

CATEGORIA 2

SOLUÇÃO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE DA LAVAGEM DE PEÇAS, EM OFICINAS METROFERROVIÁRIA

INTRODUÇÃO

Quando se pensa em modos de transporte de menor impacto ambiental, é comum relacionar o ferroviário. Contudo, existe uma especificidade do maquinário e da via férrea que requer atenção e pode causar contaminações orgânicas e inorgânicas decorrentes do uso de lubrificantes, fluidos hidráulicos, combustíveis aditivados e demais produtos necessários à sua operação (WILKOMIRSKI *et al.*, 2011).

Neste universo da manutenção ferroviária, a atividade de lavagem de peças e equipamentos mostra-se como o ponto de maior preocupação para a contaminação de águas superficiais, quando relacionado ao lançamento de efluentes e potencial poluidor.

De modo geral, as áreas de lavagens de peças costumam ser associadas somente a um sistema de drenagem composto por piso impermeabilizado, canaletas de contenção e direcionamento a uma caixa separadora de água e óleo (CSAO).

O funcionamento das CSAO's, conforme ilustração da Figura 1, ocorre primeiramente pela separação dos líquidos por diferença de densidade e posteriormente no recolhimento individual de cada um dos líquidos separados.

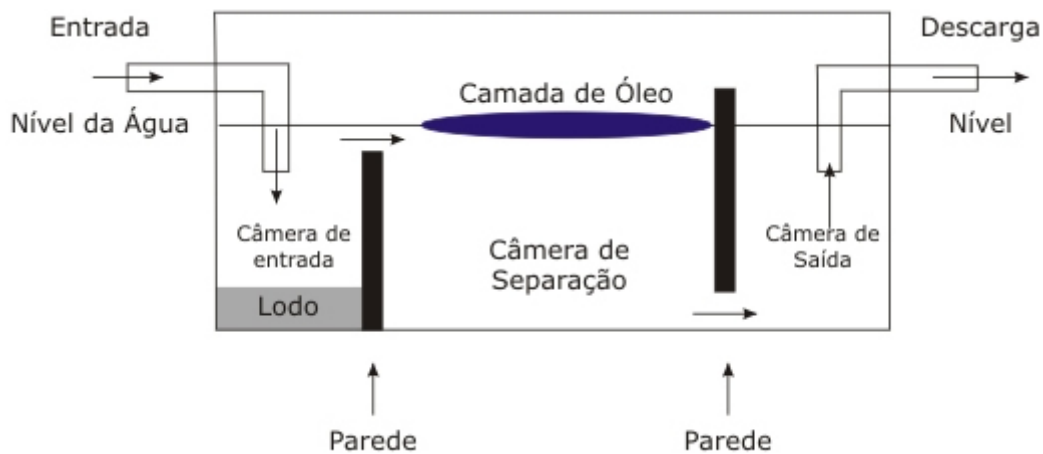


Figura 1 – Croqui de funcionamento de uma caixa separadora de água e óleo – CSAO.

Quando existente a mistura de óleo e água, desde que não emulsionados, e armazenados em um reservatório por determinado tempo de detenção, a água, com densidade maior que o óleo, tende a se acumular nas camadas inferiores do reservatório. O óleo, por ser mais leve que a água, tende a ascender e formar um filme na camada superior da mistura. Dessa forma, é possível recolher individualmente esse filme de óleo e obter água mais limpa na parte inferior do reservatório.

Contudo, o emprego de produtos solventes, detergentes e desengraxantes, propicia a emulsão química do óleo e a água. Ainda, nestas atividades ocorrem também a emulsão física, resultante do uso de lavadoras de pressão e fricção pelo uso de estopas. Assim, ambas emulsões químicas e físicas diminuem consideravelmente a eficiência das CSAO's, resultando em lançamentos de efluentes acima de padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais.

Nesse sentido, os separadores de água e óleo configuram apenas uma etapa do tratamento do efluente de lavagem, visto que não são suficientes para separar

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



fisicamente a emulsão de óleo e água. A própria Resolução ABNT 14605 de 2020 apresenta como definição de sistema separador água e óleo o “equipamento usado para separar fisicamente produtos não emulsionados” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Mais recentemente, a legislação ambiental vem evoluindo no entendimento de que existe a necessidade de uma melhoria contínua dos sistemas de controle da poluição hídrica, compreendendo que as soluções convencionais, com a utilização de CSAO, não são suficientes para garantir a proteção ambiental em lavagens “pesadas”. De tal forma, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul, foi aprovada a Portaria FEPAM N° 126 de 2021, determinando que o lançamento dos efluentes gerados na área de lavagem de veículos pesados somente será permitido após o tratamento em estação de tratamento de efluentes - ETE, cuja operação esteja sob a responsabilidade técnica de um profissional habilitado (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Assim, por não haver referências no setor metroferroviário, há a necessidade de projetos específicos no tratamento de efluentes de áreas de lavagens para atender à legislação vigente e garantir a viabilidade do negócio.

DIAGNÓSTICO

A atividade de lavagem de peças e truques é parte fundamental no processo de manutenção pesada dos trens, possibilitando a limpeza e posterior restauração de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



motores elétricos, caixas de engrenagem, rolamentos, entre outros componentes essenciais ao funcionamento de um trem. No entanto, devido aos mais variados tipos de óleos e graxas utilizados, alguns até mesmo de base asfáltica, acarretam na necessidade de desengraxantes pesados, alcalinos ou ácidos, que por fim resultam em um efluente líquido de alta carga poluidora, necessitando de projetos específicos para atender à legislação vigente.

A geração dos efluentes ocorre de modo intermitente e associadas ao processo de manutenção, gerando águas residuárias com vazões e concentrações variadas. O efluente é gerado quando se processa a remoção dos detritos aderidos à superfície das peças (óleos, graxas, areia, poeira etc.), através das seguintes operações:

- i) Limpeza grosseira para remoção dos detritos aderidos às peças;
- ii) Adição de detergente/solventes às peças;
- iii) Limpeza dos detritos reagidos/emulsionados com o detergente;
- iv) Enxague das peças com lavadora de pressão com jato de água quente.

A Figura 02 apresenta a área de lavagem da TRENSURB como era em 2019, antes da realização desse trabalho. Tratava-se de uma área descoberta, com piso impermeável contendo canaletas coletoras dos líquidos residuais. Todas as correntes escoavam para a CSAO e desta, para o corpo receptor.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 2 – Área de lavagem de peças e truques em 2019.

Buscando o atendimento à legislação ambiental e as condicionantes estabelecidas no licenciamento, deu-se início ao monitoramento periódico (semestral) da caixa separadora associada à essa área de lavagem de peças e truques.

A partir deste ponto, começou-se a compreender a problemática envolvida no tratamento de efluente gerado em lavagens de veículos pesados: a CSAO não é suficiente para atendimento dos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelos órgãos ambientais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



As Figuras 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, os dados do monitoramento semestral dos parâmetros “Demanda Química de Oxigênio – DQO”¹, “Óleos e Graxas: Mineral”² e “Substâncias tensoativas (surfactantes)”³, bem como o valor de referência limite estabelecido para o Estado do Rio Grande do Sul.

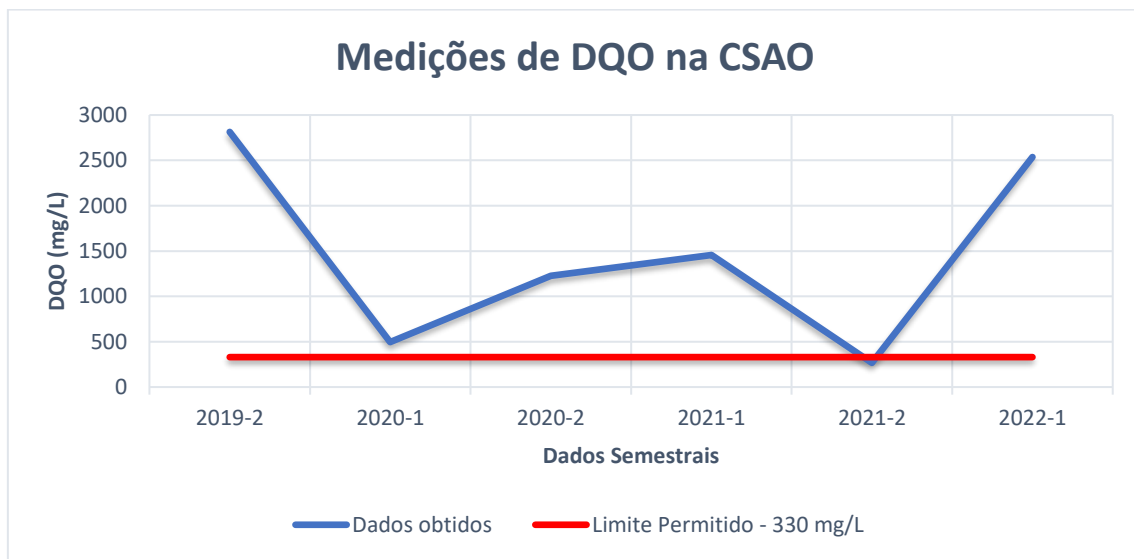


Figura 3 – Gráfico de monitoramento semestral DQO.

¹ Ferramenta analítica tradicional utilizada para determinar o grau de poluição da água ou efluentes, medindo a demanda de oxigênio necessária para oxidar quimicamente os contaminantes (CETESB, 2017).

² Indicador da presença de substâncias de origem mineral, tais como os óleos minerais. Os óleos e graxas minerais geralmente não se encontram nas águas naturais, contudo, acabam atingindo os recursos hídricos por despejos das indústrias, efluente de oficinas, postos de combustíveis e áreas de lavagem (CETESB, 2017).

³ As substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno são indicadores da presença de detergentes/surfactantes no meio. As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas, bem como aceleram processos de eutrofização e possuem efeito tóxico sobre o zooplâncton (CETESB, 2017).

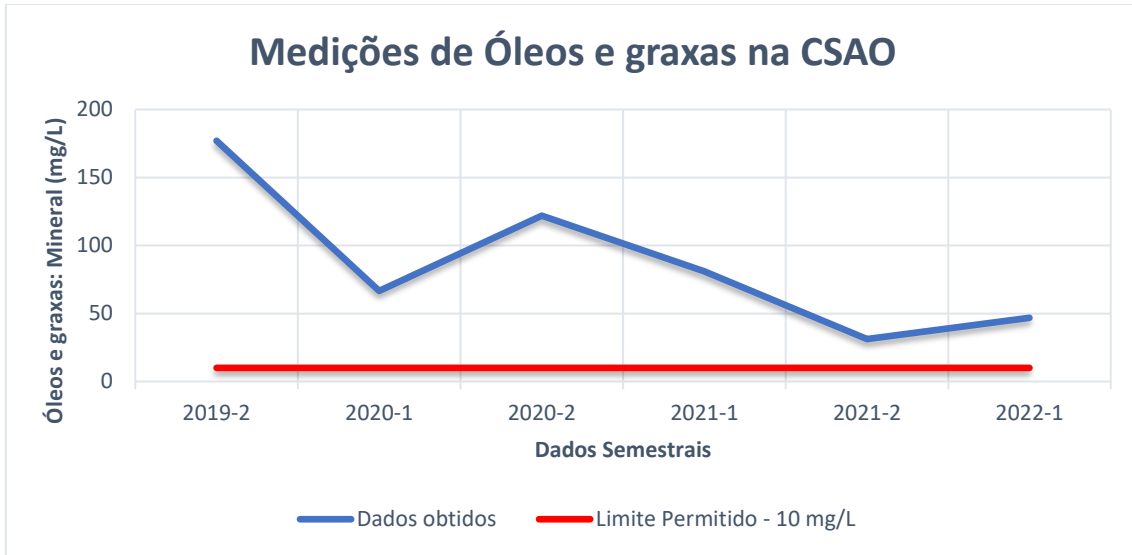


Figura 4 – Gráfico de monitoramento semestral de Óleos e Graxas.

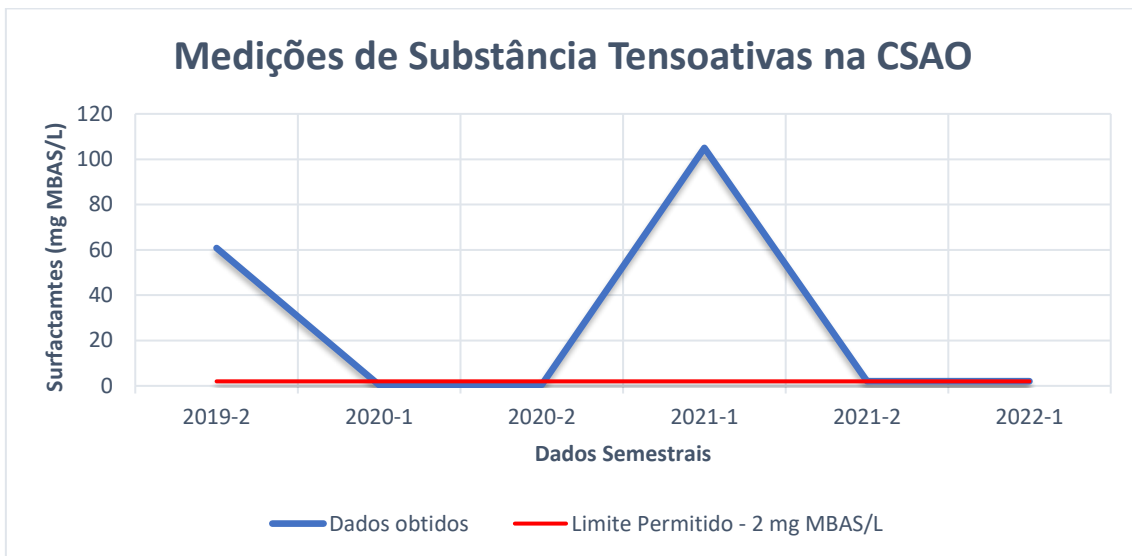


Figura 5 – Gráfico de monitoramento semestral de Substâncias Tensoativas.

Observando as medições realizadas entre o segundo semestre de 2019 até o primeiro semestre de 2021, fica evidente que o lançamento de efluentes está muito acima dos limites permitidos. A DQO média do período ficou cerca de 444% acima do limite de 330

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



mg/L. A média para o parâmetro de óleos e graxas minerais ficou em torno de 874% acima do limite de 10 mg/L. Já a média para as substâncias tensoativas, que compreendem os detergentes e solventes utilizados no processo, ficou cerca de 1.425% acima do limite de 2 mg MBAS/L.

Neste cenário, em que há a presença de um efluente singular e complexo, de alto potencial poluidor, com dificuldades impostas pela emulsão física e química da água e óleo, constatou-se a necessidade de realização de um estudo individualizado para o efluente em questão, em contraponto com soluções prontas de mercado, geralmente com alto custo de implantação.

Assim, foi realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica, com a participação de uma consultoria ambiental, que teve como principal objetivo a avaliação criteriosa de todo o processo de tratamento, determinando sua viabilidade quanto a tratabilidade, custos, riscos e as possibilidades de retorno financeiro.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de viabilidade técnica e econômica abrangeu as seguintes etapas: a) caracterização do efluente e identificação dos produtos químicos utilizados na lavagem; b) análise de eficiência da caixa separadora; c) testes em bancada com diferentes formulações de etapas de tratamento e diferentes produtos coagulantes; e d)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



estimativa orçamentária de instalação e operação da alternativa que proporcionou o melhor resultado no tratamento do efluente.

A caracterização do efluente foi realizada através de análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos, o que permitiu compreender melhor as particularidades do efluente gerado na lavagem de peças pesadas, bem como para validar as observações constatadas no monitoramento periódico da caixa separadora, realizado desde o ano 2019.

De modo geral, constatou-se que a carga poluidora está quase sempre associada aos materiais em suspensão – óleos e graxas emulsionados química e fisicamente, com reflexo diretos nos parâmetros analisados, ou seja, não é possível detectar a presença de sólidos sedimentáveis.

A análise de eficiência da CSAO compreendeu a comparação de amostras coletadas na entrada (efluente bruto) e saída (efluente “tratado”) da CSAO, de modo a entender a dinâmica de seu funcionamento e os benefícios agregados. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos nas análises laboratoriais.

Tabela 1 – Resultados de entrada e saída do efluente na CSAO da área de lavagem.

PARÂMETRO	UN	MÉDIA ENTRADA	MÉDIA SAÍDA	EFICIÊNCIA
Demanda Química de oxigênio - DQO	mg/L	1.144.083,00	1.465,83	99,87%
Óleos e graxas minerais	mg/L	2.204,00	87,42	96,03%
Substâncias tensoativas	mg MBAS/L	57,00	28,46	50,07%

Fonte: TRENSURB, 2019.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Apesar do efluente de saída da caixa separadora não se enquadrar nos padrões de lançamento fixados na legislação ambiental estadual (Resolução Consema N° 355/2017), a caixa separadora cumpre papel relevante na retenção de poluentes, com eficiência acima de 95% na remoção da DQO e óleos e graxas minerais. A eficiência para as substâncias tensoativas ficou acima de 50%.

Dada a boa eficiência da caixa separadora e os inconvenientes que representam óleos e graxas livres aos sistemas de tratamento, quaisquer alternativas para o tratamento dos efluentes não poderiam suprimir uma unidade separadora deste tipo.

Ainda na etapa de análise de viabilidade técnica, foram realizados testes de bancada no laboratório do SENAI-RS para definição dos flocculantes mais eficientes e do fluxo de processo mais otimizado para o efluente da lavagem pesada.

Nos testes de coagulação, floculação e decantação de materiais suspensos, foram utilizados os produtos Sulfato de Alumínio, Hidróxido de Cálcio, polieletrólito aniônico e policátions de tanino para promover a coagulação ou floculação dos materiais suspensos (Figura 6).

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 6 – Teste de bancada para avaliação de eficiência de flocculantes. Fonte: SENAI-RS.

Os testes evidenciaram que o polycation de tanino apresentou melhor eficiência na flocculação e decantação dos materiais suspensos (Figura 6, quarto recipiente da esquerda para direita).

Estudos recentes têm identificado que o tanino, um extrato orgânico extraído da casca da Acácia Negra, uma árvore de grande predominância no Estado do Rio Grande do Sul, mostra-se uma opção mais sustentável em relação aos coagulantes químicos tradicionais, como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Por ser um composto orgânico, possui pouca toxicidade e não adiciona íons metálicos ao meio, em contraponto aos coagulantes químicos (OLDONI *et al.*, 2022).

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Diante de todas as vantagens identificadas no uso do polication de tanino, optou-se por esse floculante para utilização no sistema de tratamento de efluente.

A partir da escolha do produto floculante de melhor eficiência e ajuste da dosagem ideal sobre o efluente, foram realizados testes de tratabilidade alternando-se etapas de tratamento físico-químico e tratamento biológico, em busca do resultado mais otimizado.

Nesse sentido, foi proposta uma estação de tratamento de efluentes – ETE com processo físico-químico seguido de tratamento biológico por lodos ativados, considerada tecnicamente mais viável para o tratamento de efluente de lavagem de peças ferroviárias (Figuras 7 e 8).

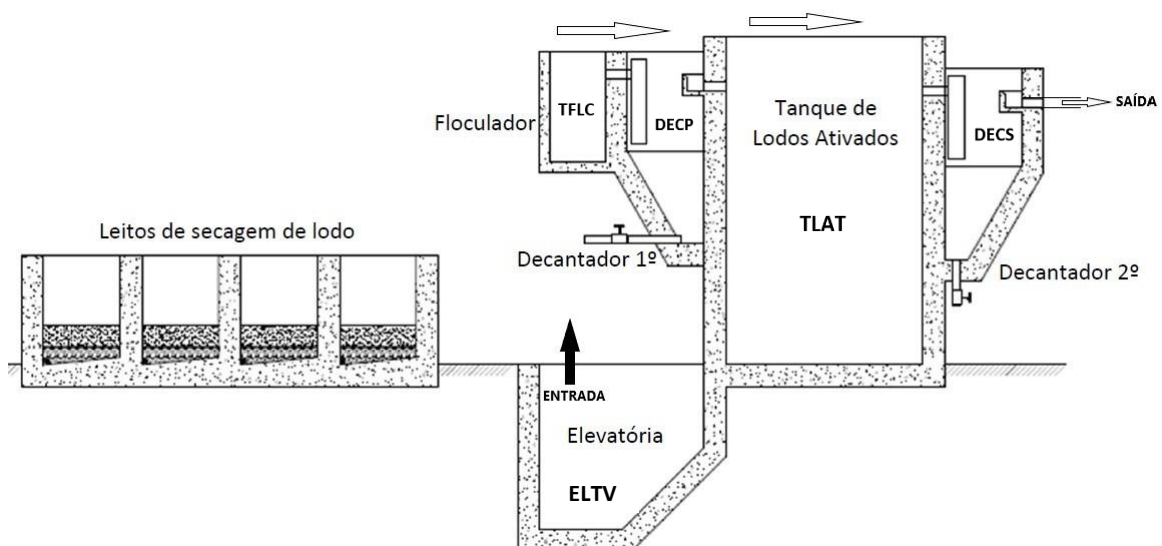


Figura 7 – Estação de tratamento de efluentes - ETE. Vista em corte.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

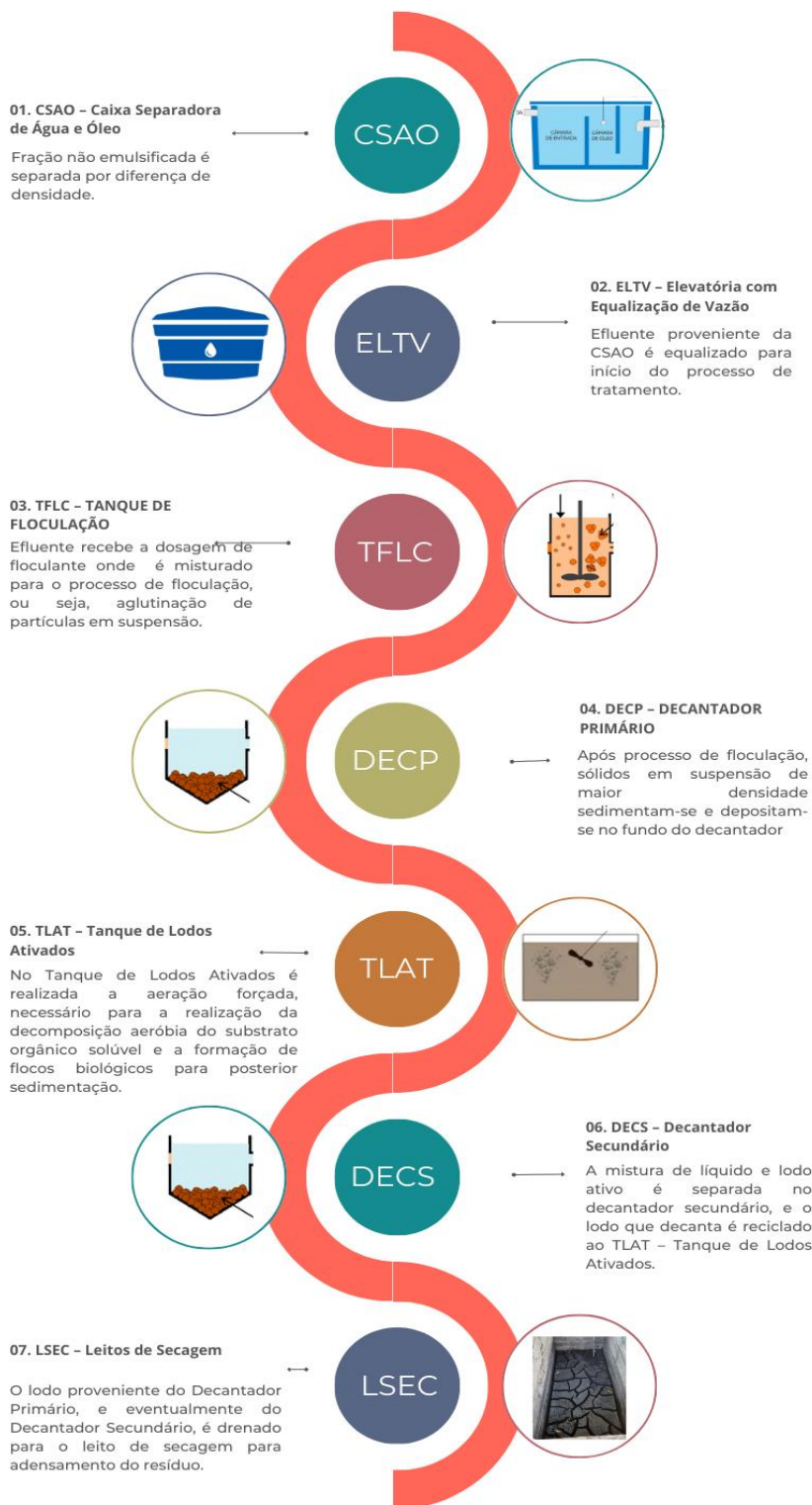


Figura 8 – Infográfico da solução escolhida para o tratamento do efluente “pesado”.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Legenda:

CSAO – Caixa Separadora de Água e Óleo

ELTV – Elevatória com Equalização de Vazão

TFLC – Tanque de Flocculação

DECP – Decantador Primário

TLAT – Tanque de Lodos Ativados

DECS – Decantador Secundário

TNCF – Tanque Nivelador de Comando do Filtro

FLAR – Filtro de Areia

CARS – Caixa de Água de Reuso

LSEC – Leitões de Secagem

A etapa final da análise de viabilidade consistiu na estimativa orçamentária para instalação e operação da alternativa que proporcionou o melhor resultado no tratamento do efluente, contrapondo com a possibilidade de destinação externa do efluente ou a contratação de soluções prontas de mercado de estações de tratamento de efluentes – ETE.

O tratamento interno através do sistema dimensionado especificamente para o efluente gerado na limpeza de peças ferroviárias mostrou-se economicamente mais vantajoso em relação às demais alternativas.

Assim, após os estudos preliminares em que se demonstrou a viabilidade técnica e econômica do projeto, deu-se início a implantação da alternativa identificada como mais

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

viável, contemplando o projeto executivo, fornecimento de equipamentos, produtos e comissionamento do sistema.

Ademais, conjuntamente com a instalação da ETE, foi realizada a reforma e cobertura da área de lavagem, essencial para a redução da geração de efluente e viabilidade técnica e econômica do tratamento, prevenindo a contribuição de água pluvial. A Figura 9 apresenta a situação atual da área de lavagem.



Figura 9 – Área de lavagem de peças e truques em 2023.

A instalação da ETE foi concluída ao longo do primeiro semestre de 2022 (Figura 10), momento em que se iniciou o comissionamento do sistema, com a realização das calibrações necessárias nas bombas do sistema, ajustando-se principalmente a vazão de recalque do efluente com a aplicação do floculante na devida proporção.



Figura 10 - Estação de tratamento de efluentes da lavagem de peças e truques em operação. Fonte: do autor.

Com a conclusão do sistema, as análises periódicas semestrais passaram a ser realizadas na saída da ETE em substituição à caixa separadora. Os novos resultados dos parâmetros DQO, Óleos e Graxas Minerais e Substâncias Tensioativas estão apresentados nas Figuras 11, 12 e 13, respectivamente.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

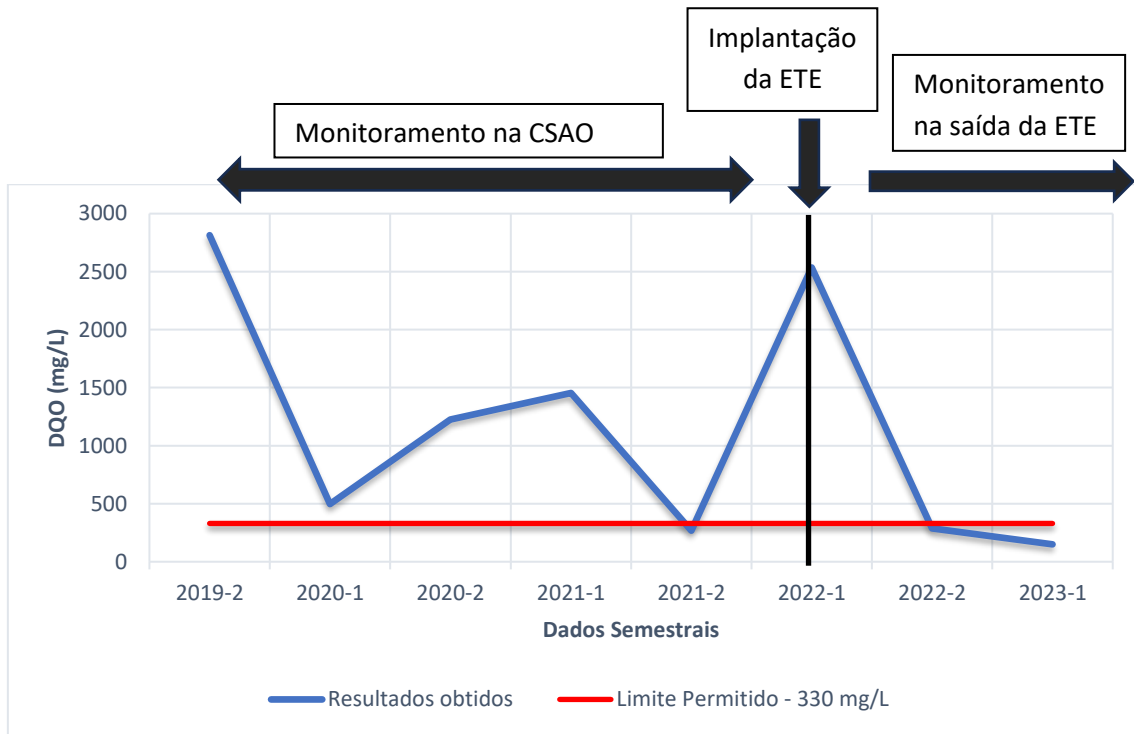


Figura 11 – Gráfico com resultados de “DQO” antes e após a implantação da ETE.

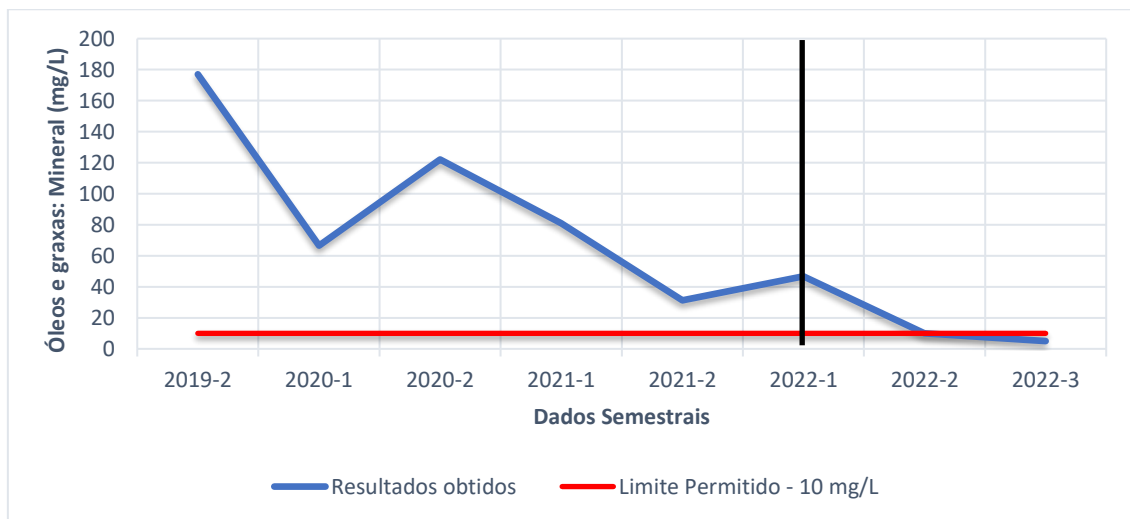


Figura 12 – Gráfico com resultados de “Óleos e Graxas Minerais” antes e após a implantação da ETE.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

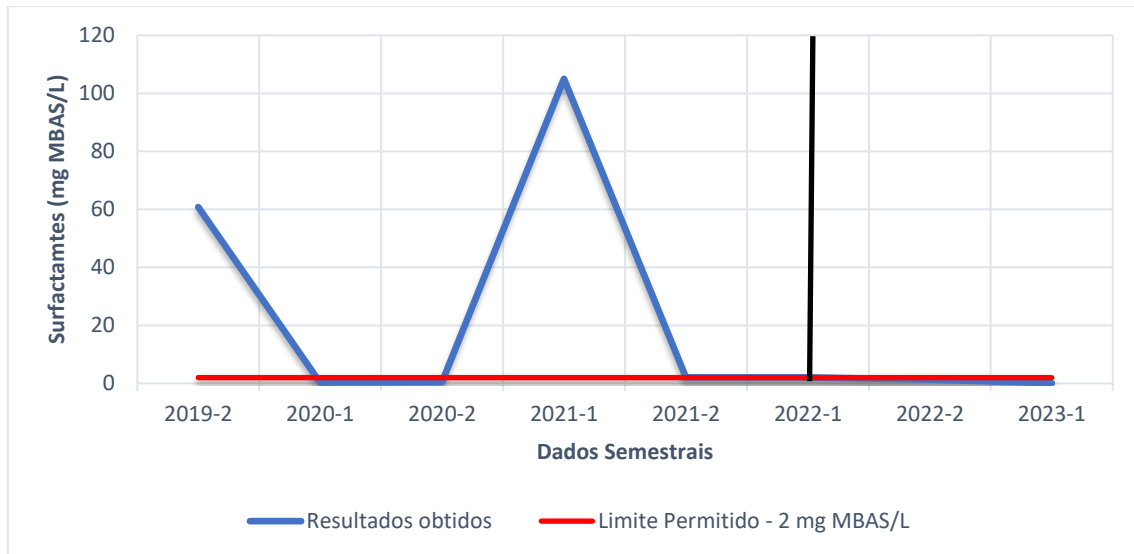


Figura 13 – Gráfico com resultados de “Substâncias Tensoativas” antes e após a implantação da ETE.

Os resultados das análises laboratoriais nos dois semestres subsequentes à instalação da ETE evidenciaram que o lançamento de efluente no corpo receptor passou a estar dentro dos limites permitidos na legislação estadual, corroborando os estudos da viabilidade técnica e garantindo a proteção do meio ambiente.

Tal solução ainda pode ser complementada com a utilização de filtros de areia, da mesma forma que os utilizados em piscinas residenciais, na saída do sistema, possibilitando o reuso da água na própria lavagem de peças, constituindo-se um ciclo fechado que implicaria na diminuição significativa do consumo de água.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CONCLUSÕES

A lavagem de peças e truques é parte integrante na dinâmica de manutenção das operadoras de sistemas metroferroviários e, quando relacionada com as boas práticas ESG (Environmental, Social, and Governance) e a evolução da legislação ambiental, necessitam de atenção para não inviabilizarem todo um processo.

Apesar da grande eficiência da solução convencional por separadores água/óleo (CSAO), apenas esse sistema mostrou-se insuficiente para a remoção de toda a carga poluidora gerada na lavagem de peças e truques, sendo necessário um tratamento complementar.

As soluções existentes no mercado para o tratamento de efluentes industriais, como estações de tratamento próprias e pré-fabricadas, geralmente são de alto custo de instalação e operação. Assim, faz-se necessário o entendimento que o efluente de lavagem de peças do setor ferroviário é singular e o seu tratamento requer um estudo específico.

A abordagem utilizada demonstrou-se capaz de remover boa parte da carga poluidora presente na água residuária, ao mesmo tempo em que oferece uma implantação de baixo custo e fácil contratação.

Ao investir em uma metodologia personalizada, a empresa conseguiu alinhar as suas necessidades específicas com os requisitos regulatórios e ambientais. Além de possibilitar a escolha de coagulantes orgânicos de menor impacto, quando comparados aos químicos tradicionais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Por fim, os resultados obtidos neste estudo, além de atenderem às expectativas e gerarem resultados muito satisfatórios, viabilizam a continuidade da lavagem de peças no ambiente interno da empresa, contribuindo com a sustentabilidade do negócio que é marca característica do modal ferroviário.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14605: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Sistema de drenagem oleosa. Rio de Janeiro. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais. Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Apendice-E-Significado-Ambiental-das-Variaveis-de-Qualidade.pdf>>. Acesso em: 11/07/2023.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Portaria FEPAM nº 126, de 16 de março de 2021. Altera a Portaria FEPAM nº 82/2020 que dispõe sobre critérios, diretrizes gerais e os procedimentos a serem seguidos no Licenciamento Ambiental de empreendimentos do ramo Comércio Varejista de Combustíveis, no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=519551>>. Acesso em: 11/07/2023.

OLDONI, T. B., STEFFENS, C., DALLAGO, M. R., STEFFENS, J., Tanino como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de efluente de laticínio. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.10, n.3, p.100-116, 2022.

WILKOMIRSKI, B., SUDNIK-WÓJCIKOWSKA, B., GALERA, H., WIERZBICKA, M., MALAWSKA, M., Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution. Water, Air, & Soil Pollution, v. 218 (1), 333-345p, 2011.