

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

PAULA ALVAREZ CABANÊZ

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO E NA ÁGUA DE DRENAGEM
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO
PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO**

ALEGRE (ES)

2010

PAULA ALVAREZ CABANÊZ

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO E NA ÁGUA DE DRENAGEM
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO
PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mirna Aparecida Neves

ALEGRE (ES)

2010

PAULA ALVAREZ CABANÊZ

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO E NA ÁGUA DE DRENAGEM
DECORRENTES DA APLICAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO
PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Aprovada em 31 de agosto de 2010.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mirna Aparecida Neves
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. Luiz Carlos Prezotti
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural -
INCAPER

DEDICATÓRIA

A Deus, supremo em minha vida.

Aos meus pais, Tereza e Paulo, pelo amor e ensinamento durante a minha vida.

Aos meus irmãos, cunhados, tios e primos, pelo amor, compreensão e apoio.

Ao meu noivo Michael pelo amor, apoio, ajuda e compreensão em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Mirna Aparecida Neves, pela orientação segura, confiança, apoio e amizade em todos os momentos, o meu muito obrigada.

Aos professores Dr. Luiz Carlos Prezotti, Dr. Roberto Avelino Cecílio e Dr. Giovanni de Oliveira Garcia, pelas valiosas sugestões.

Ao Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça, pelas discussões sobre a interpretação dos dados e ao Prof. Dr. Adésio Ferreira, pela ajuda com os tratamentos estatísticos.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realizar o Mestrado.

A Madalena C. Capucho de Oliveira e ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Polanczyk, pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao Programa Bolsa REUNI – CAPES, pela concessão da Bolsa de Estudos no ano de 2009.

Ao Agrônomo e Msc. em Produção Vegetal Sr. Izaías dos Santos Bregonci do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), pelo apoio na análise dos dados.

Aos senhores proprietários rurais, Ademir Gonçalves de Paula, Dr. Gilmar Polido Bodevan e Fabiano, pela colaboração na coleta de material.

Ao Tecnólogo em Gestão Ambiental e Saneamento Sr. Marcos de Souza Neves Cardoso, pelo apoio, amizade e colaboração na realização do experimento.

Aos laboratoristas Silvo, Soninha e Fabiano, pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

Aos colegas do Mestrado, pelo apoio durante a realização do curso, em especial a Ester, Tatiana e Talita, pela colaboração, ajuda e amizade.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

"A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe."

Jean Piaget

BIOGRAFIA

Paula Alvarez Cabanêz, filha de Tereza de Jesus Alvarez e Paulo Cabanêz, é natural da cidade de Alegre, ES.

Graduou-se em 2006 no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Alegre (FAFIA).

Atuou como Agente Comunitária de Saúde na Prefeitura Municipal de Alegre, ES.

Atuou como professora de Ensino Fundamental e Médio no Centro Educacional “Adélia Barroso Bifano” de 2006 a 2008.

Atuou como professora voluntária no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no semestre letivo 2008/2.

É pós-graduada (*latu sensu*) na área de Governança, Educação e Direito Ambiental, pela FAFIA, Alegre, ES, em 2009.

CABANÊZ, Paula Alvarez, M. Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Agosto de 2010. **Alterações químicas no solo e na água de drenagem decorrentes da aplicação da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro.**

Orientadora: Prof^a Dr^a Mirna Aparecida Neves.

RESUMO: A reutilização de resíduos culturais na agricultura é uma alternativa promissora, que permite sustentar o agroambiente proporcionando melhorias ao sistema solo-planta. Nesse sentido, a água residuária oriunda do processamento dos frutos do café (ARC) pode ser utilizada na agricultura como fertilizante natural, respeitando a concentração dos nutrientes nela contidos. Este trabalho teve como objetivo utilizar dois solos como meio de tratamento da ARC, possibilitando a remoção de material orgânico e inorgânico presentes nesses efluentes. Para isso, fez-se ensaio de colunas de solos, sendo aplicados a eles a ARC. A ARC foi coletada no período de julho e agosto e as amostras de solos foram retiradas em profundidade de 0 a 40 cm, em dois solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando texturas diferentes, sendo o solo um de textura média e o solo dois de textura arenosa. Foram coletadas amostras do lixiviado da ARC e foram feitas determinações de pH, condutividade elétrica (CE), demanda química de oxigênio (DQO), P, Ca, Mg e K. Após a percolação da ARC em colunas de solos, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório a fim de proceder as determinações de P, K, Ca, Mg, pH, matéria orgânica do solo (MOS), soma de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) em pH 7, CTC efetiva e índice de saturação em bases. Foi possível concluir que a ARC contribuiu para a alteração das concentrações de pH e Mg, aumento da CTC em pH 7 e da concentração de K, diminuição do índice de saturação em bases e da concentração de Ca, sendo que as concentrações de P, MOS, CTC efetiva e soma de bases não foram significativamente alteradas pela adição da ARC. Para o solo de textura arenosa, a ARC contribuiu para a alteração do pH e da concentração de K, diminuição da concentração de Ca, MOS, soma de bases e índice de saturação em bases, aumento da CTC em pH 7, sendo que as concentrações de P, Mg e CTC efetiva não foram alteradas significativamente pela adição da ARC. Com relação às águas de drenagem decorrentes da aplicação da ARC em colunas de solo de textura média, pode-se concluir que houve aumento do pH, CE e da concentração de Ca, diminuição da DQO, da concentração de Mg e P, sendo que a concentração de K não foi significativamente alterada. Quanto às águas

do lixiviado da ARC nas colunas de solo de textura arenosa, pode-se inferir que houve aumento do pH, da concentração de Ca e Mg, diminuição da CE, DQO e em alguns momentos da concentração de P, sendo que a concentração de K não foi significativamente alterada.

Palavras-chave: café arábica, Coffea arabica, resíduo agrícola, água residuária.

CABANÊZ, Paula Alvarez, M. Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, August to 2010. **Chemical changes in soil and drainage water deriving from the application of wastewater from processing of coffee fruits.** Guiding: Dr^a Mirna Aparecida Neves.

ABSTRACT: Reuse of crop residues in agriculture is a promising alternative, which allows sustain agroenvironment providing improvements to the soil-plant system. This sense, the wastewater coming from the processing of coffee fruits (ARC) can be used as natural fertilizer in agriculture, respecting the concentration of nutrients it contains. This study had as objective use two soils as a means of treatment of ARC, allowing the removal of organic and inorganic material present in these effluents. For this, made to test soil columns, being applied to them the ARC. The ARC was collected during july and august and soil samples were removed in depth from 0 to 40 cm in two soils classified as Yellow Red Latosol, with different textures, being one soil of medium texture and two soil of arenaceous texture. Samples were collected from the leachate of the ARC and were made the measurements of pH, electrical conductivity (EC), chemical oxygen demand (COD), P, Ca, Mg and K. After percolation of the ARC in soil columns, they were directed to the laboratory to proceed the determinations of P, K, Ca, Mg, pH, soil organic matter (SOM), total bases, cation exchange capacity (CEC) at pH 7, effective CEC and base saturation index. It was concluded that the ARC contributed to the change in the levels of pH and Mg, CEC at pH 7 and concentration of K, reduced the base saturation index and Ca concentration, and the concentration of P, SOM, effective CEC and total bases was not significantly altered by the addition of the ARC. For arenaceous soil, the ARC has contributed to the change of pH and concentration of K, reduction in the Ca concentration, SOM, total of bases and base saturation index, increased CEC at pH 7, and the concentrations P, Mg and effective CEC were not significantly altered by the addition of the ARC. With respect the drainage water from the application of ARC in columns of the medium textured soil can conclude that increasing pH, EC and Ca concentration, reduced the COD, the concentration of Mg and P, and the concentration of K was not significantly changed. As the waters of the leachate from the ARC in the columns of arenaceous soil can bein ferred that there was an increase of pH, Ca and Mg concentration, reduced of the EC, COD and at times the P concentration, and the concentration of K was not significantly altered.

Key-words: arabica coffee, *Coffea arabica*, agricultural waste, wastewater.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas da amostra de ARC	11
Tabela 2 - Características físicas e químicas das amostras de solos (solo textura média e solo de textura arenosa)	12
Tabela 3 - Valores médios do pH obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	16
Tabela 4 - Valores médios do K ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	17
Tabela 5 - Valores médios do P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	18
Tabela 6 - Valores médios do Ca ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	19
Tabela 7 - Valores médios do Mg ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	21
Tabela 8 - Valores médios da MO ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	22
Tabela 9 - Valores médios da CTC em pH 7 ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	23
Tabela 10 - Valores médios da CTC efetiva ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	24
Tabela 11 - Valores médios da SB ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	25
Tabela 12 - Valores médios da V (%) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	26
Tabela 13 - Valores médios do pH obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	27
Tabela 14 - Valores médios da CE obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	28
Tabela 15 - Valores médios da DQO obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	29
Tabela 16 - Valores médios de Ca obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	30

Tabela 17 - Valores médios de Mg obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	31
Tabela 18 - Valores médios de K obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	32
Tabela 19 - Valores médios de P obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 A CULTURA DO CAFÉ EM SEUS ASPECTOS GERAIS	03
2.2 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO	04
2.3 ÁGUA RESIDUÁRIA GERADA NO PROCESSAMENTO VIA ÚMIDA DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO (ARC)	05
2.4 BREVE EXPLANAÇÃO SOBRE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELATIVA AO LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPO HÍDRICO	07
2.5 EFEITOS DA DISPOSIÇÃO DA ARC NO AGROAMBIENTE	08
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFÉ ARÁBICA	11
3.2 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE SOLOS	12
3.3 APLICAÇÃO DA ARC EM COLUNAS DE SOLO	13
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFÉ ARÁBICA	15
4.2 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS NO PERFIL DOS SOLOS APÓS PERCOLAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO	16
4.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	16

4.2.2 Potássio (K)	17
4.2.3 Fósforo (P)	18
4.2.4 Cálcio (Ca)	19
4.2.5 Magnésio (Mg)	20
4.2.6 Matéria orgânica (MO)	21
4.2.7 Capacidade de troca catiônica (CTC) em pH 7 (T)	22
4.2.8 Capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t)	23
4.2.9 Soma de bases (SB) e saturação em bases (V%)	24
4.3 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ARC APÓS PERCOLAÇÃO DA MESMA NOS SOLOS	26
4.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	26
4.3.2 Condutividade elétrica (CE)	27
4.3.3 Demanda química de oxigênio (DQO)	28
4.3.4 Cálcio (Ca)	29
4.3.5 Magnésio (Mg)	30
4.3.6 Potássio (K)	31
4.3.7 Fósforo (P)	32
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

Na produção de bens de consumo é gerada grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. O resíduo líquido pode ser de origem industrial ou derivada da produção pecuária e de outros sistemas de produção da área rural (ISHERWOOD, 1999).

Na agricultura, tem-se a atividade da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro que, segundo Batista et al. (2007), é geradora de grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico. Esse processamento tem sido comum em regiões produtoras, já que possibilita redução nos gastos e melhora na qualidade da bebida do café.

Se aplicada em corpos hídricos, o impacto ambiental proporcionado pela água residuária dos frutos do café (ARC) é grande devido à carga orgânica e quantidade de nutrientes nela encontradas. Além disso, tem-se grande volume de água limpa utilizada, mesmo com a recirculação da mesma no sistema de beneficiamento. Segundo Lima (2006), à medida que a água recircula no processamento do café, os valores dos atributos físicos e químicos presentes na ARC indicam um potencial poluente cada vez maior.

Quando a ARC é lançada em corpos d'água promove o desenvolvimento de algas, o que acarreta uma redução acentuada da concentração de oxigênio dissolvido e a alta concentração de nutrientes pode levar à eutrofização e colocar em risco a qualidade das águas.

A ARC pode ser utilizada na agricultura como fertilizante natural respeitando a concentração adequada dos nutrientes nela contidos. A disposição da água residuária no solo é considerada uma alternativa para o seu tratamento e, de acordo com Matos et al. (1995), tem efeitos positivos, como o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos produtos colhidos e a redução da degradação ambiental.

Entretanto, a ARC lançada no solo em doses excessivas pode provocar alterações nas características físico-químicas do meio devido a sua alta concentração de matéria orgânica e nutrientes. A recomendação para o descarte de resíduos no meio ambiente deve ser precedida de estudos detalhados decorrentes da adsorção de

íons pela fração coloidal do solo e da mobilidade desses íons no perfil do solo (ALCÂNTARA; CAMARGO, 2001). De acordo com Garcia (2003), o uso agrícola dessas águas residuárias deve ser cuidadosamente planejado no sentido de controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos sobre o solo e as culturas.

Partindo-se do pressuposto de que a percolação da ARC no solo provoca alterações nas características químicas da água de drenagem e do solo, este trabalho teve como objetivo utilizar os dois solos como meio de tratamento da água residuária proveniente do processamento dos frutos do cafeeiro, possibilitando a remoção de material orgânico e inorgânico presentes nesses efluentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO CAFÉ EM SEUS ASPECTOS GERAIS

O café é originário da África, sendo *Coffea arabica* da Etiópia e *Coffea canephora* do Congo (FERRÃO et al., 2007). Segundo os mesmos autores, o café arábica é cultivado em muitas partes do mundo: nas Américas Central e do Sul, na África do Sul e no leste da Ásia. Segundo Santana e Farah (2000), o café em seu habitat original é elemento de uma estrutura florestal associado a várias espécies silvestres.

As cultivares de café arábica apresentam qualidade de bebida superior às de robusta (PIMENTA, 2003). A espécie *Coffea arabica* possui características organolépticas desejadas, como aroma, pouca acidez, menos sólidos, enquanto a *Coffea canephora*, ou conilon, é mais encorpada, menos aromática e tem pouca acidez (LEITE; SILVA, 2000).

As espécies *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café robusta) são as únicas cultivadas em grande escala nas variadas regiões cafeeiras do mundo (MATIELO et al., 2002). Das mais de 100 espécies diferentes de cafés existentes, *Coffea arabica* e *Coffea canephora* respondem por quase todo o café produzido e comercializado no mundo (FERRÃO et al., 2008). De acordo com os autores citados, o café arábica representa mais de 60% da produção e é cultivado em regiões mais frias, geralmente em altitudes acima de 500 metros, sendo o responsável pela produção de cafés mais finos, com melhor aroma e sabor, enquanto o café conilon, conhecido também como robusta, responde por aproximadamente 40% da produção mundial e é adaptado para regiões mais quentes com altitudes abaixo de 500 metros.

É notório o destaque de todo o sistema agroindustrial do café em termos de uso de mão de obra e fixação do homem no campo, geração de empregos nos setores à montante e à jusante da produção primária, bem como em termos de obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos (FASSIO; SILVA, 2007).

Segundo Ferrão et al. (2008), o Espírito Santo é o segundo maior produtor de café do Brasil e apresenta produção concentrada, predominantemente, nas regiões do Caparaó (37,4%), Serrana (36,7%) e Sul (15,3%).

A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) verificou, com mais de 90% do fruto do estado colhido e beneficiado no ano de 2010, uma redução significativa na produção, isso ocorreu devido ao período de seca que durou mais de três meses, numa fase de grande demanda de água nos cafezais, que é o período de enchimento de grãos (CONAB, 2010). Ainda registra a Conab, que o parque cafeeiro de arábica apresenta potencial para incremento significativo da produção, necessitando principalmente de ser renovado e o programa Renovar Café Arábica vem sendo implantado no Estado para auxiliar o aumento da produtividade e da produção do café arábica no estado.

2.2 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIRO

A indústria cafeeira apresenta crescente segmentação quanto às características de qualidade do café (PIMENTA, 2001). Um processamento pós-colheita adequado é sempre fator importante para a obtenção de um produto de boa qualidade (VEGRO; CARVALHO, 1994). Para obtenção desse produto, são necessários, além do cultivo de forma adequada, cuidados na colheita e no processamento dos frutos (SILVA; GUIMARÃES; NOGUEIRA, 2005).

O preparo ou o processamento dos frutos do cafeeiro após a colheita pode ser feito de dois modos: por via seca, resultando nos “cafés de terreiro” ou “cafés naturais”, ou por via úmida, dando os “cafés despulpados” ou os “cafés cerejas descascados” (MATIELO et al., 2002).

No Brasil, grande parte do fruto é preparada por via seca. Nessa operação, os frutos do cafeeiro colhidos devem ser esparramados imediatamente no terreiro para secar. A rapidez na operação de secagem é importante, pois pode ocorrer a deteriorização dos frutos que depende da temperatura, da umidade relativa do ar e do tempo em que o café permanece úmido (PIMENTA, 2003). Além desses fatores, são também

importantes os cuidados adotados na colheita para evitar fermentações indesejáveis que ocorrem na mucilagem açucarada dos frutos (FARIA, 2008).

Quanto ao processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida, o Brasil apresenta regiões com boas condições para produção de cafés despulpados, principalmente nas regiões montanhosas (PIMENTA, 2003). Segundo Siqueira (2003), é uma tecnologia que agrega valor ao café e contribui para alcançar boas cotações no mercado internacional e proporcionar uma bebida suave.

O preparo dos frutos do cafeeiro por via úmida inclui as práticas de lavagem e despulpa. Durante o processo de lavagem ocorre a separação dos frutos do café pelo lavador hidráulico de acordo com a sua densidade (SANTOS, 2005). Nesse processo, obtêm-se o café cereja e o café bóia, sendo que o café cereja passa por um processo de despulpamento e desmucilagem (LIMA, 2006). Na obtenção do café cereja despulpado, a casca e a polpa do fruto são removidas de forma mecânica, e posterior fermentação da mucilagem e lavagem dos grãos (PIMENTA, 2003).

2.3 ÁGUA RESIDUÁRIA GERADA NO PROCESSAMENTO VIA ÚMIDA DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO (ARC)

A água é o elemento condutor dos frutos na unidade de processamento e a ela se juntam resíduos dos frutos, formando a água residuária do processamento do café (SOARES et al., 2007). Conforme os autores citados, na operação de lavagem dos frutos do cafeeiro, geram-se 0,1 a 0,2 L de água residuária por litro de frutos processados, dependendo das dimensões do lavador e do número de descargas realizadas para substituição da água de lavagem. Já no despulpamento e desmucilagem, de acordo com Matos e Lo Mônaco (2003), geram-se 3 a 5 L de água residuária por litro de frutos processados.

Devido ao grande volume de água utilizada na despulpa e desmucilagem dos frutos do café, os agricultores fazem a recirculação da água no sistema. De acordo com Matos et al. (2007), com a recirculação, a proporção de água utilizada pode diminuir para aproximadamente 1 litro para cada litro de fruto processado, reduzindo a

necessidade de uso de água de boa qualidade captada em mananciais superficiais ou subterrâneos.

A recirculação da água na atividade da despolpa dos frutos do cafeeiro aumenta a concentração de material suspenso e em solução, podendo comprometer a qualidade final do produto, pois a água em recirculação pode ser veiculadora de fungos e contaminantes, podendo trazer prejuízos à qualidade dos grãos (MATOS; CABANELLAS; BRASIL, 2006b). Em vista dos riscos de se afetar a qualidade de bebida dos grãos, considera-se que a recirculação da água seja viável apenas se esta for submetida a tratamento preliminar (retirada de sólidos) seguido de tratamento primário (filtração), antes de ser bombeada para recirculação no sistema (MATOS, 2003).

A ARC é considerada um resíduo líquido, apesar de possuir uma quantidade considerável de sólidos. Lo Mônico et al. (2004) observaram elevada concentração de sólidos totais (4.000 mg.L^{-1}), dos quais a maior parte é composta por sólidos voláteis totais que podem ser removidos, em grande parte, por tratamento biológico.

Segundo Matos et al. (2006a), a ARC caracteriza-se por elevados valores de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que são indicativos da presença de carga orgânica. Os valores de DQO variam de 3.430 a 8.000 mg.L^{-1} (MATOS, 2003) e de DBO variam de 1.578 a 3.242 mg.L^{-1} (MATOS et al., 2001b).

Na ARC, há presença de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) que se encontram na faixa de 185,6 a 245,5, 4,5 a 6,5 e 44,4 a 346,0 mg.L^{-1} , respectivamente (MATOS et al., 2001a). Também apresenta compostos fenólicos, cafeína, açúcares (GONÇALVES et al., 2000), fragmentos de folhas, ramos das plantas, partículas de solo, cascas e mucilagem dos frutos do café (SOARES et al., 2007).

Além do nitrogênio, fósforo e potássio, há também a presença do cálcio, sódio e magnésio, o que faz com que este resíduo apresente valor fertilizante, podendo ser aproveitado e disposto na propriedade com fins de complementação de fertilizantes minerais. De acordo com Batista et al. (2007), a utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para se evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e de fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola.

2.4 BREVE EXPLANAÇÃO SOBRE A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELATIVA AO LANÇAMENTO DE EFLUENTE EM CORPO HÍDRICO

Os instrumentos de gestão ambiental devem, de acordo com seus princípios norteadores, evitar ou minimizar os impactos advindos das atividades humanas sobre os recursos naturais e, para tanto, precisam ser utilizados de forma coordenada, visando objetivos finais comuns (PIZELLA; SOUZA, 2007). Quanto à legislação ambiental relativa ao lançamento de efluente em corpos hídricos, pode-se citar a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 (CONAMA, 2008).

A Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Política Nacional do Meio Ambiente - visa controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida. A Política Nacional do Meio Ambiente dispõe sobre cinco instrumentos: os planos de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso da água, o sistema de informações sobre recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso da água bruta (especificamente, pelo lançamento de efluentes) (SILVA; RIBEIRO, 2006).

De acordo com a Lei citada acima no artigo 6º, fica evidente que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tem a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1981).

Dessa forma, o CONAMA se torna referência para elaborar normas destinadas a proteger os recursos naturais e a qualidade de vida no Brasil (CONAMA, 2008). Nesse sentido, é importante ressaltar a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências, e, a Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o

enquadramento das águas subterrâneas e outras providências. Essas resoluções são essenciais para saber a quantidade máxima de efluente que pode ser lançada em corpos hídricos e, agir sobre os infratores penalizando-os para se adequarem à legislação.

No estado do Espírito Santo, onde a produção de café é importante, há uma legislação ambiental específica, regida pela Instrução Normativa nº 13, de 17 de dezembro de 2007 (ESPÍRITO SANTO, 2007), do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Essa instrução dispõe diretrizes para o licenciamento ambiental da atividade de beneficiamento de café e de outros grãos. Quanto ao processamento dos frutos do cafeeiro por via úmida, pode ser dada destinação adequada ao resíduo oriundo dessa atividade. De acordo com a Instrução Normativa citada, a ARC pode ser utilizada em fertirrigação, em que um profissional técnico habilitado deverá atestar, previamente, a aptidão da área com base em laudo de análises físico-químicas de solos do local, e/ou, a ARC pode ser disposta em lagoas de estabilização, sendo necessário especificar de acordo com o tipo de solo da área.

Quanto à lavagem dos grãos do cafeeiro, segundo a Instrução Normativa mencionada, fica permitido o retorno da água aos mananciais, desde que seja implantado um sistema adequado de retenção de sólidos, por onde deve passar a água antes de seu descarte e que respeite os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Também é abordado o uso racional dos recursos naturais para o processamento via úmida, sendo recomendável que se faça o reuso da água, através do processo de recirculação, reduzindo assim o volume de captação e a geração efluente.

2.5 EFEITOS DA DISPOSIÇÃO DA ARC NO AGROAMBIENTE

Toda atividade humana gera resíduos, sejam de origem industrial, agropecuária ou urbana. Os impactos causados pelo lançamento de resíduos no meio ambiente se tornaram um dos grandes problemas da atualidade. Os diferentes tipos de resíduos e rejeitos provenientes das atividades antrópicas correspondem a um dos 'custos' que devem ser contabilizados no processo produtivo (MAGALHÃES, 2002).

Segundo Leon e Cavallini (1999), águas residuárias podem causar impactos ambientais negativos quando utilizadas de forma inadequada, dentre eles:

- contaminação de água subterrânea por elementos contaminantes não removidos pelo sistema de tratamento;
- geração de odores desagradáveis caso o projeto, a operação e a manutenção estejam inadequados;
- presença de vetores de enfermidades, caso não exista controle adequado;
- deterioração do solo pelo aumento da salinização e alagamento, nos casos em que as necessidades de drenagem e de infiltração não sejam atendidas.

Nos últimos anos, novas alternativas de tratamento e disposição final desses resíduos estão sendo procuradas de forma a causar o mínimo de impacto ambiental (MATOS; EMMERICH; BRASIL, 2005a).

Os resíduos, no contexto agrônomico, podem ser utilizados como materiais condicionadores do solo, como fertilizantes (SOUSA et al., 2006); porém, toda e qualquer tecnologia gerada para a disposição de resíduos orgânicos no solo, por mais modernas e complexas que sejam se não contemplarem os riscos potenciais de contaminação ambiental, estará, inexoravelmente, condenado ao fracasso (MATOS; SEDIYAMA, 1996).

Como o foco da discussão é o resíduo líquido proveniente da despulpa dos frutos do cafeeiro, Hubbard et al. (1987) propõem que, a utilização do solo como meio de tratamento de águas residuárias (independente da sua origem) se justifica pela sua capacidade de filtro natural, constituído pelas plantas e pelos microrganismos que, juntamente com as propriedades de adsorção química e física das argilas, possibilitam a remoção de material orgânico e inorgânico presentes nesses efluentes.

Dessa forma, como apontam Hespanhol (2003) e Medeiros et al. (2005), a aplicação de efluente ao solo é vista como uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica (fato que não deve ser feito para atender necessidade hídrica) em regiões áridas e semi-áridas, podendo reduzir os custos com tratamento e ainda servir como fonte de nutrientes para as plantas, reduzindo, assim, os custos com aquisição de fertilizantes minerais comerciais.

Matos, Emmerich e Brasil (2005a) mencionam uma série de vantagens da utilização da ARC no solo, que se pode citar o beneficiamento agrícola, o baixo investimento (o custo oscila entre 30 e 50% do custo do tratamento convencional), o pequeno custo de operação e o baixo consumo de energia.

Entretanto, conforme afirma Mikkelsen et al. (1997), a disposição da água residuária no solo por períodos longos pode resultar no acúmulo de nutrientes, excedendo as exigências das plantas, ressaltando que, de acordo com Giacomini e Aita (1999 apud FERREIRA et al., 2000), a otimização no aproveitamento dos nutrientes, somente poderá ser atingida se houver uma boa sincronização entre a velocidade em que o nutriente é liberado dos resíduos culturais e a velocidade em que o mesmo é absorvido pelas culturas subsequentes. Dessa forma, quando fertilizantes são deslocados para os estratos inferiores do perfil do solo, além de tornarem-se indisponíveis às plantas, acarretam riscos de contaminação das águas subterrâneas (DODDS et al., 1998).

Ribeiro et al. (2009), quando trabalharam com aplicação da ARC no crescimento do próprio cafeeiro em seu primeiro ano, chama a atenção quanto à aplicação prolongada de água residuária de café nas doses até 135 mg.L^{-1} de potássio, pois os níveis de condutividade elétrica do solo podem tornar-se prejudiciais aos cafeeiros. Por essa razão, as doses de ARC não devem ser estimadas para atender ao déficit hídrico e sim à nutrição (cálculos com base na concentração de nutrientes, da concentração no solo e demanda da planta).

Como já foi aludido, a ARC apresenta concentrações relativamente elevadas de N e, principalmente de K, viabilizando a possibilidade de sua utilização nos sistemas solo-água-planta, como forma de tratamento e/ou disposição dessas águas (MATOS; Lo MONACO, 2003). E, de acordo com Anjos e Raij (2004), o principal fator determinante da acidez do solo consiste na nitrificação do amônio, cuja reação introduz a acidez representada pelo íon H^+ e deixa em solução o ânion nitrato (NO_3^-). Desse modo, conforme menciona Garcia (2003), o uso agrícola das ARC como fertilizante deve ser precedido de um adequado planejamento do manejo, segundo as recomendações de disponibilização de nutrientes às culturas.

Além dos problemas citados, as altas concentrações de Na e K em águas residuárias, segundo Loehr (apud MATOS, 1995), podem causar dispersão de argila, promovendo a desagregação e influenciando a permeabilidade do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFÉ ARÁBICA

A água residuária do processamento dos frutos do café arábica (ARC) foi coletada durante os meses de julho e agosto de 2009, na zona rural, no município de Guaçuí, Espírito Santo, localizada nas coordenadas 20°47'37.08''S e 41°42'06.92''O.

Foram coletados 200 L de ARC no final da despulpa de seus frutos com 10 a 15 recirculações, em decorrência de pouca quantidade de café. A amostra foi transportada para o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre, ES, acondicionada em recipientes plásticos e armazenada em freezer sob refrigeração a 4°C, de acordo com a norma NBR/ABNT nº 9898 (ABNT, 1987).

A amostra da ARC foi encaminhada ao Laboratório de Nutrição de Plantas do CCA-UFES, onde foram efetuadas as seguintes determinações: potencial hidrogeniônico (pH), por pHmetro; condutividade elétrica (CE), pelo condutivímetro; demanda química de oxigênio (DQO), por colorimetria pelo método de refluxo fechado; concentração de fósforo (P), por colorimetria e concentração de Ca, Mg e K, por colorimetria utilizando o espectrômetro de absorção atômica.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios das características físicas e químicas encontradas nas águas residuárias analisadas.

Tabela 1 – Características físicas e químicas da amostra de ARC

Características	Valor ¹
pH	4,5
CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	907
Temperatura (°C)	23,1
P ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6,0
K ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	201,3
Ca ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	26,4
Mg ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,5
DQO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	4.787,3

¹Valores médios da amostragem da ARC;

3.2 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE SOLOS

As amostras de solo foram retiradas em profundidade de 0 a 40 cm, em dois solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando texturas diferentes, sendo o solo 1 de textura média e o solo 2 de textura arenosa.

O solo 1 foi coletado no distrito de São Felipe na cidade de Guaçuí, Espírito Santo, sob as coordenadas 20°43'24.54"S e 41°43'54.35"O. E o solo 2 foi coletado na Área Experimental do CCA-UFES, localizada no km 77 da Rodovia BR 482 a 8 km da cidade de Alegre, Espírito Santo, sob as coordenadas 20°44'48.82"S e 41°29'10.32"O.

Os solos foram secos ao ar, em sombra, destorroados e passados em peneira de 2 mm, sendo retiradas duas subamostras que foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Físicas do Solo do CCA-UFES e ao Laboratório de Análises de Solos do Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano do INCAPER, na cidade de Venda Nova do Imigrante, ES, a fim de proceder às caracterizações físicas e químicas, respectivamente.

As análises físicas constituíram de textural, massa específica das partículas, massa específica do solo e porosidade total, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). E as análises químicas foram concentração de P, concentração de K-trocável, concentração de Ca e Mg-trocáveis, potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions em pH 7,0 (T), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e índice de saturação em bases (V), seguindo também a metodologia da EMBRAPA (1997).

Os resultados da caracterização física e química dos materiais de solos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características físicas e químicas das amostras de solos¹ (solo textura média e solo de textura arenosa)

M_{Es}^2	M_{Ep}^3	P ⁴	Areia	Silte	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	t ⁵	T ⁶	SB	V
$g.cm^{-3}$		%	$g.kg^{-1}$				$mg.dm^{-3}$		$dag.kg^{-1}$	$cmol_c.dm^{-3}$					%
Solo textura média															
1,07	2,66	59,7	529,9	175,9	294,1	6,8	13,3	62	2,4	3,4	0,7	4,3	5,3	4,3	80,7
Solo textura arenosa															
1,59	2,56	37,6	925,9	12,6	61,5	6,2	34	82,3	1,0	0,8	0,3	1,3	2,5	1,3	50,3

¹Valores médios da amostragem dos solos; ²Massa específica do solo; ³Massa específica de partículas; ⁴Porosidade total; ⁵CTC efetiva; ⁶CTC em pH 7.

3.3 APLICAÇÃO DA ARC EM COLUNAS DE SOLO

Para montagem do ensaio de colunas, fez-se uso do frasco de Mariotte e do permeâmetro, sendo este feito de suporte de madeira com cavidades para três tubos. As colunas, de policloreto de vinila (PVC) com 0,5 m de comprimento e 10 cm de diâmetro interno, foram seccionadas em quatro partes representando as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm das amostras dos solos (Solo 1 de textura média e Solo 2 de textura arenosa).

As paredes das colunas foram revestidas internamente com fina camada de areia grossa, evitando a formação de caminhos preferenciais para o fluxo da água. Na porção inferior dessas colunas, foram acoplados ralos e, sobre eles foram colocadas manta de lã de vidro, e sobre ele, a amostra de solo. As colunas, então, foram preenchidas com materiais de solos homogeneizados, sendo realizadas três repetições, para os dois solos, até atingir a altura de 40 cm. A superfície do solo também foi coberta com manta de lã de vidro, a fim de garantir uniformidade de infiltração.

Inicialmente, as colunas foram colocadas no permeâmetro, e interligadas ao frasco de Mariotte, contendo a ARC. Recipientes foram utilizados na coleta do efluente após a percolação da ARC nas colunas de solos. Foi coletado um volume de 1 L, correspondendo a 0,5 volume de poros, determinado em função do volume de poros da amostra de solo na coluna. Após a primeira coleta do efluente, as seguintes foram realizadas de duas em duas vezes o volume de poros, sendo que quando chegou a dez vezes o volume de poros foi finalizada a aplicação da ARC nas colunas de solos.

Em cada amostra de efluente coletada, a temperatura, condutividade elétrica e turbidez foram monitoradas. Após essas medições, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para que fossem acidificadas, de acordo com a NBR 9898 (ABNT,1987), onde foram realizadas as determinações potencial hidrogeniônico (pH), por pHmetro; condutividade elétrica (CE), pelo condutivímetro; turbidez, através do turbidímetro portátil; demanda química de oxigênio (DQO), por colorimetria pelo método de refluxo fechado; concentração de fósforo (P), por

colorimetria e concentração de Ca, Mg e K, por colorimetria utilizando o espectrômetro de absorção atômica.

Após a percolação da ARC nas colunas de solos, as mesmas foram separadas nas secções e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos do Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano do INCAPER, para a realização das análises químicas: concentração de P, concentração de K-trocável, concentração de Ca e Mg-trocáveis, potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e índice de saturação em bases (V).

3.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Para o tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o programa computacional Genes (CRUZ, 1997).

Os resultados foram analisados, estatisticamente, a 5% de significância. A comparação entre as médias foram realizadas pelo teste t de Student.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFÉ ARÁBICA

A água residuária da despulpa dos frutos do cafeeiro apresenta variação quantitativa devido aos processos envolvidos na sua obtenção e da maturação dos frutos. Em virtude disso, as características foram analisadas, conforme apresentado na Tabela 1. É importante destacar o valor de K, 201,3 mg.L⁻¹, que foi semelhante ao encontrado por Gonçalves et al. (2000), 209,4 mg.L⁻¹; maior quando comparado ao de Pereira (2009) e de Rigueira (2005), 160 mg.L⁻¹; e, menor quando comparado aos obtidos por Matos (2003), 315 a 460 mg.L⁻¹. A CE da ARC apresentada foi 0,907 dS.cm⁻¹ (ou 907 μS.cm⁻¹), esse valor foi equivalente ao encontrado por Matos (2003) e Ferreira et al. (2006), variando entre 0,55 e 0,99 dS.cm⁻¹. O pH 4,5 da ARC foi semelhante ao encontrado por Matos (2003), que apresentou intervalo de 3,5 a 5,2. A concentração de P encontrada na ARC foi 6,0 mg.L⁻¹, valor baixo dos obtidos por Matos (2003), Rigueira (2005) e Gonçalves et al. (2000), cujos resultados variaram de 12 a 26 mg.L⁻¹. Os valores de Ca e Mg encontrados na ARC foram de 26,4 e 5,5 mg.L⁻¹, respectivamente. Pereira (2009) apresentou concentrações elevadas de Ca e Mg na ARC, com valores de respectivamente 454 e 48 mg.L⁻¹. Merece destaque também o valor de DQO, 4.787,33 mg.L⁻¹, semelhante ao obtido por Matos et al. (2001a) na faixa de 3.429 a 5.524 mg.L⁻¹ e maior ao obtido por Matos, Emmerich e Brasil (2005a), 3.020 mg.L⁻¹.

4.2 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS NO PERFIL DOS SOLOS APÓS PERCOLAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFEEIRO

4.2.1 *Potencial hidrogeniônico (pH)*

O pH dos solos foi afetado pela aplicação da ARC, conforme observado na Tabela 3. Quando comparados os valores do pH encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que houve diferença significativa nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial. O mesmo não pode ser dito para as profundidades 20-30 e 30-40 cm, em que supõe que as médias se equivalem.

Tabela 3 – Valores médios¹ do pH obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	5,9 b	6,8 a
10-20	6,3 b	6,8 a
20-30	6,5 a	6,8 a
30-40	6,9 a	6,8 a
Solo textura arenosa		
0-10	5,1 b	6,2 a
10-20	5,4 b	6,2 a
20-30	5,4 b	6,2 a
30-40	6,3 a	6,2 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

O pH encontrado no solo de textura arenosa, após a percolação da ARC quando comparado com o solo inicial, apresentou diferença significativa nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial. O mesmo não pode ser dito para a profundidade 30-40 cm, onde supõe que as médias sejam equivalentes.

A aplicação da ARC em colunas de solos tende a contribuir para a diminuição do pH no solo, uma vez que, segundo Souza et al. (2007), ocorre a ionização do H⁺ de ácidos carboxílicos, fenólicos e de alcoóis terciários da matéria orgânica do solo, contribuindo assim para a acidez do solo.

Garcia et al. (2008) trabalharam com alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação da ARC e obtiveram aumento do pH nos solos, indicando que provocou conversão dos íons H⁺ em água e dióxido de carbono, elevando os valores do pH nos solos que estudaram. Bébé et al. (2010) também encontraram valores de pH no solo superiores ao da testemunha, sendo alterado pela adição da ARC.

4.2.2 Potássio (K)

No que se refere à concentração de K nos materiais de solos, os resultados são apresentados na Tabela 4.

Quando comparados os valores do K encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que houve diferença significativa em todas as profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo após percolação da ARC.

Tabela 4 – Valores médios¹ do K (mg.dm^{-3}) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	359,7 a	62,0 b
10-20	303,7 a	62,0 b
20-30	354,7 a	62,0 b
30-40	377,7 a	62,0 b
	Solo textura arenosa	
0-10	105,3 a	82,3 b
10-20	93,3 a	82,3 a
20-30	94,7 a	82,3 a
30-40	108,3 a	82,3 b

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

O K encontrado no solo de textura arenosa, após a percolação da ARC quando comparado com o solo inicial, apresentou diferença significativa nas profundidades de 0-10 e 30-40 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo após percolação da ARC. O mesmo não pode ser dito para as profundidades 10-20 e 20-30 cm, onde supõe que as médias se equivalem.

O aumento nas concentrações de K nos solos, após a percolação da ARC já era esperado, sendo que essa água residuária apresenta elevada concentração de K, conforme verificado na Tabela 1.

O aumento da concentração de K no solo também foi verificado por Garcia et al. (2008), em que o aumento foi creditado a elevada concentração desse nutriente na ARC; por Pinto (2001), onde a concentração de K no solo passou de $151,58 \text{ mg.dm}^{-3}$ para $376,75 \text{ mg.dm}^{-3}$; por Lo Monaco (2005), que observou lixiviação do K para camadas mais profundas de solo; e, por Bebé et al. (2010) que também observaram

aumento das concentrações de K^+ com as doses crescentes de ARC. Entretanto, Matos, Fia e Lo Monaco (2001b) não observaram alteração da concentração de K no solo quando aplicou doses de ARC (210, 420, 840 e 1.260 L/planta).

Kouraa et al. (2002), quando trabalharam com irrigação de efluente doméstico tratado em batatinha e alface, durante um ano, constataram que não houve diferença significativa nas propriedades químicas do solo. Cavallet et al. (2006), trabalhando com a água residuária da indústria de enzimas adicionada ao solo, também constataram que não houve variação para o nutriente, indicando que o solo utilizado equilibrou o potássio trocável com o potássio na solução do solo.

Sabe-se que o K tem grande mobilidade no perfil do solo, sendo esta determinada pela quantidade de água que percola no perfil e pela concentração do elemento a solução do solo (Ernani et al., 2007). Dessa forma, seu monitoramento deve ser constante, a fim de evitar contaminação das águas subterrâneas.

4.2.3 Fósforo (P)

A concentração de P dos solos não foi afetada pela aplicação da ARC, conforme observado na Tabela 5.

Tabela 5– Valores médios¹ do P ($mg.dm^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	16,3 a	13,3 a
10-20	13,3 a	13,3 a
20-30	12,7 a	13,3 a
30-40	11,0 a	13,3 a
	Solo textura arenosa	
0-10	35,7 a	33,7 a
10-20	29,3 a	33,7 a
20-30	28,7 a	33,7 a
30-40	31,0 a	33,7 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Quando comparados os valores do P encontrados no solo de textura média, após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que não houve diferença

significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, e pode-se dizer que as médias se equivalem.

A concentração de P encontrada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparada com o solo inicial, também não apresentou diferença significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, ou seja, as médias se equivalem.

Resultados semelhantes foram encontrados por Matos, Fia e Lo Monaco (2001b). Os autores também não observaram alteração da concentração de P no solo devido as diferentes doses de ARC aplicadas (210, 420, 840 e 1.260 L/planta). Lo Monaco (2005) e Garcia et al. (2008) observaram baixa disponibilidade de P no solo devido à baixa concentração ao efeito da quelação/complexação do macronutriente pela matéria orgânica.

4.2.4 Cálcio (Ca)

A concentração de Ca nos solos foi afetada pela aplicação da ARC, conforme se observa na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios¹ do Ca ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	2,3 b	3,4 a
10-20	2,2 b	3,4 a
20-30	2,5 b	3,4 a
30-40	2,4 b	3,4 a
Solo textura arenosa		
0-10	0,4 b	0,8 a
10-20	0,4 b	0,8 a
20-30	0,4 b	0,8 a
30-40	0,4 b	0,8 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Quando comparados os valores de Ca encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que houve diferença significativa em todas as profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial.

A concentração de Ca encontrada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC quando comparada com o solo inicial, também apresentou diferença significativa nas profundidades avaliadas, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial.

A diminuição de Ca é atribuída à quantidade de K aplicada pela ARC proporcionando competição pelos sítios de troca do solo e, conseqüentemente, possibilitando sua remoção do solo, por lixiviação (GARCIA, 2003).

Garcia et al. (2008) verificaram que os valores do Ca permaneceram praticamente constantes ($2,02 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) com a aplicação da ARC. Os autores explanam que isso acontece devido à baixa concentração de Ca na ARC, sendo que esta não é uma boa fonte do nutriente. Bebé et al. (2010) também constataram que a aplicação da ARC não interferiu na concentração de Ca no solo entre as doses aplicadas e as profundidades, e, justificam esse resultado pela provável solubilização e lixiviação do Ca ao longo das camadas do solo. Entretanto, Azevedo e Oliveira (2005), trabalhando com esgoto doméstico aplicado na cultura do pepino, concluíram que a irrigação com a água residuária contribuiu para o aumento significativo da concentração de Ca retido na solução do solo.

4.2.5 Magnésio (Mg)

No que se refere à concentração de Mg nos materiais de solos, os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Quando comparados os valores de Mg encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que houve diferença significativa nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo após percolação da ARC. O mesmo não pode ser dito para a profundidade 30-40 cm, onde supõe que as médias se equivalem.

Entretanto, a concentração de Mg encontrado no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparada com o solo inicial, não apresentou diferença

significativa nas profundidades avaliadas, pelo teste t a 5% de probabilidade, ou seja, as médias são equivalentes.

Tabela 7 – Valores médios¹ do Mg ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	1,1 a	0,7 b
10-20	1,1 a	0,7 b
20-30	1,1 a	0,7 b
30-40	0,9 a	0,7 a
Solo textura arenosa		
0-10	0,2 a	0,3 a
10-20	0,2 a	0,3 a
20-30	0,2 a	0,3 a
30-40	0,2 a	0,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Garcia (2003) também observou que a concentração de Mg nos solos não foi afetada pela aplicação da ARC. Resultado semelhante foi encontrado por Bebé et al. (2010), apesar da concentração de Mg na ARC ter sido aproximadamente três vezes superior à concentração de Ca.

Matos et al. (2005b) observaram que a menor concentração do Mg nas parcelas que receberam ARC pode significar carência do macronutriente na ARC, ou ainda, sua indisponibilidade, em decorrência da formação de precipitados com os solutos adicionados com a ARC, forte indicativo de que a ARC, além de não ser boa fonte de Mg para o solo, pode ter diminuído sua disponibilidade à metade.

4.2.6 Matéria orgânica (MO)

A concentração de MO nos solos não foi afetada pela aplicação da ARC, conforme observado na Tabela 8.

Quando comparados os valores de MO encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que não houve diferença significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, e pode-se dizer que as médias se equivalem.

Faria (2008) também observou que a ARC não favorece ao aumento da concentração de matéria orgânica do solo.

Tabela 8 – Valores médios¹ da MO (dag.kg^{-1}) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	2,5 a	2,4 a
10-20	2,5 a	2,4 a
20-30	2,6 a	2,4 a
30-40	2,5 a	2,4 a
Solo textura arenosa		
0-10	0,6 b	1,0 a
10-20	0,5 b	1,0 a
20-30	0,3 b	1,0 a
30-40	0,3 b	1,0 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Entretanto, a concentração de MO encontrada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparada com o solo inicial, apresentou diferença significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial. Não há resultados em literatura que foi constatado diminuição da concentração de MO no solo após aplicação da ARC, contudo a diminuição da concentração de MO no solo possivelmente foi devido a sua textura arenosa.

Por outro lado, Pereira (2009) confirma o potencial da ARC em adicionar MO ao solo, sendo que os resultados encontrados em seu trabalho indicam mobilidade de material orgânico no perfil do solo, fato preocupante quando se considera os riscos de contaminação das águas subterrâneas. No entanto, o trabalho do autor citado foi realizado seis meses após a aplicação da ARC em valas de infiltração, sendo que boa parte da MO adicionada já teria sido decomposta.

4.2.7 Capacidade de troca catiônica (CTC) em pH 7

No que se referem à concentração da CTC em pH 7 (T) nos materiais de solos, os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Quando comparados os valores da T encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que houve diferença significativa nas profundidades avaliadas, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo após a percolação da ARC.

Tabela 9 – Valores médios¹ da CTC em pH 7 ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	7,7 a	5,3 b
10-20	6,9 a	5,3 b
20-30	7,1 a	5,3 b
30-40	6,5 a	5,3 b
Solo textura arenosa		
0-10	3,8 a	2,5 b
10-20	3,7 a	2,5 b
20-30	3,4 a	2,5 b
30-40	2,9 a	2,5 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

A T encontrada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparado com o solo inicial, apresentou diferença significativa nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo após a percolação da ARC. O mesmo não pode ser dito para a profundidade 30-40 cm, onde supõe que as médias se equivalem.

Resultados contrários foram constatados por Pereira (2009), que observou diminuição da variável em praticamente todas as amostras quando comparadas ao solo que não recebeu a ARC; e, por Garcia et al. (2008), que não verificaram alteração da T nos solos após a aplicação da ARC.

4.2.8 Capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva

A concentração da CTC efetiva (t) nos solos após aplicação da ARC está apresentada na Tabela 10.

Quando comparados os valores da t encontrados no solo de textura média, após a percolação da ARC com o solo inicial, observa-se que não houve diferença

significativa nas profundidades avaliadas, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as médias equivalentes.

Tabela 10 – Valores médios¹ da CTC efetiva ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	4,4 a	4,3 a
10-20	4,1 a	4,3 a
20-30	4,5 a	4,3 a
30-40	4,3 a	4,3 a
Solo textura arenosa		
0-10	1,1 a	1,3 a
10-20	0,9 a	1,3 a
20-30	0,9 a	1,3 a
30-40	0,8 b	1,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

A t encontrada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparada com o solo inicial, apresentou diferença significativa apenas na profundidade de 30-40 cm, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo a maior média encontrada no solo inicial. O mesmo não pode ser dito para as profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm, onde supõe que as médias se equivalem.

Resultados adversos foram apresentados por Garcia (2003), que observou aumento da t com a aplicação da ARC e concluiu que esse aumento foi devido à elevação do pH; e, por Nascimento et al. (2004), que trabalharam com lodo de esgoto aplicado ao solo e observaram aumento da CTC efetiva em dois solos com diferentes concentrações de argila.

4.2.9 Soma de Bases (SB) e Saturação em bases (V%)

No que se referem aos valores de SB nos materiais de solos, os resultados estão apresentados na Tabela 11.

Quando comparados os valores da SB encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, verifica-se que não houve diferença significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as médias equivalentes. Resultados semelhantes foram observados por Faria (2008), quando

avaliou o comportamento da SB nas profundidades de 0-40 cm, para doses de ARC em épocas de avaliação. O autor citado observou que aos 150 dias de aplicação não houve diferença significativa entre as profundidades para a testemunha.

Tabela 11 – Valores médios¹ da SB ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	4,4 a	4,3 a
10-20	4,1 a	4,3 a
20-30	4,5 a	4,3 a
30-40	4,3 a	4,3 a
	Solo textura arenosa	
0-10	0,9 b	1,3 a
10-20	0,8 b	1,3 a
20-30	0,8 b	1,3 a
30-40	0,8 b	1,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Já a SB apresentada no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparada com o solo inicial, apresentou diferença significativa nas profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial. Resultados contrários foram observados por Garcia (2003), quando verificou aumento na SB com a aplicação da ARC no solo, sendo explicado pelo aumento do pH que proporcionou o aumento na disponibilidade de cátions no solo, influenciando assim no valor da soma de bases.

Quanto ao índice de saturação em bases (V), os valores médios obtidos nas amostras de solo estão apresentados na Tabela 12.

Quando comparados os valores do V encontrados no solo de textura média após a percolação da ARC com o solo inicial, verifica-se que houve diferença significativa em todas as profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial.

O V apresentado no solo de textura arenosa após a percolação da ARC, quando comparado com o solo inicial, também apresentou diferença significativa em todas as profundidades, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no solo inicial.

Em controvérsia aos resultados encontrados no trabalho, Pereira (2009) observou aumento do V com o aumento da profundidade, sendo o maior V encontrado na profundidade de 160-175 cm na vala de infiltração. Garcia et al. (2008) observou aumento linear da saturação em bases nos solos avaliados com a aplicação da ARC.

Tabela 12 – Valores médios¹ da V (%) obtidos em amostras de solo antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Profundidade (cm)	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0-10	57,0 b	80,7 a
10-20	58,7 b	80,7 a
20-30	63,3 b	80,7 a
30-40	67,0 b	80,7 a
Solo textura arenosa		
0-10	23,7 b	50,3 a
10-20	21,3 b	50,3 a
20-30	23,0 b	50,3 a
30-40	27,3 b	50,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

4.3 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ARC APÓS PERCOLAÇÃO DA MESMA NOS SOLOS

4.3.1 *Potencial hidrogeniônico (pH)*

No que se referem ao pH do lixiviado da ARC, os resultados estão apresentados na Tabela 13.

Quando comparados os valores do pH encontrados na ARC, após a percolação da mesma no solo de textura média com a água residuária inicial, observa-se que houve diferença significativa em todos os volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC.

O pH encontrado na ARC, após a percolação da mesma no solo de textura arenosa quando comparado com a ARC inicial, apresentou diferença significativa em todos

os volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC.

Tabela 13 – Valores médios¹ do pH obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	6,2 a	4,5 b
2	5,8 a	4,5 b
4	5,5 a	4,5 b
6	5,3 a	4,5 b
8	5,2 a	4,5 b
10	5,0 a	4,5 b
	Solo textura arenosa	
0,5	4,8 a	4,5 b
2	4,6 a	4,5 b
4	4,6 a	4,5 b
6	4,6 a	4,5 b
8	4,6 a	4,5 b
10	4,6 a	4,5 b

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Analisando os resultados obtidos em amostras do lixiviado da ARC, observa-se que os íons H⁺ da água residuária ficaram retidos no solo, diminuindo seu pH.

4.3.2 Condutividade elétrica (CE)

No que se referem à CE do lixiviado, os resultados estão apresentados na Tabela 14.

Quando comparados os valores da CE encontrados na ARC após a percolação da mesma no solo de textura média com a água residuária inicial, observa-se que houve diferença significativa em todos os volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC.

A CE encontrada na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a ARC inicial, apresentou diferença significativa no 0,5º e 4º volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC. O mesmo não pode ser dito para o 2º, 6º, 8º e 10º volume de poros e, pode-se dizer que, as médias se equivalem.

Anami et al. (2007), quando trabalharam com a água residuária da suinocultura (ARS), observaram uma tendência de aumento da condutividade elétrica com o aumento do volume de fluido lixiviado, demonstrando que a grande maioria dos sais que compõem a ARS não reage quimicamente com o solo.

Tabela 14 – Valores médios¹ da CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	1650,3 a	907,3 b
2	1373,3 a	907,3 b
4	1322,3 a	907,3 b
6	1287,3 a	907,3 b
8	1230,3 a	907,3 b
10	1155,3 a	907,3 b
	Solo textura arenosa	
0,5	1183,7 a	907,3 b
2	964,7 a	907,3 a
4	946,0 a	907,3 b
6	936,0 a	907,3 a
8	937,3 a	907,3 a
10	925,3 a	907,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Resultados contrários foram encontrados por Bebé et al. (2010), em que a concentração de sais foi menor no lixiviado e isso se deve pela lixiviação dos sais com a aplicação de ARC. De acordo com os autores citados, não há resultados de pesquisas em que a CE seja alterada com o uso contínuo de ARC.

4.3.3 Demanda química de oxigênio (DQO)

No que se referem à DQO do lixiviado da ARC, os resultados são apresentados na Tabela 15.

Quando comparados os valores da DQO encontrados na ARC, após a percolação da mesma no solo de textura média com a água residuária inicial, observa-se que houve diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t ao a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas na ARC inicial, com exceção do 4^o e 6^o volume de poros, e pode-se dizer que, as médias se equivalem.

A DQO encontrada na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a água residuária inicial, apresentou diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas na ARC inicial, exceto no 2º volume de poros, onde as médias são equivalentes.

Tabela 15 – Valores médios¹ da DQO (mg.L⁻¹) obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	3.225,7 b	4.787,3 a
2	3.671,9 b	4.787,3 a
4	4.094,6 a	4.787,3 a
6	3.578,0 a	4.787,3 a
8	3.460,6 b	4.787,3 a
10	3.448,8 b	4.787,3 a
	Solo textura arenosa	
0,5	3.695,4 b	4.787,3 a
2	3.789,3 a	4.787,3 a
4	3.495,8 b	4.787,3 a
6	3.284,4 b	4.787,3 a
8	3.554,5 b	4.787,3 a
10	3.366,6 b	4.787,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Resultados controversos foram observados por Bebé et al. (2010), quando verificaram que a DQO do lixiviado da ARC não diferiu da testemunha, sendo que o solo funcionou como um filtro da carga orgânica existente na ARC.

4.3.4 Cálcio (Ca)

No que se refere à concentração de Ca no lixiviado da ARC, os resultados estão apresentados na Tabela 16.

Quando comparados os valores da concentração de Ca encontrados na ARC, após a percolação da mesma no solo de textura média com a água residuária inicial, observa-se que houve diferença significativa em todos os volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC.

A concentração de Ca encontrado na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a ARC inicial, apresentou diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC, exceto no 10º volume de poros, onde as médias são equivalentes.

Tabela 16 – Valores médios¹ de Ca (mg.L⁻¹) obtidos em amostras de efluentes antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	251,7 a	26,4 b
2	164,6 a	26,4 b
4	129,7 a	26,4 b
6	117,8 a	26,4 b
8	103,3 a	26,4 b
10	78,4 a	26,4 b
Solo textura arenosa		
0,5	62,6 a	26,4 b
2	38,9 a	26,4 b
4	33,3 a	26,4 b
6	30,0 a	26,4 b
8	29,9 a	26,4 b
10	29,1 a	26,4 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Analisando os resultados obtidos em amostras do lixiviado da ARC, observa-se que houve aumento da concentração de Ca, ou seja, o macronutriente foi removido das amostras de solos, conforme verificado na Tabela 6. Ernani e Barber (1993) explicam que o aumento na percolação do nutriente ocorreu porque ele foi deslocado das cargas elétricas negativas pelo K aplicado, em decorrência da elevação de sua atividade na solução do solo. Assim, a aplicação da ARC não interfere na melhoria do macronutriente no solo.

4.3.5 Magnésio (Mg)

No que se refere à concentração de Mg no lixiviado da ARC, os resultados são apresentados na Tabela 17.

Quando comparados os valores da concentração de Mg encontrados na ARC, após a percolação da mesma no solo de textura média com a água residuária inicial, observa-se que houve diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC, com exceção do 8º e 10º volume de poros, onde as médias se equivalem.

Tabela 17 – Valores médios¹ de Mg (mg.L⁻¹) obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	38,6 b	5,5 a
2	25,9 b	5,5 a
4	19,6 b	5,5 a
6	18,3 b	5,5 a
8	17,4 a	5,5 a
10	14,4 a	5,5 a
Solo textura arenosa		
0,5	26,6 a	5,5 b
2	12,9 a	5,5 b
4	9,1 a	5,5 b
6	6,7 a	5,5 b
8	6,2 a	5,5 a
10	5,6 a	5,5 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

A concentração de Mg encontrada na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a água residuária inicial, apresentou diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas no lixiviado da ARC, com exceção do 8º e 10º volume de poros, onde as médias são equivalentes.

Analisando os resultados obtidos em amostras do lixiviado da ARC, observa-se que houve aumento da concentração de Mg, ou seja, o elemento, possivelmente, foi removido das amostras de solos, conforme verificado na Tabela 7. O Mg assim como o Ca provavelmente foi deslocado das cargas negativas pelo K adicionado ao solo pela ARC. Assim, a aplicação da ARC não interfere na melhoria do macronutriente no solo.

4.3.6 Potássio (K)

Quanto à concentração de K no lixiviado, os resultados estão apresentados na Tabela 18.

Quando comparados os valores da concentração de K encontrados na ARC após a percolação da mesma no solo de textura média com a ARC inicial, observa-se que não houve diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, e pode-se dizer que as médias se equivalem. Observa-se diferença significativa no 0,5^o volume de poros, sendo a maior média encontrada na ARC inicial.

Tabela 18 – Valores médios¹ de K (mg.L⁻¹) obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	56,4 b	201,3 a
2	170,1 a	201,3 a
4	223,9 a	201,3 a
6	236,9 a	201,3 a
8	222,6 a	201,3 a
10	207,8 a	201,3 a
	Solo textura arenosa	
0,5	179,9 a	201,3 a
2	202,7 a	201,3 a
4	220,4 a	201,3 a
6	206,1 a	201,3 a
8	211,5 a	201,3 a
10	239,9 a	201,3 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

A concentração de K encontrada na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a ARC inicial, não apresentou diferença significativa nos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, e pode-se dizer que, as médias se equivalem.

Analisando os resultados obtidos em amostras do lixiviado da ARC, observa-se que não houve aumento ou decréscimo do elemento. Entretanto, nas amostras de solo, houve incremento do K como já foi explanado no item 4.2.2. Resultados semelhantes foram observados por Bebé et al. (2010). Os autores explicam que possivelmente o K ficou adsorvido nos coloides do solo, não havendo lixiviação. Pode-se verificar o fato pelo incremento de K no solo conforme a adição da ARC (Tabela 4).

4.3.7 Fósforo (P)

No que se refere à concentração de P no lixiviado, os resultados são apresentados na Tabela 19.

Quando comparados os valores da concentração de P encontrados na ARC após a percolação da mesma no solo de textura média com a ARC inicial, observa-se que houve diferença significativa em todos os volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as maiores médias encontradas na ARC inicial.

A concentração de P encontrada na ARC após a percolação da mesma no solo de textura arenosa, quando comparada com a ARC inicial, não apresentou diferença significativa na maioria dos volumes de poros, pelo teste t a 5% de probabilidade, sendo as médias equivalentes. Já no 0,5^o e 10^o volume de poros verifica-se diferença significativa, apresentando a ARC inicial as maiores médias.

Tabela 19 – Valores médios¹ de P (mg.L⁻¹) obtidos em amostras do lixiviado antes e depois da percolação da ARC nas colunas de solos

Volume de poros	Depois ARC	Antes ARC
	Solo textura média	
0,5	0,5 b	6,0 a
2	0,67 b	6,0 a
4	0,73 b	6,0 a
6	0,9 b	6,0 a
8	1,07 b	6,0 a
10	1,23 b	6,0 a
Solo textura arenosa		
0,5	3,2 b	6,0 a
2	3,7 a	6,0 a
4	3,8 a	6,0 a
6	3,8 a	6,0 a
8	4,1 a	6,0 a
10	3,5 b	6,0 a

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula em linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Analisando os resultados obtidos em amostras do lixiviado da ARC, observa-se que houve diminuição da concentração de P. Entretanto, o macronutriente não foi retido nas amostras de solos, conforme verificado na Tabela 5. Segundo Van Raij (1991), a solubilização do fosfato lábil é correlacionada com a elevação do pH do solo, porém, no experimento, ocorreu em consequência da aplicação da ARC, diminuição do pH

como demonstrado na Tabela 3. Dessa forma, a aplicação da ARC não interfere na melhoria do macronutriente no solo.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que a concentração de fósforo, matéria orgânica, CTC efetiva e soma de bases não foi significativamente alteradas pela adição da ARC no solo de textura média. Com relação ao parâmetro pH, houve diminuição nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Quanto à concentração de Mg, houve incremento do elemento nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Verifica-se também aumento da CTC em pH 7 e da concentração de K, e, diminuição do índice de saturação em bases e da concentração de Ca.

Para o solo de textura arenosa, a aplicação da ARC não alterou significativamente a CTC efetiva, da concentração de P e Mg. Entretanto, diminuiu da concentração de Ca, MO, soma de bases e índice de saturação de bases, e, aumentou a CTC em pH 7. Quanto ao parâmetro pH, houve diminuição nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Verifica-se também aumento da concentração de K nas profundidades 0-10 e 30-40 cm.

Quando analisadas as águas de drenagem decorrentes da aplicação da ARC em colunas de solo de textura média, pode-se concluir que houve aumento do pH, CE e da concentração de Ca, diminuição da DQO, da concentração de Mg e P, sendo que a concentração de K não foi significativamente alterada.

Com relação às águas do lixiviado da ARC nas colunas de solo de textura arenosa, pode-se inferir que houve aumento do pH, da concentração de Ca e Mg, diminuição da CE, DQO e em alguns momentos da concentração de P, sendo que a concentração de K não foi significativamente alterada.

Portanto, vale ressaltar que é importante a reutilização desse resíduo na propriedade agrícola, uma vez que poderá diminuir o custo com fertilizantes minerais ao agricultor. Dessa forma, a ARC pode ser disposta no solo como um fertilizante natural desde que sejam analisadas as suas características iniciais para não provocar alterações drásticas no solo e contaminar a água subterrânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.898**: preservação e técnicas de amostragem de afluentes líquidos e corpos hídricos. Rio de Janeiro, 1987. 22 p.

ALCÂNTARA, M. A. K.; CAMARGO, A. Fator de retardamento e coeficiente de dispersão-difusão para o crômio (III) em solos muito intemperizados, influenciados pelo pH, textura e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 209-216, 2001.

ANAMI, Marcelo Hidemassa; SAMPAIO, Silvio César; FRIGO, Elisandro Pires; SUSZEK, Morgana. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. **Revista Irriga**, Botucatu, SP, v. 12, n. 2, p. 192-201, abr./jun., 2007.

ANJOS, L. H. C.; RAIJ, B. V. Indicadores de processos de degradação de solos. In: ROMEIRO, Ademar Ribeiro (Org.) **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas: UNICAMP/ Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e na produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 1, p. 253-263, 2005.

BATISTA, Rafael Oliveira; MATOS, Antonio Teixeira de; CUNHA, Fernando França da; LO MONACO, Paola Alfonsa. Formação de biofilme em gotejadores aplicando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 367-371, 2007.

BEBÉ, Felizarda V.; ROLIM, Mario M.; SILVA, George B.; MATSUMOTO, Sylvana N.; PEDROSA, Elvira M. Alterações químicas no solo e no lixiviado em função da aplicação de água residuária do café. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 5, n. 2, p. 250-255, abr.-jun., 2010.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Brasília, 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm >. Acesso em: 15 jul. 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: < www.siam.gov.br:0/sla/download.pdf?idNormas=2747 >. Acesso em: 15 jul. 2009.

CAVALLET, Luiz E.; LUCCHESI, Luiz A. C.; MORAES, Aníbal de; SCHIMIDT, Edison; PERONDI, Miguel A.; FONSECA, Ricardo A. da. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 06 jan. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**: terceira estimativa. Setembro, 2010. Brasília, DF: Conab, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/90a470414b206e2314513e20522278aa..pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2010.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resoluções Conama**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008. 2. ed. Brasília: Conama, 2008.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997.

DODDS, G. T.; MANDRAMOOTO, C. A.; SEREM, V. K. Predicting nitrate-N leaching under different tillage systems using LEACHM and NTRM. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 41, n. 4, p. 1025-1034, 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p. (Embrapa/CNPS, Claessen, M. E. C. Org. Documentos, 1).

ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetados pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 10, p. 41-46, 1993.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Instituto Estadual do Meio Ambiente (IEMA). **Instrução normativa nº 13, de 17 de dezembro de 2007**. Dispõe sobre as diretrizes para o licenciamento ambiental da atividade de beneficiamento de café e de outros grãos. Vitória, 18 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

FARIA, Priscila Andrade Silva. **Efeito no solo e nas plantas de cafeeiro conilon decorrentes de fertirrigação com água residuária da lavagem e despolpa de seus frutos**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre, ES, 2008.

FASSIO, Levy Heleno; SILVA, Antonio Elias Souza da. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, Romário Gava *et al.* (Eds.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007.

FERRÃO, Maria Amélia Gava *et al.* Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, Romário Gava; *et al.* (Eds.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007.

FERRÃO, Romário Gava *et al.* Estado da arte da cafeicultura. In: TOMAZ, Marcelo Antonio *et al.* **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre, ES, 2008.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. (Coord.). **Solos**: manejo integrado e ecológico. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95 p.

FERREIRA, Paulo A. F. *et al.* Transporte no solo de solutos presentes na água residuária do café conilon. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 29-35, jan./mar., 2006.

GARCIA, Giovanni de Oliveira. **Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons no solo decorrentes da aplicação da água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon**. 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

GARCIA, Giovanni de Oliveira; FERREIRA, Paulo Afonso; MATOS, Antonio Teixeira de; RUIZ, Hugo Alberto; MARTINS FILHO, Sebastião. Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro conilon. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 4, p. 426-427, out./dez., 2008.

GONÇALVES, R. A. B.; MATOS, A. T.; FIA, R.; FUKUNAGA, D. C. Eficiência de remoção de poluentes em diversas etapas do tratamento das águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, MG: Embrapa/Café, 2000, v. 2, p. 1020-1023.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. 37-95 p.

HUBBARD, R. D.; THOMAS, D. L.; LEONARD, R. A.; BUTLER, J. L.; Surface runoff and shallow ground water quality as affected by center pivot applied dairy cattle waste. **Transactions of ASAE**, St Joseph, v. 30, n. 2, p. 430-437, 1987.

ISHERWOOD, K. F. World plant nutrient resources: directions for the next century. In: SIQUEIRA, J. O. *et al.* **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, 1999. p. 123-142.

KOURAA, A.; FETHI, F.; LAHLOU, A.; QUAZZANIL, N. Reuse of urban wastewater by comnined stabilization pond system en Bensliman. **Urban water**, Marocco, v. 4, p. 373-378, dez., 2002. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VR2-44PDMV5-

1&_user=10&_coverDate=12/31/2002&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=49eb942e0f991d6425c11b7aef48b2c4&searchtype=a>.
Acesso em: 06 jan. 2010.

LEITE, Carlos Antonio Moreira; SILVA, Orlando Monteiro da. A demanda de cafés especiais. In: ZAMBOLIM, Laércio (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: 2000.

LEON, Guillermo S.; CAVALLINI, Júlio Moscoso. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999.

LIMA, José Lanzilot Elias de. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de café como filtros para tratamento de água residuária da cafeicultura**. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2006.

LO MÔNACO, P. A.; MATOS, A. T.; GARCIA, G. O.; LIMA, C. R. C.; FAZENARO, F. L. Alteração nas características de águas residuárias da despolpa de frutos do cafeeiro submetidas à filtragem em pergaminho dos grãos de café. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., 2004a, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: ABID, 2004. CD-ROM.

LO MÔNACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MAGALHÃES, M. A. **Parâmetros para projeto e operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MATIELO, J. B. *et al.* **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa/Procafé, 2002.

MATOS, A. T. **Fatores de retardamento e coeficiente de dispersão – difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo em solo do município de Viçosa, MG**. 1995. 110 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA, N. C. P.; RIBEIRO, M. F. Compostos orgânicos contendo dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio: dinâmica da compostagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. p. 663-665.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquidos de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: SEMINÁRIO

MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1996, Ponte Nova, MG. **Anais...** Ponte Nova: EPAMIG, 1996. p. 45-54.

MATOS, A. T. de; LO MONACO, P. A.; PINTO, A. B.; FIA, R.; FUKUNAGA, D. C. Pollutant potential of wastewater from the coffee fruits processing. In: SOARES, A. A.; SATURNINO, H. M. **Environmental water**: competitive use and conservation strategies for water and natural resources. Brasília: ABID, 2001a. p. 158-165.

MATOS, A. T.; FIA, R.; LO MONACO, P. A. Fertirrigação da cultura do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e despolpa de seus frutos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: Embrapa/ Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2001b.

MATOS, A. T. de. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção Integrada de café**. Viçosa, MG: UFV/DPF, 2003. p. 647-708.

MATOS, A. T.; LO MÔNACO, P. A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 68 p. (UFV-DEA – Revista Engenharia na Agricultura, Boletim técnico, 7).

MATOS, Antonio Teixeira; EMMERICH, Igor Nardelli; BRASIL, Mozart da Silva. Tratamento por escoamento superficial de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em rampas cultivadas com azevém. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 4, p. 240-246, out./dez., 2005a.

MATOS, A. T. de; PINTO, Andressa B.; PEREIRA, Odilon G.; BARROS, Flávia M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 3, p. 406-412, 2005b. Disponível em: < <http://www.agriambi.com.br> >. Acesso em: 06 jan. 2010.

MATOS, A. T.; MAGALHÃES, M. A.; FUGUNAKA, D. C. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 610-616, 2006a.

MATOS, Antonio Teixeira de; CABANELLAS, Cláudia Figueiredo Garrido; BRASIL, Mozart da Silva. Ensaio de sedimentação em água utilizada no descascamento/ despolpa de frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 148-155, jul./set., 2006b.

MATOS, A. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; PEREIRA, P. dos A.; MATOS, M. P. de. Tratamento da água para reuso no descascamento/ despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun., 2007.

MEDEIROS, Salomão de S.; SOARES, Antônio A.; FERREIRA, Paulo A.; NEVES, Júlio C. L.; MATOS, Antônio T. de; SOUZA, José A. A. Utilização de água residuária

de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005. Disponível em: < <http://www.agriambi.com.br> >. Acesso em: 20 jan. 2009.

MIKKELSEN, R. L.; RECHCIGL, J. E.; MACKINNON, H. C. **Agricultural and environmental issues in the management of swine waste**. Agriculture uses of products and waste. v. 6. Oxford: Oxford University Press, 1997.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação do lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [on line], v. 28, n.2, p. 385-392, 2004.

PEREIRA, Victor Almeida. **Características de solos da área de influência de valas de infiltração/percolação da água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

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

PIMENTA, Carlos José. **Qualidade de café**. Lavras: Editora UFLA, 2003. 304 p.

PINTO, A. B. **Avaliação de gramíneas forrageiras com o uso de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro em rampas de tratamento**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

PIZELLA, Denise Gallo; SOUZA, Marcelo Pereira de. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas superficiais brasileiras. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 139-148, abr./jun., 2007.

RIBEIRO, Moisés S.; LIMA, Luiz A.; FARIA, Fábio H. de S.; REZENDE, Fátima C.; FARIA, Lucas do A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, out./dez., 2009.

RIGUEIRA, Roberta Jimenez de Almeida. **Avaliação da qualidade do café processado por via úmida, durante as operações de secagem e armazenagem**. 2005. 76 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

SANTANA, Leopoldo A. R.; FARAH, Fabiano T. Produção de café – impacto ambiental. In: ZAMBOLIM, Laércio (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: UFV, 2000.

SANTOS, Maria Auxiliadora. **Influência do preparo por via úmida e tipos de secagem sobre a composição física, físico-química e química do café *Coffea arabica* L.** 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. N. O potássio na cultura do cafeeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. p. 435-460.

SILVA, Selma Cristina; RIBEIRO, Márcia Maria Rios. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Pirapama – PE. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 371-379, out./dez., 2006.

SIQUEIRA, H. H. de. **Análises físico-químicos e sensoriais do café de diferentes tipos de processamento durante a torração.** 2003. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SOARES, Sammy Fernandes et al. Destinação da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro. In: FERRÃO, Romário Gava; et al. (Eds). **Café conilon.** Vitória, ES: Incaper, 2007.

SOUSA, J. T. de; NUNES HENRIQUE, I.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, Suplemento especial, n. 1, p. 90-97, 2006.

SOUZA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. de. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 1, n. 24, p. 9-16, jan., 1994.