

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE SILVA GOMES

ATENDIMENTO AO PROGRAMA DE RECEBIMENTO E  
MONITORAMENTO DE EFLUENTES NÃO DOMÉSTICOS DA CIDADE DE  
UBERLÂNCIA (MG): ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE  
COSMÉTICOS

UBERLÂNDIA 2023

ALINE SILVA GOMES

ATENDIMENTO AO PROGRAMA DE RECEBIMENTO E  
MONITORAMENTO DE EFLUENTES NÃO DOMÉSTICOS DA CIDADE DE  
UBERLÂNCIA (MG): ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE  
COSMÉTICOS

Relatório técnico apresentado  
como requisito parcial à conclusão da  
Pós Graduação - MBA em Gestão  
Ambiental do Programa de Educação  
Continuada em Ciências Agrárias  
(PECCA) da Universidade Federal do  
Paraná (UFPR). Orientador: Prof. Me.  
Fernando Pasini

# **ATENDIMENTO AO PROGRAMA DE RECEBIMENTO E MONITORAMENTO DE EFLUENTES NÃO DOMÉSTICOS DA CIDADE DE UBERLÂNCIA (MG): ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

Aline Silva Gomes

## **RESUMO**

Considerando o programa municipal de recebimento e monitoramento de efluentes não domésticos do município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais – MG e os desafios inerentes ao atendimento aos parâmetros por parte de indústrias do setor de cosméticos, este relatório técnico tem como objetivo, sistematizar os procedimentos de tratamento de efluentes por processos físico químicos em uma indústrias de cosméticos e verificar se os parâmetros do efluente tratado, atendem aos parâmetros determinados pelo Decreto Municipal regulamentador Nº 13.481/2012 do referido município. Este relatório técnico visa demonstrar como são realizados os automonitoramentos dos efluentes industriais na cidade de Uberlândia pelos órgãos ambientais para garantir a preservação da Estação de Tratamento municipal e a manutenção da rede de esgoto, bem como na proteção do meio ambiente. Durante todo o ano de 2022, foram realizadas amostragens e análises do efluente tratado na indústria cosmética e essas análises foram realizadas para atender ao Programa de Monitoramento do Efluente Não Doméstico (PREMEND) e também para verificar a eficiência da estação de tratamento (ETE). Com o objetivo de avaliar a eficiência da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), foram analisados 32 parâmetros no efluente bruto conforme determinado no PREMEND. Essas análises teve como propósito identificar quais eram os parâmetros de entrada do efluente, a fim de compará-los com os parâmetros do efluente tratado, ou seja, o efluente de saída após passar pelo processo de tratamento. As etapas de tratamento foram detalhadas no decorrer do relatório e foram evidenciados os ensaios jar testes e os tipos de reagentes utilizados. O tratamento da estação se mostrou eficaz na retirada da carga poluidora do efluente industrial, porém foram necessários realizar jar testes para estabelecer a melhor combinação de flocculantes e coagulantes.

**Palavras Chaves:** Tratamento de efluentes; Tratamento físico químico; Flocculação.

## **ABSTRACT**

Considering the municipal program for receiving and monitoring non-domestic effluents in the city of Uberlândia (MG) and the challenges inherent in meeting the parameters by industries in the cosmetics sector, this technical report aims to systematize effluent treatment procedures by physical chemical processes in cosmetics industry and verify whether the parameters of the treated effluent meet the parameters determined by the regulatory Municipal Decree No. 13,481/2012 of the aforementioned municipality. For that, sampling and analysis of the effluent treated in the cosmetic industry were carried out throughout 2022, to comply with PREMEND and also verify the efficiency of the treatment plant (ETE). To determine the efficiency of the WWTP, the raw effluent was analyzed to verify the parameters of the input effluent and to compare with the parameters of the output effluent (post-treated). The treatment steps were detailed throughout the report and the jar tests and types of reagents used were highlighted. The plant's treatment proved to be effective in removing the polluting load from the industrial effluent, but it was necessary to carry out jar tests to establish the best combination of flocculants and coagulants. This technical article aims to demonstrate how self-monitoring of industrial effluents in the city of Uberlândia is carried out by environmental agencies to guarantee the preservation of the municipal Treatment Station and the maintenance of the sewage network, as well as protecting the environment.

**Keywords:** Effluent treatment; Physical chemical treatment; Flocculation.

## SUMÁRIO

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....                                | 4  |
| DESENVOLVIMENTO .....                           | 6  |
| PREMEND .....                                   | 7  |
| DIRETRIZES DO PREMEND.....                      | 9  |
| CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS ..... | 12 |
| O TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS .....     | 16 |
| METODOLOGIA .....                               | 23 |
| CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO.....           | 24 |
| RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                   | 27 |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                 | 33 |
| REFERÊNCIAS .....                               | 34 |

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de beleza no Brasil teve um crescimento exponencial, sendo que os produtos cosméticos e de higiene pessoal possuem uma grande representatividade nesse mercado. Como resultado, o país está entre os maiores consumidores de produtos deste ramo produtos do mundo, ocupando a quarta posição no ranking global, conforme dados apresentados pelo SEBRAE (2023). A Lei Federal nº 6.360/76 define Cosméticos como:

*"toda substância ou mistura de substâncias de uso externo, destinada à proteção, ao embelezamento, à limpeza ou à modificação das condições de pele, cabelos e unhas, epiderme, pelos, lábios e dentes, excluindo-se os produtos medicamentosos"(Art. 3º, Inciso IV da Lei Fed. nº 6.360/76)."*

Conforme dados da ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2014), o consumo de cosméticos e produtos de higiene pessoal está aumentando rapidamente. Esse fato evidencia que esses produtos não são mais considerados supérfluos, mas sim reconhecidos como essenciais para a saúde e os hábitos de higiene da população, melhorando significativamente a qualidade de vida das pessoas.

Com o aumento da demanda, a indústria de cosméticos tem investido em inovações tecnológicas e matérias-primas de alta qualidade para se tornar mais competitiva e produzir formulações cada vez mais diferenciadas e desejadas pelos consumidores.

Na fabricação de produtos cosméticos, a água é a matéria prima principal, pois ela é a base de muitos produtos, sendo utilizada como solvente para corantes, aditivos e outros componentes.

Além disso, outros processos necessitam da água potável como os sistemas de resfriamento, geração de vapor, lavagem e sanitização de máquinas, equipamentos e utensílios, a qual é fundamental para garantir as boas práticas de fabricação e qualidade do produto final. Diante desses fatos, é cada vez mais evidente a necessidade de intensificar a ação regulatória por parte dos órgãos ambientais para garantir a preservação deste recurso natural e do meio ambiente.

As preparações cosméticas contêm várias substâncias, tanto naturais quanto sintéticas, como tensoativos, emulsificantes, ésteres de vitaminas e vegetais, polímeros (PEG), sais quaternários de amônio, corantes, pigmentos, solventes

orgânicos, álcalis, conservantes (como metilparabeno, propilparabeno e formol, isotiazolinonas), peróxido de hidrogênio, óleos essenciais e outros.

Muitas dessas substâncias possuem propriedades químicas que podem prejudicar o meio ambiente. Por isso, as legislações ambientais federais, estaduais e municipais estabelecem normas e diretrizes para que os geradores, tratem os seus efluentes industriais de forma a garantir que as características físico químicas estejam de acordo com as normas estabelecidas pela legislação.

Como o lançamento de efluentes industriais das indústrias instaladas na área urbana da cidade de Uberlândia em Minas Gerais é encaminhado para o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), o município estabeleceu uma regulamentação própria Decreto nº 13.481/2012, no qual é estabelecido que estas organizações devem atender aos padrões municipais. Já as empresas que descartam os seus efluentes em corpos de águas, essas são enquadradas na Resolução CONAMA nº 357/05.

Este trabalho, baseia-se em um estudo de caso de uma indústria de cosméticos instalada na área urbana do município de Uberlândia, a qual segue os padrões do Decreto municipal nº 13.481/2012 para comprovar o atendimento deve realizar o automonitoramento dos parâmetros determinados bimestralmente em um laboratório credenciado.

A Indústria de cosméticos realiza a gestão dos efluentes pelo Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não Domésticos no Município de Uberlândia (PREMEND), o que possibilita a identificação dos parâmetros críticos e estabelecimento de práticas sustentáveis no tratamento de efluentes de maneira a reduzir a carga poluidora do processo produtivo, garantindo a preservação do meio ambiente e a saúde pública.

Assim, este relatório técnico teve como objetivo descrever o sistema de tratamento de efluentes de uma Indústria de cosméticos, detalhar e sistematizar os procedimentos de coleta, análise e reporte de dados utilizando o PREMEND assim como interpretar os resultados de acordo com a eficiência da estação e o atendimento aos padrões do Decreto nº 13.481/2012.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

## 2.1 LEGISLAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES NO ESTADO DE MINAS GERAIS

O processo de tratamento de efluente, de maneira simplificada, tem por finalidade separar a fase líquida da fase sólida, de forma adequada para reduzir ao máximo a carga poluidora e melhorar os parâmetros físico químicos do efluente. O tratamento convencional consiste em um método físico químico de coagulação pela adição de agentes coagulantes, floculantes por agitação e sedimentação.

O tratamento de efluentes é uma atividade obrigatória para indústrias que utilizam água em seu processo, de acordo com a legislação federal e a estadual. As leis federais para o tratamento de efluentes estão baseadas na Resolução CONAMA 430/2011, que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água, a Resolução CONAMA 357/2005 que estabelece os padrões de qualidade das águas para diversos usos, incluindo o lançamento de efluentes.

No Estado de Minas Gerais, as leis que regulamentam o tratamento de efluentes são principalmente: a Lei Estadual nº 13.199/99, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, que inclui diretrizes para o tratamento de efluentes, a Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017 que determina os critérios e procedimentos para o enquadramento dos corpos de água em classes, conforme a qualidade e o uso previsto, Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG Nº 8/2022, que estabelece critérios e procedimentos para o lançamento de efluentes líquidos em corpos de água.

No município de Uberlândia o efluente tratado precisa atender o PREMEND, que regulamenta os parâmetros físico químicos através do Decreto nº 13.481, de 22 de junho de 2012. O efluente deve satisfazer os parâmetros mínimos de 32 análises antes de ser enviado ao corpo receptor da rede pública de esgoto, de acordo com o anexo II do decreto (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros estabelecidos para o grupo de indústrias GRUPO II: Indústrias químicas, de processamento e atividades afins.

| PREMEND - Grupo II (Indústrias químicas, de processamento e afins) |                                       |             |                                       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| ANÁLISE                                                            | ESPECIFICAÇÕES<br>(DECRETO nº 13.481) | ANÁLISE     | ESPECIFICAÇÕES<br>(DECRETO nº 13.481) |
| DBO                                                                | 350 mg/L                              | Cromo Total | 5,0                                   |

|                            |           |                      |        |
|----------------------------|-----------|----------------------|--------|
| DQO                        | 600 mg/L  | Estanho Total        | 4,0    |
| Óleos e Graxas             | 100 mg/L  | Índice de Fenóis     | 5,0    |
| pH                         | 6 - 10    | Mercúrio Total       | 0,5    |
| Sólidos Dissolvidos Totais | 750 mg/L  | Níquel Total         | 2,0    |
| Sólidos Sedimentáveis      | 20 mL/L   | Nitrogênio Total     | -      |
| Sólidos Suspensos Totais   | 450 mg/L  | Nitrogênio Amoniacal | 100    |
| Sólidos Totais             | 1200 mg/L | Prata Total          | 1,5    |
| Surfactantes               | 5 mg/L    | Zinco Total          | 5,0    |
| Temperatura Amostra        | 40 °C     | Sulfato Total        | 1000   |
| Alumínio Total             | 3 mg/L    | Sulfeto Total        | 1,0    |
| Arsênio Total              | 1,5 mg/L  | Ferro total          | 15,0   |
| Boro Total                 | 5 mg/L    | Fluoreto Total       | 10     |
| Cádmio Total               | 1,5 mg/L  | Surfactantes         | 5      |
| Chumbo Total               | 1,5 mg/L  | Óleos e Graxas       | 100    |
| Cianeto Total              | 0,2 mg/L  | pH (Média)           | 6 - 10 |
| Cobalto Total              | 1,0       | Temperatura (Média)  | 40°C   |
| Cobre Total                | 1,5       | Cromo Hexavalente    | 0,5    |

Fonte: Decreto Municipal de Urberaba Nº 13481/2012.

No município de Uberlândia as indústrias são incentivadas e obrigadas a adotar práticas de tratamento adequadas para seus efluentes, de modo a minimizar os impactos negativos no sistema público de coleta e tratamento de esgoto e no meio ambiente em geral. A gestão Municipal também prevê a implantação de um sistema de monitoramento contínuo dos descartes de efluentes das empresas, a fim de assegurar a conformidade com os requisitos estabelecidos.

O automonitoramento consiste em coletar amostras do efluente tratado, bimestralmente, conforme determinado pelo PREMEND e encaminhar para laboratórios credenciados para análises dos parâmetros previamente mencionados no Quadro 1.

## 2.2 O PREMEND

O tratamento de esgoto em Uberlândia iniciou-se em 2004, sob a responsabilidade do DMAE e logo no início da operação ficou evidente que a carga orgânica que chegava à ETE Uberabinha era muito maior do que o projetado, sendo identificado que essa alta carga orgânica era proveniente dos efluentes industriais (não domésticos).

Para controlar essa situação, o Decreto nº 13.481, de 22 de junho de 2012, estabeleceu o Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não Domésticos no Município de Uberlândia-MG - PREMEND. Esse programa tem

como objetivo regular o recebimento de esgotos não domésticos, levando em consideração as diretrizes, normas técnicas operacionais e de controle qualitativo. Além disso, o decreto prevê a possibilidade de cobranças diferenciadas de acordo com a carga poluidora e as condições de lançamento dos esgotos no sistema público de coleta.

Conforme o art. 9º, do referido Decreto, só poderão ser lançados na rede pública coletora de esgotos os efluentes líquidos que não contenham substâncias que, por sua natureza ou quantidade, possam:

1. Causar danos às unidades ou componentes do Sistema Público de Esgotamento Sanitário;
2. Causar danos à saúde e à segurança dos operadores e à população em geral;
3. Causar danos ao patrimônio público ou privado;
4. Criar situações de riscos ou que possam provocar acidentes;
5. Interferir negativamente nos processos de tratamento de efluentes líquidos tratamento e disposição do lodo nas estações públicas de tratamento de esgotos.

O DMAE é responsável pela gestão do PREMEND, incluindo o monitoramento e fiscalização das atividades sujeitas às suas normas. Além disso, o DMAE orienta as indústrias na elaboração e implantação de projetos para adequação de suas instalações às regras do programa.

As indústrias são obrigadas a celebrar contratos especiais com o DMAE para receberem os serviços de recebimento e tratamento dos efluentes no sistema público de esgotamento sanitário. Em alguns casos, também podem estar sujeitos ao pagamento de preços públicos específicos, definidos com base no padrão de qualidade dos efluentes lançados no sistema público.

Para isso as indústrias, devem providenciar o CREND - Contrato de Recebimento de Efluentes Não-Domésticos, assinado com o DMAE, e isso define a sua participação no Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não-Domésticos do município de Uberlândia/MG (PREMEND). A participação no Programa é obrigatória, o que significa que as indústrias devem se cadastrar. Caso não se cadastre, após receber um aviso formal do DMAE, ela será cadastrada automaticamente e estará sujeita ao pagamento pela carga poluidora (fator k)

identificada, até que a empresa execute seu projeto técnico de adequação e/ou implemente um sistema de auto monitoramento para os efluentes líquidos não domésticos. O DMAE é responsável pela gestão do PREMEND, incluindo o monitoramento e fiscalização das atividades sujeitas às suas normas.

O objetivo do PREMEND é garantir que os parâmetros do efluente líquido das indústrias estejam em condições ideais para serem lançados no sistema público de coleta e tratamento de esgoto. Os limites estabelecidos pelo Decreto Municipal são baseados nas normas técnicas brasileiras e nas deliberações normativas do Estado de Minas Gerais relacionadas à preservação ambiental.

Outro fator determinante para a implementação do PREMEND na cidade de Uberlândia foi a preservação das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) do município, preservar rede pública de coleta de esgoto e evitar danos aos seus componentes como corrosão, incrustação, obstrução, entre outros, preservar a saúde da população e dos servidores que trabalham na operação das ETEs e na manutenção das redes de esgoto, contribuir com a eficiência de tratamento de efluentes nas ETEs do DMAE, para que o efluente final lançado no corpo receptor não cause impactos ambientais e não comprometa demais usos à jusante.

O PREMEND evidenciou o papel crucial de toda a sociedade e das indústrias no que diz respeito à responsabilidade ambiental no município de Uberlândia.

## **2.3 DIRETRIZES DO PREMEND**

As indústrias que geram efluentes com características não domésticas devem monitorar os seus próprios efluentes para que permaneçam dentro dos limites estabelecidos no Decreto Municipal. O DMAE não exige um tratamento completo, mas suficiente para adequação da sua carga orgânica compatível com efluentes domésticos.

A primeira etapa para aderir ao PREMEND é providenciar o Relatório de Autocaracterização do Empreendimento – RAE e protocolar na sede do DMAE. Neste relatório de autocaracterização, a indústria deve apresentar as seguintes informações:

- Ramo de atividade: IBGE – CNAE;

- Número de funcionários, horas/dia, dias/mês, turnos de trabalho;
- Descritivo simplificado do processo de produção com relação de matérias-primas utilizadas e produtos acabados.
- Fluxograma simplificado do processo de produção;
- Dados sobre fontes de abastecimento, consumo de água, com caracterização dos poços artesianos, caso existam, com as respectivas vazões e situação legal dos mesmos junto ao IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas;
- Indicação de consumo de água (Cópia da última fatura de serviços);
- Vazão de efluentes líquidos produzidos no processo de produção e de esgoto sanitário (80% do consumo de água);
- Destinação atual dos efluentes líquidos produzidos;
- Informar a existência de dispositivos para medição de vazão de efluentes ou de água dos poços artesianos (hidrômetros existentes);
- Projeto ou levantamento cadastral do sistema de efluentes líquidos do estabelecimento do usuário e ART;
- Cópia do contrato social da empresa e alvará de funcionamento.

Em seguida, será realizada a Vistoria Técnica no empreendimento pelo PREMEND/DMAE, efetuada uma coleta conjunta composta dos efluentes com o DMAE e o Laboratório Credenciado para as análises e por último, o CREND é assinado e é efetuada a emissão da certidão k.

Após assinatura do CREND o usuário deve encaminhar bimestralmente ao DMAE, até o 10º dia útil do mês subsequente o Relatório de Automonitoramento dos efluentes não domésticos lançados na rede pública de esgotamento sanitário.

Caso a indústria não atenda a notificação apresentando o RAE o DMAE executa o enquadramento das empresas de acordo com seus ramos de atividades e aplica o Fator de Carga Poluidora (k1) de acordo com os valores definidos pela Tabela I do Anexo I do Decreto 13.481/2012.

O fator de carga poluidora (k) é um coeficiente aplicado sobre a tarifa de esgoto que determina a taxa de cobrança PREMEND. Este fator é baseado no princípio “poluidor pagador”, onde a responsabilidade exclusiva pelo evento poluidor é de quem gera a poluição. Os empreendimentos que geram mais poluição terão fatores de carga poluidora maiores e, portanto, pagarão mais em

suas faturas de água e esgoto.

O PREMEND determina o coeficiente de carga poluidora (k), conforme apresentado na Equação 1, considerando os resultados da análise laboratorial do efluente não doméstico do empreendimento, e considerando as observações de tabela específica anexada no Decreto 13.481/2012 e suas posteriores alterações.

$$k_1 = 0,26 + 0,38(DQO/600) + 0,36(SST/450) \quad \text{Eq. 1}$$

O fator k sofre incrementos sob o valor do k1 elevando-o para k2 na proporção de 20% ou 50%, nas seguintes Hipóteses:

- k2 20% (incremento de 20% sobre k1) para Empresas com CREND que: Apresentam parâmetros superiores aos limites preconizados pelo PREMEND por um ano ou mais, após a firmação do CREND; e/ou não realizam as adequações das instalações físicas de acordo com as instruções técnicas, no prazo de doze meses decorridos da firmação do CREND.
- k2 50% (incremento de 50% sobre k1) para empresas que pagam k1 por ramo de atividade e: Não apresentam o RAE completo no prazo de doze meses após a aplicação do k1.

Os parâmetros analisáveis são estabelecidos para a indústria de acordo com o grupo estabelecido o qual é definido em base ao ramo de atividade. A Figura 1 apresenta os grupos definidos pelo decreto.

| GRUPO I                                                           | GRUPO II                                                  | GRUPO III                                                        | GRUPO IV                                                     | GRUPO V                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Indústrias de alimentos, bebidas e atividades afins;              | Indústrias químicas, de processamento e atividades afins; | Postos de combustíveis, lava-jatos, oficinas e atividades afins; | Construção civil, marmorarias, serrarias e atividades afins; | Hospitais, clínicas, laboratórios, consultórios e atividades afins; |
| GRUPO VI                                                          | GRUPO VII                                                 | GRUPO VIII                                                       |                                                              |                                                                     |
| Comércio de alimentos, restaurantes, açougues e atividades afins; | Indústria metalúrgica e atividades afins;                 | Outras indústrias não enquadradas nos grupos anteriores.         |                                                              |                                                                     |

Figura 1 - Grupos de indústrias definidas pelo Decreto Municipal de Uberaba Nº13.481/2012.

O descumprimento dos parâmetros estabelecidos no Decreto ocasionará na aplicação de multa, mediante a lavratura do auto de infração.

A indústria tem um prazo de 15 dias para apresentar o recurso e julgado

por uma comissão interna do Departamento Municipal de Água e Esgoto. Caso seja deferido o recurso o empreendimento não pague a multa, caso seja indeferido o empreendimento deverá pagar a multa juntamente com boleto mensal de consumo de água. O valor cobrado de PREMEND é realizado na Fatura de Serviço do DMAE e calculado considerando a Equação 2, a sequência.

$$\text{TAXA PREMEND} = \text{TAXA DE ESGOTO} \times (k - 1,00) \quad \text{Equação 2}$$

- As multas aplicadas, usam como referência o valor da tarifa mínima comercial ou industrial.
- 5 vezes o valor da categoria: impedir o acesso do DMAE aos locais de coleta;
- 20 vezes o valor da categoria: lançamento de efluentes fora dos limites do art. 9º e substâncias vedadas, de acordo com art. 18 do Decreto;
- 35 vezes tarifa comercial ou 15 vezes industrial a cada descumprimento por não realizar o automonitoramento bimestral.

As empresas que possuem  $k=1,00$  não pagam taxa PREMEND, pagam somente a taxa de esgoto.

## 2.4 O TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Jordão e Pessoa (2011), classificam os tratamentos de efluentes industriais, em diferentes categorias, como primários, secundários, terciários e avançados.

Segundo Von Sperling (2005), a classificação dos processos de tratamento de efluentes pode ser feita de acordo com o seu nível e eficiência, ou seja, de acordo com a finalidade desejada e sua complexidade, sendo adotadas diferentes tecnologias para a depuração do efluente.

Os tratamentos primários, possuem os processos de flotação ou sedimentação e são responsáveis pela remoção de uma parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica presente no efluente. De acordo com Von Sperling (2005), é possível melhorar a eficiência do tratamento primário por meio da utilização de agentes coagulantes. Esses agentes podem incluir sulfato de alumínio, cloreto férrico e polímeros auxiliares.

Apesar desse tratamento primário, o efluente ainda terá uma quantidade considerável de matéria orgânica e alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Geralmente o tratamento primário, não é suficiente para reduzir a carga orgânica presente no efluente, portanto é necessário que ele passe por novas etapas de tratamentos como secundários e terciários.

Os tratamentos secundários têm como principal objetivo a remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica biodegradável, podendo incluir também a desinfecção.

Existem várias tecnologias e processos utilizados no tratamento secundário de efluentes, sendo os mais comuns o tratamento por lodo ativado, filtros biológicos, reatores de filmes fixos e sistemas de lagoas. No tratamento por lodo ativado, o efluente é misturado com microorganismos aeróbicos em um tanque de aeração, onde ocorre a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos.

Em seguida, o lodo formado é separado do efluente por processos de sedimentação e filtração. Nos filtros biológicos, o efluente passa por uma camada de material suporte, como o anel pall ring, onde os microrganismos aderem e degradam a matéria orgânica, quando o efluente passa por esse leito de material suporte.

Após o tratamento secundário, o efluente é geralmente submetido a uma etapa de desinfecção, como a cloração, para eliminar microrganismos patogênicos antes de ser descartado no meio ambiente. Já os tratamentos terciários e avançados, é uma etapa adicional do processo de tratamento de efluentes, que ocorre após o tratamento primário e secundário. Ele tem como objetivo remover contaminantes específicos que não foram completamente eliminados nas etapas anteriores, visando obter um efluente com qualidade ainda mais elevada.

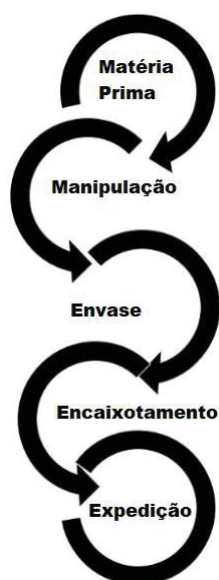
O tratamento terciário envolve a utilização de tecnologias avançadas e processos mais sofisticados, que podem incluir operações unitárias como filtração avançada, permuta iônica, osmose reversa, adsorção, entre outros.

Segundo Von Sperling (2005), essas tecnologias permitem que o tratamento terciário remova poluentes específicos, como nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais pesados, micropoluentes (como produtos farmacêuticos e produtos químicos industriais), substâncias tóxicas e patógenos. O tratamento terciário é utilizado em situações em que o efluente final precisa atender a padrões de qualidade mais rigorosos, como a reutilização direta para fins industriais,

irrigação de culturas agrícolas, recarga de aquíferos ou descarga em corpos d'água sensíveis.

## 2.5 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

A indústria cosmética está situada na cidade de Uberlândia na área central da cidade e a sua atividade primária é a fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal, sendo o objetivo principal de prestar serviços em fabricar, embalar, armazenar, expedir, distribuir, transportar, importar e exportar produtos de higiene, cosméticos e perfumaria, conforme mostra o fluxograma 1.



Fluxograma 1: Etapas de Fabricação de Cosméticos

A indústria produz a sua marca própria e ainda é especializada na terceirização de cosméticos, oferecendo a oportunidade personalizar outras marcas com facilidade, rapidez e baixo custo. A área fabril conta com 3951,57 m<sup>2</sup> divididos em setores como: salas de pesagem, sala de manipulação, laboratório físico químico, sala de envase, área de encaixotamento e expedição. Ao todo, são 63 funcionários entre internos e externos distribuídos nos setores, como mostra o Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 - Quantidade de funcionários por setores.

| <b>Setores:</b>           | <b>Gênero Masculino</b> | <b>Gênero Feminino</b> |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Produção</b>           | 18                      | 29                     |
| <b>Administrativo</b>     | 01                      | 01                     |
| <b>Qualidade</b>          | 02                      | 07                     |
| <b>Menores Aprendizes</b> | 0                       | 04                     |
| <b>Estagiário</b>         | 01                      | 0                      |

O turno de trabalho: Segunda a sexta: 07:00 às 16:40. Sábado: 07:00 às 11:00 e nesse período o volume tratado na estação de tratamento é de 10.500 Litros/dia. A fabricação de cosméticos no Brasil, segue as diretrizes estabelecidas na Resolução RDC no 48, de 25 de outubro de 2013 – Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes.

A linha de produtos fabricados incluem desde produtos como: Condicionadores, Shampoos, Cremes corporais, Creme de pentear, Loções, Géis Capilares, Enxaguantes Bucais, Cremes dentais, Perfumes, Óleos capilares e corporais dentre outros.

Devido ao extenso mix de produtos a fabricação ocorre por meio do sistema de produção puxada ou produção sob demanda, ou seja, o processo de fabricação é iniciado somente quando há pedidos ou demanda de clientes. Nesse sistema, a produção é impulsionada pela demanda real, em vez de ser baseada em previsões de vendas ou estoques. Isso significa que os produtos são fabricados somente quando há um pedido específico dos clientes, evitando a produção excessiva e o acúmulo de estoques desnecessários.

Nesses casos, as características operacionais da planta e o tipo dos produtos fabricados determinam a natureza do efluente que serão tratados na estação de tratamento de efluentes (ETE).

A fábrica possuiu um sistema CIP (*Cleaning-in-Place*) ineficiente, o que resulta em um maior consumo de água para a limpeza e higienização dos equipamentos, reatores e tubulações o que acarreta em um aumento na quantidade de efluentes gerados na indústria.

Alguns reatores possuem *Sprays Balls* Fixos instalados na parte superior do tanque, esse dispositivo consiste em uma esfera com bicos de pulverização

que permite que a água em conjunto com a solução de limpeza seja distribuído em todas as direções o que permite a remoção das sujidades e consequentemente a qualidade do produto em conformidade com regulamentações sanitárias.

O consumo de água é maior com o spray ball fixo e torna-se ineficiente na limpeza, pois a dispersão de água e o alcance dos jatos não resultam em uma boa cobertura da superfície a ser limpa, levando a uma necessidade de repetir o processo várias vezes para obter uma limpeza adequada.

Além disso, a falta de eficiência do spray ball fixo pode resultar em um tempo de limpeza prolongado.

Quando o equipamento não consegue remover efetivamente os resíduos, é necessário um tempo maior de lavagem para alcançar os resultados desejados. Isso significa que o equipamento fica mais tempo em operação, resultando em um consumo de água maior.

Existem dispositivos mais modernos para realizar o sistema CIP, estes possuem cabeçotes rotativos que permitem uma melhor pressão de água e uma otimização da limpeza. Os dispositivos fixos podem ainda exigir uma complementação de limpeza manual, impactando a produtividade, riscos de acidentes com os operadores, consumo de água e de produtos químicos para a higienização.

## **2.6 O TRATAMENTO FÍSICO QUÍMICO DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

A Estação de Tratamento (ETE) da indústria cosmética objeto de estudo, possui capacidade de tratamento de 3.500 litros e esse tratamento ocorre de acordo com a demanda da produção e a frequência com que ocorrem as operações de lavagem dos equipamentos.

Todo o efluente captado após a lavagem dos reatores, máquinas de envase, grelhas, canaletas, pisos e purga da caldeiraria é encaminhado para a estação de tratamento de efluentes industriais. A ETE é composta pelos seguintes tanques de equalização e etapas:

- Caixa separadora de água/óleo e gordura: Dimensões 1100x1200x1930mm, com volume útil de 2,55m<sup>3</sup>;
- Caixa de tratamento 1: Dimensões 1150x1200x1930mm, com

volume útil de 2,66m<sup>3</sup>;

- Caixa de tratamento 2 (reserva): Dimensões

2580x800x1930mm, com volume útil de 3,98 m<sup>3</sup>;

- Caixa de tratamento 3 (reserva): Dimensões

2600x1960x1930mm, com volume útil de 9,83 m<sup>3</sup>.

Na indústria cosmética, os efluentes industriais possuem diferentes tipos de substâncias devido a variedade de matérias primas empregadas para a fabricação dos produtos. Segundo a ABIHPEC Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2010), os efluentes do setor são compostos por: água, detergentes, emulsificantes, ésteres de ácidos graxos, polímeros (PEG), sais quaternários de amônio, corantes, pigmentos, solventes orgânicos, álcalis (como soda e potassa), conservantes (como metilparabeno, propilparabeno e formol) e peróxido de hidrogênio, óleos essenciais e outros.

Por isso, é crucial que o setor implemente um sistema de tratamento de efluentes eficiente. O tratamento primário é a opção mais simples, pois utiliza apenas processos físico químicos, o que resulta em um custo mais baixo. No entanto, os tratamentos secundários, terciários e avançados envolvem tecnologias mais complexas e, conseqüentemente, custos mais elevados, o que torna sua aplicação inviável em alguns casos.

O quadro 3 apresenta os processos associados ao tratamento primário de efluentes.

Quadro 3 - Etapas e processos do tratamento primário de efluentes

| Tratamento | Tipo de processo | Operação                                 |
|------------|------------------|------------------------------------------|
| Primário   | Físico           | Equalização<br>Clarificação/sedimentação |
|            | Químico          | Neutralização<br>Coagulação/Sedimentação |

Antes do efluente gerado no processo produtivo chegar à estação de tratamento de efluentes, ele passa por uma etapa básica preliminar que é o gradeamento. Essa etapa de gradeamento consiste na remoção de materiais sólidos grosseiros presentes no efluente, como pedaços de plástico, tampas, papéis, sacos e

outros detritos que possam obstruir os equipamentos ou interferir nas etapas subsequentes do tratamento.

Essas etapas são de extrema importância para proteger o sistema de

tratamento de efluentes, evitando o entupimento de tubulações, válvulas, maquinários e bombas reduzindo o desgaste dos equipamentos e garantindo um funcionamento eficiente e contínuo da estação de tratamento.

Após o gradeamento o efluente industrial é encaminhado a uma caixa separadora água e óleo e na sequência vai para a caixa de tratamento 1, 2 e 3 para a equalização.

As caixas de tratamento 1, 2 e 3 funcionam como um tanque de equalização, que tem como objetivo promover a homogeneização das características físicas e química e equilibrar a temperatura do efluente antes de ser submetido às etapas de tratamento primário.

Essa etapa é importante porque o efluente gerado em processos produtivos por diferentes bateladas, apresentam variações de vazão, composição e pH ao longo do tempo. A equalização permite ajustar essas variações, tornando o efluente mais uniforme e estável para o tratamento.

Ao equalizar o efluente, é possível evitar sobrecargas no sistema de tratamento, garantindo uma operação eficiente e estável da estação de tratamento de efluentes. Além disso, a equalização cria condições mais favoráveis para as etapas subsequentes de tratamento físico químico, promovendo uma remoção mais eficaz de poluentes e resultando em um efluente tratado de melhor qualidade.

Após a equalização nas caixas de tratamento 1, 2 e 3, o efluente é bombeado por uma bomba de sucção e enviado para o tanque de tratamento de 3500 L e posteriormente é tratado (Figura 2).

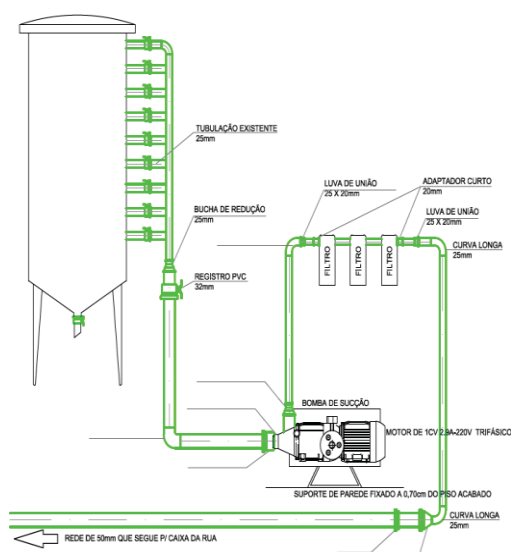


Figura 2 - Desenho esquemático da Estação de Tratamento de efluentes (ETE).

O tratamento físico químico do efluente no tanque de 3500 L, consiste na remoção de diversos contaminantes presentes no efluente, tais como material coloidal, matéria orgânica, cor, turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos. Além disso, corantes dispersos também podem ser eliminados utilizando essa técnica, conforme mencionado por Braile e Cavalcanti (1993).

O tratamento físico químico consiste em empregar processos e reações químicas para modificar as propriedades do efluente, a fim de facilitar a remoção dos contaminantes. Isso é realizado através da adição de coagulantes, floculantes e ajuste de pH. Após o efluente tratado o clarificado passa por um processo de filtração em filtros de areia e carvão.

A adição de coagulantes ajuda a aglomerar partículas finas e coloidais em flocos maiores, facilitando sua remoção por processos de sedimentação ou filtração. Os floculantes auxiliam na formação de flocos maiores e mais densos, melhorando a eficiência da remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica.

De acordo com a pesquisa de Beltrame (2000), nas etapas de coagulação e floculação, são empregadas substâncias inorgânicas que possuem íons positivos para realizar a neutralização de cargas no efluente. Entre as substâncias mais utilizadas

para esse fim, destacam-se o sulfato de alumínio, o sulfato férrico, o sulfato ferroso, o sulfato cúprico dentre outros.

Em resumo, o tratamento físico químico é uma técnica versátil e eficiente para a remoção de diversos contaminantes presentes no efluente, contribuindo para a obtenção de um efluente tratado e clarificado.

Somente após o tratamento o clarificado é liberado para o corpo receptor do DMAE e o material sólido (lodo) é prensado e destinado para a empresa responsável pela coleta dos resíduos sólidos. Na sequência é apresentado um Fluxograma (Figura 3) do processo de tratamento de efluentes na indústria cosmética:



Figura 3 - Etapas do tratamento na Estação de Tratamento de efluentes (ETE) da indústria em questão

## 2.7 COAGULAÇÃO

Os efluentes da indústria cosmética contém uma série de impurezas, incluindo sólidos dissolvidos na forma ionizada, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos e matéria em suspensão, como microrganismos (bactérias, algas e fungos) e coloides. A maioria dessas impurezas apresentam cargas negativas em suas superfícies, o que resulta em uma repulsão entre elas, mantendo-as em suspensão estável por longos períodos de tempo, conforme mencionado por Pavanelli (2001).

Essas impurezas variam de acordo com as matérias primas utilizadas na fabricação dos diferentes tipos de cosméticos, podendo ser de origem natural e ou sintética. A presença dessas impurezas é mantida em suspensão estável devido à repulsão de cargas negativas em suas superfícies. Lenvando em conta isso é fundamental realizar tratamentos adequados para remover ou reduzir essas impurezas e garantir o tratamento do efluente de acordo com o Decreto Municipal nº 13.481/2012.

O coagulante utilizado no tratamento físico químico é o Policloreto de Alumínio 18% (PAC), ele é um coagulante inorgânico que possui características catiônicas e é pré-polimerizado, assim ele reduz as forças eletrostáticas de repulsão entre as

partículas presentes no efluente. Isso permite a aproximação e aglutinação dessas partículas, facilitando sua remoção posterior por sedimentação e/ou filtração.

Em solução o PAC 18%, libera espécies químicas de alumínio com alta densidade de cargas elétricas positivas, que reagem com as partículas presentes no efluente, neutralizando as cargas e promovendo a formação dos flocos. Essas espécies eliminam as forças de repulsão eletrostática originalmente presentes no efluente bruto. Ao adicionar o PAC 18% ao efluente bruto, ocorre a formação de flocos, pois as cargas negativas são neutralizadas permitindo que elas se aproximem e se unam para formar pequenos flocos (Figura 4).

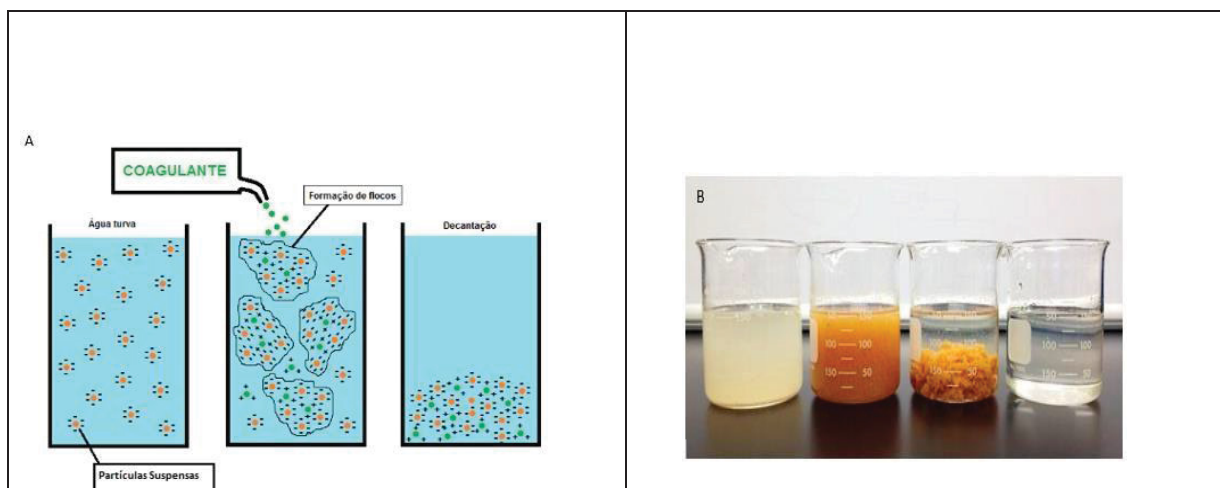


Figura 4 - Processo de coagulação. A) Equema representativo. B) Etapas representativa do proceso de tratamento.

## 2.8 FLOCULAÇÃO

Na etapa de floculação, ocorre a formação de flocos pela aglutinação dos coloides que foram neutralizados na coagulação com o policloreto de alumínio PAC 18%. Essa aglutinação é facilitada pela agitação contínua e leve, que introduz energia capaz de promover o contato entre os coloides e o floculante.

Na indústria cosmética é utilizado o floculante aniônico com alto peso molecular, pois ele atua como um auxiliar, facilitando ainda mais a união dos flocos formado na etapa anterior, aumentando a densidade do floco e a velocidade de decantação. Um único grão de polímero guarda dentro de si uma imensa cadeia polimérica, como mostra a Figura 5, a seguir.

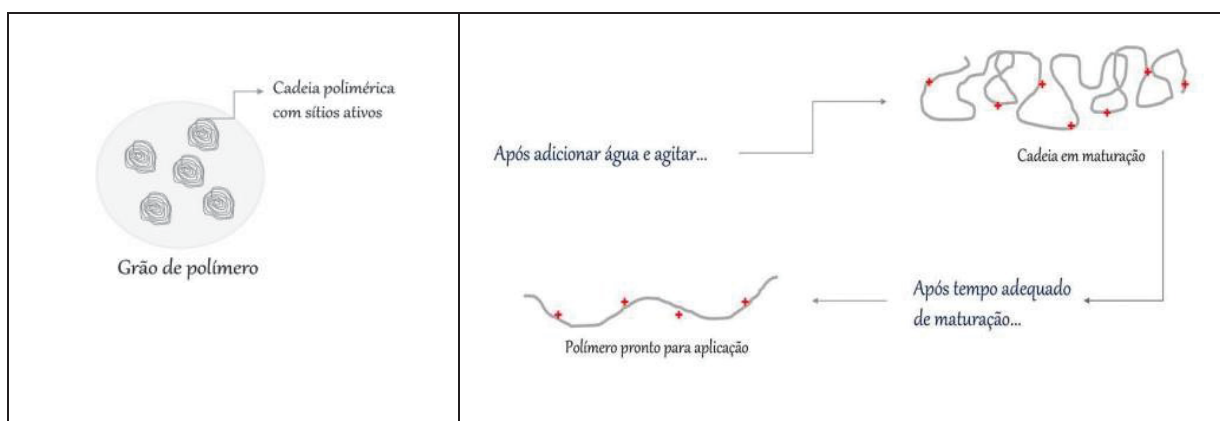


Figura 5 - Grão de polímero e abertura da cadeia polimérica. Fonte: Ficha Técnica do Produto.

Dentro deste grão estão as cargas aniônicas, que permitem ao polímero atuar

efetivamente na floculação. É preciso que esta cadeia se abra por completo na água, pois cada parte sua não bem aberta ocasiona a perda de cargas que não vão atuar na clarificação do efluente bruto. Devido ao seu alto peso molecular, esse floculante possui uma maior capacidade de aglutinação, o que resulta na formação de flocos maiores e mais pesados.

Esses flocos são essenciais para a etapa seguinte do processo de tratamento, que é a decantação, onde os flocos se separam do efluente tratado e se depositam no fundo do tanque.

## **2.9 DECANTAÇÃO**

A decantação é um processo de separação dos sólidos suspensos no efluente clarificado, no qual a gravidade age sobre as partículas suspensas no efluente, fazendo com que elas se depositem no fundo do tanque de tratamento.

No tratamento de efluentes, a decantação é uma etapa importante após a coagulação e floculação, onde ocorre a formação de flocos maiores e mais pesados. Esses flocos, juntamente com as partículas suspensas, são direcionados para o fundo do tanque, onde a velocidade do fluxo é reduzida para permitir que as partículas se depositem no fundo formando uma camada de lodo ou sedimento. O líquido clarificado, chamado de efluente tratado, é direcionado para a o corpo receptor da rede pública de esgoto do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) da cidade de Uberlândia

## **2.10 FILTRO PRENSA**

Os sólidos decantados no tanque de tratamento (lodo), possui um excesso de água, portanto, para que ocorra a sua desidratação é necessário efetuar o processo de prensagem no filtro prensa. As placas filtrantes da prensa, são montadas uma contra a outra, e formam no interior do equipamento câmaras que são completamente preenchidas pelos sólidos, ou seja, com o bombeamento sob alta pressão as partículas sólidas se acomodam de forma a gerar, no final do processo, tortas compactas e com baixo nível de umidades.

Esse processo é feito pelo bombeamento do lodo contra as lonas filtrantes do equipamento que só permitem a passagem da parte líquida contida no lodo.

Essa água é drenada através dos canais presentes nas placas filtrantes. Já a parte sólida vai sendo continuamente depositada nas lonas, formando sobre elas uma camada cada vez mais espessa (Figura 6).

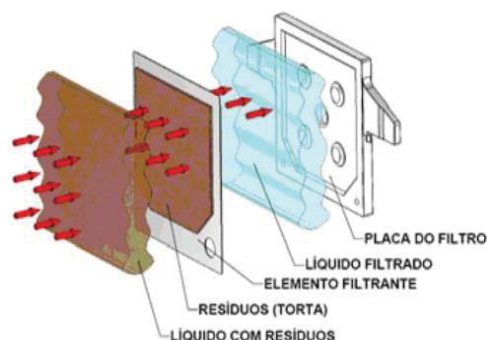


Figura 6: Esquema de prensagem do lodo e a formação da torta desidratada.

Fonte: Manual do Equipamento.

## **2.11 METODOLOGIA**

### **2.11.1 PARA ANÁLISE DO EFLUENTE**

Para realizar a caracterização dos efluente bruto e para as análises realizada durante o ano de 2022, a metodologia utilizada para os ensaios físico-químicos foi a metodologia descrita no "Standard for the Examination of Water and Wastewater".

### **2.11.2 PARA O JAR TEST**

A metodologia para realizar o jar test é a seguinte:

- a. Preparação das amostras: Coletar as amostras representativas do efluente a ser tratado e transferi-las para frascos de jar test;
- b. Ajuste do pH: Medir o pH da amostra e ajustá-lo, se necessário, utilizando ácido ou base;
- c. Adição de coagulante: Adicionar diferentes dosagens do coagulante em frascos separados, variando a quantidade para cada frasco;
- d. Agitação: Agitar os frascos de jar test a uma velocidade constante e por um determinado tempo. A agitação pode ser realizada manualmente ou utilizando um agitador mecânico;
- e. Tempo de repouso: Após a agitação, deixar os frascos em repouso por

um período determinado, geralmente entre 30 e 60 minutos.

- f. Observação dos flocos formados: Observar e comparar a formação de flocos em cada frasco. Avaliar a eficiência da coagulação-floculação em relação ao tamanho, densidade e sedimentação dos flocos formados;
- g. Seleção da dosagem ideal: Com base na observação dos resultados, selecionar a dosagem de coagulante que proporcionou a melhor formação de flocos.

## **2.12 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO**

A caracterização do efluente bruto é um processo fundamental para o tratamento de águas residuais, pois envolve a análise e identificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do efluente gerado durante o processo produtivo. Essa caracterização do efluente bruto, permite obter informações detalhadas sobre sua composição, concentração de poluentes, carga orgânica, pH, temperatura, entre outros parâmetros relevantes.

Permite compreender o potencial de contaminação do efluente bruto no meio ambiente, identificando substâncias tóxicas, metais pesados ou outros poluentes presentes. Por meio da caracterização do efluente bruto é possível determinar quais processos de tratamento são mais eficientes para remover ou reduzir esses contaminantes específicos. Também auxilia na escolha dos reagentes para o tratamento físico químico, permitindo a escolha do mais eficiente.

A coleta da amostra do efluente bruto foi realizada pelo laboratório de análises externas e acompanhada pelo operador da ETE da indústria cosmética.

A coleta foi realizada de forma representativa, seguindo as normas e procedimentos técnicos estabelecidos, a fim de garantir resultados precisos e confiáveis. As alíquotas do efluente foram coletadas em intervalos de tempo predefinidos.

O efluente bruto da indústria cosmética foi caracterizado no início do ano de 2022 antes de todo o processo de tratamento e as análises realizadas, foram as mesmas estabelecidas pelo Decreto Municipal (Quadro 4).

Quadro 4 - Caracterização do efluente bruto com os parâmetros do Decreto Municipal.

| Parâmetro PREMEND             | Limite Permitido<br>Decreto nº 13.481<br>(Unidade de<br>medida -<br>mg/L) | Resultado Efluente Bruto<br>(mg/L) |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| DBO                           | 350                                                                       | 9.607,26                           |
| DQO                           | 600                                                                       | 28.602,75                          |
| Sólidos Dissolvidos<br>Totais | 750                                                                       | 642,00                             |
| Sólidos<br>sedimentáveis      | 20                                                                        | 0,30                               |
| Sólidos Suspensos<br>Totais   | 450                                                                       | 4.285,00                           |
| Sólidos Totais                | 1200                                                                      | 5.110,00                           |
| Alumínio Total                | 3,0                                                                       | 891,61                             |
| Arsênio Total                 | 1,5                                                                       | 0,0050                             |
| Boro Total                    | 5,0                                                                       | 0,1000                             |
| Cádmio Total                  | 1,5                                                                       | 0,0021                             |
| Chumbo Total                  | 1,5                                                                       | 0,0332                             |
| Cianeto Total                 | 0,2                                                                       | 0,0030                             |
| Cobalto Total                 | 1,0                                                                       | 0,0200                             |
| Cobre Total                   | 1,5                                                                       | 0,0870                             |
| Cromo Hexavalente             | 0,5                                                                       | 0,0500                             |
| Cromo Total                   | 5,0                                                                       | 0,0695                             |
| Estanho Total                 | 4,0                                                                       | 0,8000                             |
| Índice de Fenóis              | 5,0                                                                       | 0,6300                             |
| Mercúrio Total                | 0,5                                                                       | 0,0002                             |
| Níquel Total                  | 2,0                                                                       | 0,0170                             |
| Nitrogênio Total              | -                                                                         | 6,7200                             |
| Nitrogênio<br>Amoniacal       | 100                                                                       | 2,2400                             |
| Prata Total                   | 1,5                                                                       | 0,0030                             |
| Zinco Total                   | 5,0                                                                       | 1.8246,00                          |
| Sulfato Total                 | 1000                                                                      | 5,66                               |
| Sulfeto Total                 | 1,0                                                                       | 15,20                              |
| Ferro total                   | 15,0                                                                      | 29,55                              |
| Fluoreto Total                | 10                                                                        | 28,12                              |
| Surfactantes                  | 5                                                                         | 0,05                               |
| Óleos e Graxas                | 100                                                                       | 1.196,00                           |
| pH (Média)                    | 6 - 10                                                                    | 6,62                               |
| Temperatura<br>(Média)        | 40°C                                                                      | 22,38                              |

No quadro 4, alguns parâmetros físico químicos marcados em vermelho, estão acima do valor máximo permitido no Decreto Municipal. Como podemos

observar, esse tipo de efluente normalmente apresenta elevadas concentrações de demanda química de oxigênio (DQO) e de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos, dissolvidos e demais compostos orgânicos.

Sendo assim, a busca por uma condição operacional que resulte em melhores resultados dos parâmetros do efluente e uma melhor eficiência do tratamento, se faz extremamente necessária para o cumprimento do PREMEND. Para isso, foram testados diferentes tipos de coagulantes e floculantes para a obtenção do melhor clarificado. A primeira etapa para estabelecer o melhor tratamento de efluentes para cumprimento do Decreto Municipal, foi realizar o Jar-test para estabelecer a melhor combinação de coagulantes dos fornecedores, de modo a obter o melhor clarificado e a melhor formação de flocos para o tratamento do efluente.

O Jar-Test trata-se de ensaio de bancada que reproduz as condições do processo de coagulação/floculação da estação de tratamento de efluentes. Esse método de análise quali-quantitativo permite verificar a clarificação do efluente e as condições de formação de flocos e estabelecer o pH aproximado em que a coagulação ocorre e também a dosagem de coagulante necessária para a separação da fase líquida da sólida em escala de bancada.

Para determinar os melhores coagulantes/floculantes, é necessário respeitar o pH ótimo de coagulação (ponto isoelétrico) e também considerar as características do efluente bruto a ser tratado. Durante todo o processo de tratamento é importante realizar o controle do potencial hidrogeniônico (pH) para a utilização do polímero aniônico.

Um dos primeiros padrões de eficiência no Jar-test é a clarificação, que tem por objetivo a remoção dos sólidos através dos Coagulantes/Floculantes, e se nessa etapa for obtido um clarificado com baixa turbidez e sólidos suspensos totais, isso é um forte indicativo de que os sólidos suspensos presentes no efluente foram aglutinados e consequentemente separados do meio, resultando na diminuição dos parâmetros de DQO, DBO e os diferentes tipos de sólidos presentes no efluente.

Os jar-testes realizados durante o ano de 2022, tem um volume médio de 7,0 mL de Policloreto de Alumínio PAC 18% e de Hidróxido de sódio 4,20 mL, sendo o ponto isoelétrico para adição do polímero ficou entre 7,5 à 8,5.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O automonitoramento do efluente no PREMEND (Programa de Monitoramento e Controle de Efluentes) em Uberlândia, é realizado bimestralmente conforme determinado pelo Decreto nº 13.481-2021. A coleta da amostra do efluente pós tratado, é realizada no ponto de coleta externa, onde o volume coletado é guardado em frascos de polietileno e em frascos ambar e encaminhado para o laboratório de análises.

Os resultados são encaminhados pelo laboratório terceirizado e o gestor ambiental é responsável por transferir para a planilha dinâmica que informa imediatamente se determinado parâmetro está dentro ou fora do estabelecido pelo Decreto Municipal 13.481/2012. Ao inserir o valor obtido da análise, a planilha informa se o resultado está “Fora do padrão” e “Dentro do padrão” alterando a cor da célula. Isso facilita a visualização e a interpretação dos resultados em um curto espaço de tempo.

No quadro 5 abaixo, é possível verificar os resultados das análises obtidas durante o ano de 2022. Essa coleta do efluente é realizado em octuplicata durante 8 horas pelo laboratório credenciado. Os parâmetros com as marcações em vermelho evidenciam os parâmetros que estão fora da faixa determinada pelo Decreto Municipal da cidade de Uberlândia.

Quadro 5 - Resultados do automonitoramento das análises físico químicas dos efluentes da ETE da indústria Cosmética no ano de 2022.

| Parâmetros (mg/L)          | Mês de coleta | Mês de coleta | Mês de coleta | Mês de coleta | Mês de coleta | Mês de coleta |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                            | fev/22        | abr/22        | jun/22        | ago/22        | out/22        | dez/22        |
| DBO                        | 3.320,00      | 8.457,04      | 254,47        | 496,79        | 1.146,33      | 178,97        |
| DQO                        | 7.882,10      | 17.426,00     | 852,61        | 1.278,16      | 4.654,93      | 417,95        |
| Sólidos Dissolvidos Totais | 1.068,00      | 1.012,00      | 668,00        | 122,00        | 1.590,00      | 412,00        |
| Sólidos Sedimentáveis      | 2,00          | 95,00         | 3,50          | 0,30          | 1,10          | 0,30          |

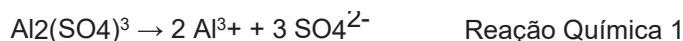
|                          |          |          |        |        |          |        |
|--------------------------|----------|----------|--------|--------|----------|--------|
| Sólidos Suspensos Totais | 356,00   | 1.322,00 | 262,00 | 10,00  | 64,00    | 14,00  |
| Sólidos Totais           | 1.468,00 | 2.492,00 | 986,00 | 130,00 | 1.865,00 | 440,00 |
| Alumínio Total           | 1,09     | 53,98    | 31,03  | 0,40   | 3,82     | 1,88   |
| Arsênio Total            | 0,01     | 0,01     | 0,01   | 0,01   | 0,01     | 0,01   |
| Boro Total               | 0,10     | 0,10     | 0,10   | 0,10   | 0,10     | 0,10   |
| Cádmio Total             | 0,00     | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 0,00     | 0,00   |
| Chumbo Total             | 0,01     | 0,01     | 0,01   | 0,01   | 0,03     | 0,01   |

|                        |       |       |       |       |        |        |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Cianeto Total          | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   |
| Cobalto Total          | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02   | 0,02   |
| Cobre Total            | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,06   | 0,01   |
| Cromo Hexavalente      | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05   | 0,05   |
| Cromo Total            | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01   | 0,01   |
| Estanho Total          | 0,80  | 0,80  | 0,80  | 0,80  | 0,80   | 0,80   |
| Índice de Fenóis       | 0,19  | 0,04  | 0,20  | 0,03  | 0,07   | 0,00   |
| Mercúrio Total         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   |
| Níquel Total           | 0,01  | 0,01  | 0,02  | 0,01  | 0,01   | 0,01   |
| Nitrogênio Total       | 7,37  | 10,78 | 2,80  | 1,40  | 8,96   | 16,80  |
| Nitrogênio Amoniacal   | 0,20  | 7,84  | 1,12  | 0,20  | 7,84   | 14,00  |
| Prata Total            | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   |
| Zinco Total            | 0,23  | 0,59  | 0,18  | 0,06  | 0,35   | 0,00   |
| Sulfato Total          | 78,50 | 1,74  | 71,26 | 84,21 | 107,36 | 1,18   |
| Sulfeto Total          | 0,10  | 0,10  | 0,14  | 0,10  | 0,33   | 0,20   |
| Ferro total            | 0,24  | 3,54  | 1,04  | 0,39  | 17,28  | 0,32   |
| Fluoreto Total         | 0,25  | 0,36  | 3,67  | 0,52  | 3,72   | 0,08   |
| Surfactantes           | 3,44  | 0,36  | 0,87  | 0,65  | 57,00  | 1,64   |
| Óleos e Graxas         | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00  | 156,20 |
| pH (média)             | 5,73  | 7,31  | 6,11  | 8,62  | 7,50   | 7,87   |
| Temperatura °C (média) | 22,38 | 28,00 | 40,00 | 21,63 | 25,50  | 27,88  |

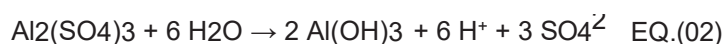
Nos meses de Janeiro, Abril, Junho, Agosto e Outubro de 2022, foram

utilizados diferentes combinações de coagulantes e floculantes no tratamento como Sulfato de Alumínio e para a correção do pH foi utilizado o Aluminato de Sódio e a Cal Hidratada. Apesar da boa coagulação das partículas presentes no efluentes, os resultados obtidos não foram satisfatórios para atendimento do PREMEND. Durante os meses de janeiro à outubro de 2022, o coagulante utilizado foi o Sulfato de Alumínio, que em solução forma íons positivos (cátions) que neutralizam as cargas das partículas que estão em suspensão no efluente atraindo essas partículas coloidais, o que permite a formação dos flocos que se separam por decantação.

O sulfato de alumínio gera os íons apresentados conforme reação química 1 seguintes íons:



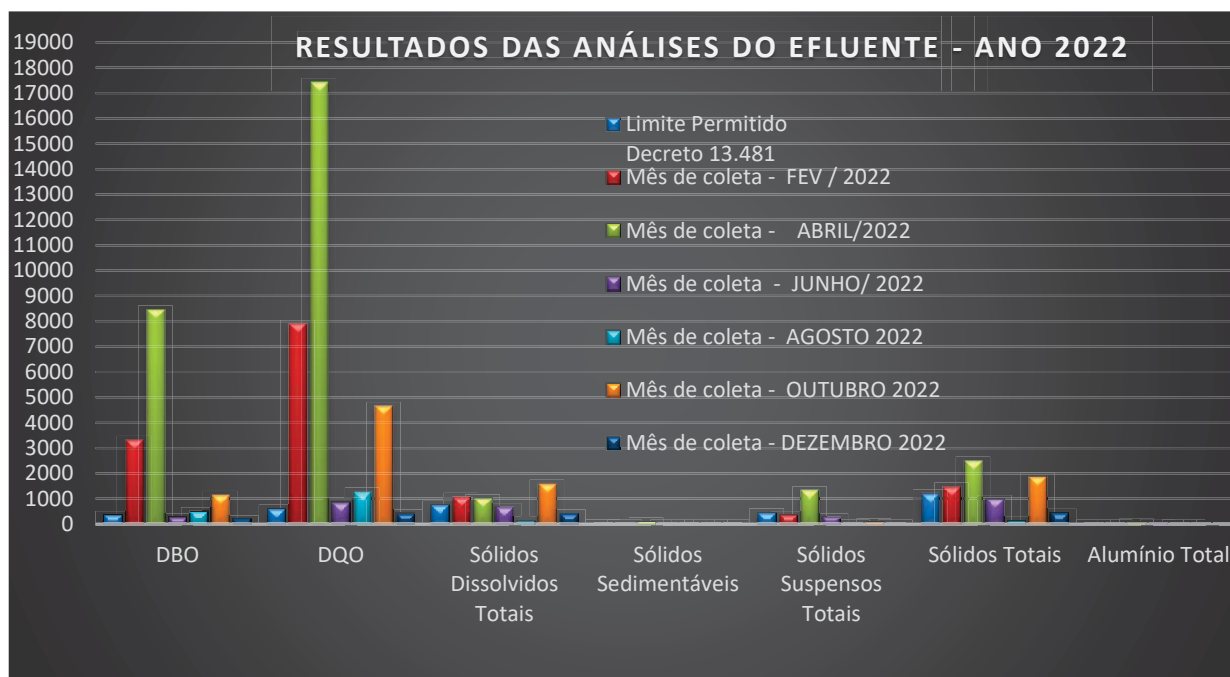
Uma parte dos cátions  $\text{Al}^{3+}$  neutraliza as cargas negativas das impurezas presentes no efluente, interagindo com os íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) do meio aquoso, formando o hidróxido de alumínio, como pode ser visto na Eq. 02.



É esse hidróxido de alumínio carregado positivamente que neutraliza as impurezas coloidais carregadas negativamente que estão no efluente. No entanto, o sulfato de alumínio não foi eficiente o suficiente, para desestabilizar todas as cargas presentes no efluente e conseqüentemente aumentar a agregação das partículas para a formação de flocos, o que faz com que o clarificado ainda tenha uma grande carga poluidora, gerando assim resultados elevados para as análises de DQO, DBO, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Totais, Alumínio Total dentre outros,

Como visto no quadro 5, nos meses de Fevereiro, Abril, e Outubro, os resultados obtidos apresentaram valores de DBO e DQO elevados, sendo DBO 3.320,00 mg/L, 8.457,04 mg/L e 1.146,33 mg/L acima do parâmetro permitido pelo Decreto Municipal e nos meses de Fevereiro, Abril, Agosto e Outubro os resultados para a DQO foram 7.882,10 mg/L, 17.426,00 mg/L, 1.278,16 mg/L e 4.654,93 mg/l respectivamente, como mostra o gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1: Resultados das Análises do efluente para o Ano de 2022



O automonitoramento que apresentou melhor resultado foi o do mês de dezembro que apresentou resultados para DBO de 178,97 mg/L, DQO de 417,95 mg/L, Sólidos Dissolvidos Totais de 412,00 mg/L e Sólidos Totais de 440,00 mg/L, pois neste foi utilizando o Policloreto de Alumínio 18%, comumente conhecido como PAC 18%. Essa substância é um coagulante de natureza inorgânica, que consiste em uma mistura de compostos polinucleares contendo alumínio. Quimicamente, o PAC 18% é formado por cadeias poliméricas de hidróxidos de alumínio com cargas positivas, devido à presença de íons  $\text{Al}^{3+}$ . Essas cadeias contêm íons de cloro ( $\text{Cl}^-$ ) que estão associados aos complexos de alumínio.

O policloreto de alumínio também atua na neutralização e coagulação das cargas coloidais presentes nos efluentes. As cargas coloidais do efluente são finamente dispersas, geralmente possuem cargas elétricas negativas. Essas cargas negativas conferem estabilidade às partículas, impedindo sua aglomeração e sedimentação.

Quando o policloreto de alumínio é adicionado ao efluente, ocorre a hidrólise do composto, provocada na formação de hidróxidos de alumínio polinucleares verificados positivamente ( $\text{Al}(\text{OH})_x^+$ ). Esses complexos de alumínio com carga positiva atraem e adsorvem as partículas coloidais carregadas com carga, neutralizando suas cargas elétricas. A atração e adsorção das partículas coloidais

pelos hidróxidos de alumínio promovem a formação de flocos maiores e mais pesados. Esses flocos são removidos por processos de sedimentação, gerados na clarificação do efluente.

Além disso, o PAC apresenta outras vantagens no tratamento de efluentes, como alta eficiência de coagulação em uma ampla faixa de pH o PAC permite uma maior flexibilidade operacional, menor demanda de alcalinizante para ajuste de pH, menor formação de lodo em comparação com outros coagulantes e melhor desempenho em águas com águas elevadas alcalinidade. Como o PAC forma flocos maiores e mais densos, a formação de lodo é menor, o que resulta em uma redução nos custos de descarte e disposição do lodo em aterros industriais, além de menor impacto ambiental.

A maior eficiência do PAC no tratamento de efluente também é resultante da sua estrutura molecular, que por ser mais complexa e ter uma carga positiva maior em comparação ao sulfato de alumínio, possibilita ao PAC uma maior capacidade de neutralizar as cargas negativas das partículas coloidais presentes nos efluentes, permitindo uma coagulação mais eficiente.

No ano de 2022, os floculantes utilizados nos tratamentos físico químicos, foram os polímeros aniônicos de alto peso molecular. Sendo, assim o podemos afirmar que ele foi efetivo, pois ele efetuou a aglutinação e a formação de pontes intermoleculares das partículas em suspensão de forma eficiente, para a formação dos flocos consistentes.

No entanto, o que de fato determinou o melhor resultado no tratamento foram os diferentes coagulantes utilizados - Policloreto Cloreto de Alumínio e Sulfato de Alumínio. Nos meses de Junho e Dezembro o coagulante utilizado foi o PAC 18%. No mês de junho, apenas dois parâmetros DQO e Alumínio Total ficaram fora do padrão estabelecido e em dezembro somente um parâmetro óleos e graxas. Nos outros meses, muitos parâmetros ficaram fora do estabelecido pelo Decreto Municipal. Por exemplo, nos meses de Abril, Junho e Agosto o uso do coagulante Sulfato de Alumínio, resultou em uma grande liberação de íons de alumínio ( $Al^{3+}$ ) no efluente tratado, por esse motivo aumentaram os parâmetros relacionados ao alumínio no efluente, como a concentração de alumínio total.

Já no mês de Abril, observamos uma grande elevação no parâmetro de sólidos suspensos, o que pode indicar que o Sulfato de Alumínio, formou um excesso de flocos, resultando em um aumento da concentração de sólidos

suspensos no efluente final. Os flocos são apresentados na Figura 7.



Figura 7 - Formação de lodo no tratamento do mês de Abril/2022.

Também podem ocorrer, uma coagulação ineficiente no efluente o que resulta em um aumento nos parâmetros relacionados a essas substâncias no efluente tratado. A coagulação ineficiente no efluente ocorre quando o processo de coagulação não é capaz de remover de forma adequada as partículas suspensas e os contaminantes presentes no efluente. Isso pode ocorrer devido a diversos fatores, como a escolha inadequada do coagulante, dosagem insuficiente, pH inadequado, tempo de reação insuficiente, entre outros.

Quando a coagulação é ineficiente, as partículas e contaminantes podem permanecer no efluente, comprometendo a clarificação do efluente tratado e podendo causar impactos ambientais negativos. Nesses casos, é possível verificar que o clarificado final, apresenta uma turbidez considerável acima de 200 UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez.

O Decreto nº 13.481/2012, não determina a turbidez como parâmetro, porém a indústria cosmética utiliza essa análise internamente como um norteador, pois uma turbidez elevada indica que o efluente ainda possui matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente divididas o que altera os demais parâmetros como as análises de sólidos e consequentemente a DQO e a DBO.

A avaliação da eficiência do tratamento do efluente, foi obtida pela Equação 3 e os resultados, em percentual de remoção de matéria orgânica são apresentados no quadro 6.

$$\text{Cálculo: } \frac{\text{Resultado (efluente bruto)} - \text{Resultado (efluente tratado)}}{\text{Resultado (efluente tratado)}} \times 100\% \quad \text{Eq.(03)}$$

Quadro 6. A eficiência da estação de tratamento de efluentes em percentual.

| Parâmetro<br>PREMEND | EFICIÊNCIA<br>FEV / 2022 | EFICIÊNCIA<br>ABR / 2022 | EFICIÊNCIA<br>JUN / 2022 | EFICIÊNCIA<br>AGO / 2022 | EFICIÊNCIA<br>OUT / 2022 | EFICIÊNCIA<br>DEZ / 2022 | MÉDIA DA<br>EFICIÊNCIA<br>% |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| DB                   | 65,4428                  | 11,9724                  | 97,3513                  | 94,8290                  | 88,0681                  | 98,1371                  | 75,9668                     |
| DQ                   | 72,4429                  | 39,0758                  | 97,0191                  | 95,5313                  | 83,7256                  | 98,5388                  | 81,0556                     |
| SÓLIDOS<br>SUSPENSOS | 91,6919                  | 69,1482                  | 93,8856                  | 99,7666                  | 98,5064                  | 99,6733                  | 92,1120                     |
| MÉDIA                |                          |                          |                          |                          |                          |                          | 83,0448                     |

Considerando apenas os parâmetros mais complexos no sistema da indústria, DBO, DQO e Sólidos Suspensos, dos efluentes tratados durante o ano de 2022, foi possível determinar a eficiência média da estação de tratamento em 83,04%, considerando o uso dos distintos coagulantes nos meses já citados.

Apesar do alto percentual de eficiência, a indústria cosmética ainda não atende os parâmetros estabelecidos no Decreto Municipal de Uberlândia.

Sendo assim, será necessário estabelecer outros processos de tratamentos, determinar novos coagulantes e floculantes mais eficazes além de buscar meios para reduzir a geração de efluente durante o processo produtivo.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDACOES

O PREMEND de Uberlândia tem como finalidade, garantir que os parâmetros dos efluentes líquidos das empresas e indústrias da cidade estejam em conformidade com o Decreto Municipal nº 13.481 de 2012 e as deliberações normativas do Estado de Minas Gerais em relação à preservação ambiental.

É importante que as empresas sigam rigorosamente os procedimentos de automonitoramento estabelecidos pelo PREMEND de Uberlândia, a fim de garantir a conformidade com as normas ambientais e contribuir para a preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente em geral.

A caracterização do efluente bruto e a realização dos jar-test são fundamentais para determinar o processo de tratamento de efluentes, pois a escolha do coagulante e floculante dependem das características do efluente a ser tratado e somente os ensaios com o jar-test permitirá determinar com precisão o melhor tratamento. O sistema de tratamento de efluentes da Indústria de

Cosméticos é composto por um tratamento primário (físico químico) e esse processo de tratamento é sistematizado por procedimentos internos e são realizados diariamente para garantir a eficiência da estação e o atendimento aos padrões estabelecidos pelo Decreto nº 13.481/2012.

No processo de automonitoramento do efluente no programa PREMEND, são realizadas coletas bimestrais após o tratamento e as amostras são enviadas ao laboratório autorizado pelo DMAE em licitações. Os resultados obtidos são então reportados para uma planilha para auxiliar a interpretação desses dados, avaliando a eficiência da estação de tratamento e o cumprimento dos padrões estabelecidos pelo decreto.

Durante o ano de 2022, a indústria não atingiu muitos parâmetros analisáveis ficando fora do estabelecido pelo Decreto Municipal, principalmente no que diz respeito as análises de DQO,DBO, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos sedimentáveis,Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Totais. Isso gerou ao longo do ano um trabalho intensivo na busca de novos fornecedores de insumos para tratamento de efluentes e melhoria no sistema de tratamento e geração de efluentes.

Se verificou que o PAC é mais eficiente no processo de tratamento e a instalação do sistema CIP em um dos galpões da fábrica reduziu drasticamente o volume de efluente gerado e a diminuição do poluentes no efluente, no entanto ainda há um caminho a percorrer para buscar reduzir em todas as etapas do processo produtivo. Neste ano de 2023, a indústria manteve o PAC 18% como o reagente principal para realizar o tratamento de efluentes e investiu na instalação de um sistema de filtragem composto por um filtro de areia e carvão ativado. Esse sistema tem como objetivo remover os sólidos presentes no efluente, que são responsáveis pela alta turbidez. Essa medida contribuiu para a redução significativa dos poluentes presentes no efluente e está apresentando resultados mais promissores que os do ano de 2022, atendendo os 32 parâmetros de acordo com o decreto nº 13.481/2012.

## 5. REFERÊNCIAS

ABIHPEC. Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Higiene**

**Pessoal, Perfumaria e Cosméticos.** São Paulo, 2010.

Disponível em <[www.crq4.org.br/downloads/higiene.pdf](http://www.crq4.org.br/downloads/higiene.pdf)>. Acesso em: 20 maio de 2023.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. 18. ed., São Paulo: CETESB, 1993.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Publicada no Diário Oficial nº 53 em 18 de março de 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 de maio de 2011.

BELTRAME, L..C. **Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento**. 2000. 161 p. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Março/2000.

MINAS GERAIS. **DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM-CERH/MG Nº**

**8**, de 21 de novembro DE 2022. Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 02/12/2022.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa COPAM nº 217, de 6 de dezembro de 2017**. Diário executivo de Minas Gerais de 08. Dez. 2017. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa conjunta COPAM-CERH/MG Nº 8/2022**, de 21 DE novembro de 2022. Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 02/12/2022).

MINAS GERAIS. **Lei Estadual 13.199/1999 de 29 de janeiro de 1999**. Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 30/01/1999.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** 2001. 233 f.

Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 2001.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6. ed. Rio de Janeiro:Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 1050p

UBERLÂNDIA (MG). **Decreto Nº 13.481, DE 22 DE JUNHO DE 2012.** Diário Oficial

do Município nº 3938 em 26 de junho de 2012.

VON SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª Ed. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.