

CONTROLE DE COLIFORMES EM EFLUENTES COM A UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE *Eucalyptus citriodorus* OU EXTRATO DE SEMENTE DA *Moringa oleifera*

CONTROL OF COLIFORM IN EFFLUENT WITH THE USE OIL OF *EUCALYPTUS CITRIODORUS* OR EXTRACT SEED OF *MORINGA OLEIFERA*

Sônia Maria Crivelli Mataruco soniamcm@sanepar.com.br

Mestra em Ensino pela Universidade Estadual do Paraná (Paranavaí/Brasil).
Professora na Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná (Paranavaí/Brasil).

Marcia Regina Royer marciaroyer@yahoo.com.br

Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (Maringá/Brasil).
Professora na Universidade Estadual do Paraná (Paranavaí/Brasil).

Paulo Rodrigo Stival Bittencourt paulob@utfpr.edu.br

Doutor em Química pela Universidade Estadual de Maringá (Maringá/Brasil).
Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Medianeira/Brasil).

Waldecir Valentin Peres valcir.vf@gmail.com

Graduado em Tecnologia em Gestão ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná (Paranavaí/Brasil).
Gestor em agronegócio (Paranavaí/Brasil).

Guilherme Henrique Mataruco g.henrique.mataruco@gmail.com

Graduado em Agronomia pela Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná (Paranavaí/Brasil).
Gestor em agronegócio (Paranavaí/Brasil).

RESUMO

No intuito de diminuir os impactos das atividades humanas sobre o ambiente aquático ao descarregar determinado efluente em um receptor hídrico garantindo que este esteja dentro dos parâmetros definidos pela legislação vigente, é preciso buscar tecnologias adequadas que demonstrem, principalmente, viabilidade econômica, social e ambiental para seu tratamento. As sementes da *Moringa oleifera* contém agente ativo com propriedade coagulante, com capacidade de remoção de bactérias presentes na água na ordem de 90 a 99%. A técnica de usar produtos de origem vegetal permite o desenvolvimento de substâncias de tratamento que diminui ou elimina a utilização de produtos sintéticos e/ou inorgânicos, gerando, assim, menor impacto ao ecossistema e garantindo manejo sustentável do processo produtivo. Desta forma, o objetivo da pesquisa foi verificar o efeito da utilização do extrato das sementes de *Moringa oleifera* e do óleo essencial do *Eucalyptus citriodorus* em efluentes, *in natura* e pós-tratamento, sobre coliformes totais e *Escherichia coli*, existente nos efluentes de indústria de processamento de mandioca para a fabricação de amido. Utilizando amostras das lagoas de decantação, tratado com extrato aquoso de sementes de *Moringa* e extrato de folhas de eucaliptos em diferentes concentrações, foram realizadas diversas baterias de análises com a contagem de microrganismos de interesse. Através das análises microbiológicas, foi observado que ocorreram diferenças significativas, indicando resultados promissores, entre os efluentes com e sem tratamento, utilizando-se o extrato de sementes de *Moringa oleifera* e do *Eucalyptus citriodorus* com relação ao tratamento convencional.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Semente de Moringa. Óleo essencial.

ABSTRACT

In order to reduce the impacts of human activities on the aquatic environment, when a certain effluent is discharged into a water receiver, ensuring that it is within the parameters defined by current legislation, it is necessary to seek suitable technologies that mainly demonstrate economic, social and environmental viability for its treatment. The seeds of *Moringa oleifera*, contains active agent with coagulant properties, with the capacity to remove bacteria present in water in the order of 90 to 99%. The technique of using products of plant origin allows the development of treatment substances that reduce or eliminate the use of synthetic and / or inorganic products, thus generating less impact to the ecosystem, guaranteeing sustainable management of the productive process. The objective of this research was to verify the effect of the use of the extract of the seeds of *Moringa oleifera* and the essential oil of *Eucalyptus citriodorus* in effluents, *in natura* and post-treatment, on total coliforms and *Escherichia coli*, present in effluents in an industry to the processing of cassava for the manufacture of starch. Using samples from the decantation ponds, treated with aqueous extract of *Moringa* seeds and eucalyptus leaf extract at different concentrations, several analysis batteries were carried out with the count of microorganisms of interest. Through the microbiological analysis, it was observed that significant differences occurred, indicating promising results, between effluents with and without treatment, using the extract of seeds of *Moringa oleifera* and *Eucalyptus citriodorus* in relation to the conventional treatment.

Keywords: Treatment of effluents. Moringa seed. Essential oil.

1 INTRODUÇÃO

A região Noroeste do Estado do Paraná se desenvolveu a partir da agricultura e, desta forma, propiciou abertura para instalação da agroindústria, principalmente no setor mandioqueiro, que na maioria das vezes localiza-se próximo aos pequenos cursos d'água, trazendo consigo vários problemas ambientais, devido a industrialização da mandioca para obtenção de farinha ou fécula, gerando resíduos sólidos e líquidos (FERNANDES JÚNIOR; CEREDA, 1996).

Dentre esses resíduos, destaca-se a manipueira líquida, resultante da prensagem da massa ralada. Neste processo, são gerados 2,4 m³ de efluente por tonelada da raiz de mandioca, sendo que a magnitude do problema depende da capacidade de absorção do corpo receptor e, também, do número de indústrias localizadas na mesma bacia hidrográfica (FIORETTO, 1994). O Brasil é o segundo maior produtor de mandioca (*Manihot esculenta*) do mundo (Embrapa 2002), sendo o Estado do Paraná um dos maiores produtores com 35% da produção nacional (GROXKO, 2001).

A disposição de efluentes líquidos sem tratamento prévio diretamente no ambiente é uma prática condenada pela legislação ambiental, obrigando as empresas a reavaliar seus processos produtivos de forma a melhorar a eficiência, buscando desta forma a sustentabilidade. No tratamento de efluente, destacam-se os processos biológicos, aeróbios (lodo ativado, lagoas de estabilização aeróbia entre outros), ou anaeróbios (biodigestores, lagoas de estabilização anaeróbia, entre outros) (FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Nas feculárias, o tratamento das águas residuárias é feito através de lagoas de estabilização em série, reduzindo a carga orgânica, uma vez que cada lagoa apresenta características e funções distintas. A descarga de um determinado efluente em um receptor hídrico deve estar dentro de parâmetros definidos pela legislação vigente, tendo como objetivo principal diminuir o impacto das atividades humanas sobre o ambiente aquático, garantindo uma economia cíclica e sustentável. Uma empresa, ao trabalhar de forma cíclica, desenvolve oportunidades de reduzir a produção de seus resíduos diminuindo o esgotamento de recursos naturais (GROXKO, 2001).

A água é transformada em efluente após ser utilizada nos mais diversos fins, em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, instituições públicas e outras entidades.

Para Metcalf e Eddy (2003, p. 10)

Os avanços tecnológicos têm contribuído com a alteração das características dos esgotos, proporcionaram à inserção de compostos de difícil degradação, vários desses, raramente são tratados e removidos por processos convencionais. Para atuar na prevenção da poluição, é necessário avaliar os impactos de qualquer novo composto

e verificar se este pode ser tratado de forma eficaz com a tecnologia existente, isso indicará se ele poderá ser utilizado ou não. Portanto, caracterizar os esgotos e identificar os diversos poluentes presentes é fundamental para avaliar a eficiência dos sistemas e realizar estudos relacionados a métodos de tratamento que possibilitem a remoção desses contaminantes.

O desenvolvimento de tecnologias adequadas para o tratamento de efluentes tem sido objeto de grande interesse nos últimos tempos, devido ao aumento da rigidez das leis ambientais e, principalmente, visando sua viabilidade econômica, socialmente justa e ambientalmente equilibrada, sendo que os produtos de origem vegetal podem constituir-se fontes úteis para atingir esse objetivo (BORBA, 2001).

Segundo Kalogo, M' Bassinguiè Sèka e Verstraete (2001), extratos de *Moringa oleifera* diminuem o barro e bactérias contidas em água não tratada. As sementes de *M. oleifera* apresentaram efeito higiênico por remover 90% de cercárias (*Schistosoma mansoni*) da água utilizada por habitantes da região do Sudão.

A *M. oleifera* é uma planta tropical, originária da Índia, pertencente à família Moringaceae que cresce em vários outros países tropicais como o Egito, Sudão, Península Arábica, Etiópia, Quênia, Madagascar, Somália, Namíbia, entre outros (WANDERLEY *et al.*, 2007). A *M. oleifera* é conhecida mundialmente por vários nomes populares, tais como "resedá", "árbol de rábano", "Ângela", "árvores dos aspargos", "branco-lírio", "quiabo de quina" e muitos outros (AMAYA *et al.*, 1992). Na região noroeste do Paraná é conhecido por moringa. As sementes de *M. oleifera* detêm propriedades coagulantes atribuídas a proteínas catiônicas de baixo peso molecular, que interagem com o material orgânico da água, destruindo a estabilidade coloidal e facilitando a sua remoção por sedimentação (WANDERLEY *et al.*, 2007). Atualmente, o cultivo desta planta vem sendo propagado em todo o semiárido brasileiro, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico. De acordo com Ndabigengesere, Narasiah e Talbot (1995), as sementes de *M. oleifera* são uma opção viável de coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são empregados no tratamento de água. Esta prática vem sendo estudada nos últimos anos, visando à melhoria da qualidade de águas residuárias ou de qualidade inferior (BORBA, 2001), a saber, mostrando-se bastante eficientes não somente na remoção de turbidez e microrganismos, como também no condicionamento do lodo (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Os óleos essenciais são constituídos principalmente por fenilpropanóides e terpenóides, sendo que estes últimos preponderam. Estas classes de substâncias podem ser uma fonte promissora de princípios ativos diretos ou precursores na síntese de outros compostos de maior importância e valor agregado, como por exemplo, o safrol, eugenol, citral, citronelal, dentre outros (CHAVES, 1994).

O *Eucalyptus sp.* tornou-se uma planta bastante cultivada no mundo, com aplicações nas indústrias farmacêuticas e de perfumaria, assim como na produção de papel e lenha. Através dos conhecimentos

empíricos da medicina popular, diversos estudos têm sido publicados sobre as propriedades químicas, biológicas e medicinais do seu óleo essencial, tais como a sua atividade antimicrobiana, larvicida e anti-inflamatória. No Japão, o extrato da folha de *Eucalyptus sp.* foi aprovado como um aditivo natural para alimentos e está incluso na lista de aditivos existentes como um antioxidante (VITTI; BRITO, 2003). No Brasil, o *Eucalyptus sp.* foi introduzido com o objetivo inicial de produção de madeira, sendo a principal espécie utilizada no Brasil para produção de óleo essencial, apresentando como componente principal o citrônial.

Nesta perspectiva, o objetivo da pesquisa foi verificar o efeito da utilização do extrato das sementes de *Moringa oleifera* e do óleo essencial do *Eucalyptus citriodorus* em efluentes, *in natura* e pós-tratamento, sobre coliformes totais e *Escherichia coli*, existente nos efluentes de indústria de processamento de mandioca para a fabricação de amido, localizada no noroeste do Estado do Paraná.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi desenvolvida em Paranaíba, porém o material de estudo foi coletado no município de Tamboara, ambos localizados no noroeste do Estado do Paraná. Paranaíba tem uma população estimada, em 2017, de 87.850 pessoas. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 12.08 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0.2 para cada 1.000 habitantes. Já Tamboara, tem uma população estimada, em 2017, de 5.064 pessoas. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de zero para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 1.6 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2017).

Segundo a classificação climática de Köppen, os locais de estudo possuem clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 28 °C, com verões quentes, com pouca frequência de geadas e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida (IAPAR, 2017).

2.2 PLANTAS UTILIZADAS

Para desenvolver a pesquisa, foram utilizadas sementes de *Moringa oleifera* Lam., conhecida popularmente por moringa (Figura 1) e folhas de *Eucalyptus citriodorus* (eucalipto). Esse material biológico foi coletado no sítio Dois Irmãos, localizado no município de Tamboara - PR.

Conforme demonstrado na figura 1, a *Moringa oleifera* é um arbusto de pequeno porte e que apresenta crescimento bastante rápido, mesmo em solos com pouca umidade e pobres em nutrientes (KWAAMBWA, MAIKOKER, 2008).

Figura 1 – Planta de *Moringa oleifera*, no Município de Tamboara – Paraná



Fonte: elaborado pelos autores

As folhas do *Eucalyptus citriodorus* foram utilizadas para extrair o óleo essencial citronelal, e posteriormente, verificado sua potencialidade como bactericida no efluente. Estanislau *et al.* (2001), asseveram que este gênero apresenta as seguintes propriedades terapêuticas: antifúngica, antisséptica, adstringente, anti-inflamatória, antibacteriana, cicatrizante e desinfetante.

2.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O processo de extração do óleo essencial das folhas de eucalipto e da essência das sementes de moringa foram realizados nos laboratórios do Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo, de Paranavaí – PR.

A obtenção do extrato da moringa foi realizada por trituração mecânica da semente em água deionizada. Utilizou-se uma semente para cada 100 mL de água, sendo, posteriormente, filtradas.

A extração do óleo essencial das folhas de eucalipto foi realizada pelo processo de destilação arraste a vapor.

Os produtos obtidos foram acondicionados em frascos de polipropileno.

Os produtos extraídos foram utilizados para testar seus efeitos nos efluentes tratados e não tratados, os quais foram coletados nas lagoas da ETAR da indústria de processamento de raiz de mandioca.

2.4 COLETA DAS AMOSTRAS DOS EFLUENTES E ENSAIOS

Foram utilizadas amostras de efluentes, as quais foram coletadas na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de uma indústria de processamento de mandioca para a obtenção de amido, também localizada no município de Tamboara - PR.

Para o ensaio do efeito do óleo de eucalipto nos efluentes, tratado e não tratado, foram adicionadas nas amostras de 50 mL de efluentes os volumes de 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 mL deste óleo. O mesmo procedimento foi realizado para saber o efeito do extrato das sementes de moringa. Os ensaios foram realizados no laboratório Microbiologia do Instituto Ambiental do Paraná – IAP de Londrina-PR, utilizando os procedimentos da *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

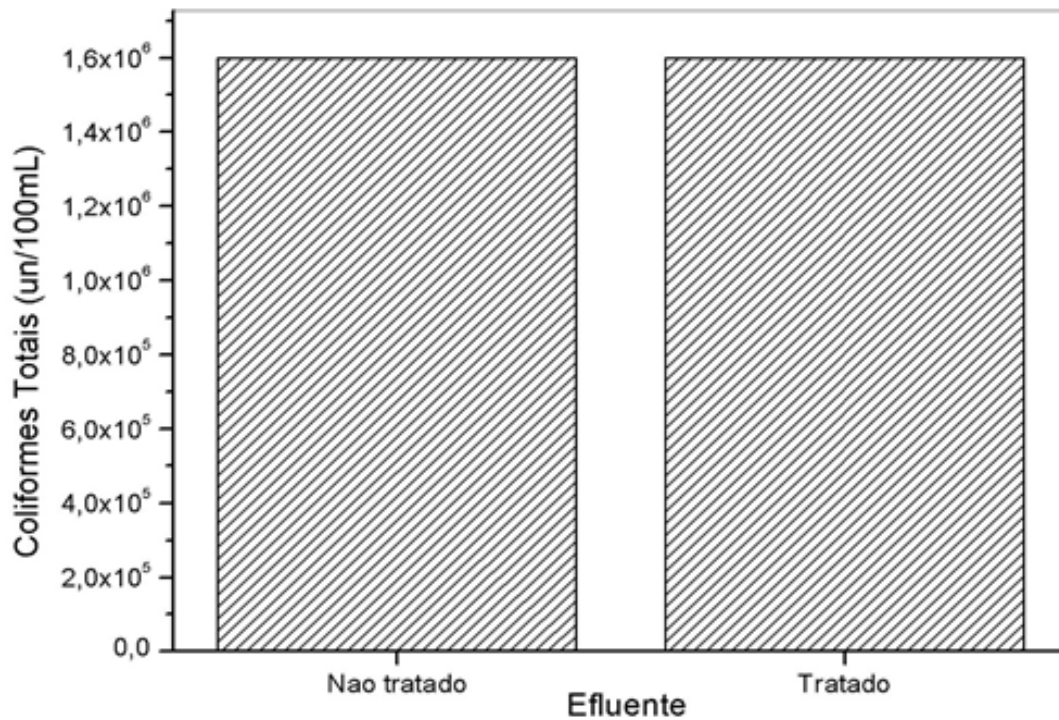
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Por meio de regressão, foi realizado o ajuste de equações matemáticas relacionados com a contagem dos Coliformes Totais (CT) e coliformes fecais (*Escherichia coli*).

3 RESULTADOS E ANÁLISE

Na figura 2 está apresentada a concentração de coliformes totais presentes nos efluentes não tratado e tratado pela empresa na qual foi realizada a pesquisa. A empresa utiliza o tratamento convencional para eliminar bactérias. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o tratamento convencional utilizado não apresentou nenhuma diferença significativa na eliminação dos coliformes totais, portanto, não sendo eficiente nas amostras analisadas, no caso, efluente não tratado e efluente tratado. Assim, averiguou-se que o método utilizado na empresa não é satisfatório para remoção de coliformes totais.

Figura 2- Comparação do tratamento de Coliformes Totais pelo método tradicional



Fonte: elaborado pelos autores

No tocante a coliformes totais, constatou-se que o sistema utilizado na empresa não opera adequadamente. Desta forma, uma hipótese é que essa ineficiência no processo se dá devido ao mal dimensionamento das lagoas que recebem os efluentes, sendo pequenas para o grande volume de efluentes lançados. A concentração de coliformes totais nesse tipo de efluente se dá devido ao despejo dos efluentes sanitários domésticos da empresa, considerada pequena a quantidade pelo volume de efluente gerado. Assim, entende-se que se as lagoas apresentassem tamanho adequado, haveria autodepuração desses coliformes. Por conseguinte, os autores dessa pesquisa sugerem que a empresa faça um diagnóstico da quantidade de efluente gerado em seu processo produtivo e, conseqüentemente, realizem um redimensionamento das lagoas, proporcionando, assim, condições para eliminação dos microrganismos presentes.

Entretanto, o tratamento tradicional se mostrou eficiente para a eliminação da *Escherichia coli*. Verificou-se que após o tratamento convencional houve uma redução significativa na quantidade de

matéria orgânica e, conseqüentemente, ao reduzir a matéria orgânica houve uma redução na *E. coli*, baixando de $2,0 \times 10^5$ para 940 uni/100 mL. Sendo assim, o resultado obtido é satisfatório, atendendo, portanto, à resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece que não deverá exceder um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80 % das amostras coletadas, e que a *E. coli* poderá ser determinada em substituição aos parâmetros coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

O esgoto doméstico da empresa é tratado preliminarmente em fossa séptica e, posteriormente, lançado na lagoa anaeróbia. O tratamento secundário ou biológico é composto por dois processos distintos: o primeiro anaeróbio e o segundo aeróbio. O processo anaeróbio é caracterizado por lagoa anaeróbia e o processo aeróbio por lagoa aerada mecanicamente em série.

O tratamento terciário é composto de lagoa de maturação (polimento), que tem a função principal de decantação de sólidos e destruição de organismos patogênicos. Após a lagoa de maturação, segue para a calha *Parshal*.

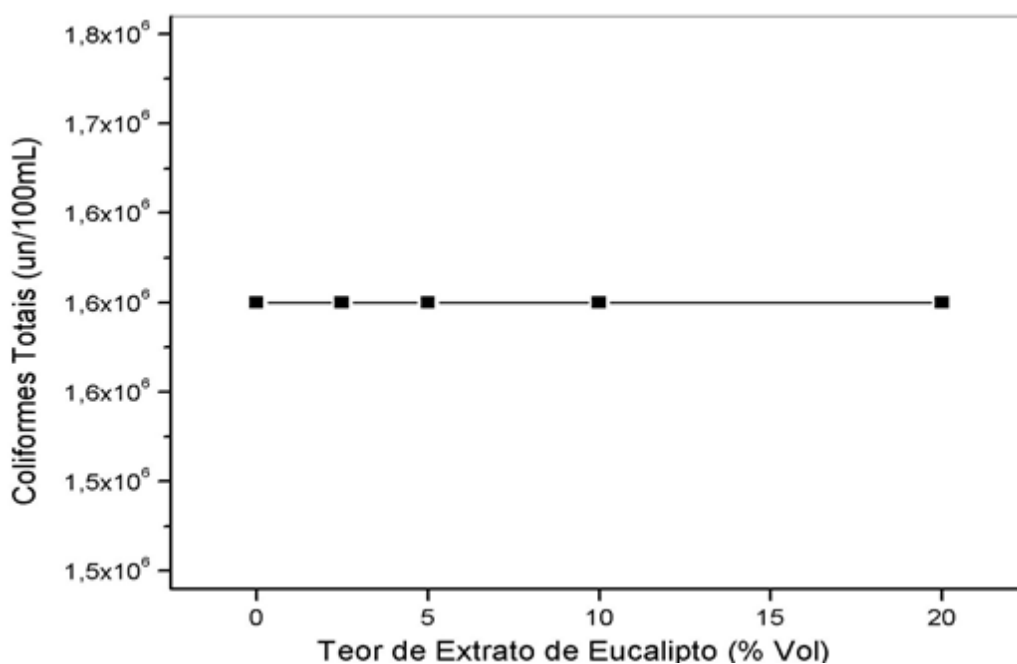
Os resultados das análises dos efluentes revelaram a presença de Coliformes Totais. A saber, as bactérias do grupo Coliformes são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, porém estas bactérias não são encontradas normalmente em efluentes de indústrias de processamento vegetal, uma vez que estão associadas a fezes de animais de sangue quente. Assim, contata-se que quiçá ocorra uma possível infiltração ou, então, emissão de efluentes domésticos em desacordo com o previsto no projeto original da empresa. Cabe enfatizar aqui a importância de monitorar a determinação da concentração dos coliformes no efluente, uma vez que é um essencial indicador da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera.

Em alusão à diminuição das bactérias *E. coli*, isto ocorreu devido à disposição das lagoas de tratamento. Sistemas com seqüência de lagoas alternando em partes anaeróbias e aeróbias, se bem dimensionados, reduzem aproximadamente 75% de carga orgânica, tanto em parâmetros físico-químicos quanto microbiológicos, porém no caso dos microbiológicos, o volume que permanece no efluente continua sendo bem representativo e quando necessário reduzir, é preciso aplicação de pós-tratamento.

O ramo de produção de derivados de mandioca utiliza o tratamento convencional de lagoas, onde as águas residuárias de lavagem de matéria-prima passam inicialmente por peneiras rotativas para extração da casquinha e, em seguida, pela lagoa de sedimento da areia. Estes resíduos produzidos são retirados e, posteriormente, depositados em solo agrícola que serve como fertilizante.

De acordo com os dados apresentados na figura 3, o óleo essencial do eucalipto não foi eficiente na eliminação dos coliformes totais no efluente não tratado.

Figura 3 - Contagem de Coliformes Totais em função da concentração do óleo de eucalipto obtido em efluente não tratado



Fonte: elaborado pelos autores

Porém, no efluente tratado (Figura 4), o óleo de eucalipto mostrou uma eficiência significativa, sendo que a diminuição das bactérias ocorreu com o aumento da concentração do óleo e, portanto, a maior concentração do extrato, 20 mL, foi a que se mostrou mais eficiente nesse processo.

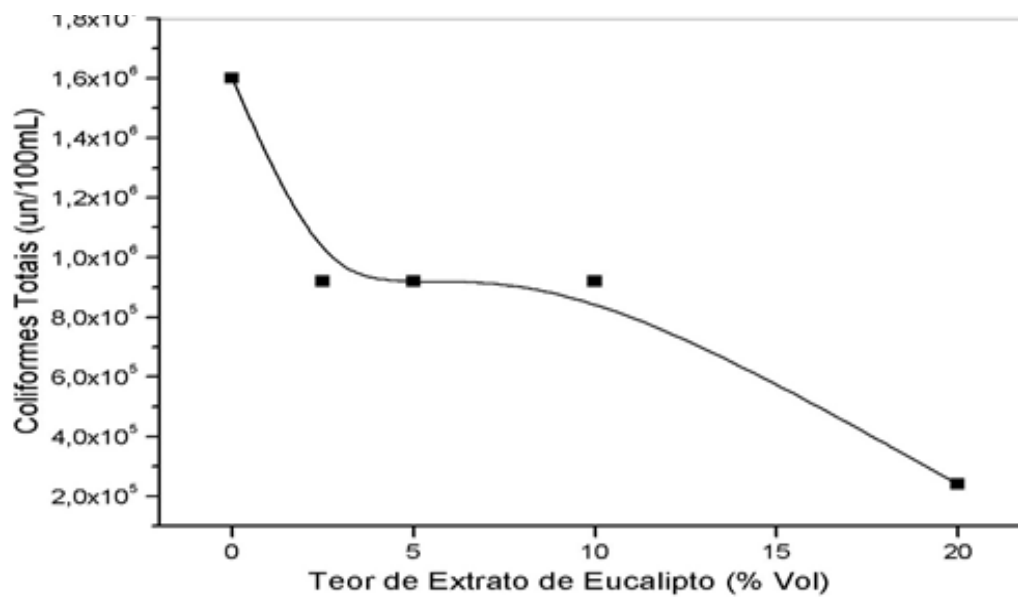
Observa-se que a quantidade de óleo para os testes é alta, há diluições de 20 mL de reagentes em 50 mL de amostra, o que na prática inviabiliza a aplicação em alta escala. Por conseguinte, a mistura utilizada deixa em dúvida se a redução foi em virtude da diluição ou do real poder do reagente.

O extrato de eucalipto age através de reações oxidantes, desta forma, provoca naturalmente redução de matéria orgânica e agentes microbiológicos.

Diversos estudos demonstram que os óleos essenciais apresentam atividade antibacteriana (CARVALHO JR, *et al.*, 2004; MEVY *et al.*, 2007) e que sua atividade está intimamente relacionada à

composição química, refletindo nos possíveis mecanismos de ação destes frente às diferentes cepas bacterianas (CARSON; MEE; RILEY, 2002).

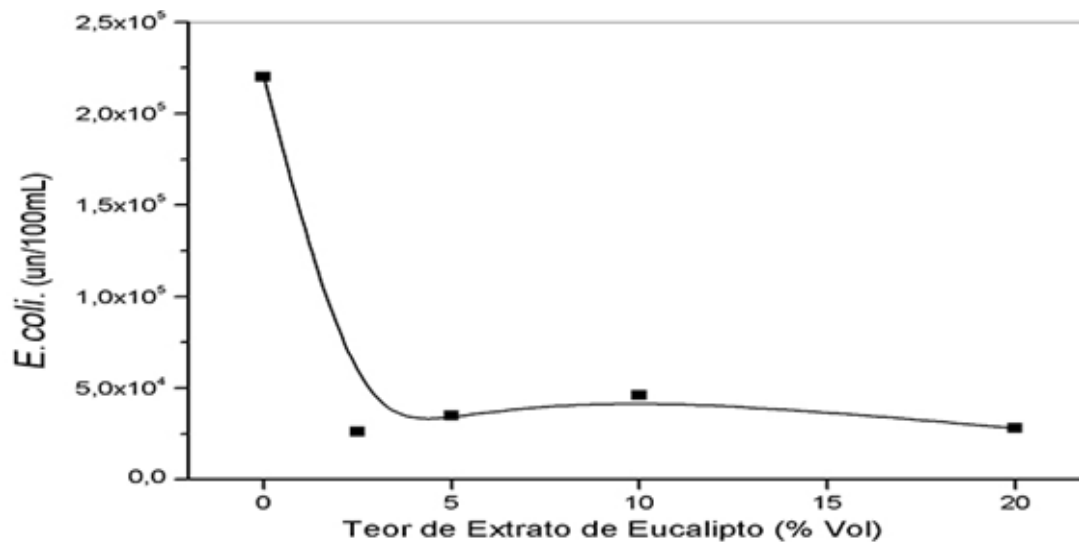
Figura 4 - Contagem de Coliformes Totais em função da concentração do óleo de eucalipto obtido em efluente tratado



Fonte: elaborado pelos autores

Com relação à quantidade de *Escherichia coli* no efluente não tratado, a inserção do óleo de Eucalipto mostrou-se eficiente em baixas concentrações, tendo, portanto, menor presença de microrganismos com 2,5% de volume de efluente não tratado e, contudo, o aumento da concentração do óleo não reduziu as bactérias, dessa forma, se torna interessante pois exige pouco óleo (Figura 5).

Figura 5 - Contagem de *E. coli* em função da concentração do óleo de eucalipto obtido em efluente não tratado

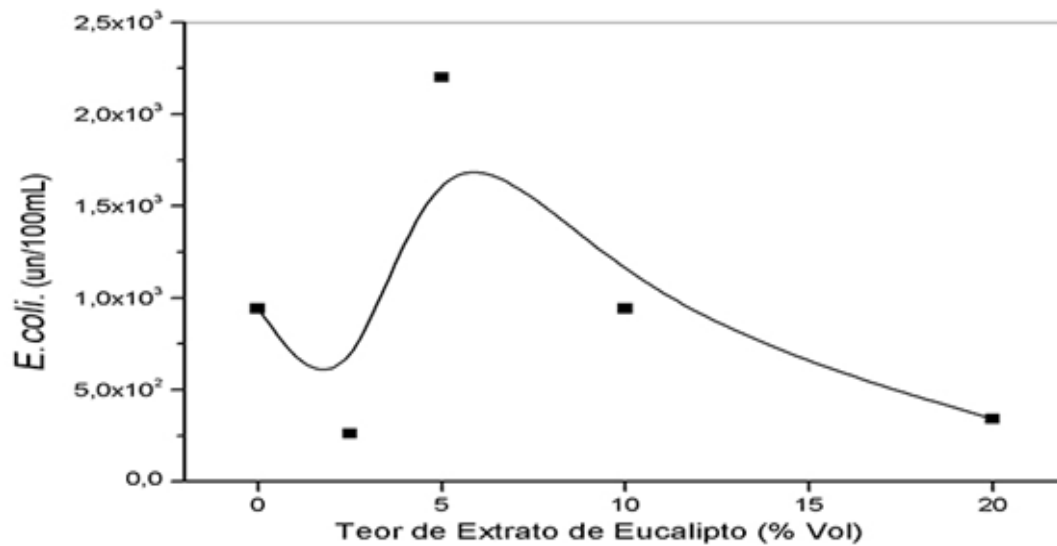


Fonte: elaborado pelos autores

Porém, no que tange ao efluente tratado, houve significativa variação da *E. coli*, sendo que os resultados mais eficientes foram as amostras contendo 2,5% e 20% do óleo de eucalipto em volume de efluente (Figura 6).

Sabe-se que o uso de substâncias naturais, como o extrato das sementes da *Moringa oleifera*, pode atuar como floculadores do material em suspensão presente na água. Em comparação com o alumínio, as sementes de *M. oleifera* não alteraram significativamente o pH e a alcalinidade da água após o tratamento e, além disso, não causaram problemas de corrosão. Entretanto, não encontramos resultados de pesquisas utilizando extrato das sementes desta planta para o tratamento de efluentes.

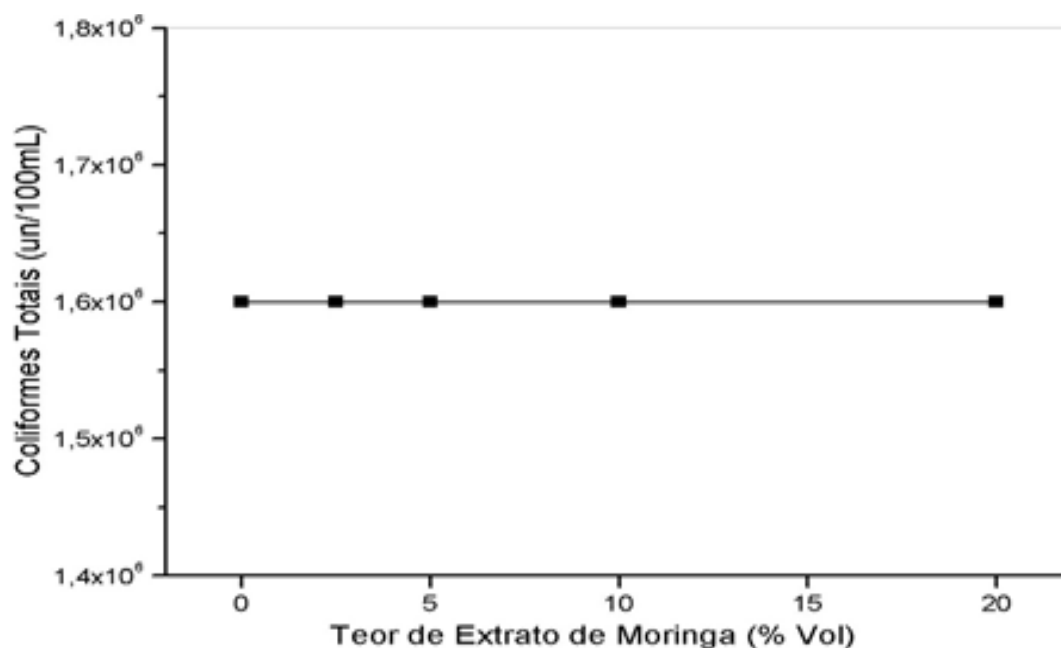
Figura 6- Contagem de *E. coli* em função da concentração do óleo de eucalipto obtido em efluente tratado



Fonte: elaborado pelos autores

Assim, utilizou-se o extrato de sementes da Moringa para testar seu efeito na diminuição de coliformes totais em efluentes não tratados. Observou-se que o extrato não foi eficiente na diminuição de coliformes totais (Figura 7).

Figura 7 - Contagem de Coliformes Totais em função da concentração do extrato das sementes de moringa obtido em efluente não tratado

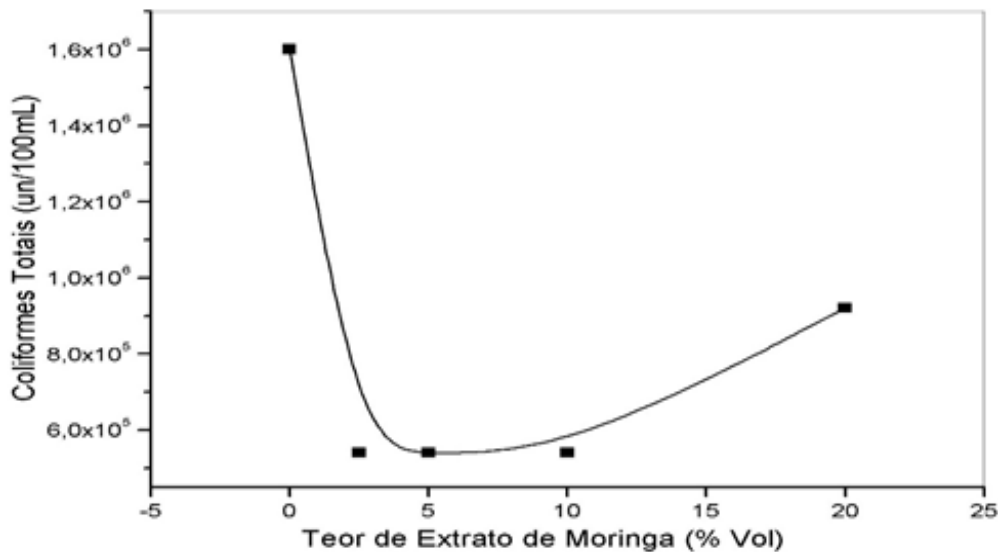


Fonte: elaborado pelos autores

Diante do resultado apresentado, deduz-se que pode ter havido contaminação cruzada. É comum no ato da amostragem, tanto no preparo da solução quanto no manuseio de equipamentos e vidrarias, acontecer contaminações, principalmente por agentes microbiológicos.

Em contrapartida, os resultados foram significativos quando foi testado em efluente tratado. Observa-se uma diminuição significativa no número de coliformes totais em efluente tratado quando o volume do extrato de Moringa encontra-se entre 2,5% e 10%, após essa concentração surge uma tendência de aumento no número de coliformes (Figura 8).

Figura 8 - Contagem de Coliformes Totais em função da concentração do extrato das sementes de moringa obtido em efluente tratado

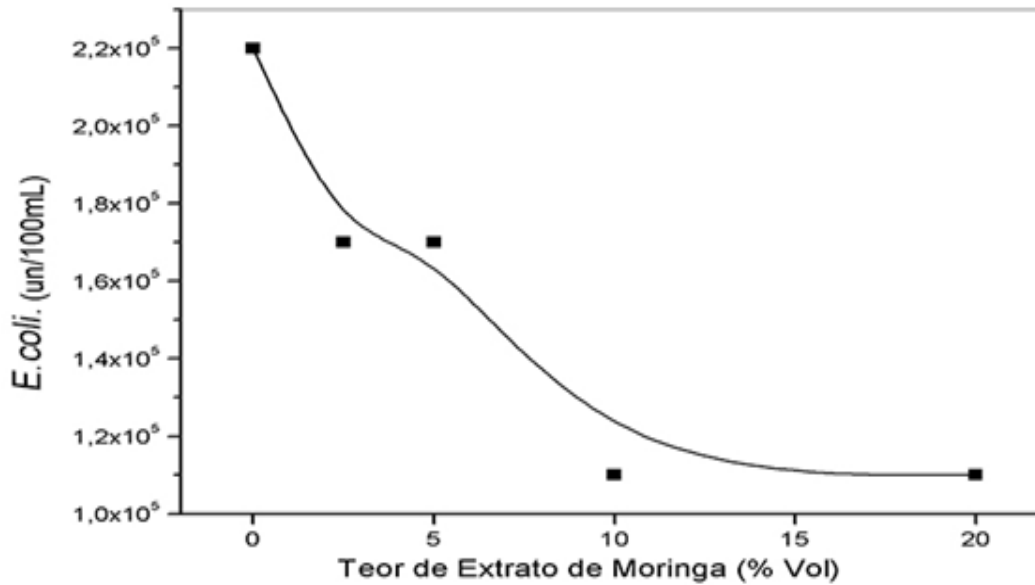


Fonte: elaborado pelos autores

Visualiza-se na figura 9 que a quantidade de bactérias *E. coli* foi diminuindo à medida que a concentração do extrato das sementes de moringa foi aumentada, no entanto, atingindo uma maior eficiência a partir de 10% de concentração em volume no efluente não tratado.

Okorundu *et al.* (2013) avaliaram a atividade antimicrobiana do extrato foliar de *Moringa oleifera* sobre *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Estes microrganismos foram submetidos a diferentes concentrações dos extratos. Os resultados obtidos demonstraram que o substrato da *M. oleifera* apresentou um maior diâmetro da zona de inibição para *Staphylococcus aureus* (2,8 cm) enquanto em *E. coli* o diâmetro da zona de inibição foi de 2,4 cm. A concentração mínima inibitória do extrato em *E. coli* e *S. aureus* foi de 0,250 mg/mL e 0,125 mg/mL, respectivamente. Dessa forma, os pesquisadores verificaram que as propriedades antimicrobianas observadas comprovam a eficácia do uso de extratos foliares *Moringa oleifera* na medicina. Eles frisam que os extratos em doses corretas podem ser utilizados com sucesso para inibir e, eventualmente, matar as bactérias como a *E. coli* e *S. aureus*.

Figura 9 - Contagem de *E. coli* em função da concentração do extrato das sementes de moringa obtido em efluente não tratado

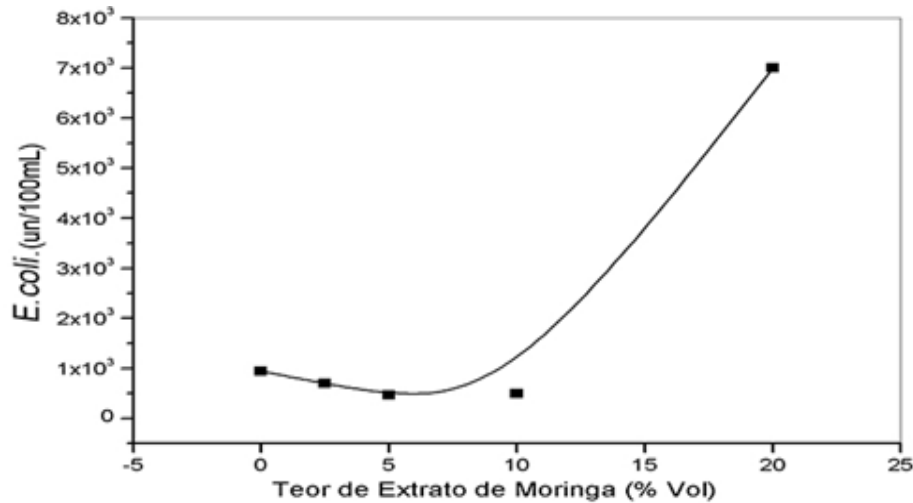


Fonte: elaborado pelos autores

Paradoxalmente, o extrato de Moringa não se mostra eficiente com relação à diminuição no número de *E. coli* nos efluentes tratados. Se observa que ocorreu uma diminuição no número destas bactérias, seguida de aumento, fato que pode ser ocasionado pela reação coagulante da solução de moringa. O aumento do número deste microrganismo ocorreu quando a concentração do extrato de Moringa ultrapassou os 10% (Figura 10).

O extrato de moringa, da mesma forma que os coagulantes inorgânicos, reage com dosagens específicas, tendo queda de eficiência tanto pelo déficit quanto pelo excesso.

Figura 10 - Contagem de *E. coli* em função da concentração do extrato das sementes de moringa obtido em efluente tratado



Fonte: elaborado pelos autores

A moringa em concentrações intermediárias se mostrou mais eficiente no efluente tratado. A solução de teor 10% foi a que se mostrou de maior eficiência na diminuição da população de coliformes totais e *E. coli*, acima desta concentração é observado um aumento na contagem desses microrganismos.

Desta forma, a moringa se destaca como uma alternativa ecológica e saudável para o tratamento de efluentes de indústria de processamento de mandioca.

Analogamente, objetivando comparar o uso de sementes de *Moringa oleifera* e sulfato de ferro na clarificação do efluente de indústria de ingredientes para alimentação animal, bem como otimizar as condições operacionais em termos de agitação e concentração de coagulante, Pozzobon e Kempka (2015) revelaram que a adição direta da semente no efluente não decantado previamente apresentou os melhores resultados para clarificação e quanto à remoção de Demanda Química de Oxigênio, não havendo, portanto, a necessidade de um decantador primário para retirada do excesso de sólidos, como convencionalmente é utilizado.

Os resultados das análises corroboram com obtidos por Ströher *et al.* (2012) que estudaram os efeitos do coagulante *M. oleifera* no tratamento de um efluente de lavanderia de jeans. Os referidos autores asseveram que este coagulante vegetal se mostrou uma boa opção alternativa, pois apresentou remoções satisfatórias dos parâmetros cor e turbidez. Argumentaram, ainda, que o melhor percentual

de remoção dos parâmetros estudados foi obtido utilizando-se a menor concentração de coagulante, correspondente a 1400 mg/mL. Quando compararam o efluente bruto e o efluente tratado com moringa perceberam remoções superiores a 80,33% para o parâmetro cor e 91,10% para turbidez.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Coagulantes químicos, tais como os sulfatos de alumínio, às vezes não estão disponíveis a um preço razoável para as populações dos países subdesenvolvidos, sendo uma alternativa interessante o uso de coagulantes naturais de origem vegetal, para promover a coagulação de tais partículas.

Na utilização do óleo de eucalipto em efluente não tratado, houve grande diminuição na contagem dos coliformes totais, ou seja, o tratamento mostrou-se eficiente. No entanto, o resultado apresentado em efluente tratado, em relação à *Escherichia coli*, não se mostrou eficiente, bem como ocorreu com os extratos do eucalipto e da moringa em efluentes não tratados.

O efluente tratado com eucalipto mostrou-se eficiente na diminuição de coliformes totais em efluentes tratados. Contudo, o processo se torna pouco viável uma vez que a quantidade de óleo utilizado para esse tratamento torna-se relativamente grande.

As duas substâncias não mostraram eficiência na redução em coliformes totais de microrganismos em efluentes não tratados, provavelmente pelo fato de se tratar de um efluente com alta carga onde as soluções não foram capazes de eliminar todos os agentes microbiológicos.

No caso da *E. coli* a tendência é que tenha maior redução pois está relacionada com remoção de matéria orgânica.

Nos tratamentos convencionais, utiliza-se agentes oxidantes para realizar desinfecção em efluentes (quando necessário) e, desta forma, o eucalipto se mostra mais eficiente.

A busca por soluções simples, de baixo custo, eficaz e mais adequado ambientalmente no tratamento de efluentes se faz necessária. Dessa forma, pode-se dizer que uma das alternativas é o uso da semente da *Moringa oleifera* e o óleo do *Eucalypto citriodorus* como bactericida ou bacteriostática para tratamento de efluentes da indústria de processamento de mandioca para obtenção de amido.

REFERÊNCIAS

AMAYA, D. R.; KERR, W. E.; GODOI, H. T.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA, F. R. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 126, 1992.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005.

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da moringa (*Moringa oleifera*) no tratamento simplificado de águas para pequenas comunidades**. 2001. 74 f. Dissertação (Mestrado do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2001.

CARVALHO JR, P. M.; RODRIGUES, R. F.; SAWAYA, A. C.; MARQUES, M. O.; SHIMIZU, M. T. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenaceae* D.C. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 95, n. 2-3, p. 297-301, 2004.

CARSON, C. F.; MEE, B. J.; RILEY, T. V. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. **Antimicrob Agents Chemother**, v. 46, n. 6, p. 1914-1920, 2002.

CHAVES, J. L. Pimenta longa reativa o safrol. **Química e Derivados**, São Paulo, n. 2, p. 40-41, 1994.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Tecnologias de produção de mandioca. Londrina, Embrapa, 2002. 262p.

ESTANISLAU, M. L. L.; BOTEON, M.; CANÇADO JÚNIOR, F. L.; PAIVA, B. M. de. Laranjas e sucos: aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, n. 22, p. 8-20. 2001.

FERNANDES JÚNIOR, A. Tratamentos físicos e biológicos da manipueira. In: CEREDA, M. P (Coord.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 4, cap. 10, 2001. p. 138-150.

FERNANDES JÚNIOR, A.; CEREDA, M. P. Influência do tempo de retenção hidráulica (TRH) sobre a fase acidogênica da digestão anaeróbia de manipueira. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 1-7, 1996.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P (Coord.) **Resíduo da industrialização de mandioca no Brasil**, 1. ed. São Paulo, Editora Paulicéia, 1994. p. 51-80.

GROXKO, M. **Mandioca**. Prognóstico da safra paranaense 2001/2002. DERAL/SEAB, Paraná, 2001. p. 49-54.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Classificação Climática**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municípios**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

KWAAMBWA, H.; MAIKOKERA, R. Infrared and circular dichroism spectroscopic characterisation of secondary structure components of a water treatment coagulant protein extracted from *Moringa oleifera* seeds. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 64, p. 118-125, 2008.

KALOGO, Y.; M'BASSINGUIÈ SÈKA, A.; VERSTRAETE, W. Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract of *Moringa oleifera* seeds. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 55, p. 644-651, 2001.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4. ed. New York: McGraw - Hill, 2003.

MEVY, J. P. ; BESSIERE, J. M.; DHERBOMEZ, M.; MILLOGO, J.; VIANO, J. Chemical composition and some biological activities of the volatile oils of a chemotype of *Lippia chevalieri* Moldenke. **Food Chem.** n. 101, p. 682-685. 2007.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.

OLIVEIRA, E. G.; LEITE, M. J. C.; HIPÓLITO, M. L. F.; RODRIGUES, A. L.; LIMA, C. B.; CRUZ, M. W. O.; ARAÚJO FILHO, J. M. Utilização de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) para tratamento de efluentes de viveiros de criação de peixes. In: BARBOSA, W. B (Org.). **Prêmio de Qualidade de Iniciados da UFPB de 2005**. João Pessoa: Editora Universitária, 2005, v. XIII, 12 p.

OKORONDU, S. I.; AKUJOBI, C. O.; OKORONDU, J. N.; ANYADO-NWADIKE, S. O. Antimicrobial activity of the leaf extracts of *Moringa oleifera* and *Jatropha curcas* on pathogenic bacteria. **Int. J. Biol. Chem. Sci.** n. 7, v. 1, p. 195-202, February 2013.

POZZOBON, L.; KEMPKA, A. P. Sementes de *Moringa oleifera* na clarificação de efluente de indústria de ingredientes para alimentação animal: comparação com o coagulante convencional e estudo das condições operacionais. **ENGEVISTA**, v. 17, n. 2, p. 196-206, jun.2015.

STRÖHER, A. P. ; COUTO JUNIOR, O. M.; MENEZES, M. L. de; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Aplicação de *Moringa oleifera* Lam no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans. **E-Xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 61-66, 2012.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 26 p (Documentos, 17).

WANDERLEY, M. O. C; ELENISE, G. de O.; ARAÚJO, J. M.; LOURDES, M. H. E LIMA, C. B. Avaliação da eficiência de sementes de moringa no tratamento de efluentes de viveiros de camarão marinho. **Revista Ciências Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 257-263, jul./set. 2007.