

**POTENCIAL DE REÚSO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA CAFEICULTURA COMO FERTIRRIGAÇÃO**

Wesley Cardoso Costa [[1]](#footnote-1)

Paula Peixoto Assemany[[2]](#footnote-2)

**Reaproveitamento, reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)**

***Resumo***

Este trabalho teve como objetivo propor um tratamento e um possível cenário de reúso agrícola da água residuária do café (ARC) gerada no processamento do café, em uma fazenda localizada na região sudeste do Estado de Minas Gerais. Os dados foram obtidos através de uma vistoria realizada em uma fazenda localizada no sul de Minas Gerais, cuja atividade principal é o processamento do café por via úmida. Fez-se, a caracterização da ARC e das principais tecnologias de tratamento propostas via consulta de diversos estudos. Para tanto, foi realizada uma análise bibliométrica utilizando fontes de dados bibliográficos retiradas dos bancos de dados no Portal de Periódicos da CAPES, Scielo e banco de dissertações e teses. Foi possível inferir a viabilidade de implementação de um sistema de tratamento composto por caixa separadora de óleo de graxas, gradeamento e peneiramento + reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) + Lagoa de polimento + sistemas alagados construídos (SAC) Horizontais. Igualmente, para o reúso na fertirrigação, observou-se a necessidade de intercalar o uso de fertilizantes químicos comerciais com a ARC tratada na cultura do café, através da irrigação por gotejamento. Por fim, em consonância com resultados obtidos, recomenda-se novos estudos para melhor caracterização da água residuária e seus potenciais impactos no solo e na cultura, bem como, uma análise dos custos no tratamento, para determinação do retorno financeiro do investimento. Por fim, ainda que não exista legislações especificas para a reutilização de ARC, o reúso adequado e controlado é uma alternativa para economia dos gastos com obtenção de outorgas, bombeamento, obtenção da água para primeiro uso e fertilizantes.

**Palavras-chave**: Biofertilizante, Tratamento de Efluentes, Recuperação de recursos, Economia circular, Agroindústria

**INTRODUÇÃO**

Em meio às atividades agrícolas mais relevantes no Brasil, destaca-se a produção do café, quinto lugar dentre os setores de exportação do país, representando cerca 10% da exportação nacional (US$ 600,74 milhões). O estado de Minas Gerais é o maior produtor da espécie arábica, com 53% da produção nacional, concentrada nas regiões Sul, Sudeste e do Triângulo Mineiro (CONAB, 2013). Ainda, em 2016, o café se tornou a principal cultura em termos de geração de empregos, sendo responsável por 11,8% (8 milhões) de todas as pessoas empregadas na agricultura brasileira (BREGAGNOLI,2018).

De acordo com Matos & Lo Mônaco (2003), o processamento do café consome uma grande quantidade de água e gera alta carga poluidora, gerando, em média, 4 litros de água residuária por litro de café lavado, descascado e despolpado. Diversos autores realizaram estudos de caracterização física, química e biológica da água residuária do café processado por via úmida, demonstrando o seu elevado potencial poluidor, principalmente para água e solo, devido aos altos teores de nitrogênio, matéria orgânica, salinidade e compostos fenólicos (FIA, 2010; BORGES, 2009; BRASIL, 2013).

Por conseguinte, é necessário fortalecer estudos que avaliem a efetividade dos processos de tratamento das águas residuárias do café (ARC). Igualmente, os estudos voltados para o potencial reúso das águas residuárias colaboram para que os produtos obtidos sejam utilizados em maior escala, viabilizando oportunidades de preservar o meio ambiente e aumentar a lucratividade das propriedades rurais.

O presente trabalho parte do pressuposto de que a alta demanda de água aliado ao manejo inadequado de águas residuárias provenientes da cafeicultura em propriedades rurais geram passivos ambientais. Isto posto, o tratamento das ARC com intuito de reúso como fertirrigação ou retrolavagem são importantes medidas mitigadoras dos impactos negativos além de apresentarem viabilidade econômica. Dessa forma possui como objetivos principais: i) apresentar uma revisão bibliográfica sobre ARC, abordando processos de tratamento mais utilizados e suas possibilidades de reúso, via um panorama atual aplicado à realidade brasileira; e, ii) a partir de uma fazenda como estudo de caso, propor um cenário sustentável de tratamento e reúso agrícola da ARC.

**METODOLOGIA**

A fazenda, objeto do presente estudo, está localizada no sudeste do estado de Minas Gerais, possuindo cerca de 300 hectares de área útil. A cafeicultura é a principal fonte de geração de renda da propriedade. A propriedade está inserida integralmente no bioma Mata Atlântica em região planáltica, com predominância de solos do tipo latossolo Vermelho-Amarelo (LV) (SISEMA,2021). Conforme verificado na área de estudo, o efluente proveniente do despolpamento do café é lançado a céu aberto, em uma vala de aproximadamente 100 m2 e sem impermeabilização do solo.

No setor cafeeiro são efetivados em sacas de 60 quilos para uma produtividade média de café é de 30 sacas por hectare no Brasil (EMATER, 2017). Assim, admitindo o consumo de 5L de água no processamento do café (MATOS,2003) é viável inferir que a propriedade gera em média 2844 m3 de água residuária por ano no imóvel objeto deste estudo***.***

Além da ARC, há outro efluente líquido oriundo das atividades da fazenda, resultante da lavagem da máquina despolpadora de café e outros equipamentos. As águas residuárias permanecem na vala, para sedimentação, por aproximadamente dois meses e em seguida são coletadas para uso na lavoura de café como biofertilizante.

Para realizar a presente pesquisa, pretendeu-se empreender uma investigação quali-quantitativa sobre os processos de tratamento de ARC difundidos na literatura. Para isso, a coleta de dados foi realizada em artigos científicos disponíveis em bancos de dados online como Google Scholar e Portal de Periódicos da Capes, bem como teses, livros, literatura nacional e internacional além da legislação vigente encontrados na rede mundial de computadores. Para delimitação do campo da pesquisa foram utilizadas as palavras-chave: “Águas Residuárias de café”, “via úmida”, “tratamento”, “cafeicultura”.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os altos teores de matéria orgânica presentes na ARC indicam, que não podem ser lançadas indiscriminadamente no solo e corpos d’água. O descarte inadequado de ARC pode acarretar selamento superficial do solo, morte das cultivares, a redução da atividade fotossintética dos corpos hídricos, elevados valores de turbidez, supressão de quantidade e diversidade de peixes, podendo causar grande dano ao ambiente (MATOS, 2003; VON SPERLING, 2014; MACÊDO, 2013).

Os fatores citados são resultantes das características da ARC, tais como elevada condutividades elétricas, presença de sólidos e matéria orgânica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização da ARC bruta a partir de dados de literatura (valores médios e desvio padrão entre parênteses).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Autores | Variáveis | | | | | | | |
|  | **DBO**  **mg L-1** | **DQO**  **mg L-1** | **pH** | **SST**  **mg L-1** | **Nt**  **mg L-1** | **Pt**  **mg L-1** | **CE**  **S/cm** | **Ft**  **mg L-1** |
|  |
| BRASIL (2013) | 12.241 (8.100) | 7.475 (7.044) | 4,0 (0,4) | - | - | - | - | 75,8(29,4) |
| FIA (2010) | 13.471 (3.999) | 47.071 (9.044) | 3,44 (0,16) | 1.885±618 | - | - | - | - |
| FIA (2010) | 13.471 (3.999) | 47.071 (9.044) | 3,44 (0,16) | - | 228 (18) | 30 (17) |  | 127 (19) |
| GARDIMAM (2019) | 26.800 (8.725) | - | 4,7 (0,4) | 15.818 (7184) | 12,2 (0,8) | 16 (1,2) | 140 (40) | - |
| BRUNO (2008) | - | 15.440 a 23.04 | 4,2 | 2.978 a 3.590 | - | - | - | - |
| AGUIAR (2017) | 605 (8) | 15484 (1486) | - | 5.616 (207) | - | 1,34 (1,56) | - | - |
| PRADO & CAMPOS (2008) | 235 a 3.562 | 305 a 7.233 | 4,47 a 7,81 | 1.090 a 6.720 | 12,3 a 30,4 | 66,3 a 789,5 | 602 a 2.970 | 30,7 a 358,8 |
| BORGES (2009) | 1.084 (228) | - | 6,5 | 47 (21) | - | - | 701 | - |
| MATOS (2017) | 400 a 9700 | 1200 a 8000 | 4,9 a 6,4 | 500 a 2600 | 60 a 400 | 10 a 30 | 490 | - |

Em que, DBO, DQO, Nt, PT, SST, pH, Ft, CE, refere-se respectivamente à Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio total, Fósforo Total, Sólidos Suspensos totais, Potencial Hidrogeniônico, Fenóis Totais Condutividade Elétrica.

De acordo com a Tabela 1, é possível observar que as variáveis DBO, DQO, pH, SST, Nt, Pt, CE, Ft variam de 300 a 35.525 mg/L; 305 a 56.115 mg/L; 4,2 a 7,81; 26 a 23.002 mg/L; 12,3 a 246 mg/L; 15 a 789,5 mg/L, 0,602 a 701 mg/L e 30,7 a 358,8 mg/L, respectivamente. Se os reservatórios da ARC estiverem com infiltrações ou problemas com vazamento irão contaminar os cursos d’água próximos, seja superficial ou subterrâneos.

As ARC são passíveis de receber tratamento biológico anaeróbio para redução da carga poluidora, conforme demonstrado nos estudos de Campos et al. (2010) e Bruno (2008), podendo-se inclusive realizar a captura e aproveitamento energético do biogás gerado no processo de tratamento. A Tabela 2 apresenta alguns modelos de tratamento empregados por diversas pesquisas, bem como elucida o potencial de remoção dos contaminantes.

**Tabela 2.** Eficiências de remoção e principais tecnologias encontradas na literatura para o tratamento da ARC.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Autor | Tecnologia de tratamento | Eficiências de Remoção (%) ou valores ao final do tratamento | | | | | | | |
| **DBO (%)** | **DQO (%)** | **pH\*** | **Pt (%)** | **Nt (%)** | **SST (%)** | **CE**  **S/cm** | **Ft (%)** |
| BRUNO (2008) | Reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em dois estágios | 96 | 97 | 4,7 - 7,7 | - | - | 97 | - | 72 |
| BORGES (2009) | Reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) | - | 49 | 6,4-7,2 | - | - | 57,45 | 742±100 | 10% |
| AGUIAR (2017) | Filtragem em colunas de subproduto da indústria cerâmica (SIC) | 85 | 50 | 5,67 | 87 | - | 52 | 3,60±0,69 | - |
| FIA (2010) | Filtros anaeróbios com escoamento descendente + sistemas alagados construídos (SACs) | - | - | 7 | 43,1 a 69,6 | 23,8 a 47 | - | - | 57,2 a 73,1 |
| FIA (2010) | filtros anaeróbios com escoamento descendente + sistemas alagados construídos (SACs) | 37,7 a 70,8 | 57,9 a 78,3 | 6,5 | - | - | 71,9 a 84,7 | - | - |
| PRADO & CAMPOS (2008) | UASB | 65 a 98 | 47 a 98 | - | - | - | - | \_ | \_ |
| FIA (2010) | Sistemas Alagados Construídos horizontais (SACESHs) | 47±18 | 47±9 | 7,0 | - | - | - | - | 43±41 |
| BRASIL (2013) | Sistemas Alagados Naturais | 90 | 82 | - | 80 | 87 | - | - | - |

\*Valor ao final do tratamento

Para a variável DBO a eficiência de remoção variou de 47 a 96%; para a DQO de 47 a 97%; para o nitrogênio total 47 a 87%; para o Fósforo Total (Pt) de 69,6 a 87%; para a sólidos suspensos totais de 52 a 97%; e para Fenóis totais de 10 a 73,1%; e para o pH, os valores finais ficaram entre 4,7 e 7.

É possível observar que Bruno (2008), utilizando reatores UASB em dois estágios obteve, dentre os demais estudos, obteve as maiores eficiências de remoção para as variáveis DQO, DBO SST e fenóis totais, obtendo valores da ordem de 97,96,97 e 72% respectivamente. De acordo com o autor, a utilização do segundo reator, instalado em série, foi importante para manter as altas eficiências de remoção estáveis, principalmente quando ocorreram oscilações no primeiro reator.

Não obstante, Fia (2010) apresentou eficiências de remoções da ordem de 43,1 a 69,6%, 23,8 a 47% e 57,2 a 73,1%, para as variáveis Pt, NTK e fenóis totais, respectivamente. O experimento foi conduzido em seis sistemas alagados construídos de escoamento subsuperficial horizontal sendo três dos SACs cultivados com azevém (*Lolium multiflorum*) e o restante com aveia-preta (*Avena Strigosa Schereb*). As maiores eficiências foram encontradas nos SACs cultivados com azevém. De acordo com o autor, a aplicação de sistemas conjugados formados por filtros anaeróbios e SACs foi viável para remoção de compostos fenólicos e nutrientes, entretanto são necessários estudos acerca da remoção de outras variáveis.

O experimento de PRADO & CAMPOS (2008) objetivou tratar a ARC a partir de um sistema de tratamento anaeróbio em escala laboratorial, composto por um tanque de acidificação e equalização (TAE), um reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) e uma lagoa aerada facultativa (LAF). Os autores obtiveram remoção de DBO, DQO, SST, NTK, Pt e fenóis totais entre 65 a 98%, 47 a 98 %, 7 a 77%, 0 a 60%, -25 a 81% e 5 a 78% respectivamente. Os autores elucidam que as maiores remoções da DQO, da DBO5 e dos sólidos foram obtidas no reator UASB. Ainda, foi possível observar que as eficiências negativas ocorreram durantes as varreduras da biomassa no reator nos períodos transientes.

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento de águas residuárias deve ser em função de um balanceamento entre critérios técnicos, econômicos e ambientais, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa (VON SPERLING, 2014). Seguindo os critérios apresentados pelo autor, a escolha da melhor tecnologia de tratamento deve comtemplar a diminuição dos insumos energéticos, de resíduos gerados, redução dos custos de implementação, operação e manutenção. Ainda, a escolha deve garantir a eficiência constante na remoção de poluentes e matéria orgânica, vez que buscar-se-á atender aos requisitos ambientais do local a ser implantado.

Diante do exposto, torna-se importante o desenvolvimento de uma tomada de decisão sólida para o desenvolvimento de um sistema de tratamento de efluentes com o objetivo de reúso da ARC, visando à proteção ambiental, na redução dos riscos associados ao despejo de efluentes, além de possibilitar a sua reutilização na agricultura como biofertilizantes.

Para que o efluente seja utilizado como biofertilizante, é indispensável a realização de um tratamento adequado. Indica-se, como tratamento preliminar, a obtenção de uma caixa separadora de água e óleo, peneira e grade como tratamento primário. Esses resíduos não devem ser reutilizados na fertirrigação, portanto recomenda-se a coleta e uma destinação final ambientalmente adequada.

Conforme relata von Sperling (2014), é possível verificar que o reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) apresenta baixo custo de construção, pouca área demandada e baixo custo de operação e manutenção. Não obstante, o sistema composto por UASB + Lagoa de polimento apresenta baixo custo de construção, operação manutenção, porém exige área disponível considerável em relação a outras tecnologias de tratamento. No entanto é alternativa viável de baixo custo para o polimento necessário do efluente após o tratamento anaeróbio.

Adicionalmente, os Sistemas Alagados Construídos (SACs) apesar de possuírem elevada área demandada e significativo custo de construção, apresentam baixo custo de operação e manutenção e pouca geração de lodo comparado, podendo ser utilizados em sequência ao tratamento secundário como unidades de polimento e remoção adicional de matéria orgânica.

Admitindo que a fazenda objeto deste estudo possui área útil disponível para construção de um sistema que requer grandes áreas e que a alta carga orgânica e de sólidos presentes na ARC exige um tratamento mais complexo, recomenda-se a implementação de UASB + Lagoa polimento + SAC Horizontais. A escolha dessas tecnologias proporcionará o potencial reúso das ARC tratadas como biofertilizante, vez que apresentam comprovadas eficiências de remoção de DBO, DQO, SST e fenóis na literatura. Neste estudo, a etapa terciária de desinfecção não foi considerada, pois a fazenda não faz a mistura da ARC com efluentes domésticos ou de criação animal, que possam conter contaminações de organismos patogênicos.

Ainda, recomenda-se a adição de alcalinizante na entrada do reator UASB, para correção dos valores de pH. A eficiência na adição de um alcalinizante para estabilização de pH foi comprovado por Fia (2010) e Bruno (2008).

Os SACs Horizontais propostos não apresentam boa capacidade de remoção de nutrientes, pois trabalham em grande parte com condições anaeróbias, viabilizando assim o uso da ARC como biofertilizante. Esses suplementos são necessários ao crescimento vegetativo, evitando seu acúmulo, a salinização do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (MATOS et al., 2003).

O presente trabalho, parte do pressuposto que a ARC da fazenda objeto do estudo apresenta os valores médios das características encontradas na literatura estudada (Tabela 1). Ainda, admite-se que o sistema de tratamento proposto apresenta as eficiências mínimas propostas por von Sperling (2014), posto que, o autor restringe-se ao estudo as águas residuárias domésticas, com taxas de DBO, SS e nutrientes inferiores às encontradas na ARC. Para o SAC, admitiu-se as menores eficiências encontradas por Fia et al. (2010). Portanto, o efluente final após tratamento possuirá cerca de 577 mg/L de DBO, 466,75 mg/L de SST, 48,61 mg/L de Nt e 175,11 mg/L de Pt.

Para o território mineiro, cabe a DN CERH-MG Nº 65/2020 estabelecer diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados. Todavia, é importante enfatizar que a normativa contempla exclusivamente ETEs que tratam esgotos de origem doméstica. Ainda que Minas Gerais seja um estado pioneiro no cultivo de café, não existe regulamentação acerca do tratamento, disposição final ou reúso adequado de ARC.

De acordo com essa normativa, é viável inferir que o efluente tratado atenderá os parâmetros de condutividade elétrica e pH para reúso na modalidade agrossilvipastoril, desde que atenda critérios de irrigação. Neste caso, estudos são necessários para verificar se a condutividade elétrica atende ao mínimo exigido pela normativa (500 m, assim como a razão de adsorção de sódio (RAS), de forma a não acarretar em prejuízos de infiltração da água no solo. Ainda segundo a legislação, para culturas frutíferas, exige-se a irrigação por gotejamento ou método equivalente, capaz de evitar contato do efluente com a parte comestível da colheita.

No que tange ao aproveitamento nutricional para uma produção de 2.880 m3 de ARC tratada, a concentração média de Nitrogênio Total (Nt) presente neste efluente tratado é de 48,61 mg/L. Estima-se uma produção do nutriente de 138 kg/ano. Segundo a literatura consultada, para uma cultura cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo, o teor de nitrogênio é cerca de 29,21 g.kg-1 (COLODETTI, 2021). Segundo Guimarães et al. (1999), a dose necessária para suprir a deficiência desse nutriente, para uma produção de 30 sacas/ha é cerca de 220 kg/ha/ano, ou 66.000 kg/ano.

Por consequência, para atender a demanda nutricional com a ARC seria necessário um volume anual a ser irrigado de 1.357.745 m3, valor muito superior à ARC gerada. Entretanto, intercalar o uso de fertilizantes com a ARC tratada na cultura é uma alternativa viável, apresentando economia, vez que, isenta o produtor de adquirir a quantidade total de fertilizantes no mercado. A ARC tratada possui potencial de suprir cerca de 0,21% da demanda nitrogenada da cultura do café, com recuperação de cerca de 140 kg de Nt anualmente.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O manejo adequado de águas residuárias provenientes da cafeicultura garante ao produtor vantagens sociais, econômicas e ambientais. Neste estudo, uma alternativa simples e de baixo custo foi apresentada como alternativa para tratamento da ARC com vistas ao reúso agrícola.

Para suprir a demanda de nutrientes, conclui-se pela inviabilidade do suprimento total de nitrogênio pela ARC, justificando intercalar a fertirrigação com o uso de fertilizantes químicos comerciais. Além de preservar o meio ambiente, o reúso diminui gastos com água, fertilizantes e com processos de outorga. Ainda, a água proveniente do tratamento, pode ser utilizada para outros fins menos nobres, tais como, a lavagem dos maquinários.

Por fim, recomenda-se novos estudos para melhor caracterização da água residuária, bem como, uma análise dos custos no tratamento, e avaliação dos potenciais impactos de aplicação da ARC no solo e na cultura do café. É imprescindível a evolução da legislação acerca do reúso na cafeicultura de Minas Gerais, sendo necessário a melhor formulação de parâmetros ambientais que incentivem a prática abordada.

**Agradecimentos**

**A Agência Regional de Proteção Ambiental (ARPA Rio Grande), por dispor o estudo de caso.**

**REFERÊNCIAS**

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CAFÉ: Safra 2021, v.4, n.3, jun. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/cafe/boletim-da-safra-decafe?limitstart=0>. Acesso em: 15 jun. 2021.

AGUIAR, Lívia Mendonça de et al. Uso do subproduto da indústria cerâmica em colunas de filtragem para o tratamento de águas residuárias da cafeicultura. 2017.

BRASIL, M. da S.; MATOS, AT de; FIA, RONALDO. Eficiência e impactos ambientais do tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em áreas alagadas naturais. Engenharia na agricultura, v. 11, n. 1-4, p. 43-51, 2003

BREGAGNOLI, Marcelo; NETO, Jorge Florêncio Ribeiro. Cafeicultura e sustentabilidade da produção. Café nas montanhas, p. 12, 2018

BRUNO, Marcelo e Oliveira, Roberto A. Tratamento anaeróbio de águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida em reatores UASB em dois estágios. Engenharia Agrícola [online]. 2008, v. 28, n. 2, 2008.

COLODETTI, Tafarel Victor et al. NÚMERO DE RAMOS ORTOTRÓPICOS NO CAFEEIRO ARÁBICA: TEORES FOLIARES DE MACRO E MICRONUTRIENTES. **Anais** **do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 6, 2021.

Gardiman Junior, Benvindo & de Oliveira Garcia, Giovanni & Reis, Edvaldo. (2019). Definition of Time of Detentions Hydraulic (TRH) and the Efficiency in the Treatment of Coffee Residue Water by an Electrolytic System. **Revista Virtual de Química**.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

EMATER. Projeções do Agronegócio, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq\_Relatorios/Publicacoes/projecoes\_2017\_a\_2027.pdf >. Acesso em: 20 de Jun de 2021.

Fia, Ronaldo et al. Tratamento das águas do processamento dos frutos do cafeeiro em filtro anaeróbio seguido por sistema alagado construído: II - remoção de nutrientes e compostos fenólicos. **Engenharia Agrícola**. 2010, v. 30, n. 6, pp.1203-1213.

Fia, Ronaldo et al. Tratamento das águas do processamento dos frutos do cafeeiro em filtro anaeróbio seguido por sistema alagado construído: I - remoção de matéria orgânica. **Engenharia Agrícola**. 2010, v. 30, n. 6, Acesso em 22 de junho 2021, pp. 1191-1202.

FIA, Ronaldo et al. Desempenho de sistemas alagados no tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1323-1329, 2010.

PRADO, Marco Antônio Calil e Campos, Cláudio Milton Montenegro. Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos do processamento de Coffea arabica L. em reator anaeróbico UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café. Ciência e Agrotecnologia. 2008, v. 32, n. 3, pp. 938-947.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. Ed. UFV, 371 p., 2017.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais. v.1, 4a ed., 472p., 2014.

1. *Aluno do Curso Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental, wccosta.eng@gmail.com* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Profa. Dr. da Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental, paula.assemany@ufla.br* [↑](#footnote-ref-2)