

Universidade Federal do Triângulo Mineiro



Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO EFLUENTE LÍQUIDO DA INDÚSTRIA
DE FERTILIZANTE FOLIAR POR BIOPOLÍMERO M22**

**Aluna Fernanda Rezende Terra
Orientador Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass**

Uberaba

2020

Fernanda Rezende Terra

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO EFLUENTE LÍQUIDO DA INDÚSTRIA
DE FERTILIZANTE FOLIAR POR BIOPOLÍMERO M22**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass.

UBERABA

2020

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

T311a Terra, Fernanda Rezende
Avaliação do comportamento do efluente líquido da indústria de
fertilizante foliar por biopolímero M22 / Fernanda Rezende Terra. --
2019.
40 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
Orientador: Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass

1. Resíduos industriais - Tratamento. 2. Adubação foliar. 3.
Biopolímeros. 4. Remoção de Contaminantes. I. Malpass, Geoffroy
Roger Pointer. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro.
III. Título.

CDU 62-665.9

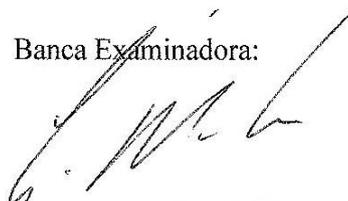
FERNANDA REZENDE TERRA

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO EFLUENTE LÍQUIDO DA INDÚSTRIA DE
FERTILIZANTE FOLIAR POR BIOPOLÍMERO M22

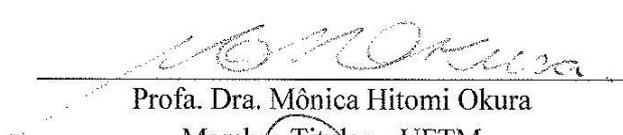
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 25 de novembro de 2019

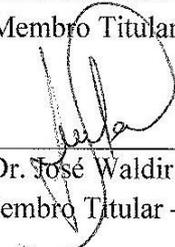
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass
Orientador – UFTM



Profa. Dra. Mônica Hitomi Okura
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. José Waldir de Sousa Filho
Membro Titular – UNIUBE

Dedico esse trabalho ao meus pais, amigos e a todos os professores envolvidos na resolução do mesmo.

AGRADECIMENTO

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta jornada. Aos meus pais Raul e Nubia, minha irmã Flávia e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas. Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Geoffroy Roger Pointer Malpass, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho, à Professora Doutora Mônica Hitomi Okura pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo, ao Professor Doutor José Waldir de Sousa Filho, que desde a graduação me proporcionou muito aprendizado e auxílio.

Gratidão pela participação do Elias Gabriel Fernandes de Rezende, cuja dedicação e atenção foram essenciais para que este trabalho fosse concluído satisfatoriamente. À empresa Bioideias e Fertagro, pela parceria e confiança.

Agradeço também a todos os professores que tiver o prazer de conhecer durante o mestrado, que transmitiram conhecimento e ensinamentos, agregando ainda mais a minha vida acadêmica. Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho do biopolímero M22 no tratamento de efluente líquido oriundo do processo industrial de fertilizante foliar. Para isso, empregou-se o biopolímero variando a dosagem entre 1 e 15 mL, sendo que T1 usou 1 mL do biopolímero, T2 com 2mL e assim sucessivamente até T15. Em todos os testes foram fixados os valores de volume do efluente bruto de 100 mL, tempo de agitação 30 segundos, tempo de decantação de 30 minutos e posteriormente filtração com papel filtro quantitativo. Os testes foram analisados por meio de Espectrometria de emissão óptica e os resultados tratados estatisticamente por Análise de Variância (ANOVA) com nível de significância de 5%. Os nutrientes analisados foram: Boro, Cobalto, Cobre, Enxofre, Ferro, Fósforo, Magnésio, Manganês, Molibdênio, Níquel, Potássio e Zinco, sendo que os melhores resultados de remoção foram para o Ferro, Magnésio e Manganês com índices respectivamente 99,91%, 100%, 99,58%. Para o descarte de efluentes em cursos d'água é necessário atender aos padrões estabelecidos pela Resolução N°430 do CONAMA.

Palavras-chave: Tratamento de efluente líquido, fertilizante foliar, biopolímero, remoção.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance of M22 biopolymer in the treatment of liquid effluent from the industrial process of leaf fertilizer. For this, the biopolymer was used varying the dosage between 1 and 15 mL, and T1 used 1 mL of biopolymer, T2 with 2mL and so on until T15. In all tests the volume values of the raw effluent of 100 mL, stirring time 30 seconds, settling time of 30 minutes and subsequent filtration with quantitative filter paper were fixed. The tests were analyzed by optical emission spectrometry and the results were statistically treated by analysis of variance (ANOVA) with a significance level of 5%. The nutrients analyzed were: Boron, Cobalt, Copper, Sulfur, Iron, Phosphorus, Magnesium, Manganese, Molybdenum, Nickel, Potassium and Zinc, and the best removal results were for Iron, Magnesium and Manganese with 99.91 %, 100%, 99.58%. For the disposal of effluents in watercourses it is necessary to meet the standards established by CONAMA Resolution No. 430.

Key words: Treatment of liquid effluents, foliar fertilizer, biopolymer, removal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica das unidades produtivas de Tecnologia em Nutrição Vegetal	18
Figura 2 – Valores de pH do efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	26
Figura 3 - Concentração de Boro com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	27
Figura 4 - Concentração de Cobalto com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	27
Figura 5 - Concentração de Cobre com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	28
Figura 6 - Concentração de Enxofre com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	29
Figura 7 - Concentração de Ferro com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	29
Figura 8 – Concentração de Fósforo com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	30
Figura 9 - Concentração de Magnésio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	30
Figura 10 - Concentração de Manganês com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	31
Figura 11 - Concentração de Molibdênio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	32
Figura 12 - Concentração de Níquel com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	32
Figura 13 – Concentração de Potássio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	33
Figura 14 - Concentração de Zinco com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)	33
Figura 15 – Porcentagem de remoção dos nutrientes.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises Físico-Químicas.....	35
Tabela 1 - Análise Microbiológica.....	35
Tabela 3 - Classificação do IQA.....	36
Tabela 4 - Comparação resultados encontrados com CONAMA 430.....	37

LISTA DE SIGLAS

% - Porcento

pH – Potencial hidrogeniônico

nº - Número

mL – Mililitros

mg.L⁻¹ – Miligramas por litro

°C – Graus Célsius

uH – Unidade Hazen

NTU – Unidade de turbidez

NMP – Número mais provável

OD – Oxigênio dissolvido

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

IQA – Índice de qualidade da água

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Meio ambiente	16
3.2	Efluente industrial	16
3.3	Segmento de fertilizantes no Brasil	17
3.4	Fertilizantes	18
3.5	Tratamento de efluentes industriais	19
3.5.1	Coagulação	19
3.5.2	Floculação	20
3.5.3	Decantação (Sedimentação)	20
3.5.4	Filtração	20
3.6	Polímeros	21
3.7	Processos biológicos	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
6	CONCLUSÕES	38
7	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos compostos mais disponíveis na terra e corresponde a 70% de sua totalidade. É muito importante para o ser humano e substancial na manutenção da vida, tendo em vista que não há processo metabólico sem sua atuação de forma direta ou indireta. É indispensável no ambiente em quantidade e qualidade adequadas para uso (SOUZA et al., 2014).

Segundo ANA, (2018) o Brasil é um país rico em recursos hídricos. Pondera-se que o país possui 12% de toda a água doce do planeta. Porém, sua divisão não é igualitária. Na parte Norte, concentra-se 80% dos recursos hídricos e somente 5% da população brasileira. Nas localidades aproximadas ao Oceano Atlântico dispõem 45% dos habitantes e apenas 3% da quantidade de água disponível no país.

De acordo com a Resolução Nº 430 do CONAMA de Maio de 2011, que diz respeito aos parâmetros de lançamento de efluentes diretamente em corpos receptores demanda inexistência de poluentes orgânicos persistentes. A dispersão de efluentes de quaisquer procedências poluidoras só é permitida após tratamento para adequação das condições exigidas nessa resolução (BRASIL, 2011).

A difusão inapropriada de águas residuais com altas concentrações de nutrientes em corpos hídricos receptores apresenta-se ligado a diversas mudanças ambientais decorrentes da eutrofização dos ecossistemas. Essas mudanças são referentes a morte de espécies aquáticas pela falta de oxigenação da água, aos riscos à saúde humana, aos crescentes custos dos tratamentos de água potável e também ao indício da redução de água doce do mundo (MAJED et al., 2012).

Diversas condições são importantes no lançamento de efluente em corpos receptores, podendo gerar mudanças em seus parâmetros físico-químicos como pH, temperatura, concentração de nutrientes, sendo capaz de afetar os seres vivos daquele ambiente. Com essas mudanças causada pelo lançamento desapropriado de resíduos, impacta-se a vida abrangente do meio (DANTAS; MAUAD; MACHADO, 2009).

Na atualidade, a gestão ambiental das águas residuárias da agroindústria não se encontra totalmente definida, em que as tecnologias existentes são discutíveis e outras não apresentam fundamentos para escala industrial. Os métodos predominantes desse gerenciamento integram abordagens químicas (precipitação química), biológicas (uso de bactérias, algas e microalgas) e também a utilização da fertirrigação (JACOB-LOPES et al., 2014).

Dessa forma, define-se fertilizantes como sendo compostos por macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P_2O_5) e Potássio (K_2O); macronutrientes

secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn) (BRASIL, 2018).

O efluente em análise é oriundo do processo industrial de uma empresa de fertilizante foliar localizada na cidade de Uberaba, Minas Gérias. É gerado a partir da limpeza de tanques, reatores e do chão de fábrica. Apresenta carga de material particulado e concentração de nutrientes. Esse efluente apresenta grande variabilidade, pois suas características variam de acordo com cada produto produzido. O pH é ácido, com valor abaixo de 4 e quanto a cor, é particularmente cinza escuro. Manifesta os seguintes nutrientes em sua composição: Boro, Cobalto, Cobre, Enxofre, Ferro, Fósforo, Magnésio, Manganês, Molibdênio, Níquel, Potássio, Zinco. Possui produção média diária de 6 mil litros.

O biopolímero M22 empregado neste trabalho se trata de um polímero linear, de alta densidade, que engloba compostos como: minerais, amido e peptídeos. Tem alto potencial catiônico e oxidante, reagindo principalmente a compostos e moléculas orgânicas, apesar de também já ter demonstrado resultados agindo como um polímero aniônico. Foi desenvolvido pelas empresas Fertagro e Bioideias em Uberaba, Minas Gerais. A ideia seria de um produto único de base natural que possa substituir de forma eficiente o conjunto de produtos químicos utilizados em processos de tratamento de efluentes, realizando etapas de coagulações e floculação de forma única e ainda gerar um lodo que possa ser facilmente utilizado como base na fabricação de fertilizantes organominerais, fechando um ciclo sustentável. O biopolímero ainda está em fase de desenvolvimento apesar de ter sido realizados testes tanto em escala laboratorial quando industrial, com resultados satisfatórios. O biopolímero M22 é a base comum para os testes, sendo que a mesma pode sofrer modificações específicas afim melhorar seu desempenho mediante efluentes diferentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso do biopolímero M22 no tratamento do efluente líquido de uma empresa de fertilizantes foliares.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o pH do efluente tratado com o biopolímero;
- Analisar a redução dos nutrientes no efluente tratado;
- Analisar o IQA do efluente tratado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Meio ambiente

A água é um dos elementos mais disponíveis na terra e correspondente a 70% de sua totalidade. Se faz muito importante para o ser humano e é substancial na manutenção da vida, tendo em vista que não há processo metabólico sem sua atuação de forma direta ou indireta. É indispensável sua presença no ambiente em quantidade e qualidade adequadas para seu uso (SOUZA et al., 2014).

Como a água é um recurso natural de extrema importância à vida, a busca pela preservação dessa fonte vem sendo alvo de diversas discussões entre as grandes nações do mundo. Pois não se deve permitir que as próximas gerações sofram as consequências do mal-uso e degradação desse bem precioso na atualidade (NETO, 2006).

Um fator que está diretamente ligado qualidade da água é desenvolvimento econômico. Pois em países em desenvolvimento nos quais o setor industrial ainda em progresso, não se atenda aos cuidados ambientais, lançando efluentes e resíduos sem qualquer tipo de tratamento no meio ambiente (MENDES; COELHO, 2007).

As consequências do lançamento inadequado de efluentes ganha mais atenção a cada dia que se passa, sendo bastante discutida e avaliada pelo governo e o ramo industrial (SPERLING; OLIVEIRA, 2005).

Uma tecnologia que ganha notoriedade é o reuso de água. Essa técnica implica no tratamento de efluente a ponto de permitir que o produto final, água tratada, seja utilizada novamente para recreação, combate a incêndios, jardinagem e até potabilidade (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

3.2 Efluente industrial

Efluente líquido industrial segundo a ABNT – NBR 9800/1987 é o resíduo líquido oriundo de instalações industriais, gerados por processos industriais, águas de refrigeração poluídas, as águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial”.

O efluente líquido industrial com composição química, física e biológica distintas, com variabilidade de volume produzido vinculado ao processo de produção e possível toxicidade levam esse efluente a grande oscilação quantitativa e qualitativamente. Devido

essa variação, antes do descarte o resíduo deve ser caracterizado e receber tratamento adequado (BARROS, 2008).

Cada fábrica possui efluente característico do seu processo industrial, apresentando variação de acordo com a matéria-prima empregada, reuso da água e limpeza dos equipamentos. Sendo o efluente industrial tratado, o mesmo deve atender as normas vigentes antes da difusão nos corpos hídricos (ZOPPAS, 2012).

A Lei 9701 conforme COMAM (2001) de Uberaba – MG Órgão Municipal colegiado, deliberativo, normativo e consultivo, que estabelece as diretrizes da política ambiental do Município, sendo, conduta, normas, regulamentos, padrões e técnicas, incluindo o caráter operacional para a preservação e conservação do meio ambiente, dos recursos ambientais e do desenvolvimento sustentável do município.

3.3 Segmento de fertilizantes no Brasil

Um dos seguimentos do mercado brasileiro que apresenta crescimento anual significativo é a agroindústria, pois em 2016 foram produzidas 31,4 milhões de toneladas de fertilizantes entre janeiro e novembro sendo um crescimento de 4% em relação a 2015 (CRUZ; PEREIRA; FIGUEREDO, 2017).

Ainda no ano de 2017, o agronegócio apresentou avanço de 0,36% do Produto Interno Bruto brasileiro correspondente a 2016, o que demonstra seu crescimento em relação as demais áreas (CEPEA, 2017).

O mercado de tecnologia em nutrição vegetal no Brasil apresentou 504 empresas registradas no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) em atividade, sendo 559 unidades produtivas. A região sudeste é onde 54% das empresas estão situadas com 34% do faturamento das vendas de fertilizantes foliares. A região sul também apresenta grande faturamento com 22% (ABSOLLO, 2019).

Segundo dados do IBGE (2017) o Produto Interno Bruto do agronegócio cresceu 14,5%, não repetindo o mesmo desempenho no ano seguinte que teve crescimento de apenas 0,1%.

A Tecnologia em Nutrição Vegetal é um complemento a indústria tradicional de fertilizantes, agregando valor com matérias-primas diferenciadas e incremento de tecnologias nos processos de produtivos. Com os crescentes investimentos em pesquisa e desenvolvimento, o setor sempre busca maior eficiência de aplicação e absorção de nutrientes proporcionando maior produtividade agrícola, com isso permite-se a esta indústria o desenvolvimento de diversos produtos eficazes que visam atender às necessidades do produtor agrícola, gerando um produto com maior qualidade

nutricional, agregando assim valor ao consumidor final. Ainda em 2019, existem 559 unidades produtivas ativas de nutrição vegetal registradas no MAPA. Minas Gerais possui 63 unidades, sendo representado por 10,12%, ficando atrás apenas do estado do Paraná com 12,50% e São Paulo com 42,26% das empresas, conforme observado na Figura 1 (ABISOLO, 2019).

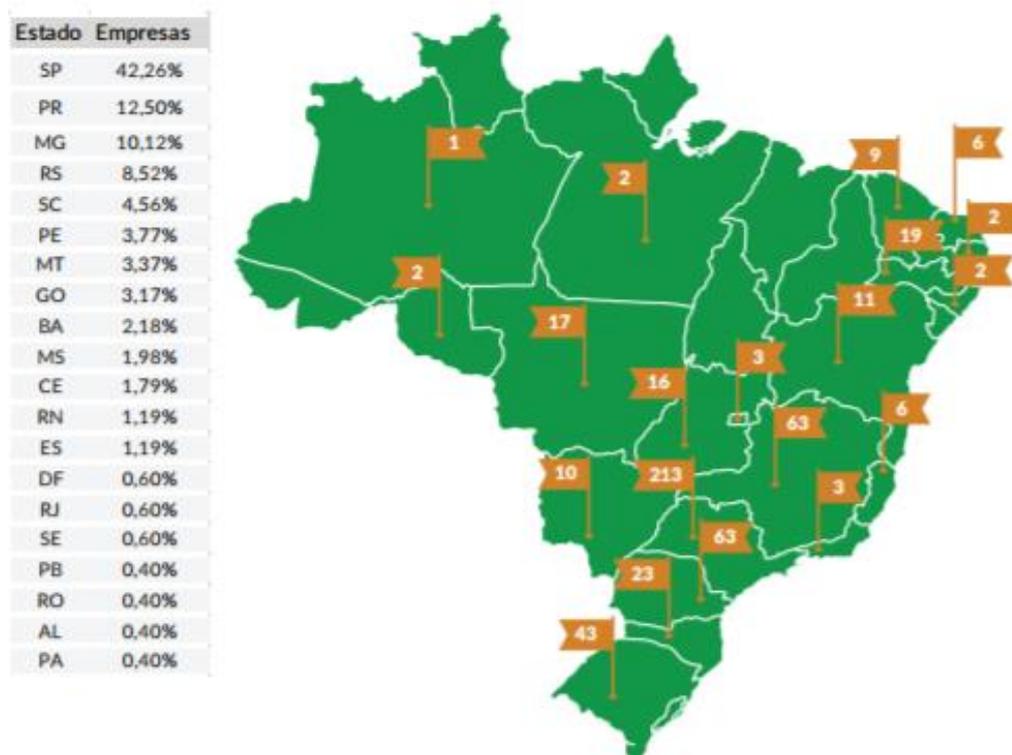


Figura 1 - Distribuição geográfica das unidades produtivas de Tecnologia em Nutrição Vegetal

3.4 Fertilizantes

Segundo a Lei nº 6.894, fertilizante é toda substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes das plantas. As plantas apresentam demanda nutricional para seu desenvolvimento, assim como qualquer ser vivo. Afim de suprir essa precisão, os nutrientes essenciais para os vegetais são fornecidos pelo emprego de fertilizantes químicos ou orgânicos (IFOPE, 2018).

Os fertilizantes são compostos por macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P_2O_5) e Potássio (K_2O); macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn) (BRASIL, 2018).

3.5 Tratamento de efluentes industriais

O tratamento de efluente pode ocorrer por dois processos distintos, sendo eles físico e químico. Inicialmente o pré-tratamento é um processo físico, onde é significativo e de baixo custo, sendo métodos como sedimentação, decantação, filtração, equalização, centrifugação ou flotação dos resíduos (DI BERNARDO; CENTURIONE FILHO, 2003).

Autores como Machado e Santana (2002); Kipper (2005); Garcia; LOUGON e ROCHA (2009); Sperling e Oliveira (2005) apresentam trabalhos a respeito da adequação às leis de despejo de efluentes e a eficiência dos processos de tratamento de acordo com cada efluente caracterizado. A legislação brasileira determina parâmetros para todo tipo de efluente industrial, com finalidade de situar cada indústria com relação ao lançamento de seus resíduos (CETESB, 1987).

Minas Gerais exprime leis ambientais ponderadas com relação aos efluentes gerados e ao destino certo dos resíduos. Existem leis nacionais sobre a proteção dos corpos hídricos que recebem os efluentes e cada estado e município também apresentam tais leis, cada qual com seus parâmetros.

O tratamento de efluentes é iniciado com um pré-tratamento físico que é de baixo custo e geralmente eficaz. Entre os processos físicos de tratamentos temos os métodos de separação como: sedimentação, decantação, filtração, equalização, centrifugação ou flotação dos resíduos. Esses métodos correspondem à transferência dos resíduos para uma nova fase (DI BERNARDO; CENTURIONE FILHO, 2003).

3.5.1 Coagulação

O mecanismo de separação de impurezas da água é antigo, visto que no Egito antigo, eles utilizavam farinhas de favas ou de amendoim para a remoção das impurezas de partículas coloidais da água (coagulação). Já na China utilizavam o alume, um sulfato duplo de alumínio e potássio, na Índia usavam nozes moídas (PAVANELLI, 2001).

Segundo Ravina (1993), o termo coagulação corresponde à desestabilização da dispersão coloidal, por meio da junção de produto químico apropriado, geralmente com sais de ferro ou de alumínio, também devido à compressão da dupla camada elétrica, assim agitados, por um método de agitação rápida, com o intuito de homogeneizar a mistura.

3.5.2 Floculação

O processo conhecido como floculação, tem como principal objetivo agregar partículas precipitadas em flocos, para serem separadas por flotação ou sedimentação (CARVALHO, 2003).

Segundo Ravina (1993), o processo de floculação é agregar partículas coloidais por meio de polímeros orgânicos. Por proporcionar agregados maiores, esta etapa é realizada após a coagulação.

O grande objetivo principal da floculação é reunir as partículas desestabilizadas para formar aglomerados de maior peso e tamanho que sedimentam com maior eficiência.

3.5.3 Decantação (Sedimentação)

No processo de sedimentação, os decantadores podem ser divididos em dois tipos, convencionais ou de alta taxa (CORDEIRO, 2008).

A sedimentação se relaciona pela remoção por um efeito gravitacional de partículas suspensas na água. Estas partículas tem um peso específico maior que o do fluido "água". A remoção de partículas em suspensão pode se conseguir por sedimentação e por filtração. A sedimentação remove as partículas mais densas, em quanto a filtração remove aquelas partículas que depositam no fundo do tanque, e que não foram retiradas pelo processo de decantação (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

3.5.4 Filtração

O processo de filtração é um dos últimos passos de clarificação d'água. A filtração é responsável por remover os materiais finais suspensos na água, que foi quimicamente adicionado. Os filtros que são mais utilizados são por gravidade ou pressurizado (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Os filtros são responsáveis por reter partículas de materiais que não foram removidas pelo processo de decantação. E são constituídos em geral por: Tanque, leitos filtrantes, camadas-suporte e fundos falsos. Para Souza (2007) "filtração é o processo de remoção das partículas que não foram retiradas pela decantação, além dos microrganismos a elas associadas".

Segundo Yactayo (2004), a filtração consiste na remoção de partículas suspensas presentes, em geral, a filtração é a operação final de clarificação que se

realiza na estação de tratamento de água, é a responsável principal da qualidade d'água para o consumo humano.

3.6 Polímeros

As principais aplicações de poli eletrólitos orgânicos no tratamento de água estão na coagulação e floculação, e na remoção de água de lamas de tratamento de plantas. Os processos de tratamento de água são geralmente seguidos de sedimentação e de filtração, embora com águas apenas ligeiramente contaminadas a fase de sedimentação pode ser eficiente. O lodo obtido a partir dos diferentes processos de separação têm conteúdo muito elevado de água e deve ser mais concentrada para minimizar os custos de transporte e os polímeros têm um papel neste aspecto (BOLTO; GREGORY, 2007).

Os polímeros têm sido utilizados na coagulação/floculação em processos para a tratamento de água durante pelo menos quatro décadas (KAWAMURA, 1976). Em comparação com o alume, algumas das vantagens decorrentes do uso de polímeros no tratamento de água são:

- menor dose de coagulante,
- um volume menor de lodo,
- um aumento menor na carga iônica da água tratada,
- nível reduzido de alumínio na água tratada,
- economia de custos de até 25 a 30% (ROUT; VERMA; AGARWAL, 1999; NOZAIC; FREESE; THOMPSON, 2001).

Os polímeros são especialmente benéficos para lidar com os problemas de sedimentação lenta na coagulação de baixa temperatura, onde melhoram decantabilidade e aumentam a floculação (FAUST; ALY, 1983).

No tratamento de água, os polímeros mais utilizados são solúveis em água e principalmente de natureza sintética, embora alguns produtos naturais podem ser de interesse. Polímeros são amplamente caracterizados pela sua natureza iônica: catiônico, aniônico e não-iônico. Estes serão descritos abaixo separadamente, após uma breve discussão de propriedades do polímero e caracterização. Estritamente, polímeros iônicos deve ser chamado polieletrólitos, embora esta terminologia não é sempre aplicada.

Existem muitas variedades de polímeros catiônicos disponíveis, como foi revisto por (BOLTO, 1995). Geralmente, mas nem sempre, eles possuem grupos de amônio quaternário que possuem uma carga positiva formal, independentemente do pH, e são

chamados de polímeros eletrolíticos fortes. Também existem polímeros eletrolíticos fracos que adquirem propriedades catiônicas em meios ácidos. Alguns produtos naturais ou seus derivados, como quitosana, também são empregados no tratamento de água.

Muitos polissacáridos sulfatados estão disponíveis como biopolímeros naturais ou seus derivados, sendo alguns exemplos de heparina, mas as aplicações são principalmente médicas (VOYCHECK, TAN, 1993). Uma proposta para uso no tratamento de água é a modificação do polímero natural lignina sulfonato, feita por sulfonação da lenhina de pinho baixo (MEISTER, LI, 1990). Alguns destes polímeros são equivalentes no desempenho de biopolímeros catiônicos para a desidratação de lamas. Taninos também têm recebido atenção (RICE; DENYSSCHEN; STANDER, 1964).

Os polímeros naturais não iônicos mais utilizados incluem amidos, galactomananos, derivados de celulose, polissacarídeos microbianos, gelatinas e colas. Eles são utilizados como floculante para auxiliar a separação sólido-líquido, e pode variar na sua estrutura, biodegradabilidade, e facilidade de dissolução. Suas principais vantagens são pronta aceitação por motivos de saúde e facilidade de biodegradação (LEVINE, 1981).

3.7 Processos biológicos

Os tratamentos biológicos são bastante empregados, pois tratam elevados volumes de efluentes, degradando com compostos orgânicos tóxicos, com pequeno custo de operação. Em essência, o tratamento biológico fundamenta-se na utilização dos compostos tóxicos de interesse como substrato para o crescimento e a manutenção de microorganismos. Embora apresente baixo custo, sua aplicação geralmente é restrita. Além disso, o tratamento biológico requer uma grande extensão de área e é limitado pela sensibilidade das variações diurnas, bem como pela toxicidade de alguns produtos químicos. Alguns tratamentos biológicos possibilitam a atenuação da DQO e DBO de efluentes através da biodegradabilidade. A cor é pouco reduzida, sendo que a grande parte da composição do corante não são biodegradáveis (FURLAN, 2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM com parceria da Companhia Operacional de Desenvolvimento Saneamento e Ações Urbanas, em Uberaba Minas Gerais. Foram realizados 15 tratamentos utilizando o biopolímero com alto potencial catiônico e oxidante, reagindo principalmente a compostos e moléculas orgânicas, apesar de também já ter demonstrado resultados agindo como um polímero aniônico, fornecido pelas empresas Fertagro e Bioideias além do efluente bruto e filtrado. A amostra do efluente líquido é proveniente de uma empresa de fertilizantes foliares na cidade de Uberaba-MG.

A seguir são descritas as etapas dos testes realizados.

A. Os ensaios foram realizados utilizando 100 mL do efluente bruto, para cada tratamento, adicionados em uma proveta. Em outra proveta mensurou-se o biopolímero, que variou entre 1 e 15 mL, sendo T1 adicionado 1 mL do biopolímero, T2 2 mL e assim sucessivamente obtendo 15 tratamentos com o biopolímero. Também se fez a análise do efluente bruto filtrado com papel filtro quantitativo e sem filtração. Posteriormente, o biopolímero foi acrescentado ao efluente e agitado manualmente com bastão de vidro por 30 segundos aferidos com o cronômetro. Aguardamos 30 minutos para decantação e após esse tempo as amostras foram filtradas utilizando papel filtro quantitativo. Cada ensaio foi realizado em triplicata, obtendo 3 amostras para cada volume de biopolímero. Em seguida a filtração, as mesmas foram armazenadas em tubos de Falcon e devidamente identificadas. Também se fez um teste do efluente bruto apenas passando pelo processo de filtração.

B. Nesse estudo foi utilizado um pHmetro MS TECNOPON modelo AC-100. Após ligado foi calibrado conforme manual de instruções do fabricante com solução tampão 4,00 e posteriormente com solução tampão 7,00. Depois da calibração, o pH de cada amostra foi medido e registrado.

C. A análise dos nutrientes foi realizada através de Espectrometria de emissão óptica empregando o ICP-OES modelo Agilent Technologies 5100. Para cada amostra, 3 gramas foram pesados, em copos descartáveis adequadamente identificados, em balança analítica BEL MARK modelo M214Ai com precisão de 0,001 grama. Na sequência, transferiu-se as amostras para balões volumétricos de 250 mL, adicionou-se 5 mL de ácido clorídrico em cada uma delas e foram completados com água destilada até o menisco. Os balões foram homogeneizados e retirado uma amostra de cada balão para tubos de ensaio especificados. Conforme manual de instruções do ICP-OES modelo Agilent Technologies 5100, o equipamento foi calibrado com solução

padrão de calibração contendo alumínio, arsênio, boro, cálcio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, molibdênio, níquel, potássio, selênio e zinco diluída 10 vezes. Para calibração da curva, foram empregadas soluções contendo os nutrientes citados a cima, nas concentrações de 0,15; 0,25; 2; 5; 12,5; 25; 30 e 50 mg.L⁻¹ e depois do equipamento realizar a leitura dessas soluções a curva de cada nutriente foi calibrada. Então a análise de cada amostra foi realizada, obtendo duplicatas para cada uma delas. Os resultados obtidos foram planilhados no Excel e realizado o cálculo da mediana dos valores encontrados, gerando uma nova planilha. Com isso, os gráficos de concentração de cada nutriente foram plotados e são demonstrados a seguir.

D. As análises aqui descritas foram realizadas pela Companhia Operacional de Desenvolvimento, Saneamento e Ações Urbanas de Uberaba. O Índice de Qualidade de Água (IQA) corresponde a um número que varia de 0 a 100, onde foi empregada a metodologia da Agência Nacional de Águas, considerando nove parâmetros (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio_{5dias}, 20°C, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez).

E. Foi realizado tratamento estatístico dos dados, sendo efetuado Análise de Variância. Como o teste de Kolmogorov-Smirnov não apresentou distribuição normal foi necessário partir para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, fazendo a comparação das médias. O teste de Kruskal-Wallis pressupõe as seguintes condições para o seu adequado uso:

1. Comparação de três ou mais amostras independentes;
2. O teste de Kruskal-Wallis não pode ser usado para testar diferenças numa única amostra de respondentes mensurados mais de uma vez;
3. Dados cujo nível de mensuração seja no mínimo ordinal;
4. Esta prova exige dados que possam ser ordenados e aos quais seja possível atribuir postos ou ordens;
5. O tamanho mínimo de cada amostra deve ser de 6 para se poder recorrer ao χ^2 .

Quando $n > 6$ por grupo, e há mais do que 5 grupos, a significância de H pode ser determinada por recorrência à Tabela do Qui-quadrado. Para testar diferenças entre amostras de tamanho inferior a 6 e número de grupos ≤ 5 , deve-se recorrer à tabelas especiais (Tabela de valores críticos da distribuição H de Kruskal-Wallis). Para utilizar a Tabela do Qui-quadrado, será preciso calcular os graus de liberdade. Localize os valores dos graus de liberdade (número de grupos -1) ao longo da coluna do lado esquerdo e verifique ao longo da linha os valores críticos para as diferentes probabilidades. Notará também que o teste de

Kruskal-Wallis apenas lhe pode dizer que existem diferenças globais nos resultados entre as situações experimentais. Na tabela apresentada parece existir uma tendência para consultar páginas com mais ilustrações do que sem ilustrações. Mas para poder testar se essa tendência realmente existe, terá de utilizar um teste de tendência. Para cada tratamento foram realizadas triplicatas e para cada nutriente duplicatas. Ou seja, para cada nutriente, obteve-se 6 resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de pH das amostras na Figura 2 demonstram que o efluente bruto apresenta característica ácida com pH inicial de 3,96 e conforme a concentração de biopolímero aumenta, o pH também é elevado, o que é decorrente do pH apresentado pelo biopolímero que é 12,75. A partir do T9, observa-se pequena variação do pH, indicando que a solução está saturada e aumentando o volume do biopolímero não gera grande elevação do pH. Para descarte de efluente tratado em corpo hídrico, o pH ideal é entre 5,0 e 9,0, onde somente os tratamentos T1 e T2 se enquadram e os demais necessitam de redução do pH.

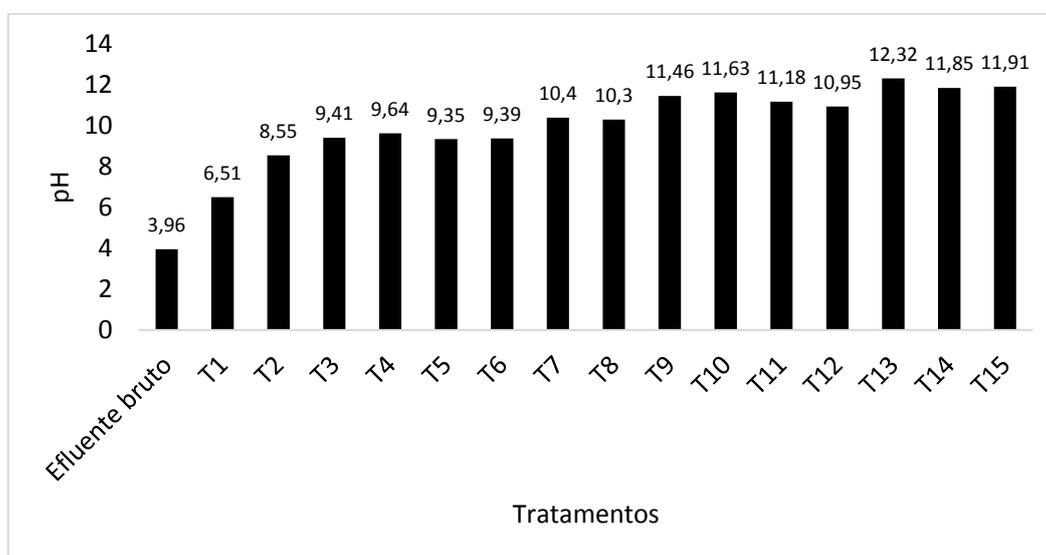


Figura 2 – Valores de pH do efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

Com relação a variação da concentração de Boro, onde o efluente bruto apresentou $28,72 \text{ mg.L}^{-1}$ e o tratamento com maior redução foi o tratamento 13 (T13), reduzindo a concentração para $13,91 \text{ mg.L}^{-1}$. Esse nutriente apresentou 51,57% de taxa de remoção. Quanto a eficiência com menor volume, o T3 se mostrou com melhor desempenho com diminuição de 44,74% com volume 4 vezes menor do que T13 (Figura 3). Para esse nutriente, pode-se observar uma redução gradativa, indicando necessidade de maior volume para obter maior remoção. Em comparação ao CONAMA 430, nenhum dos tratamentos se enquadra na legislação pois todos apresentam concentrações acima do limite.

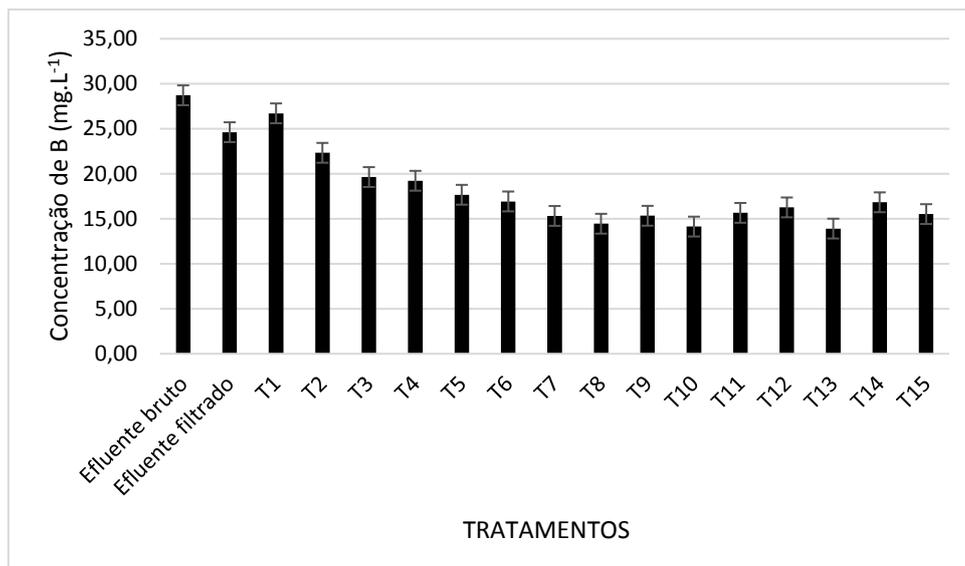


Figura 3 - Concentração de Boro com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

Na Figura 4 pode-se constatar os valores da concentração de Cobalto que se iniciou com 4,44 mg.L⁻¹ e reduziu-se a 0,07 mg.L⁻¹ com o tratamento 15 (T15), onde a taxa de remoção foi de 98,53%. O T1 demonstrou atenuação de 68,69% com volume 15 vezes menor e obteve maior eficiência quanto ao volume utilizado. Para esse nutriente, observa-se uma grande remoção já no primeiro tratamento. Com relação ao nutriente anterior, esse cátion apresentou maior interação com o biopolímero.

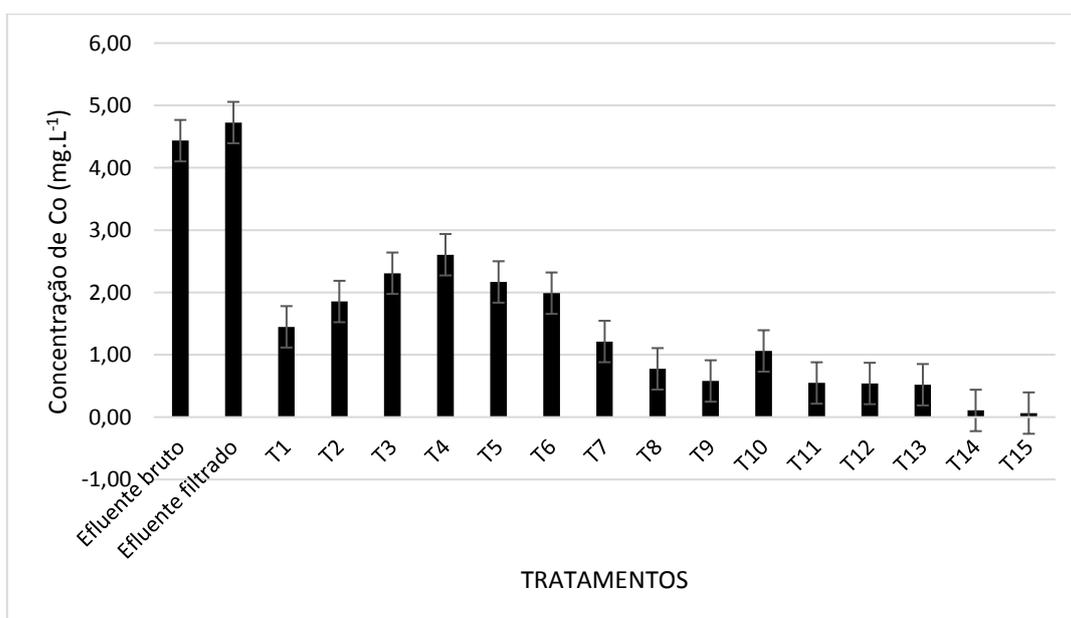


Figura 4 - Concentração de Cobalto com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

Observa-se a variabilidade da concentração de Cobre na Figura 5, tendo como valor inicial de $4,34 \text{ mg.L}^{-1}$ e atingindo $1,60 \text{ mg.L}^{-1}$ no tratamento 9 (T9) com 63,17% de taxa de remoção. O tratamento 1 (T1) apresentou maior eficiência em relação ao menor volume, obtendo 60,14% de remoção com apenas 1 mL. Também observamos a grande redução da concentração de Cobre apenas com a filtração. Após o primeiro tratamento, esse nutriente apresentou pequena variação na remoção, demonstrando que a elevação da concentração não afeta a mesma. O Cobre na forma catiônica Cu^{2+} apresentou melhor resultado em comparação aos ânions. Comparando os resultados encontrados com CONAMA 430, nenhum dos tratamentos atingiu o valor de referência da legislação.

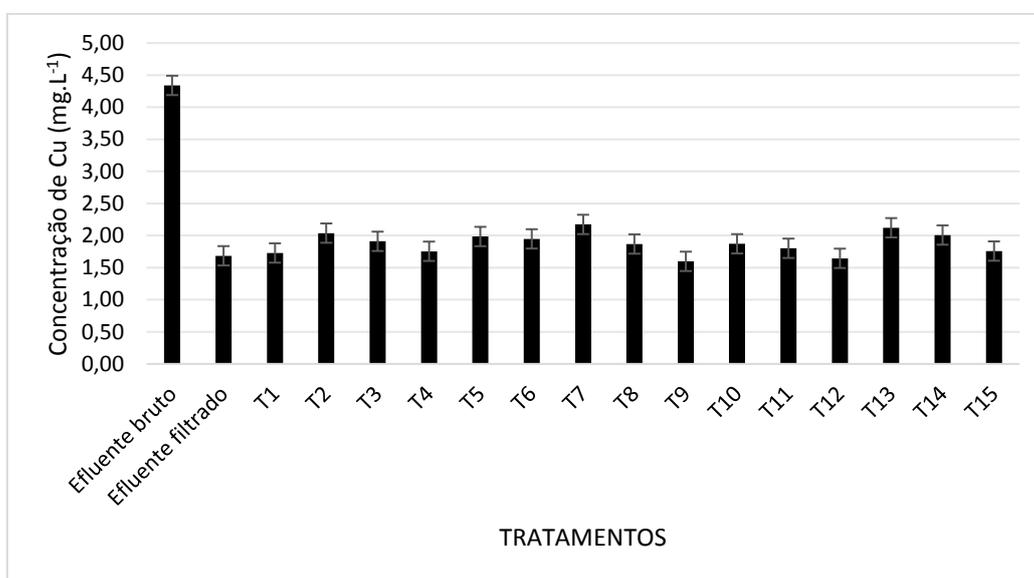


Figura 5 - Concentração de Cobre com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A concentração de Enxofre na Figura 6 mostra o efluente bruto com $1255,48 \text{ mg.L}^{-1}$ e o tratamento com a maior redução foi o tratamento 13 (T13), que utilizou 13 mL de biopolímero, reduzindo para $1044,04 \text{ mg.L}^{-1}$, com 16,84% de remoção desse nutriente. Esse composto não apresentou grande variabilidade em relação aos demais compostos analisados. Como o enxofre está solúvel na forma de SO_4^{2-} o mesmo deveria apresentar boa remoção com o biopolímero (característica catiônica) em questão. Porém, não é o que se observa através desses resultados, demonstrando que o biopolímero também apresenta características aniônicas em sua composição.

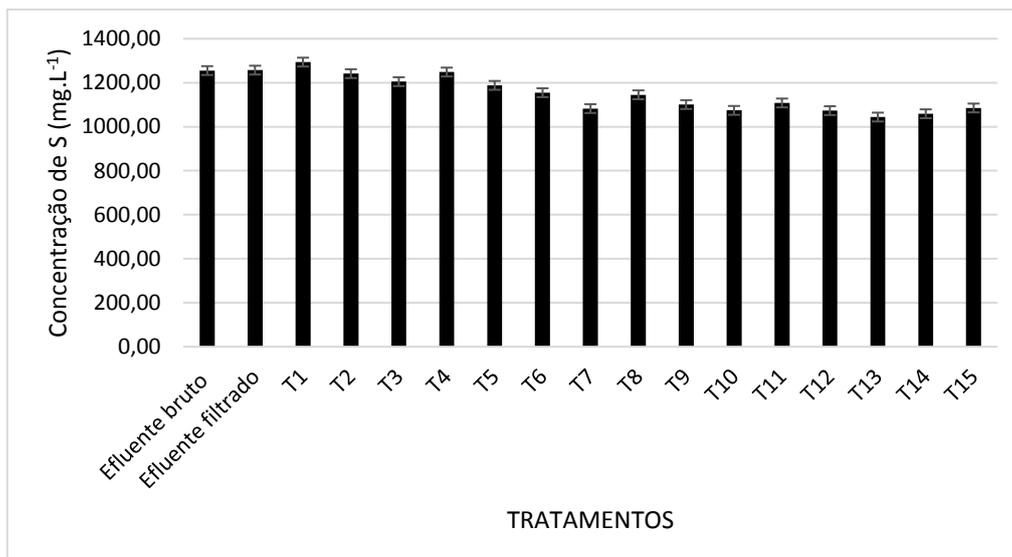


Figura 6 - Concentração de Enxofre com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A Figura 7 traz as concentrações de Ferro, com valor inicial de 395,82 mg.L⁻¹ e o tratamento T12 apresentou 99,91% de redução. Sendo T1 o mais eficiente por aplicar o menor volume e 99,76% de remoção. Também observamos que apenas a filtração já reduz em 98,97% a concentração de Ferro. A água é considerada solvente universal, isto porque é considerada boa para dissolver muitas substâncias, mas não executa a mesma função com metais. Portanto, a estrutura agrupada dos compostos metálicos apresenta baixa solubilidade em meio aquoso. Como cátion Fe³⁺ apresentou ótima interação com o biopolímero, mais uma vez mostrando características aniônicas. Para esse nutriente, todos os tratamentos se enquadram no valor de referência para o Ferro na CONAMA 430.



Figura 7 - Concentração de Ferro com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A Figura 8 exibe a variação de concentração do Fósforo, onde o efluente bruto obteve 2459,51 mg.L⁻¹ e o tratamento 14 (T14) exibiu o menor valor com 131,18 mg.L⁻¹. Com uma taxa de redução de 94,67% apresentou a maior eficiência de remoção. Enquanto o T1 demonstrou diminuição de 82,33% do nutriente com o menor volume de biopolímero, sendo mais eficaz em relação ao volume.

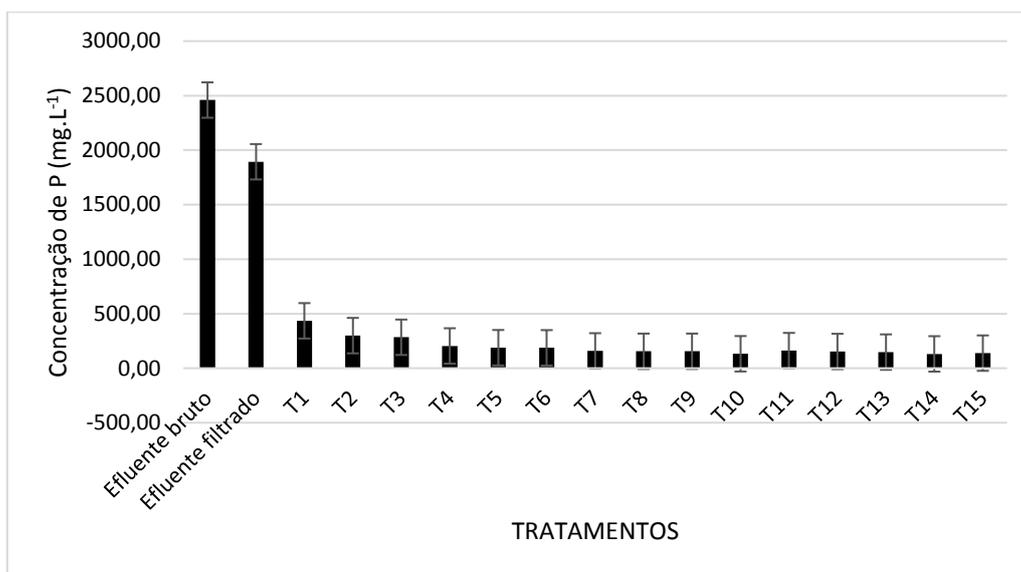


Figura 8 – Concentração de Fósforo com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A variabilidade da concentração de Magnésio é apresentada na Figura 9, com valor inicial de 816,84 mg.L⁻¹. Demonstrou um declínio gradativo, atingindo 100% de remoção com o tratamento 14 (T14) utilizando 14 mL de biopolímero para tal redução.

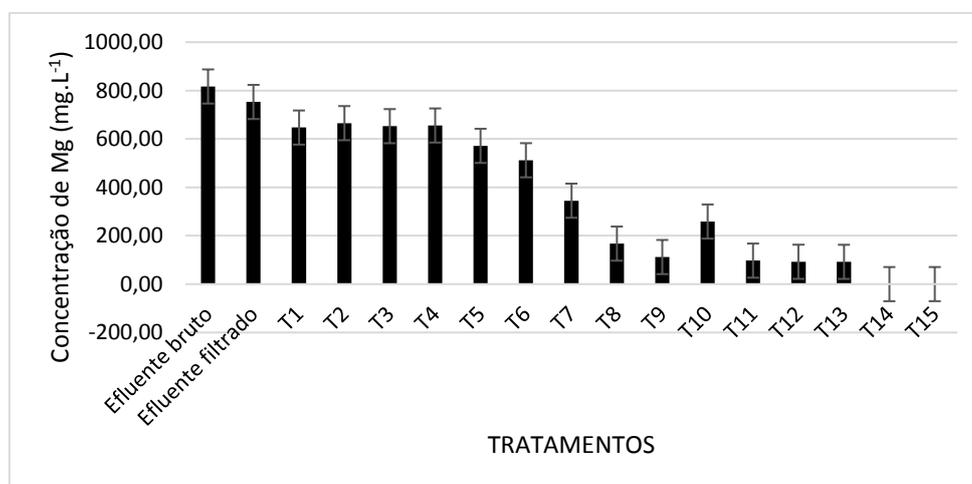


Figura 9 - Concentração de Magnésio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

Observamos na Figura 10 a concentração de Manganês, onde o efluente bruto apresentou 229,31 mg.L⁻¹ e com o aumento do biopolímero esse número foi reduzindo até atingir 0,97 mg.L⁻¹ no tratamento 14 (T14) com percentual de remoção de 99,58%. Em relação ao menor volume utilizado, o tratamento (T1) teve redução de 85,69%. Com relação a CONAMA 430, nenhum dos tratamentos atendeu a legislação.

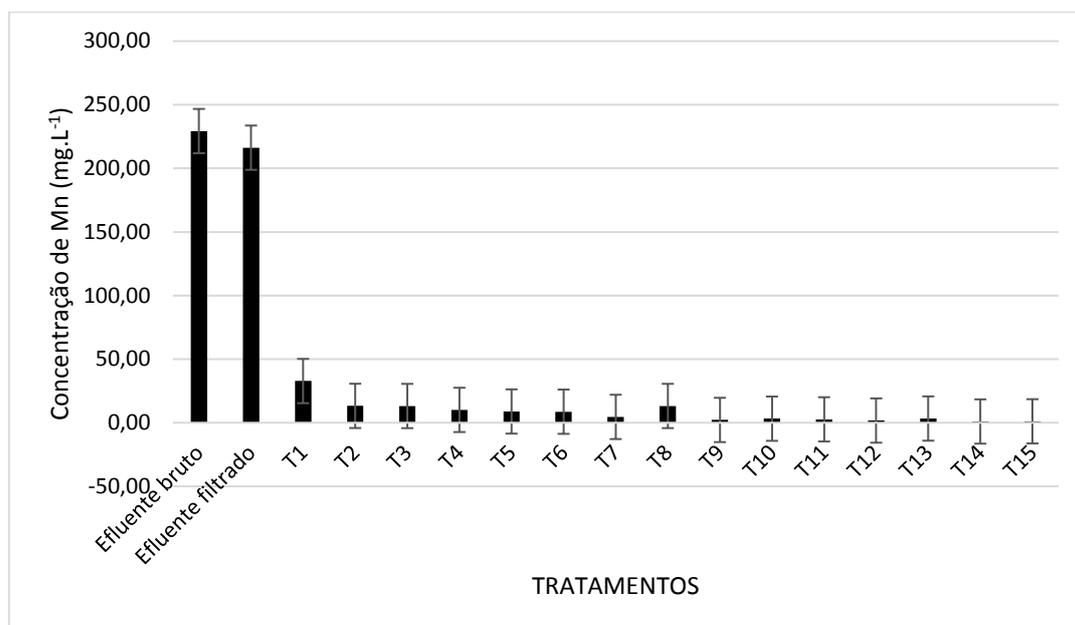


Figura 10 - Concentração de Manganês com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A Figura 11 aponta a variante da concentração do Molibdênio que atestou no efluente bruto 308,32 mg.L⁻¹, sendo o tratamento 15 (T15) a maior taxa de remoção com 43,05%. Esse nutriente, assim como o Enxofre apresentou pouca redução da concentração inicial.

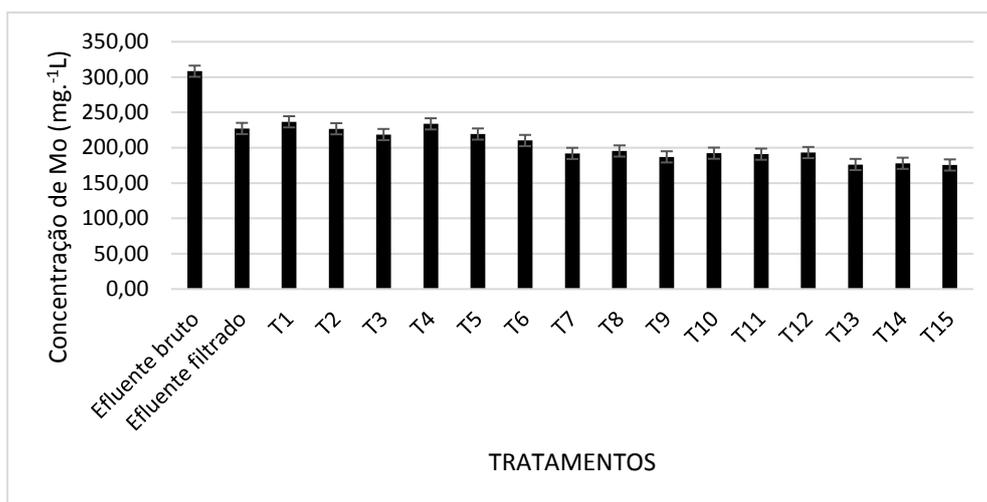


Figura 11 - Concentração de Molibdênio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A variação da concentração de Níquel expressa na Figura 12, se iniciou com 6,54 mg.L⁻¹ e atingindo no tratamento 14 (T14) o valor de 1,71 mg.L⁻¹ com redução de 73,90%. Para esse nutriente, os tratamentos 14 e 15 (T14 e T 15) se enquadram no valor de referência para o Níquel na CONAMA 430. Os demais tratamentos estão fora da legislação.

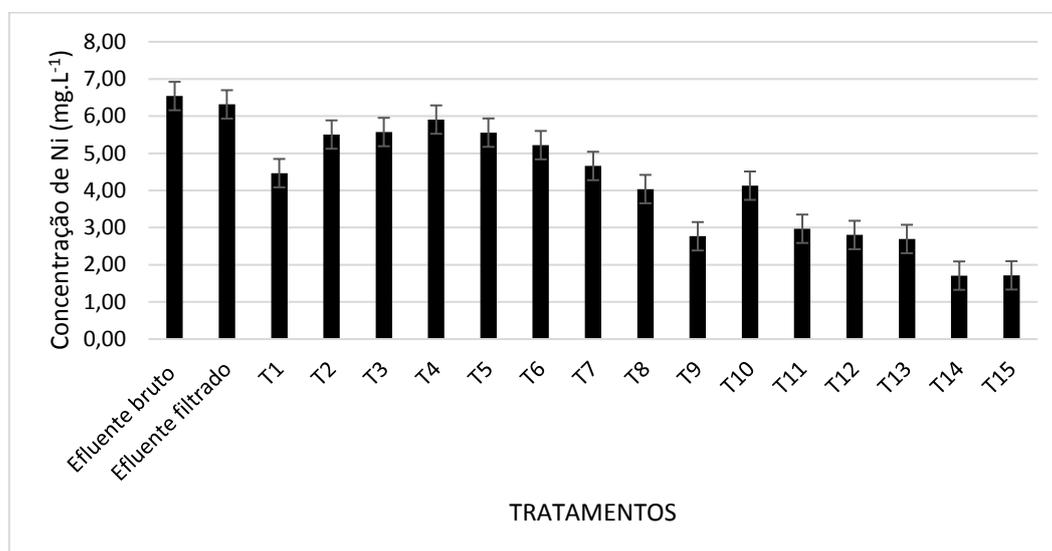


Figura 12 - Concentração de Níquel com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A Figura 13 traz a variação da concentração de Potássio, onde o efluente bruto apresentou 1233,84 mg.L⁻¹ e o tratamento 13 (T13) exibiu a maior porcentagem de remoção com 22,12%. Obteve uma redução baixa em relação aos demais nutrientes.

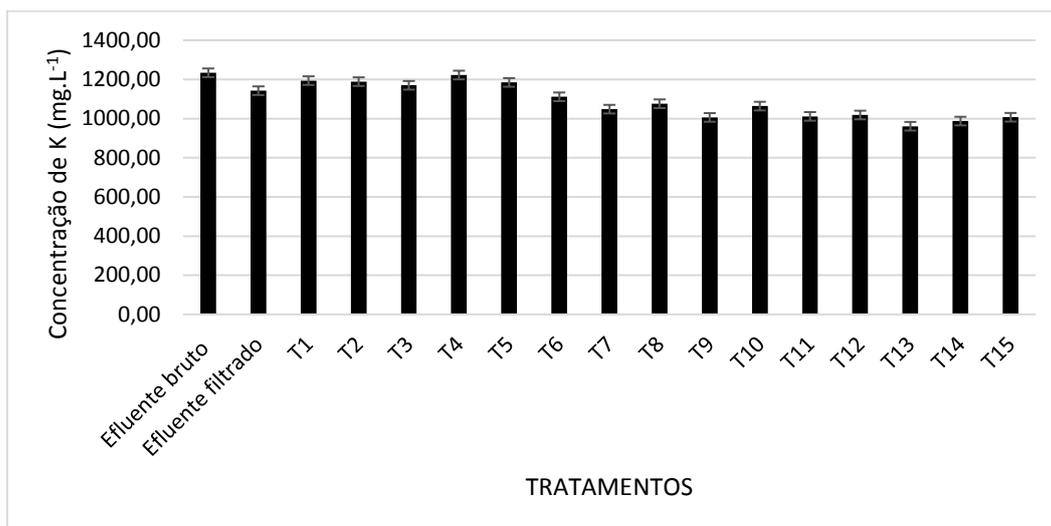


Figura 13 – Concentração de Potássio com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

A concentração de Zinco se iniciou com 874,68 mg.L⁻¹ no efluente bruto e alcançando 0,95 mg.L⁻¹ no tratamento 15 (T15), resultando em 99,89% de taxa de remoção constatado na Figura 14. Em relação ao menor volume utilizado, o tratamento 1 (T1) apresentou melhor taxa de redução com 99,15%. Para esse nutriente, os tratamentos 14 e 15 (T14 e T 15) se enquadram no valor de referência para o Zinco na CONAMA 430. Os demais tratamentos estão fora da legislação.

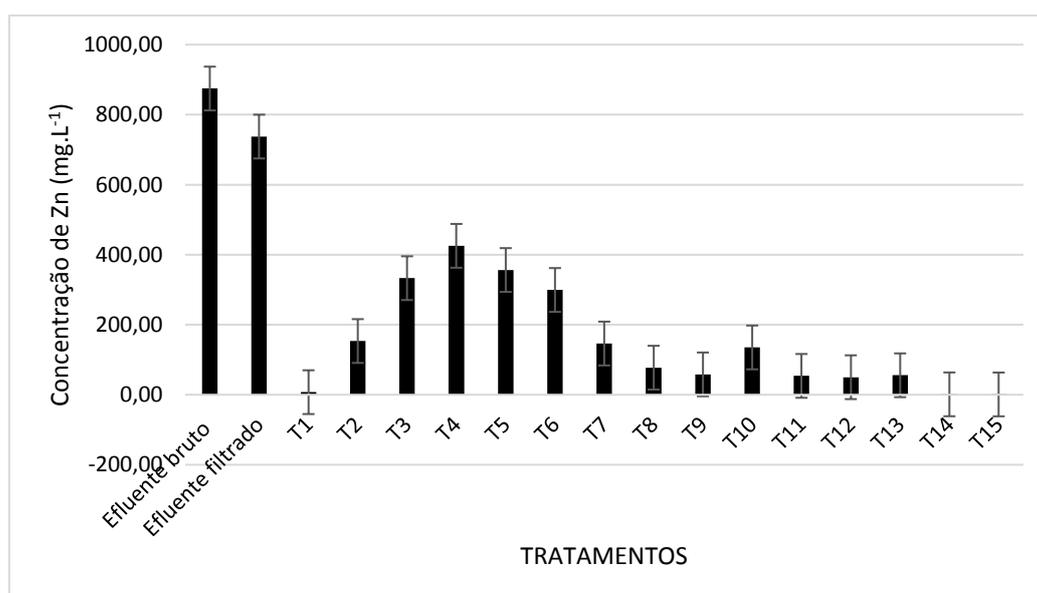


Figura 14 - Concentração de Zinco com relação ao efluente bruto e amostras (efluente+biopolímero)

O biopolímero aplicado nesse estudo apresenta característica catiônica indicada pelo fabricante, porém os resultados da remoção dos seguintes nutrientes: Cobalto, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Níquel e Zinco demonstram que também é aniônico, apresentam números expressivos na remoção de cátions. A exceção dos cátions foi o Potássio que apresentou a menor redução, com valor inferior a 25%. Em relação aos ânions Enxofre, Boro e Molibdênio atingiram valores inferiores de remoção, com porcentagens abaixo de 45%. Já o Fósforo apresentou alta taxa de remoção, sendo a ressalva dos ânions, observados na Figura 15.

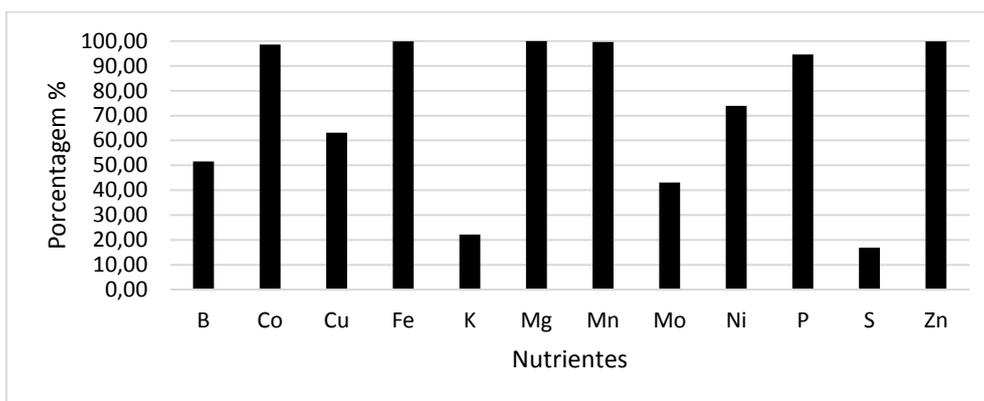


Figura 15 – Porcentagem de remoção dos nutrientes

Como o tratamento 1 (T1) apresentou resultados satisfatórios, se realizou análises físico-químicas para esse tratamento e do efluente bruto e os resultados estão na Tabela 1. Já na Tabela 2 observamos os resultados da análise microbiológica dessas amostras citadas anteriormente. Nota-se que não há contaminação de microrganismo no efluente.

Tabela 1 - Análises Físico-Químicas

Ensaio	Resultado efluente bruto	Resultado Tratamento 1 (T1)	Unidade	Método
Cor aparente	>500	>500	uH	Colorimétrico
Fósforo total	4760	760	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
Nitrogênio total	45600	37200	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO - Oxigênio inicial 1%	8,39	8,57	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO - Oxigênio inicial 10%	11,64	10,42	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO - Oxigênio final 1%	0,74	4,02	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO - Oxigênio final 10%	1,12	6,68	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO (5,20) amostra diluída 1%	75512,80	455	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
DBO (5,20) amostra diluída 10%	1051,34	373,70	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
Oxigênio dissolvido em campo	8,42	6,22	mg.L ⁻¹	Colorimétrico
pH	3,90	9,24	-	Potenciométrico
Sólidos Totais	98514	90296	mg.L ⁻¹	-
Temperatura	22	22,2	°C	-
Turbidêz	136	3,10	NTU	Nefelométrico

Tabela 2 - Análise Microbiológica

Ensaio	Resultado Controle	Resultado Tratada	Unidade	Método
Coliformes totais	Negativo	Negativo	NMP/ 100 mL	SUBSTRATO CROMOGENIO
Coliformes fecais	Negativo	Negativo	NMP/ 100 mL	SUBSTRATO CROMOGENIO

O Índice de Qualidade de Água (IQA) corresponde a um número que varia de 0 a 100, conforme Tabela 5 da classificação do IQA, onde o cálculo foi executado de acordo com a metodologia da Agência Nacional de Águas, utilizando a fórmula da Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{W_i} \quad (1)$$

em que:

IQA: índice de qualidade de água, variando entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, variando entre 0 e 100 de acordo com a curva média de variação de qualidade – uma função de sua medida ou concentração (Tabela 3);

W_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, variando entre 0 e 1; e

i : número do parâmetro, variando entre 1 e 9 ($n=9$, que é o número de parâmetros envolvidos no cálculo de IQA).

Tabela 3 - Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Baseado nos valores contido nas Tabelas 1 e 2 com as características OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, fósforo total, temperatura, nitrogênio, turbidez, e sólidos totais calcularam-se os valores de IQA. As amostras analisadas demonstraram de forma geral IQA de classificação “Ruim”, sendo o efluente bruto com IQA 23,69 e o tratamento 1 (T1) com IQA 32,25.

Foi realizado tratamento estatístico dos dados, sendo efetuado Análise de Variância. Como o teste de Kolmogorov-Smirnov não apresentou distribuição normal foi necessário partir para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, fazendo a comparação das médias. Com base nesse estudo é possível afirmar que os resultados apresentam diferenças significativas entre os tratamentos e o efluente bruto.

Na Tabela 4 temos a comparação do efluente tratado com 1 mL de biopolímero e os valores dos parâmetros referentes da CONAMA 430, que diz respeito ao lançamento de efluentes. O pH da amostra tratada está acima do limite, sendo indispensável adequação. Os nutrientes Boro, Cobre e Manganês também estão acima do permitido na legislação, necessitando de outro tratamento para conformidade. Já o Ferro, Níquel e Zinco estão de acordo com CONAMA 430. A DBO teve redução de 35,89% requerendo novo tratamento.

Tabela 4- Comparação resultados encontrados com CONAMA 430

Parâmetros analisados	Amostra tratada	Valores Ref. CONAMA 430
Temperatura (°C)	22,2	> 40
pH	9,24	5 - 9
DBO (mg.L ⁻¹)	6,68	remoção mínima de 60% de DBO
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	15,52 mg.L ⁻¹	5,0 mg.L ⁻¹ B
Cobre dissolvido	1,76 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹ Cu
Ferro dissolvido	0,86 mg.L ⁻¹	15,0 mg.L ⁻¹ Fe
Manganês dissolvido	1,13 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹ Mn
Níquel total	1,72 mg.L ⁻¹	2,0 mg.L ⁻¹ Ni
Zinco total	0,95 mg.L ⁻¹	5,0 mg.L ⁻¹ Zn

Sugere-se como novo tratamento composto por biodigestor e lagoas de estabilização, onde estudos segundo VIVAN et al. (2010) indicam eficiência na remoção da DQO, nutrientes como Nitrogênio, Fósforo, Cobre e Zinco.

De acordo com (TIPPLE; JÚNIOR, 2018), a remoção química de Fósforo apresenta mais de 96% de remoção da concentração de Fósforo Total. Ressaltamos que o biopolímero removeu mais de 94% do Fósforo, sendo condizente com a literatura.

Segundo Bolto e Xie (2019), biopolímeros são usados no aperfeiçoamento do processo de floculação, reduzindo a carga de sólidos sendo mais eficiente quando comparados com coagulantes inorgânicos. O presente trabalho apresentou resultados positivos na redução de nutrientes e de partículas sólidas, indicando que a floculação pelo biopolímero é boa. Lembramos que o biopolímero utilizado nesse estudo pode ser modificado, podendo aumentar sua eficiência.

6 CONCLUSÕES

Na avaliação do biopolímero M22 foi possível concluir que o mesmo reduz a concentração de nutrientes em efluente industrial de fertilizante foliar. Constatou-se que ao aumentar volume de biopolímero eleva essa redução sendo observado pela linha de tendência. Também se notou o acréscimo do pH com o aumento do biopolímero em razão do seu pH elevado.

Percebeu-se porcentagens de remoção significativa para grande parte dos nutrientes analisados. A grande parte das remoções mais significativas ocorreram no tratamento 15 (T15). Já em relação ao menor volume utilizado, o tratamento 1 (T1) apresentou melhor resultado.

Pode-se afirmar estatisticamente que os resultados de cada tratamento apresentam diferenças significativas, indicando que os mesmos são diferentes entre si.

Os resultados indicam maior eficiência de remoção de cátions, sugerindo que a composição do biopolímero apresenta características aniônicas.

Como o efluente não atendeu a todos os parâmetros da Resolução CONAMA 430, ainda necessita de um outro tratamento como o uso de biodigestor e lagoas de estabilização para enfim ser lançado de forma correta.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – NBR 9800/1987 Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário – Procedimento.

ABSOLLO, Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. QUALIDADE DA ÁGUA. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua>> Acesso em: 10 jan. de 2019. [2018].

BARROS, A.M. de L. Aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco. Recife: UFPE, 2008. 193 p. Dissertação.

BOLTO, B.A. Soluble polymers in water-purification. Progr. Polym. Sci. 20 (6), 987–1041. 1995.

BOLTO, B; GREGORY, J. Organic polyelectrolytes in water treatment. Water Research, [s.l.], v. 41, n. 11, p.2301-2324, jun. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.012>.

BOLTO, B.; XIE, Z. The Use of Polymers in the Flotation Treatment of Wastewater. Processes, [s.l.], v. 7, n. 6, p.374-386, 17 jun. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pr7060374>.

BRASIL, Decreto nº 4.954, de 14 de Janeiro de 2004, Instrução Normativa 39 de 8 de Agosto de 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-39-2018-fert-minerais-versao-publicada-dou-10-8-18.pdf>> Acesso em: 20 jun. de 2019.

BRASIL, Lei Nº 6894, de 16 de Dezembro de 1980. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=161>> Acesso em: 08 set 2019.

CARVALHO, M. E (2003). Flotação de alta taxa aplicada ao pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 2003. 131 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada- Esalq/USP. PIB do agronegócio. 2017. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_MAIO.pdf> Acesso em: 29 ago 2019.

CETESB – São Paulo. Avaliação da toxicidade de despejos industriais na região da Grande São Paulo. São Paulo. 1987b. 92p.

COMAM. Lei Nº 9701. Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Meio Ambiente e outorga CODAU como mantenedora dos padrões e normas para lançamento de efluentes líquidos industriais e similares. Uberaba – MG.

CONAMA, Resolução Nº 430, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, Maio de 2011.

CORDEIRO, W. S. Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais. 95 f. Mestrado (Engenharia Ambiental) - Centro federal de Educação Tecnológica, Campus Goytacazes, Rio de Janeiro. 2008.

CRUZ, A.C; PEREIRA, F.S; FIGUEREDO, V.S. Fertilizantes Organominerais de resíduos do Agronegócio: Avaliação do Potencial Econômico Brasileiro. 2017.

DANTAS, D. N.; MAUAD, F. F.; MACHADO, J. A. Técnicas aplicadas ao tratamento dos efluentes líquidos de uma indústria têxtil do Estado do Sergipe. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental do Departamento de Hidráulica de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos. EESC/USP. 2009.

DI BERNARDO, L.; CENTURIONE FILHO, P.L. Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 1 e 2, p. 39-44. 2003.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2º ed. São Carlos. Editora: RiMa, 2005. ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2. 2010, Aracaju, SE. Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá, 2010.

FAUST, A.D., ALY, O.M. Chemistry of Water Treatment. Butterworths, Boston, pp. 326–328. 1983.

FURLAN, F. R. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO E ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

GARCIA, O. G; LOUGON, S. M; ROCHA, A. S. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. Revista Verde, Mossoró – RN - v. 4, n. 4, p. 01 – 06, outubro / dezembro de 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto do Agronegócio. 2017.

IFOPE. Tipos de fertilizantes na agricultura. 2018. Disponível em:< <https://blog.ifopecom.br/tipos-de-fertilizantes-na-agricultura/>> Acesso em: 25 ago 2019.

JACOB-LOPES, Eduardo et al. A tecnologia de remoção de fósforo: gerenciamento do elemento em resíduos industriais. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [s.l.], v. 9, n. 3, p.445-458, 1 set. 2014. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1403>.

KAWAMURA, S. Considerations on improving flocculation. J. Am. Water Works Assoc. 68 (6), 328–336. 1976.

KIPPER, L.M. Ações estratégicas sistêmicas para a rede sustentável de reciclagem de plásticos. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LEVINE, N.M. Natural polymer sources. In: Schwoyer, W.L.K. (Ed.), *Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1981. pp. 47–60.

MACHADO, F. C. R. N.; SANTANA, S. V. Degradação fotocatalítica de efluentes de indústria têxtil empregando TiO_2 e Nb_2O_5 , sob irradiação visível. V.24, Maringá, n. 6, p. 1681 – 1686, 2002.

MAJED, N.; LI, Y.; GU, A. Z. Advances in techniques for phosphorus analysis in biological sources. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 23, p. 1-8, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2012.06.002>> Acesso em: 15 jul. de 2019.

MANZONI, M. M.; QUEIROZ, Z. L.; GUERRA V. J.; QUEIROZ, M. I.; JACOB-LOPES, E. A tecnologia de remoção de fósforo: gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 2014, 9 (Julio-Septiembre). Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92831698008>> SSN 1980-993X.

MEISTER, J.J., LI, C.T. Cationic graft copolymers of lignin as sewage sludge dewatering agents. *Polym. Prepr. (Am. Chem. Soc., Div. Polym. Chem.* 31 (1), 664. 1990.

MENDES, M. F.; COELHO, N.M.M. Estudo do uso da Moringa oleífera para remoção de prata e manganês em águas. *Horizonte Científico, Uberlândia*, v.1, n.1, p.1-18, 2007.

NETO, V. P. Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho na Embrapa pecuária sudeste. 2006. 40p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

NOZAIC, D.J., FREESE, S.D., THOMPSON, P. Long term experience in the use of polymeric coagulants at Umgeni Water. *Water Sci. Technol.: Water Supply* 1 (1), 43–50. 2001.

PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. Dissertação de

Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo – São Carlos, 2001. 216p.

RAVINA, L. Everything you want to know about coagulation & flocculation. Zetameter Inc., 1993.

RICE, D.M., DENYSSCHEN, J.H., STANDER, G.J., 1964. Evaluation of a tannin-base polyelectrolyte as a coagulant for turbid waters. CSIR Research Report 223, Pretoria.

ROUT, D., Verma, R., Agarwal, S.K., 1999. Polyelectrolyte treatment—an approach for water quality improvement. *Water Sci. Technol.* 40 (2), 137–141.

SOUZA, J. R. DE et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. 2014, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.

SOUZA, W. A. Tratamento de água/ Walterler Alves de Souza. – Natal : CEFET/RN, 2007. 149 p.

SPERLING, V. M; OLIVEIRA, C. A. M. S. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I – análise de desempenho. *Rev. Engenharia Sanitária Ambiental – Vol. 10 – n. 4 – p. 347 – 357, Out/Dez 2005.*

TIPPLE, J. M.; RUGGERI JÚNIOR, H. C. AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO QUÍMICA NA REMOÇÃO DE FÓSFORO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTE. 2018.

VIVAN, M. et al. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 3, p.320-325. 2010.*

VON SPERLING, M. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: UFMG. Vol. 7. 452 p. 2007.

VOYCHECK, C.L., TAN, J.S. Ion-containing polymers and their biological interactions. In: Hara, M. (Ed.), *Polyelectro-lytes: Science and Technology*. Dekker, New York, 1993. pp. 309–310.

YACTAVO, V. M.; Aurazo de Zumaeta; Margarita; Tratamiento de água para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: teoria. Tomo II. Lima, CEPIS, 2004. P. 154-214.

ZOPPAS, M. F. Estudo da remoção de Nitrogênio em efluentes por nitrificação e desnitrificação simultânea. Porto Alegre: UFRGS. 101p. Dissertação. 2012.