os mais comuns manchas pardas próxima às margens das folhas, que em seguida, transformam-se em necrose, primeiramente nas folhas mais velhas. Em casos mais severos ocorre destacamento fácil das folhas, ramos acabam secando e os frutos ficam chochos e ainda cria um ambiente propício para ataque dos fungos, provocando o escurecimento dos frutos. Contudo o excesso também pode ser prejudicial devido ao seu grande antagonismo pode vir a causar deficiências de magnésio e cálcio (Malavolta, 1993).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área experimental**

O trabalho foi realizado na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada em Botucatu – SP. Sendo as coordenadas geográficas do local: 22° 51’ de latitude Sul e 48° 25’ de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 800 metros.

De acordo com Cunha et al (1999), o clima predominante de Botucatu – SP, baseado no sistema de classificação de Köppen, foi incluído no tipo Cwa, o que significa clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C.

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, sendo que foram determinados as temperaturas máxima, média e mínima diariamente durante a realização do experimento e obtidos por meio de termômetro de máxima e mínima temperatura do ar, situado dentro da casa de vegetação.

### 3.2. Caracterização do solo a ser utilizado

O solo que foi utilizado no experimento foi classificado por Espíndola et al. (1974) como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRAPA, 1999) como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico.

As principais características químicas do solo, avaliadas de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001), encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Estas análises foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – Faculdade de Ciências Agrônômicas. O pH foi determinado em solução de 0,01 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>, a matéria orgânica pelo método colorimétrico, o fósforo pelo método da resina trocadora de ânions, o potássio, o cálcio e o magnésio pelo método da resina trocadora de cátions. A determinação da acidez total (H + Al) foi feita por solução tampão SMP. A determinação de boro foi em água quente e a de cobre, ferro, manganês e zinco foi pelo método da extração com solução de DTPA (dietilenotriamino-pentacético) em pH 7,3.

**Tabela 1.** Análise química básica do solo e solo enriquecido. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Amostras	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl <sub>2</sub>	g·dm <sup>-3</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	mmolc·dm <sup>-3</sup>						
1	4,1	16	6	62	0,4	4	1	6	67	8
2	6,2	45	386	19	68,1	104	18	191	210	91
3	6,6	53	387	16	60,7	107	20	187	204	92

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP. Sendo 1= solo, 2= solo enriquecido, 3= solo enriquecido + KCl.

**Tabela 2.** Análise química de micronutrientes do solo e solo enriquecido. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Amostra	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
mg·dm <sup>-3</sup>					
1	0,12	1,1	23	0,5	0,1
2	0,67	2,2	23	17,4	4,4
3	0,68	2,2	23	18,8	4,6

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP. Sendo 1= solo, 2= solo enriquecido, 3= solo enriquecido + KCl.

### 3.3. Coleta, armazenamento e composição da ARC

A coleta da ARC foi realizada na Fazenda Palmital, situada no município de Cabo Verde – MG. Sendo que as coordenadas geográficas do local são: 21° 28' de latitude Sul e 46° 23' de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 960 metros. A coleta da ARC foi realizada nos dias 16 e 17 de junho de 2008, sendo retirada de um tanque de decantação (Figura 6) e armazenada em garrafas tipo PET em locais sem a presença de luz, para evitar a formação de algas.



**Figura 6** – Tanque de decantação da ARC (Água residuária de café).

A composição média da ARC se encontra nas Tabelas 3 e 4, sendo que esse resultado é uma média das análises feitas no começo, meio e fim do experimento.

**Tabela 3.** Análise química de macronutrientes da ARC. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	MO	C
----- g·Litro <sup>-1</sup> -----							
0,3	0,08	0,72	0,08	0,02	0,4	7,5	4,19

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

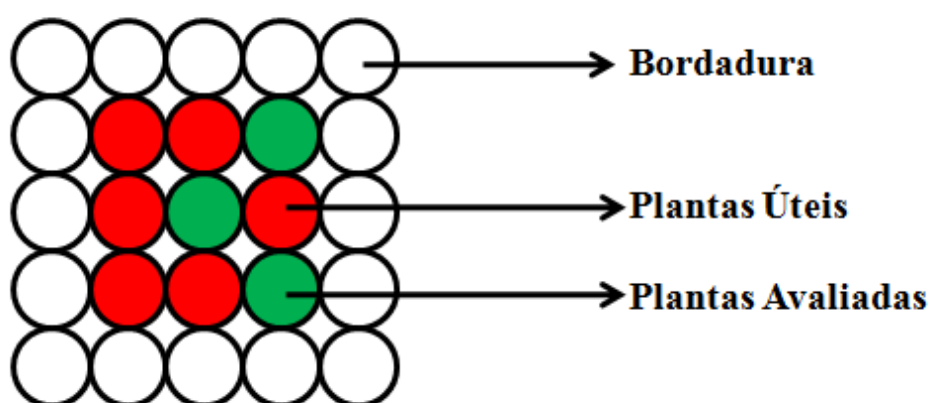
**Tabela 4.** Análise química de micronutrientes da ARC. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
----- mg·Litro <sup>-1</sup> -----						
17,25	0,6	11	0,7	2	15/1	3,61

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

### 3.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, com fatorial 5x2 (5 proporções de água residuária do processamento pós-colheita do café - 0%, 25%, 50%, 75% e 100% - e presença ou ausência de cloreto de potássio no solo) compondo 10 tratamentos e 4 repetições (Figura 8), contendo 25 plantas por parcela, sendo que as 16 plantas da lateral compõe a bordadura e as 9 centrais são as plantas úteis das quais 3 foram avaliadas (Figura 07).

**Figura 07** – Disposição das mudas de café na parcela.

As proporções de ARC e os substratos utilizados no experimento, resultaram nos seguintes tratamentos:

- T1: sem cloreto de potássio e sem ARC na água de irrigação;
- T2: sem cloreto de potássio e 25% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T3: sem cloreto de potássio e 50% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T4: sem cloreto de potássio e 75% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T5: sem cloreto de potássio e 100% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T6: com cloreto de potássio e sem ARC na água de irrigação;
- T7: com cloreto de potássio e 25% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T8: com cloreto de potássio e 50% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T9: com cloreto de potássio e 75% de ARC na lâmina total de irrigação;
- T10: com cloreto de potássio e 100% de ARC na lâmina total de irrigação.

4	5	5	4	9	2
1	9	1	2	7	3
2	9	3	2	1	4
10	4	6	1	8	8
8	9	6	7	3	3
6	10	7	5	10	
6	5	8	7	10	

**Figura 8** – Distribuição dos tratamentos na casa de vegetação.

### 3.5. Obtenção e condução das mudas

A cultivar utilizada no experimento foi *Coffea arabica* L. var. Catuaí vermelho, uma das variedades mais utilizadas no Sul de Minas Gerais, típica região produtora de café.

A semeadura foi feita no dia 9 de julho de 2008, em saquinhos de polietileno de 11 cm x 22 cm, próprios para mudas de café, com duas sementes por saquinho nas plantas que compunham a bordadura e três sementes por saquinhos nas plantas centrais. O solo utilizado foi de uma mistura na proporção : 700 litros de terra, 300 litros de esterco de curral, 5,0 quilos de Super Fosfato Simples e no caso dos tratamentos 6 a 10 adicionou-se a essa mistura 0,5 quilo de Cloreto de Potássio.

Após a semeadura, foi acrescentada uma camada de palha de rama de arroz sobre os tratamentos para conservar a umidade e evitar a retirada de sementes pelo impacto das gotas de água. Passados 70 (setenta) dias essa palha foi retirada afim de que o desenvolvimento da muda não fosse prejudicado.

A aplicação de água foi feita com regador, para que permitisse a variação das proporções de ARC em cada tratamento, sendo que a quantidade de água aplicada era equivalente a 10 mm e o turno de rega de 2 dias.

Após o crescimento das mudas foi feito um desbaste, para que ocorresse a condução de uma só muda. Na condução do experimento foi feita apenas uma adubação complementar com uréia na dosagem de  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$  quando a planta atingiu seu primeiro par de folhas.

Não foram efetuados os tratamentos fitossanitários. Exceto a retirada de plantas daninhas foi feita manualmente.

Após 133 dias da semeadura, o uso de ARC foi interrompido, pois começou a causar queimaduras nas folhas das plantas o que impediria a avaliação do experimento caso estas viessem a morrer, desde então passou a ser utilizada água comum até os 150 dias após a semeadura, quando um dos tratamentos atingiu o porte ideal para ser transplantado.

### **3.6. Características avaliadas**

#### **3.6.1. Características vegetativas das plantas**

Para avaliação foram tomadas aleatoriamente três das nove plantas centrais, sendo realizadas avaliações das seguintes características: altura das plantas (distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta); massa fresca da parte aérea e do sistema radicular (determinado em balança com precisão de quatro casas decimais); massa seca da parte aérea e do sistema radicular (obtida após a secagem em estufa de circulação de ar forçada a 60°C até atingir massa constante); diâmetro no colo da planta (obtido com o uso de um paquímetro digital); e área foliar (obtido por medição da maior largura e do maior comprimento das folhas, sendo posteriormente os valores multiplicados por um fator de correção de 0,667, método proposto por Barros et al. 1973).

#### **3.6.2. Características químicas do solo**

Para a obtenção dos resultados de análise química do solo, foram coletados solo dos saquinhos de polietileno das plantas selecionadas, sendo misturado o solo das três plantas formando uma amostra composta por parcela, que foi encaminhada para o Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – Faculdade de Ciências Agrônomicas, sendo que os procedimentos para cada nutriente já foram citados anteriormente.

#### **3.6.3. Características químicas das plantas**

Para a obtenção dos teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) da parte aérea das plantas, após a determinação da massa seca da parte aérea, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Wiley. A digestão sulfúrica foi utilizada para a obtenção do extrato visando à determinação de N. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada para a obtenção dos extratos para as determinações dos demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S), conforme metodologias apresentadas por Malavolta et al. (1997).



A partir das análises químicas foram obtidos os teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

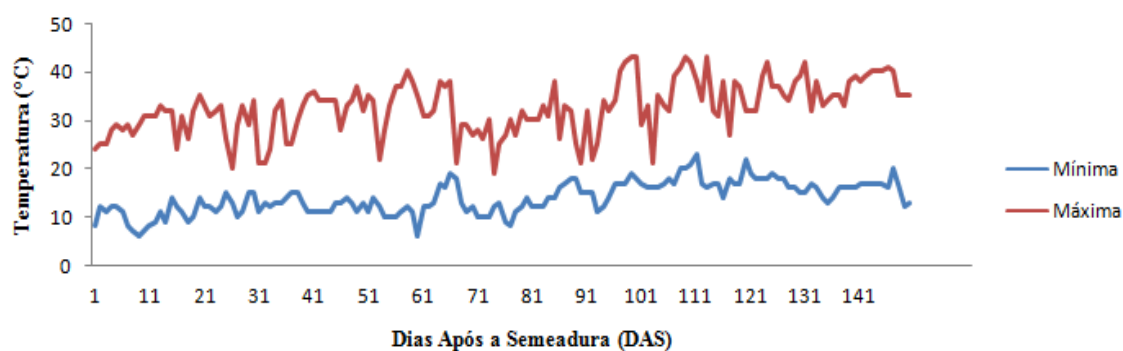
### **3.7. Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, em caso de efeito significativo para doses de ARC e presença ou ausência de cloreto de potássio, de acordo com o teste F, foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito de doses de ARC e presença ou ausência de KCl nas características avaliadas. O programa utilizado foi o Sisvar.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

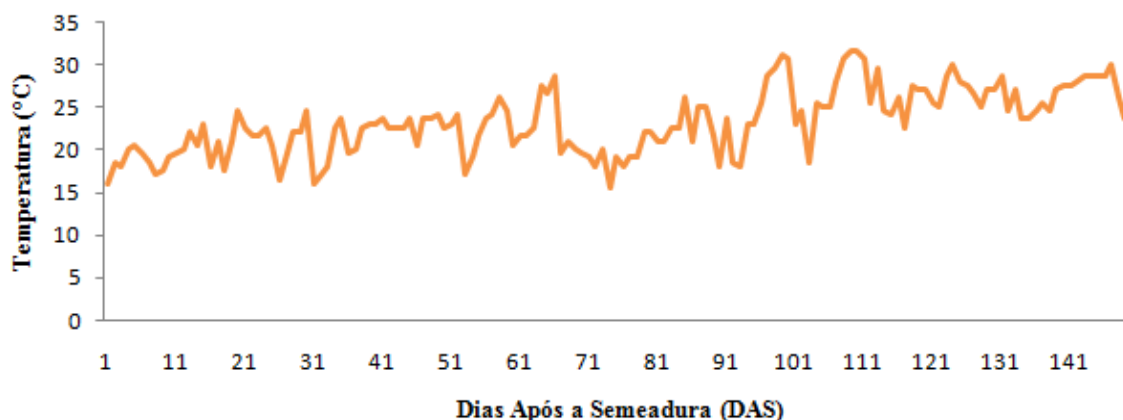
### 4.1. Temperaturas observadas durante a condução do experimento

As temperaturas observadas durante o período de condução das plantas encontram-se na Figura 9. As temperaturas máxima e mínima diárias variaram de 19 a 43°C e de 6 a 23°C, respectivamente



**Figura 9** – Temperaturas diárias máxima e mínima durante a produção de mudas de café. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Quanto à temperatura média de 22°C observada durante o experimento (Figura 10), está na faixa de temperatura recomendada para a produção de mudas de café, que varia de 18°C à 22°C segundo Santinato e Silva (2001).



**Figura 10** - Temperaturas média durante a produção de mudas de café. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

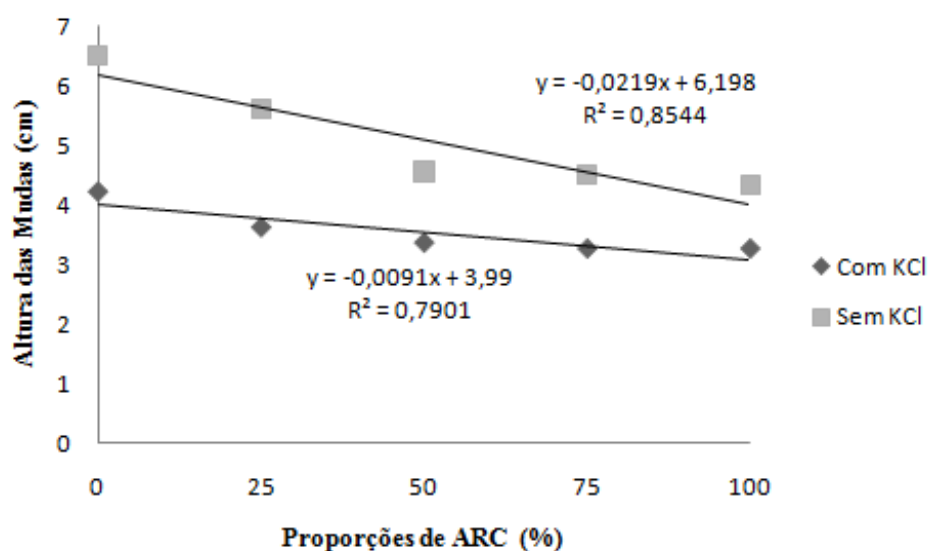
#### 4.2. Características vegetativas das plantas

Pelo resultado de alturas das mudas (Figura 11) observou-se que independentemente da presença ou ausência de cloreto de potássio, com o aumento das proporções de ARC há diminuição na altura das mudas e quando se faz a comparação entre a presença e ausência de KCl os tratamentos sem KCl apresentaram uma altura maior sendo que os tratamentos que têm 0% e 25% de ARC e não possuem KCl foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos, que não se diferenciaram entre si.

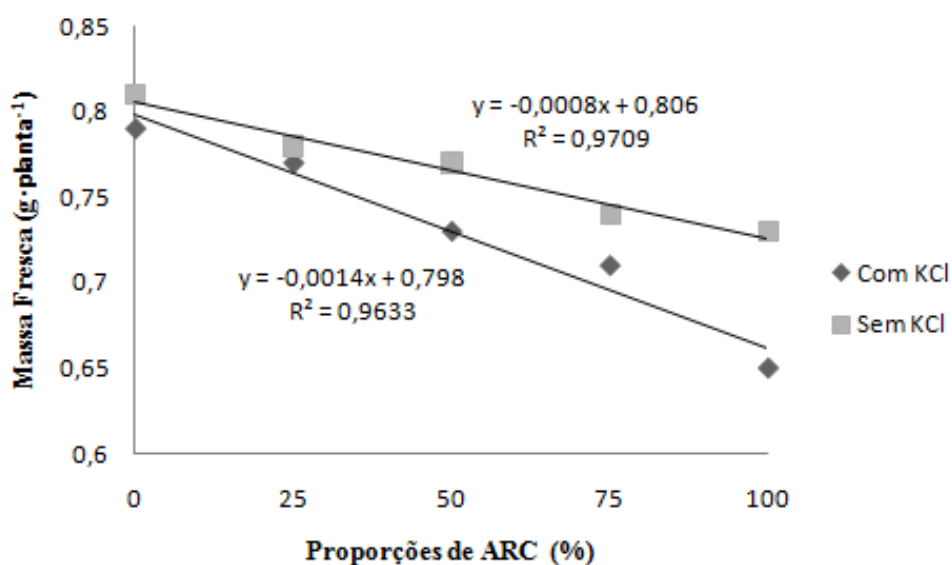
Assim como o resultado de altura, a massa fresca do sistema radicular (Figura 12) diminuiu quando houve aumento na proporção de ARC utilizada, tanto na ausência quanto na presença de cloreto de potássio. Além disso, notou-se que os tratamentos que havia a presença de KCl obtiveram menores massas quando comparados aos tratamentos sem KCl, sendo estatisticamente diferentes.

Mendonça et al. (2006) avaliando o efeito do fósforo em mudas de cafeeiro conseguiu resultados de massa fresca do sistema radicular superiores ao presente trabalho ( $2,5 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ), essa diferença pode ser explicada pelo fato de que Mendonça realizou a coleta e pesagem das plantas quando estas apresentavam 6 pares de folha

permitindo assim maior desenvolvimento da muda, enquanto neste trabalho a coleta e pesagem foi feita com 4 pares de folha.



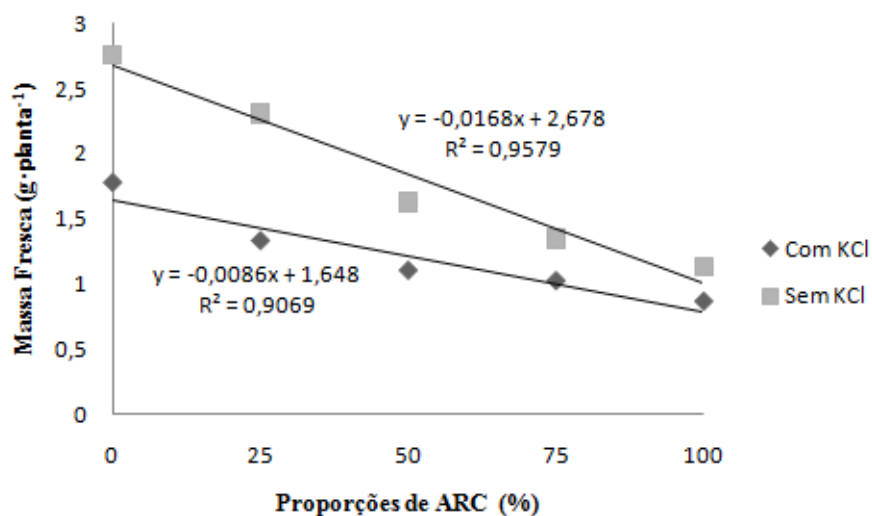
**Figura 11** - Alturas das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.



**Figura 12** - Variação da massa fresca do sistema radicular em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Os dados de massa fresca da parte aérea (Figura 13) apresentaram a mesma tendência encontrada pela altura e massa fresca do sistema radicular, ou seja, aumentando-se as proporções de ARC a massa diminui e a presença de KCl quando comparado aos tratamentos que não possuíam KCl são estatisticamente inferiores. Além disso, no caso da massa fresca da parte aérea houve interação entre os fatores, sendo que na presença de cloreto de potássio, quanto maior a proporção de ARC menor foi a massa e na ausência de KCl, quanto menor a proporção maior foi a massa.

Em experimento avaliando o efeito do fósforo no desenvolvimento de mudas de café, Mendonça et al. (2006) encontraram valores de massa fresca da parte aérea variando de 6,6 à 9,8 g · planta<sup>-1</sup>, resultados de 2 à 3 vezes maiores encontrados neste trabalho. Isso deve-se por Mendonça et al. terem coletado as plantas para pesagem com 6 pares de folhas, enquanto no presente trabalho, a coleta de folhas foi realizada quando o primeiro tratamento atingiu 4 pares de folha.



**Figura 13** - Variação da massa fresca da parte aérea em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Para os dados de massa seca do sistema radicular não houve diferença significativa pelo teste de F à 5% de probabilidade (Tabela 5). Portanto, tanto a presença ou não de cloreto de potássio como as proporções de ARC não apresentaram diferenças quando

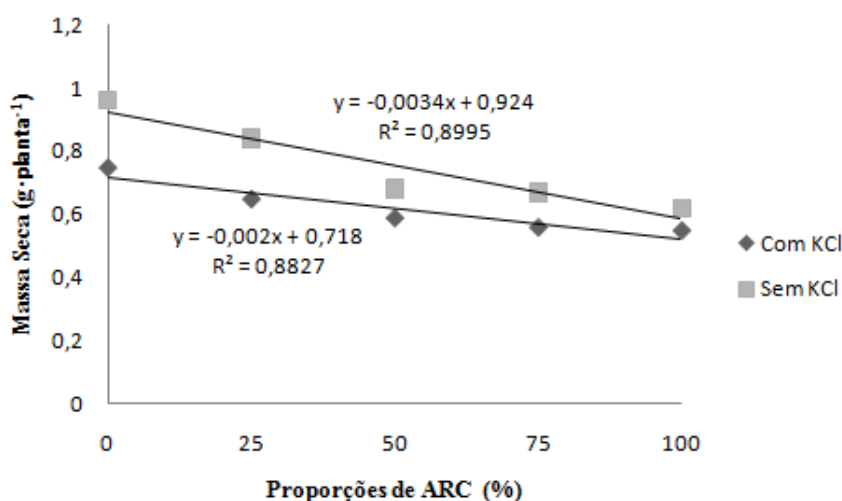
observado o material seco, mostrando que o sistema radicular do cafeeiro quando seco não sofreu influência dos tratamentos, porém quando fresco tem diferenças significativas, pois sem água, a planta não realiza suas funções fisiológicas.

**Tabela 5** - Massa seca do sistema radicular, em g, das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Proporções (%)	Ausência de KCl	Presença de KCl	Médias
<b>0</b>	0,55	0,54	0,55 ns
<b>25</b>	0,52	0,53	0,53 ns
<b>50</b>	0,52	0,52	0,52 ns
<b>75</b>	0,51	0,51	0,51 ns
<b>100</b>	0,51	0,48	0,50 ns
<b>Média</b>	0,52 ns	0,52 ns	0,52 ns
<b>CV%</b>	8,81		

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Nos resultados de massa seca da parte aérea (Figura 14), assim como os demais resultados apresentados anteriormente, os tratamentos em que houve aumento das proporções e a presença de cloreto de potássio obtiveram massa seca menor, quando comparados aos tratamentos sem adição de KCl e com proporções menores, porém sem haver interação entre os fatores.

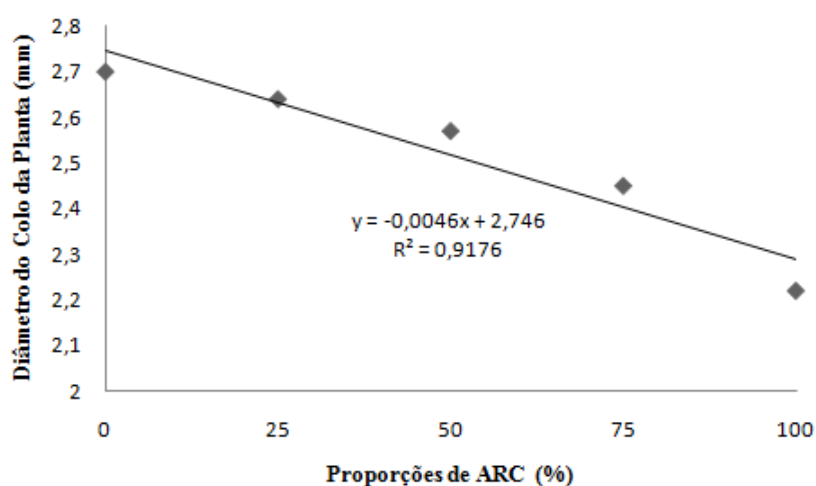


**Figura 14** - Variação da massa seca da parte aérea em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Matos et al. (2003), em um experimento com três forrageiras (azevém, milho e aveia preta) e aplicação de ARC e água comum com adubação observaram que as três forrageiras apresentaram rendimento de massa seca estatisticamente igual quando receberam ARC e água com adubação, tornando a aplicação de ARC viável nestas forrageiras quando comparado a aplicação de ARC com água comum e adubação. Em outro experimento com as mesmas forrageiras, Matos et al (2005), notaram que os tratamentos que foram irrigados com ARC obtiveram massa seca da parte aérea menor do que os tratamentos irrigados com água comum com adubação.

O diâmetro do colo da planta seguiu a mesma tendência dos resultados apresentados anteriormente, ou seja, com o aumento das proporções de ARC houve um decréscimo no diâmetro do colo da planta, porém a presença ou ausência de cloreto de potássio não foram afetados significativamente como pode ser visto na Figura 15.

Segundo Vallone et al. (2006) os valores encontrados de diâmetro do colo da planta nos tratamentos com 0%, 25%, 50% e 75% de ARC estão dentro dos valores por ele encontrado em experimento realizado com diferentes substratos e recipientes.



**Figura 15** - Variação do diâmetro do colo da planta em relação às proporções de água residual de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Na análise da área foliar (Tabela 6), houve diferença significativa tanto com relação as proporções quanto a presença ou não de cloreto de potássio e ainda houve

interação entre os fatores. Porém, o coeficiente de variação está acima do permitido segundo Pimentel-Gomes (1985). Esse fato pode ser explicado pela queima de parte das folhas quando aplicada água residuária.

Em experimento realizado por Vallone et al (2006), os valores encontrados de área foliar foi cerca de 140 cm<sup>2</sup> de área foliar. Esta diferença pode ser explicada, como já citado anteriormente, pela queima de parte das folhas das mudas quando da aplicação da água residuária nas parcelas.

**Tabela 6** - Área foliar, em cm<sup>2</sup>, das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Proporções(%)	Ausência de KCl	Presença de KCl
0	68,07 aA	30,54 bA
25	51,72 aA	16,35 bAB
50	26,01 bB	14,37 bAB
75	21,65 bB	13,47 bAB
100	19,86 bB	7,87 bB
CV%	30,72	

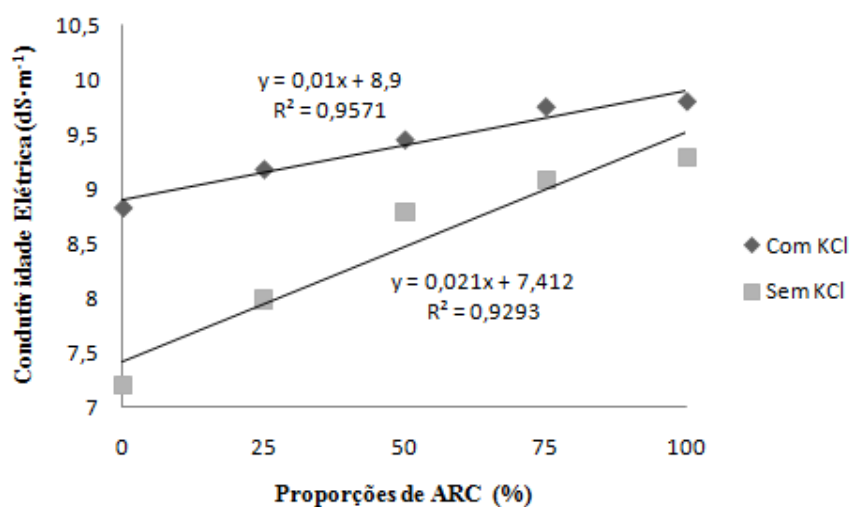
CV = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente na linha e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente na coluna pelo teste de F à 5% de probabilidade.

### 4.3. Características químicas do solo

A condutividade elétrica (Figura 16) com o aumento das proporções de ARC também aumentaram os valores de condutividade elétrica. A presença de cloreto de potássio fez com que os valores aumentassem, sendo estatisticamente superiores aos tratamentos que não apresentaram cloreto de potássio no solo, porém sem haver interação entre os fatores.

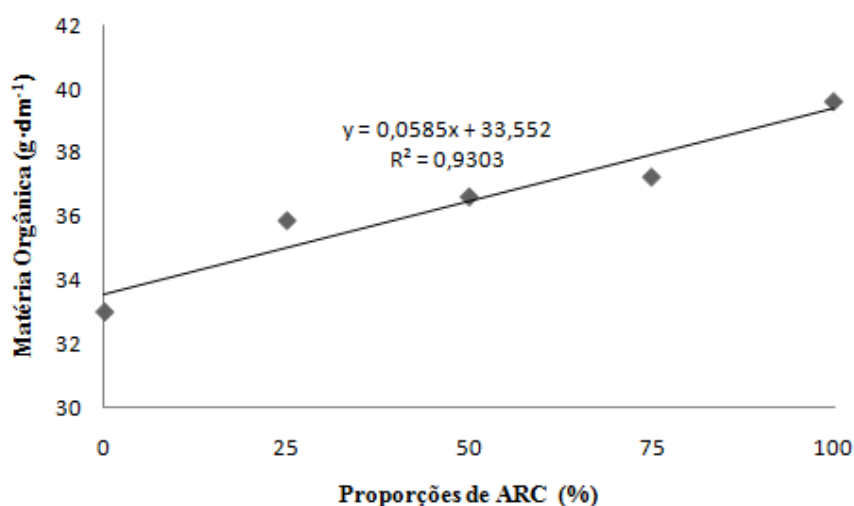
Garcia et al. (2008) aplicando diferentes proporções de água residuária de café em três tipos de solo sem cultivo, observaram a mesma tendência apresentada na Figura 17, sendo que com o aumento das doses aumentava-se a condutividade elétrica linearmente, fato esse explicado pelo aumento de sais que a ARC proporcionou ao solo, principalmente com íons de potássio.





**Figura 16** - Variação da condutividade elétrica nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

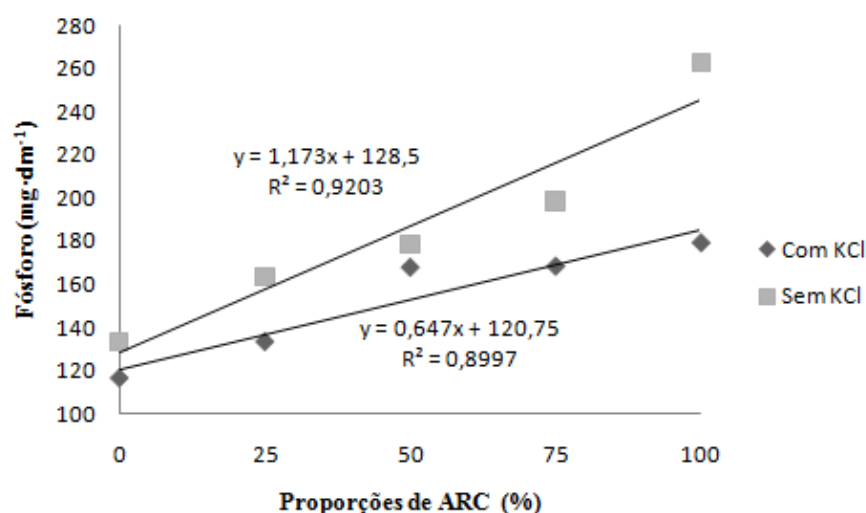
A matéria orgânica (Figura 17) seguiu a mesma tendência que a condutividade elétrica, ou seja, a medida que se aumentou as proporções de água residuária ocorreram maiores concentrações, fato este explicado pela ARC apresentar grande quantidade de material sólido, não se verificou diferença estatística quando comparados solos com presença e ausência de cloreto de potássio.



**Figura 17** - Variação da matéria orgânica nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Na análise de fósforo (Figura 18), houve a tendência de aumento de concentração do nutriente à medida que se aumenta as proporções de ARC havendo também diferença entre os tratamentos que apresentaram KCl no solo quando comparados aos tratamentos sem a presença deste adubo, sendo que na ausência de KCl os valores de fósforo foram maiores, podendo ter havido formação de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

Matos et al. (2005) em um experimento com aplicação de ARC em três diferentes forrageiras (azevém, milho e aveia) notaram que o fósforo disponível no solo decresceu em relação à análise antes da aplicação de ARC, pelo fato de que o fósforo foi complexado pela matéria orgânica adicionada ao solo pela ARC.

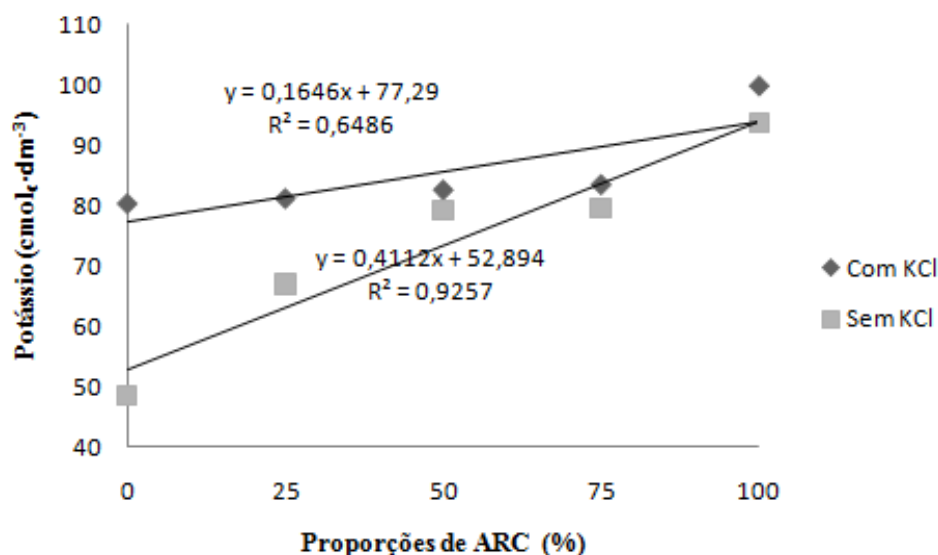


**Figura 18** - Variação do fósforo nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Assim como nas demais características químicas do solo, o potássio (Figura 19) aumentou com as proporções de ARC e os tratamentos que possuíam KCl apresentaram quantidades estatisticamente superiores de potássio em relação aos tratamentos que não apresentaram KCl no solo.

Esse aumento do potássio no solo deve-se ao fato da presença bastante expressiva do nutriente na ARC aplicada nas mudas. Assim como Matos et al. (2005) obtiveram um acréscimo de 12,5% de potássio em um experimento com aplicação de ARC em rampas de tratamento, mantendo o solo com uma classificação como muito boa fertilidade.

Garcia et al. (2008) também obtiveram resultado semelhante, pelo fato da ARC conter concentração elevada de potássio.

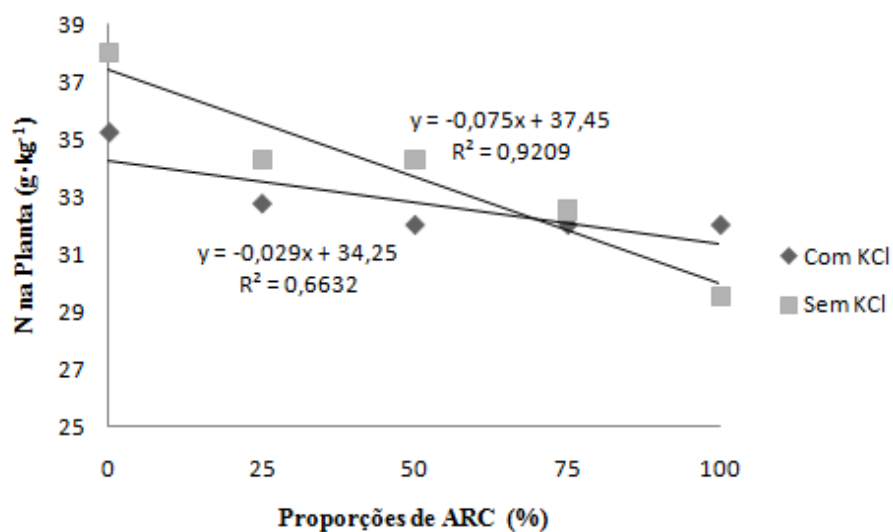


**Figura 19** - Variação do potássio nos solos em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

#### 4.4. Características químicas das plantas

O nitrogênio presente no tecido foliar (Figura 20) seguiu a tendência dos resultados apresentados nas características vegetativas das plantas, sendo que à medida que se aumentou as proporções de ARC menor o teor encontrado e na presença de cloreto de potássio no solo, os teores foram estatisticamente inferiores. Ainda foram observadas interação entre os fatores sendo que quanto maior a proporção de ARC e na presença de KCl, menor foi o teor de nitrogênio no tecido foliar. Além disso, o tratamento sem presença de KCl e com 0% de ARC foi estatisticamente superior aos demais.

Souza et al. (2005) observaram que o nitrogênio poderia ser suprido pela água residuária de origem urbana, uma vez que, não houve diferença significativa entre os tratamentos que recebiam água residuária e a testemunha que recebia água comum com adubação complementar.



**Figura 20** - Variação do teor de nitrogênio no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

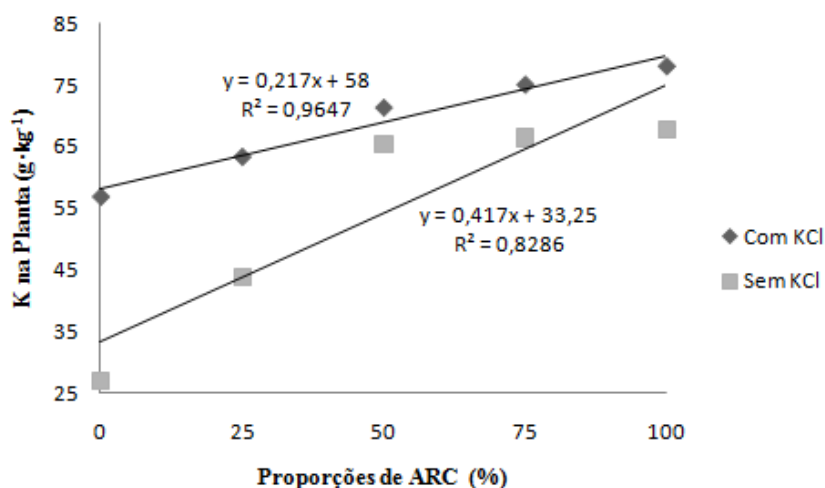
Já para o potássio (Figura 21), os resultados foram oposto ao do apresentado pelo nitrogênio, ou seja, aumentando-se a proporção de ARC maiores eram os teores de potássio encontrados na planta, assim como, os tratamentos que tinham a presença de KCl no solo também foram superiores aos tratamentos que não possuíam KCl, porém diferentemente do resultado de nitrogênio, neste caso não houve interação entre fatores.

Matos et al. (2005) não observaram diferença significativa entre as forrageiras que receberam água comum com adubação e as que receberam ARC quanto ao teor de potássio.

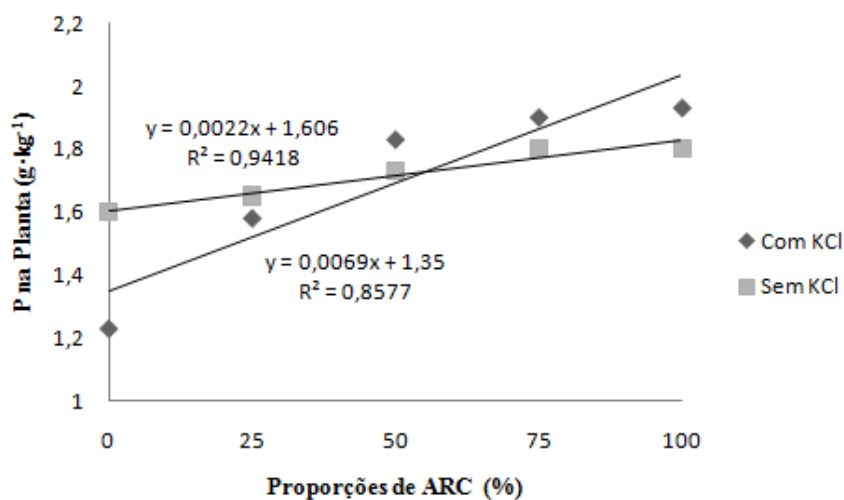
Quanto ao fósforo (Figura 22), não houve diferença estatística entre os tratamentos que possuíam KCl no solo e àqueles que não possuíam, porém com relação as proporções, houve diferença com resultado similar ao encontrado no potássio. Outro fator a ser considerado é que houve interação entre os fatores, sendo que os tratamentos que possuíam KCl no solo e com o aumento das dosagens, maiores foram os teores de fósforo encontrados nos tecidos foliares.

Souza et al. (2005) em um experimento conduzido por 18 meses irrigando a cultura do café com água residuária de origem urbana verificaram que os teores foliares de fósforo eram maiores quando se usava água residuária de origem urbana em relação

aos tratamentos que se usava água comum com adubação nos primeiros 12 meses, e nos 6 meses seguintes não houve diferença significativa entre os tratamentos.



**Figura 21** - Variação do teor de potássio no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

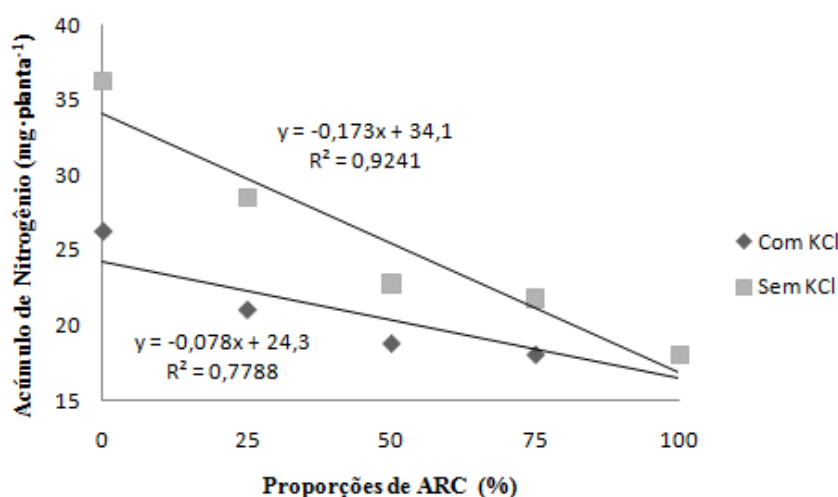


**Figura 22** - Variação do teor de fósforo no tecido foliar em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Quando feita a análise de acúmulo de nitrogênio na planta (Figura 23), o nitrogênio comportou-se da mesma maneira que no teor de nitrogênio na planta, à medida que aumentou as proporções de ARC menor o teor encontrado e na presença de cloreto de

potássio no solo, os teores são estatisticamente inferiores, havendo também ainda interação entre os fatores sendo que quanto maior a proporção de ARC e na presença de KCl, menor foi o acúmulo de nitrogênio na planta. Além disso, o tratamento sem presença de KCl e com 0% de ARC foi estatisticamente superior aos demais, seguido do tratamento sem a presença de KCl e com 25% de ARC que foi superior ao restante dos tratamentos.

Matos et al. (2005) em trabalho com três forrageiras notaram a mesma tendência com relação ao nitrogênio, que ao se aplicar ARC o acúmulo deste nutriente nas plantas diminuía quando comparados aos tratamentos que receberam água doce com adubação complementar.



**Figura 23** - Variação do acúmulo de nitrogênio na planta em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Já o potássio (Tabela 7) não apresentou diferença entre os tratamentos, quando avaliado o acúmulo. Além disso, o coeficiente de variação foi acima do aceito segundo Pimentel-Gomes (1985).

Matos et al. (2005) verificaram que forrageiras irrigadas com água comum com adubação foram significativamente superior no acúmulo de potássio em relação aos tratamentos que receberam ARC, pelo fato de que os tratamentos com água comum com adubação tiveram maior produtividade que os tratamentos com ARC.

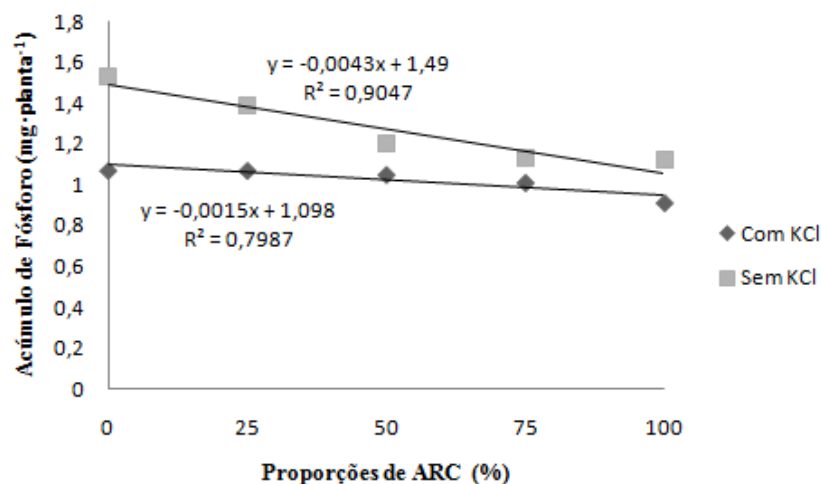
**Tabela 7** - Acúmulo de potássio, em mg, na matéria seca da parte aérea das mudas de café em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

Proporções	Ausência de KCl	Presença de KCl	Médias
0	26,50	42,00	34,25 ns
25	36,50	40,75	38,63 ns
50	43,50	41,50	42,50 ns
75	43,75	42,25	43,00 ns
100	42,25	43,00	42,63 ns
<b>Média</b>	38,50 ns	41,90 ns	40,20 ns
<b>CV%</b>	20,06		

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Para fósforo acumulado nas mudas de café (Figura 24), não houve diferença estatística com o aumento das proporções, porém quando comparados os tratamentos com a presença ou não de KCl no solo, houve diferença estatística, com os tratamentos sem a presença de cloreto de potássio os quais obtiveram maiores acúmulos de fósforo.

Matos et al. (2005) também não obtiveram diferença estatística, em trabalho com aplicação de ARC e água comum com adubação em forrageiras, quanto ao fósforo acumulado, mostrando que a qualidade da água não interferia na quantidade de fósforo acumulado pelas forrageiras.



**Figura 24** - Variação do acúmulo de fósforo na planta em relação às proporções de água residuária de café (ARC) aplicada e a presença ou não de KCl. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2008.

## 5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos conclui-se que:

- Os tratamentos que apresentavam cloreto de potássio no composto obtiveram resultados inferiores aos tratamentos sem KCl quando observadas características vegetativas das mudas de café;

- À medida que aumenta as dosagens de água residuária de café as características vegetativas das plantas tendem a diminuir devido a salinização do solo, enquanto as características químicas do solo tendem a aumentar;

- A água residuária de café pode ser usada na produção de mudas de café desde que sejam diluídas podendo suprir a necessidades de potássio quando este não se encontra no composto.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R. S. et al. Determinação de área foliar de café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p. 44-52, 1973.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 5 dez. 2007.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V.L. Efeito de microorganismos na qualidade da bebida do café. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.18, p. 21-26, 1997.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. Simpósio em Energia na Agricultura. Botucatu, 1999, p. 487-490.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ESPÍNDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1974, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 650-654.

GARCIA, G. O. et al. Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 16, n. 4, p. 416-427, 2008.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA; FAEPE, 2008. 317 p.

LEITE, S. L. O futuro do café cereja descascado. In: SALVA, T. J. G. **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas: IAC, 2007. p. 167-198.

LO MÔNACO, P. A. et al. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 10, n. 1, p. 1-4, 2002.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA; POTAFOS, 1989. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

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

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Varginha: MAPA/PORCAFÉ, 2005, 438 p.

MATOS, A. T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In : ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de café**. Viçosa: UFV, DFP, 2003. p. 647-708.

MATOS, A. T. et al. Produtividade de forrageiras utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias de lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 154-158, 2003.

MATOS, A. T.; LO MÔNACO, P. A. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ, 4, 2004, Campinas. **Curso...** Campinas: IAC, 2004, p. 119-145.

MATOS, A. T.; FIA, R.; LO MONACO, P. A. Efeitos do uso da água residuária na lavoura. **Revista Cafés & Cia**, Viçosa, n.18, p. 16-18, 2005.

MATOS, A. T. et al. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 406-412, 2005.

MATOS, A. T. et al. Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento de frutos de cafeeiro. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 52, n. 30, p. 675-688, 2005.

MENDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005.

MENDONÇA, S. M. et al. Efeito do fósforo no desenvolvimento de mudas de café em viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 32, 2006, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA;PROCAFÉ, 2006, p. 15.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. Lavras: Editora UFLA, 2003. 304 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq, 1985. 467 p.

PRADO, M. A. C. **Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos de *Coffea arabica* L. em reator UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café.** Lavras: UFLA, 2006. 206 p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

SANTINATO, R.; SILVA, V. A. **Tecnologia para produção de mudas de café.** Belo Horizonte: O Lutador, 2001. 116 p.

SILVA, J. F. da; CAMPOS, C. M. M. **Monitoramento de um sistema piloto no tratamento da água residuária do café produzido por via úmida.** Lavras: UFLA, 2007. 133 p.

SOARES, G. F. et al. Teor de açúcar da água residuária do desmucilamento do café de diferentes variedades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 33, 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: MAPA;PROCAFÉ, 2007, p. 154-155.

SOUZA, J. A. A. et al. Nutrição do cafeeiro sob fertirrigação com água residuária de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 5, Suplemento, 2005.

VALLONE, H. S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros, I – produção de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 32, 2006, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA;PROCAFÉ, 2006, p. 190-191.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. v. 3, 134 p.