

TRACTEBEL ENGINEERING Ltda.

Sede – Escritório de Belo Horizonte
Rua Paraíba, 1122 - 14º andar - Savassi
CEP: 30.130-918 - Belo Horizonte, MG - BRASIL
tel.: +55 31 3249 7600
contato@tractebel.engie.com
tractebel-engie.com.br

RELATÓRIO DE AUDITORIA DA SEGURANÇA DO PROCESSO PRODUTIVO, TRATAMENTO DE EFLUENTES E GESTÃO DE ÁGUAS

ITEM C: ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS (ETEI) E BACIAS DE ESPERA QUANTO AO SEU DIMENSIONAMENTO EM RELAÇÃO ÀS ÁGUAS RESIDUAIS (PROCESSO E PLUVIAL)

Cliente: Alunorte – Alumina do Norte do Brasil

Identificação do Projeto: Auditoria Processo Produtivo e Recursos Hídricos

Código Cliente: Não se aplica

Código Tractebel: W.002610.001-D-MN00-N-RE-004

O	18/09/2025	Vitor Albernaz	Nelson Castro	Viviane Magalhães
C	04/08/2025	Guilherme Medeiros	Nelson Castro	Viviane Magalhães
B	01/11/2024	P. Marinho	P Machado	Nelson Castro
A	18/10/2024	P. Marinho	P Machado	Nelson Castro
REVISÃO	DATA DA ELABORAÇÃO	ELABORADOR	VERIFICADOR	APROVADOR

SUMÁRIO

1	IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR	3
2	EQUIPE TÉCNICA	4
3	GLOSSÁRIO	6
4	INTRODUÇÃO	8
5	ESCOPO	9
6	OBJETIVO	10
7	METODOLOGIA	10
8	DADOS UTILIZADOS	13
9	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS (ETEI) E BACIAS DE ESPERA	16
10	ANÁLISE DE CONFORMIDADE	23
11	RESULTADOS	35
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
13	RECOMENDAÇÕES FINAIS	47
14	REFERÊNCIA	48
ANEXO 1	50

1 IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

Quadro 1-1 – Identificação do empreendedor

EMPREENDEDOR	ALUNORTE - ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S/A
CNPJ	05.848.387/0003-16
ENDEREÇO	Rodovia PA, 481, km 12, Distrito de Murucupi, Barcarena, Pará
CONTATO	Evandro Leão
E-MAIL	leao.evandro.gomes@hydro.com

Quadro 1-2 – Identificação do empreendimento

EMPREENDIMENTO	Planta industrial da Alunorte em Barcarena - PA
LOCALIZAÇÃO	Rodovia PA, 481, km 12, Distrito de Murucupi, Barcarena, Pará

Quadro 1-3 – Identificação da empresa responsável pela auditoria

EMPREENDEDOR	TRACTEBEL ENGINEERING LTDA
CNPJ	33.633.561/0001-87
ENDEREÇO	Rua Paraíba, 1122 Conjunto 1401, 14º andar, Funcionários, Belo Horizonte – MG, CEP 30130-918
CONTATO	Cristiane Vieira
E-MAIL	cristiane.vieira@tractebel.engie.com

2 EQUIPE TÉCNICA

Lista-se abaixo os coordenadores e a equipe técnica utilizada pela Tractebel Engineering Ltda., contratada pela Alunorte, para a elaboração do Relatório de Auditoria relativo ao Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (item 4.1).

Tabela 2-1 - Coordenação e equipe técnica

COORDENAÇÃO E RESPONSABILIDADE TÉCNICA				
NOME DO PROFISSIONAL	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	Nº ART	CREA	RESPONSABILIDADE NO ESTUDO
Cristiane Vieira	Engenheira Civil	MG20242850057	57945D MG	Responsável Técnica pela empresa
Viviane Magalhães	Engenheira Civil	MG20242869753	94502D MG	Gestora da Unidade de Negócio
Nelson Castro	Engenheiro Hídrico	MG20242870089	146045D MG	Gerente do Contrato

EQUIPE TÉCNICA		
NOME DO PROFISSIONAL	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	RESPONSABILIDADE NO ESTUDO
Alexandre Lessa	Hidroeólogo	Especialista em áreas contaminadas
Paulo Marinho	Engenheiro Químico	Analista Ambiental
Guilherme Medeiros	Biólogo, Dr.	Analista Ambiental
Patricia Machado	Engenheira Civil	Analista Ambiental
Bianca Rubia	Engenheira Ambiental e Sanitária	Analista Ambiental
Alex Simplício	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil
Luis Baganha	Engenheiro Civil e Sanitarista	Engenheiro Civil
Brenner Aguiar	Estudante de Eng. Ambiental	Estagiário
Pedro Penna	Engenheiro Mecânico	Planejamento de Projeto

3 GLOSSÁRIO

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

CDF – Certificado de Destinação Final de Resíduos

CMD – Central de Materiais Descartados

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CONSEMA-RS – Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul

COPAM – Conselho da Política Ambiental

CTF/AIDA – Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental

DRS 1 – Depósito de Resíduos Sólidos nº 1 de propriedade da Alunorte

DRS 2 - Depósito de Resíduos Sólidos nº 2 de propriedade da Alunorte

ETEI – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais

Hydro – Norsk Hydro ASA – Empresa Norueguesa, que tem na produção de alumínio o seu principal negócio e signatária do TAC.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ISO – Organização Internacional para Padronização

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAS/RAS – Relatório Ambiental Simplificado

LO – Licença de Operação

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas

MPF – Ministério Público Federal

MPPA – Ministério Público do Estado do Pará

MRN – Mineração Rio do Norte

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

NBR – Norma Brasileira

PAE – Plano de Ação de Emergência

PDF – Formato de Documento Portátil

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PGRS - Plano de Gestão de Resíduos Sólidos

RCA – Relatório de Controle Ambiental

RIAA – Relatório de Informações Ambientais Anuais

RT – Relatório Técnico

SEMAS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará

SGR – Sistema de Gestão de Resíduos

SINIR – Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

4 INTRODUÇÃO

A Alunorte é a maior refinaria de alumina do mundo fora da China. Suas operações foram iniciadas em julho de 1995 com o objetivo de produzir alumina para abastecer a Albras. A alumina é a matéria-prima do alumínio e é produzida a partir da bauxita, através do processo denominado Bayer. A refinaria recebe bauxita da Mineração Paragominas por meio de um mineroduto e da Mineração Rio do Norte (MRN) via o porto de Vila do Conde. Em 2010, a Vale vendeu a Alunorte para a Norsk Hydro, consolidando sua posição como líder mundial na produção de alumina.

A presente auditoria foi realizada em conformidade com o contrato nº 4600011982 celebrado entre TRACTEBEL ENGINEERING LTDA e a ALUNORTE – ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S/A, com o objetivo de elaborar relatórios detalhados sobre a Segurança do Processo Produtivo, Tratamento de Efluentes e Gestão de Águas. Este trabalho atende às exigências estabelecidas no Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC), resultante do Inquérito Civil - IC nº 001/2018-MP (SIMP nº 000654-710/2018) MPPA, Inquérito Civil nº 000980-040/2018 (Portaria no 12/2018) MPPA, Inquérito Civil no 1.23.000.000498/2018-98 MPF.

A gestão eficiente de efluentes industriais e pluviais é essencial para a operação segura e sustentável de uma indústria de grande porte como a refinaria Alunorte. A correta captação, tratamento e descarte dessas águas residuais evitam impactos ambientais adversos e garantem a conformidade com a legislação ambiental vigente. Desta forma, este relatório apresenta os resultados da auditoria realizada nos dispositivos de tratamento de efluentes industriais e nas bacias de espera da refinaria, com foco no dimensionamento em relação ao volume de efluentes gerados no processo, bem como o volume provenientes das chuvas.

O objetivo desta auditoria foi avaliar a conformidade dos dispositivos de tratamento de efluentes industriais (ETEI) e bacias de espera quanto ao seu dimensionamento em relação às águas residuais (processo e pluvial).

A metodologia baseou-se na análise documental, inspeção técnica nas instalações da refinaria e entrevistas com os trabalhadores, comparando os resultados encontrados com os requisitos da legislação vigente, evidenciando através de um parecer técnico se aquele determinado item auditado está conforme ou não conforme. As análises foram estruturadas em formas de tabela, considerando os documentos auditados, a área da refinaria em questão, parecer técnico e enquadramento da conformidade.

A auditoria concluiu que a Alunorte atende às normas e procedimentos referentes aos dispositivos de tratamento de efluentes industriais (ETEI) e bacias de espera, quanto ao seu dimensionamento em relação às águas residuais (processo e pluvial), estando todos os itens conformes e um item com sugestão de oportunidade de melhoria.

O processo de auditoria foi realizado baseado na NBR ISO 19011:2018 – Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão, sendo de responsabilidade da equipe auditora verificar todos os dados apresentados, seguindo o princípio de reportar com veracidade e exatidão as constatações de auditoria nos respectivos relatórios de

auditoria. É válido ressaltar que, devido ao volume, complexidade e sigilo industrial, os dados auditados não são apresentados neste relatório.

5 ESCOPO

O Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta foi firmado com a finalidade de assegurar que a refinaria opere em conformidade com as normas ambientais e de segurança vigentes, minimizando os impactos ambientais e garantindo a segurança dos trabalhadores e da comunidade local. A auditoria visa avaliar a eficácia das medidas implementadas pela refinaria em relação aos itens abaixo:

A. Análise geral do processo produtivo completo de alumina, identificando a possível existência de não conformidades na planta da refinaria Alunorte em Barcarena;

B. Análise do dimensionamento da rede de drenagem, considerando o regime pluviométrico regional de Barcarena, suas oscilações e outras contribuições;

C. Análise dos dispositivos de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) e bacias de espera quanto ao seu dimensionamento em relação às águas residuais (processo e pluvial);

D. Analisar a qualidade do efluente lançado no rio Pará, após tratamento adequado, em atendimento a Resolução Conama nº 430/2011, inclusive com análise quanto a metais, avaliação físico-química e de resíduos orgânicos, incluindo também os instrumentos e mecanismos de aferição existentes. Para avaliação do parâmetro Fósforo Total, deverá ser utilizado como referência o limite estabelecido pela resolução CONSEMA-RS 355-2017 (1mg/L, considerando vazão de efluente > 10.000m³/d). Os parâmetros urânio, sulfato, nitrato, nitrito e cloreto deverão ser quantificados ainda que não previstos na resolução Conama 430/2011, para fins de complementar as análises em conjunto com os outros parâmetros e estudos previstos;

E. Estudo de modelagem matemática ambiental 3D para avaliar as zonas de influência referentes ao lançamento de efluentes no rio Pará, considerando as oscilações noturnas e diurnas, regime de marés, sazonalidade e uso das praias de Itupanema, Caripi, Conde, Beja, Ilha Trambioca e Ilha do Capim.

F. Análise de parâmetro de lançamento atuais, confrontando-os à exigência atual do órgão licenciador e normativas vigentes;

G. Análise e indicação da destinação adequada aos resíduos gerados pela produção, devendo ser identificada a forma de destinação final adequada à legislação vigente e sustentabilidade ambiental;

H. Avaliar o projeto de gestão e de monitoramento de águas (subterrânea, superficial, reuso, pluvial e água residuária industrial) em termos da captação, transporte, tratamento e destino;

I. Avaliar o projeto de gestão e de monitoramento dos subprodutos sólidos gerados pelo processo produtivo e unidades de tratamento de águas em termos da geração, transporte, tratamento e destino; e

J. Inventário de caracterização de resíduos (líquidos e sólidos), em termos quali-quantitativos, em todas as etapas do sistema de geração, processamento e disposição de resíduo do projeto DRS2.

6 OBJETIVO

Avaliar, através das evidências documentais (vide capítulo 8) e vistorias realizadas ao longo do processo de auditoria, se a Alunorte está cumprindo todos os requisitos estabelecidos em legislações e licenças ambientais aplicáveis, considerando o item C do TAC auditado.

7 METODOLOGIA

A metodologia aplicada na avaliação dos dispositivos de tratamento de efluentes industriais e bacias de espera da Alunorte, envolveu uma combinação de entrevistas, inspeção visual e principalmente revisão de documentos e análise de dados. A inspeção foi conduzida por uma equipe multidisciplinar, focada em avaliar a infraestrutura de drenagem, a conformidade ambiental das operações e manutenção preventiva, o comportamento das bacias de drenagem, a adequação dos sistemas de escoamento e possíveis impactos físico-químicos decorrentes do manejo e tratamento inadequado dos resíduos sólidos e águas residuais, respectivamente. Todo processo de gestão operativa também foi avaliado.

A auditoria foi conduzida em várias etapas, cada uma com um enfoque específico para garantir uma análise detalhada e eficiente.

7.1 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas com supervisores, engenheiros e operadores diretamente envolvidos na manutenção e operação do sistema de tratamento de efluentes da Alunorte. O objetivo principal foi aprofundar o entendimento sobre as práticas de rotina, os protocolos de manutenção preventiva, as estratégias de contingência, além de identificar desafios operacionais e áreas que podem necessitar de melhorias.

Durante as entrevistas, também foi avaliado o nível de conhecimento e capacitação do pessoal responsável pelas ETEIs, buscando identificar possíveis falhas em termos de treinamento e adequação as normas ambientais.

As informações obtidas foram avaliadas juntamente com os dados coletados nas demais etapas da auditoria, permitindo uma visão abrangente do desempenho operacional do sistema.

7.2 Inspeção Visual

Foram realizadas duas inspeções técnicas visuais, sendo uma no período de 05/08/2024 a 09/08/2024 e 01/10/2024 à 03/10/2024. Ambas ocorreram em períodos de seca hidrológica. O período de realização das vistorias atendeu ao cronograma aprovado pelas signatárias.

Para a etapa de Inspeção desta auditoria, foram realizadas duas campanhas em períodos distintos, sendo a primeira inspeção realizada entre os dias 05/08 e 09/08, com foco principalmente na verificação dos itens B, C, D, G, I e J. Já a segunda inspeção foi realizada entre 01/10 e 03/10 e teve como objetivo a verificação das conformidades dos itens A e H do TAC. Apesar de terem focos diferentes os auditores aproveitaram as duas oportunidades para avaliarem não somente os itens específicos, mas também o panorama geral da refinaria.

No dia 05 de agosto de 2024, a equipe técnica da Alunorte fez uma apresentação geral do processo produtivo da refinaria no CDT para os auditores, seguida de uma visita guiada pelas principais áreas operacionais da refinaria, incluindo uma visita no mirante localizada no topo de um dos precipitadores, pela parte da tarde. Durante os dias seguintes, as inspeções foram divididas por áreas. No dia 06 de agosto de 2024, foram inspecionadas as redes de drenagem, com ênfase na observação visual das condições de estruturas como poços de visita, sarjetas, boca de lobo e outros dispositivos possíveis de verificar visualmente. Essa inspeção foi realizada de forma amostral devido a extensão das instalações da refinaria. No dia 07 de agosto de 2024, a inspeção se concentrou nas estações de tratamento de efluentes industriais e nas bacias de espera, onde foi avaliada a eficiência do processo de tratamento (neutralização, floculação e clarificação), assim como a integridade das estruturas das bacias de espera. No dia 08 de agosto de 2024, foram avaliadas as condições de armazenamento e destinação dos resíduos da refinaria, com destaque para o sistema de disposição e gestão dos DRS 1 e 2. Por fim no dia 09 foram verificadas as áreas das bacias de emergência da área 82.

Na segunda inspeção, no dia 01 de outubro de 2024, foi realizada uma reavaliação das instalações dos DRS 1 e 2, principalmente a capacidade de armazenamento e os controles de volumes das bacias. No mesmo dia foram inspecionadas as áreas de digestão e filtro prensa. No dia 02 de outubro de 2024, as atividades se concentraram nas operações de calcinação e precipitação. No último dia, 03 de outubro de 2024, foi inspecionado o setor de evaporação da refinaria, etapa muito importante para o controle de volume da planta, além de inspeção nos procedimentos de coleta de água para análise em um dos poços de monitoramento, como parte do controle de qualidade hídrica.

É importante destacar que as inspeções ocorreram durante o chamado verão amazônico, período de poucas chuvas na região, o que limitou a observação das condições de operação das redes de drenagem e das quatro estações de tratamento funcionando simultaneamente, sob cargas elevadas de chuvas. Em contrapartida, a equipe de auditores pode verificar diversas atividades de manutenção na refinaria da Alunorte, incluindo bacias de espera, rede de drenagem e da própria ETEI, conforme descrito no plano verão da refinaria, o qual estabelece os procedimentos para a manutenção dessas infraestruturas no período de seca. Cumpre esclarecer que a equipe de auditores acessou os dados históricos referentes a 72 meses operacionais, conforme indicado no

capítulo 8, que representam a eficiência do sistema de tratamento, tanto na estação seca como no período de chuvas. Nesse sentido, puderam ser verificadas diversas atividades de manutenção na refinaria da Alunorte, incluindo bacias de espera, rede de drenagem e da própria ETEI, conforme descrito no plano verão da refinaria, o qual estabelece os procedimentos para a manutenção dessas infraestruturas no período de seca

Especificamente com relação ao item C ETEI e Bacias de Espera, a inspeção que foi realizada por equipe técnica multidisciplinar, teve o foco em verificar *in loco* as condições físicas das instalações e estruturas das ETEIs. Durante as inspeções, foram avaliadas as condições de integridade das bacias de espera, incluindo sinais de erosão, fissuras, acúmulo de sedimentos. Foram inspecionados os sistemas de bombeamento e sua infraestrutura, incluindo tubulações e dispositivos de controles, possíveis vazamentos ou falhas mecânicas.

Esta etapa foi fundamental para confirmar visualmente as informações fornecidas nos documentos fornecidos pela Alunorte, além de verificar o estado de conservação dos equipamentos e a eficiência das manutenções.

7.3 Revisão de Documentos

A revisão documental inclui uma análise minuciosa de diversos registros técnicos e operacionais tais como:

- **Projetos da ETEIs e Bacias de Espera:** verificação do dimensionamento das estações e bacias em relação ao volume do efluente gerado considerando a capacidade máxima de armazenamento e tratamento, levando em consideração eventos extremos de precipitação pluviométrica.
- **Relatórios de Manutenção:** avaliação da frequência e qualidade das manutenções preventivas e corretivas realizadas nas ETEIs e nas bacias de espera
- **Documentos de Monitoramento Operacional:** revisão dos registros de controle de parâmetros como pH, temperatura turbidez, sólidos suspensos e outros indicadores de qualidade dos efluentes tratados de acordo com a legislação vigente.
- **Procedimentos Operacionais:** análise dos procedimentos aplicados à operação e manutenção das ETEIs, verificando sua adequação e conformidade com as normas ambientais.

Essa revisão buscou identificar qualquer não conformidade entre os registros documentais e as práticas observadas durante as inspeções, além de assegurar que os documentos estavam atualizados e em conformidade com os requisitos de rastreabilidade.

A análise de dados focou principalmente nos seguintes aspectos:

- **Dimensionamento das Bacias de Espera:** foram analisadas informações fornecidas pela refinaria, a respeito do volume útil das bacias de espera, considerando tanto as operações normais quanto eventos climáticos extremos.

- **Eficiência das ETEIs:** análise dos parâmetros de qualidade do efluente tratado em diferentes etapas (neutralização, floculação e decantação/clarificação), comparando os com os limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente.
- **Avaliação dos Impactos Físico-Químicos:** análise dos dados de qualidade da água buscando indícios de contaminação ou impactos adversos gerados pelo tratamento inadequado de efluentes

Essa análise permitiu verificar a conformidade da ETEIs e das bacias de espera, identificando possíveis pontos de melhoria e subsidiando as recomendações apresentadas no relatório final da auditoria.

Após as análises, as informações foram sintetizadas em formatos de tabelas e classificadas em quatro categorias indicando a conformidade, oportunidade de melhoria, observação e não conformidade acompanhado dos devidos motivos e as evidências que levaram a tais constatações. Para os itens conformes, foi realizado duas subclassificações: oportunidade de melhoria, que são os itens que já estão conformes e foram identificados ganhos de eficiência, segurança ou sustentabilidade ou, observação, que são pontos que, embora não apresentem Não Conformidades, apresentam falhas importantes, e requerem monitoramento para prevenir eventuais riscos e garantir a continuidade da conformidade. Neste sentido, é possível que o item avaliado possua mais de um enquadramento, que significa uma complementação a conformidade. Portanto, as categorias adotadas foram as seguintes:

Em Conformidade: quando os documentos, processos e práticas atendem integralmente as normas e legislação ambiental.

Oportunidade de Melhoria: quando identificadas práticas que, apesar de conformes, podem ser otimizadas para ganhos de eficiência, segurança ou sustentabilidade.

Observação: quando identificados pontos que, embora não apresentem Não Conformidades, apresentam falhas importantes, e requerem monitoramento para prevenir eventuais riscos e garantir a continuidade da conformidade.

Não Conformidade: quando foram observadas falhas ou desvios em relação as normas e legislação ambiental, que podem comprometer a segurança ou controle ambiental.

8 DADOS UTILIZADOS

Após a solicitação dos dados pela **TRACTEBEL**, um grande volume de informações foi enviado pela **Alunorte** para análise. Todos os arquivos foram analisados e aqueles que foram mais relevantes para a análise foram selecionados e avaliados para compor este relatório, conforme detalhado na Tabela 8-1. É válido ressaltar que foram disponibilizados mais de 5.000 arquivos para avaliação da equipe auditoria até a data de emissão deste relatório.

Tabela 8-1 - Dados utilizados

N	Item (Documento, desenho, plano, licença, informação)	Tipo	Referência	Data Recebimento	Documentos disponibilizados / Observações
1	ETEI				
1.1	Projeto executivo das unidades de tratamento de efluentes industriais (ETEI)	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	Documentos disponibilizados de forma on line
1.2	Manual de operação da ETEI;	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
1.3	Memorial de cálculo do projeto	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
1.4	Eventuais "as built" ou "as is" da estrutura	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
1.5	Caracterização física, química e biológica do efluente gerado, conforme a natureza dos poluentes a serem removidos e/ou das operações unitárias utilizadas no tratamento, definição da vazão de projeto e atual;	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/17/2024	
1.6	Localização da destinação dos resíduos industriais e características do corpo receptor onde ocorre o lançamento final dos efluentes e/ou águas pluviais;	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
1.7	Dados de controle operacional da ETEI dos últimos 2 anos, contendo as vazões de captação e efluente tratado, pH, turbidez, cloro, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/23/2024	
1.8	Laudos de calibração dos equipamentos de do item anterior	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/23/2024	
1.9	Relatório de qualidade do efluente tratado na saída da ETEI	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/23/2024	
1.10	Série histórica do monitoramento da qualidade do efluente lançado;	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/17/2024	
1.11	Série histórica do monitoramento da qualidade da água do(s) corpo(s) receptor(es);	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/17/2024	
1.12	Documentação de aprovação dos projetos e junto às entidades competentes;	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
1.13	Licenciamento junto aos órgãos ambientais.	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
1.14	Outorga de lançamento de efluentes	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
1.15	LO do sistema Integrado de Armazenamento Transferência e Tratamento de Efluentes Líquidos	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
1.16	Atualização dos estudos do volume de tratamento para o período de chuvas intensas	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
2	Bacias de espera				
2.1	Licença de operação	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	Documentos disponibilizados de forma on line
2.2	EIA/RIMA	Documento e anexos	Área Técnica	7/17/2024	
2.3	Projeto executivo das bacias de espera	Planta	Área Técnica	7/23/2024	
2.4	Plano de emergência das bacias	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
2.5	Procedimentos operacionais das bacias de espera	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
2.6	Comprovantes de treinamentos dos operadores de acordo com os procedimentos operacionais e de segurança.	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/23/2024	
2.7	Plano de inspeção e manutenção das bacias	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	
2.8	Relatório de inspeção e manutenção das bacias	Relatórios e Planilhas	Área Técnica	7/23/2024	

N	Item (Documento, desenho, plano, licença, informação)	Tipo	Referência	Data Recebimento	Documentos disponibilizados / Observações
2.9	Manual Descritivo e Especificações Técnicas de Instrumentação e Controle da Linha Freática	Planta	Área Técnica	7/23/2024	
2.10	Avaliação da segurança do DRS1 e DRS2 frente à passagem de cheias no período chuvoso dos últimos 72 meses – resultados das modelagens	Documento e anexos	Área Técnica	7/23/2024	

9 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS (ETEI) E BACIAS DE ESPERA

A refinaria Alunorte possui 04 estações de tratamento de efluentes industriais – ETEI, conforme evidenciado na Figura 9-1, que tem como finalidade o tratamento dos efluentes oriundos da rede de drenagem, processo produtivo e do efluente dos depósitos de resíduos sólidos de acordo com as normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – nº 430 da 13 de maio de 2011. Do tratamento, resulta o efluente tratado e resíduos sólidos: material grosseiro formado basicamente de resíduos de bauxita. O efluente tratado nas ETEIs, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, é encaminhado para descarte no rio Pará. Durante o processo de tratamento, parte do lodo formado (underflow) nos clarificadores, cerca de 10% da vazão de entrada de efluente no tratamento (conforme especificado no Manual da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais – Área 82F, 2019), são bombeados para as bacias de armazenamentos do Depósito de Resíduos Sólidos 1 (DRS 1). A capacidade total de tratamento das 04 estações é de 14.000 m³/h, distribuídas em ETEI 82C com capacidade de 3.600 m³/h, ETEI 82D com capacidade de 2.800 m³/h, ETE 82E com capacidade de 3.100 m³/h e ETE 82F com capacidade de 4500 m³/h.

9.1 Estações de Tratamento de Efluentes Industriais – ETEIs

A Alunorte possui 04 ETEIs identificadas como 82C, 82D, 82E e 82F e recebem efluente bruto de maneira diferenciada, onde as ETEIs 82D, 82E e 82F são interligadas por um sistema de *manifold* que centraliza a distribuição do efluente bruto que chegam das bacias de espera, direcionando o efluente de maneira equilibrada e otimizada para as estações, permitindo o melhor gerenciamento da carga hidráulica como pode ser observado de forma ilustrativa no esquema apresentado na Figura 7.2. A Figura 7.3 mostra a diferença para a ETEI 82C que é alimentada separadamente com os efluentes oriundos das bacias T-82C-02A/B/C/D. O tratamento realizado nas ETEIs segue as seguintes etapas: neutralização, floculação, sedimentação/clarificação e descarga do efluente no rio Pará.



Figura 9-1 - Estações de Tratamento de Efluentes Industriais da Alunorte. Fonte: Google Earth (2024).

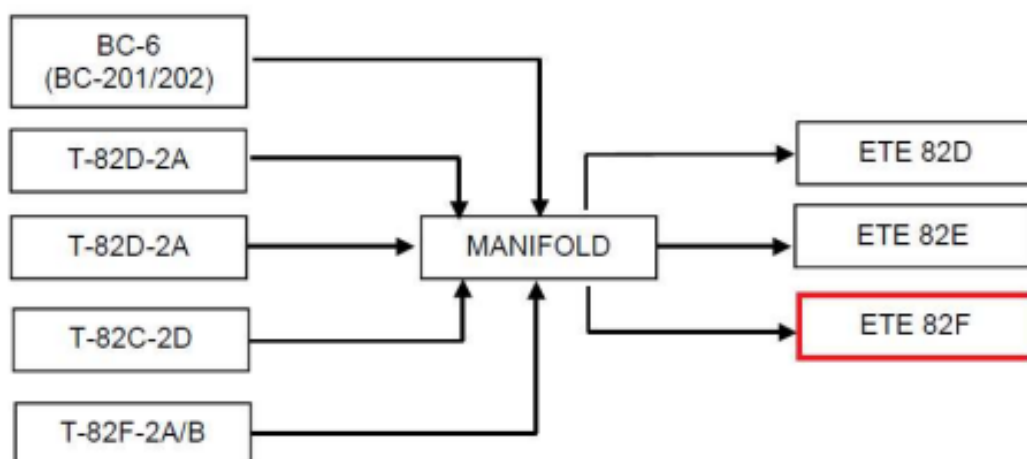


Figura 9-2 – Esquema do sistema do manifold da Alunorte.

Fonte: Book de Segurança Operacional do Processo Bayer da Alunorte.



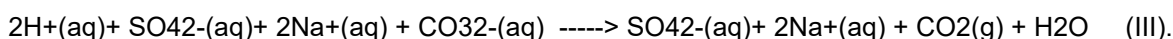
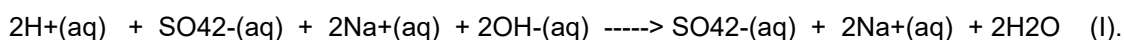
Figura 9-2 – Vista superior das bacias T-82C-02A/B/C/D.

Fonte: Google Earth (2024).

9.1.1 Neutralização

Devido à natureza cáustica do efluente gerado na refinaria e nos DRS 1 e 2, com valores de pH elevados ($\text{pH} \leq 11,5$) é necessário realizar a neutralização desse efluente. Nesta etapa, a refinaria utiliza ácido sulfúrico (H_2SO_4) como agente neutralizante, o qual reage com os compostos alcalinos presentes nos efluentes, principalmente o hidróxido de sódio (NaOH), reduzindo o pH para valores próximos do neutro, essa etapa é fundamental para ajustar o pH para dentro dos limites da legislação, bem como otimiza as condições para as etapas subsequentes de coagulação e floculação, garantindo a remoção eficiente das partículas e contaminantes dispersos no efluente.

Conforme descrito no Manual de Operação das Estação de Tratamento de Efluentes Industriais – Área 82F (Alunorte, 2019), o atual método de neutralização do efluente da refinaria está baseado na reação entre o ácido sulfúrico e as espécies alcalinas existentes no efluente, o que provoca a redução do pH para a região de neutralidade e promove a formação de flocos de hidróxido de alumínio, conforme mostrado nas equações abaixo:



As partículas de hidróxido de alumínio formadas na reação representada pela equação (II), ficam dispersas no meio aquoso e somente quando há a adição de um floculante específico ocorre a formação e sedimentação dos flocos. Nas equações (I), (II) e (III) os íons sulfato (SO_4^{2-}), permanecem em meio aquoso e por ser uma espécie de difícil remoção, uma vez que são exigidos elaborados e caros processos para tal propósito, impossibilita o reuso da corrente hídrica e o reprocessamento do resíduo dos clarificadores diretamente no processo Bayer sob pena de impactar negativamente sobre a cinética de precipitação da gibsita¹.



Figura 9-3 - Tanques de neutralização do efluente com ácido sulfúrico.
Fonte Tractebel (2024).

Os tanques de armazenamento de ácido sulfúrico, são projetados para garantir segurança operacional. Construídos em material resistente à corrosão, eles possuem sistemas de contenção secundária para prevenir

¹ A gibsita é um mineral composto basicamente por hidróxido de alumínio com fórmula química $\text{Al}(\text{OH})_3$, sendo uma das principais formas minerais do alumínio encontradas na natureza e é um dos componentes mais importantes da bauxita, que é a principal matéria-prima para a produção de alumínio metálico. Na indústria de alumínio, a gibsita é extraída da bauxita e processada por meio do processo Bayer, onde é dissolvida em hidróxido de sódio quente para formar aluminato de sódio, que depois é precipitado como hidróxido de alumínio e calcinado para formar alumina (Al_2O_3).

que vazamentos alcancem compartimentos ambientais externos. Além disso, os tanques dispõem de controle de dosagem automatizado, assegurando a precisão na quantidade de ácido adicionada ao efluente.

O efluente vindo das diversas estações de bombeamento alimenta o manifold, que por sua vez é enviado às ETEI 82D, 82E e 82F. Este alimenta o primeiro estágio de neutralização (T-82F-15A/B/C) e o vertimento deste estágio escoar por gravidade para o segundo estágio (T-82F-16A/B/C). Para o segundo e o último estágio de neutralização (T-82F-17A/B/C), o processo que ocorre para o primeiro estágio irá se repetir.

9.1.2 Floculação

A floculação é uma etapa crítica no tratamento de efluentes industriais, especialmente em plantas de produção de alumínio, como a Alunorte. Essa etapa visa promover a aglomeração de partículas coloidais e suspensas presentes no efluente, formando flocos maiores e mais densos que podem ser facilmente removidos na etapa subsequente de decantação ou clarificação.

O processo inicia-se com a adição de um coagulante, geralmente um polímero solúvel em água, diretamente na alimentação do decantador/clarificador. Na Alunorte, utiliza-se um polímero aniônico como agente floculante, cuja função principal é neutralizar as cargas elétricas superficiais das partículas finas, reduzindo a repulsão eletrostática entre elas e favorecendo sua aproximação e agregação, conforme descrito no Manual de Operação das Estação de Tratamento de Efluentes Industriais – Área 82F (Alunorte, 2019).

A qualidade dos flocos formados é um parâmetro essencial para a eficiência do processo. Flocos bem formados apresentam maior resistência mecânica, tamanho adequado e densidade suficiente para sedimentarem rapidamente, contribuindo para a redução da turbidez e melhoria da qualidade do efluente tratado. (França et al., 2017).

Os floculantes poliméricos podem ser classificados de acordo com:

- Origem:
 - Naturais (ex: amido, goma guar)
 - Modificados (ex: derivados de celulose)
 - Sintéticos (ex: poliacrilamidas)
- Carga elétrica:
 - Neutros
 - Aniônicos (negativamente carregados)
 - Catiônicos (positivamente carregados)
- Peso molecular:
 - Baixo
 - Médio
 - Alto

A escolha do floculante ideal depende de diversos fatores, como o tipo de contaminante, pH do meio, temperatura, e características físico-químicas do efluente. No caso da Alunorte, o uso de um floculante aniônico

de alto peso molecular é adequado para a remoção de partículas com carga positiva, como hidróxidos metálicos presentes nos resíduos do processo Bayer (FRANÇA et al., 2017; IPAAM, 2020).

Durante a floculação, os flocos formados colidem entre si por meio de movimentos brownianos, gradientes de velocidade e turbulência controlada, promovendo o crescimento dos flocos. Esse crescimento é fundamental para garantir uma sedimentação eficiente e evitar a reentrada de partículas finas no clarificado (JORDÃO e PÊSSOA, 2005).

9.1.3 Decantação/Clarificação

A decantação é a etapa onde os flocos formados na floculação são removidos do efluente por efeito da gravidade, em grandes tanques em formato cônico. O efluente floculado é tratado em tanques de decantação, também chamados de clarificadores, onde os flocos mais pesados, sedimentam-se no fundo desses tanques, formando um lodo (underflow) que é posteriormente enviado para o DRS.

Conforme especificado no Manual de Operação das Estação de Tratamento de Efluentes Industriais – Área 82F (Alunorte, 2019), a área 82 é responsável pelo processo de clarificação do efluente gerado dentro da refinaria,

Assim, a água clarificada é separada na parte superior do clarificador. Após a etapa de clarificação e a validação da conformidade com os parâmetros legais, o efluente tratado é descartado e direcionado para o lançamento no rio Pará.

Esta unidade tem a função de promover a separação das fases sólida / líquida do efluente. A corrente superior dos últimos tanques de neutralização é direcionada ao clarificador. O underflow do clarificador é transferido para o DRS 1, através de uma tubulação de PEAD de 14”, pelas bombas P-82F-03A/B, uma em operação e a outra em stand-by, cada uma equipada com VSD (inversor de frequência).

O vertimento do clarificador (efluente clarificado) é descarregado na caixa PC-82F-06 onde estão instalados um medidor de turbidez (AT-82F-016) e pH (AT-82F-13) e temperatura que permitem supervisão e o controle do clarificador pelo operador. Da caixa PC-82F-06 o efluente será direcionado à uma nova calha Parshall, E-82F-13, para medição da vazão destinada ao rio.



Figura 9-4 - Decantado/clarificado da ETEI.
Fonte: Tractebel (2024).

10 ANÁLISE DE CONFORMIDADE

10.1 Análise de Informações sobre a Gestão Empresarial

Cabe registrar que para os técnicos da auditoria chegarem as análises aqui descritas, além da metodologia principal de avaliação documental e visita in loco, foram verificadas documentações relativas à gestão empresarial no que tange aos processos de certificação padrão ISO como por exemplo: Gestão de Ativos (ISO 55001) e Responsabilidade Social (SA 8000), Saúde e Segurança (ISO 45001), Meio Ambiente (ISO 14001), Qualidade (ISO 9001) e *Aluminium Stewardship Initiative* (ASI). Todas estas normas são indicadores de realização de boas práticas dentro da indústria e consequente minimizações de riscos operacionais, ou seja, para alcançar tais certificações é preciso que a empresa realize uma série de ações recorrentes visando padronizar processos e treinar os colaboradores e apresentar evidências de melhoria contínua.

A implementação dos padrões ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018 traz benefícios para a segurança das operações em uma indústria de alumínio. A ISO 9001:2015, focada na gestão da qualidade, assegura que os processos produtivos sejam padronizados e continuamente melhorados, reduzindo a ocorrência de falhas e aumentando a confiabilidade dos produtos. Isso minimiza riscos operacionais que poderiam comprometer a segurança dos trabalhadores e do ambiente de trabalho.

A ISO 14001:2015, que trata da gestão ambiental, é crucial para uma indústria de alumínio mitigar possíveis impactos ao meio ambiente. A adoção deste padrão ajuda a identificar e controlar os aspectos ambientais das operações, promovendo práticas sustentáveis e a conformidade com a legislação ambiental. Isso não apenas protege o meio ambiente, mas também reduz o risco de acidentes ambientais que poderiam afetar a saúde e a segurança dos trabalhadores e da comunidade ao redor.

Por fim, a ISO 45001:2018, que se concentra na gestão de saúde e segurança ocupacional, é essencial para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável. Este padrão ajuda a identificar perigos, avaliar riscos e implementar controles eficazes para prevenir acidentes e doenças ocupacionais. Em uma indústria de alumínio, onde os trabalhadores estão expostos a diversos riscos, a implementação da ISO 45001:2018 é fundamental para proteger a integridade física e mental dos colaboradores, promovendo uma cultura de segurança e bem-estar no local de trabalho.

No âmbito do Sistema de Gestão Integrado (SGI) uma consideração importante para a análise desta auditoria foi a existência de processos de trabalho padronizados que auxiliam o dia a dia das equipes da operação. Outro ponto avaliado foi a existência dos procedimentos de treinamentos para novos colaboradores visando a garantia da do repasse da informação operacional necessária para o colaborador trabalhar na refinaria. A Figura 10-1 apresenta uma das telas do sistema INOSA utilizado para armazenar os procedimentos administrativos como treinamentos para novos colaboradores, por exemplo.

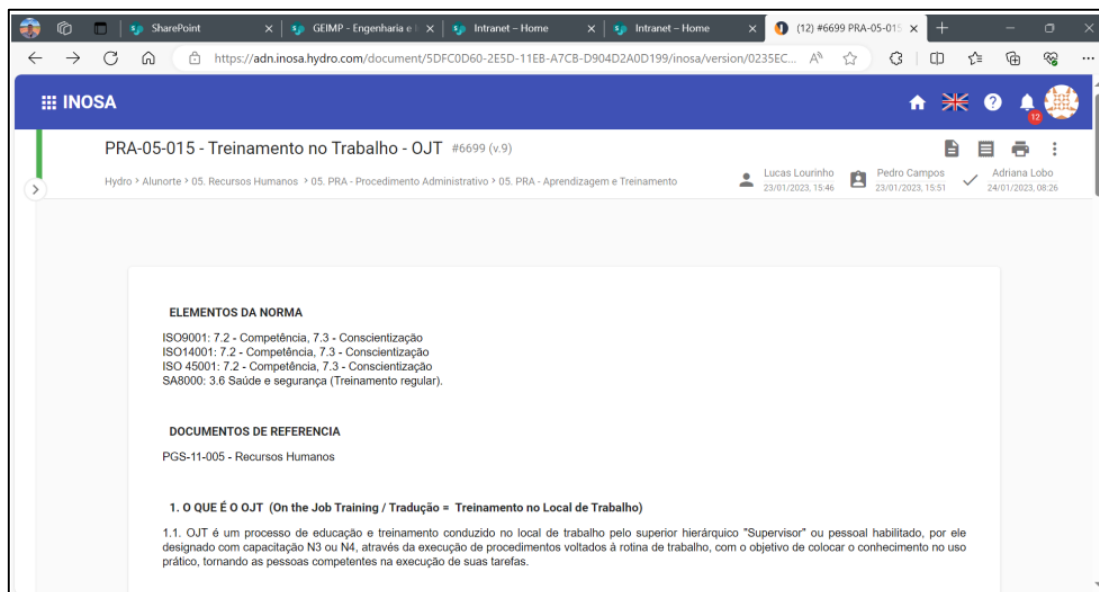


Figura 10-1 – Plataforma INOSA – Apresentação de treinamento para trabalhar.

Outras iniciativas puderam ser conferidas como a Conecta (programa interno de melhoria), aplicação da filosofia BABS (*Bauxite and Alumina Business System*) que é a utilização de princípios de Processos de Trabalhos Padronizados, Relações Definidas entre Cliente e Fornecedor, Fluxo Otimizado, Equipes Dedicadas e Liderança Visível. A Alunorte conta com a utilização de software para registro, monitoramento e acompanhamento da evolução das tratativas de desvios e perdas, perante a alta direção (aplicação de conceitos de FCA, sigla em inglês para Falha, Causa e Ação).

Todas estas ações e normas são indicadores da intenção de realização de boas práticas dentro da indústria e consequente minimizações de riscos operacionais, ou seja, para alcançar tais certificações é preciso que a empresa realize uma série de ações recorrentes visando padronizar processos e treinar os colaboradores e apresentar evidências de melhoria contínua.

10.2 Análise da ETEI e Bacia de Espera

Neste item serão apresentadas as evidências documentais e fotográficas analisadas ao longo do processo de auditoria. Foram avaliados todos os aspectos relacionados a operação dos dispositivos de tratamento de efluentes e bacias de espera, bem como os requisitos da legislação vigente.

As análises combinadas das evidências documentais e fotográficas, permitiram a realização detalhada da aderência da refinaria às exigências técnicas e legais, oferecendo uma visão clara sobre a segurança do processo, no que tange o tratamento de efluentes industriais.

10.3 Evidência Documental

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	Complexo Industrial Albras-Alunorte Atualização do Estudo de Impacto Ambiental - Volume I-II
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado documento referente ao EIA/RIMA, de acordo com Resolução CONAMA nº 001/1986.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	<ul style="list-style-type: none"> • Licença de Operação nº 10423/2017 – SEMAS • Protocolo de renovação da LO nº 10423/2017 – SEMAS. Documento nº 2018/12805
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado a Licença de operação da atividade de refino de alumina com vigência até 31/07/2018, no entanto a auditada protocolou a solicitação de renovação dentro do prazo de 120 dias da expiração do prazo, conforme estabelecido na respectiva licença, o que permite a continuidade das atividades da refinaria.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	Licença de Operação nº 12847/2021 - SEMAS
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado a Licença de operação do sistema integrado de armazenamento temporário, transferência e tratamento de efluentes industriais com vigência até 22/01/2025.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	<ul style="list-style-type: none"> • OUTORGA Nº 645, DE 14 DE ABRIL DE 2021. Documento nº 02500.014543/2021-31. • Protocolo de renovação de Outorga. Processo: 02501.001064/2018, Documento nº 02500.066720/2023 – ANA.
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado a Outorga de lançamento de efluentes com vigência até 13/09/2024, no entanto a auditada protocolou a solicitação de renovação dentro do prazo de 90 dias da expiração do prazo, conforme estabelecido na Resolução nº 833 de 2011 da ANA, o que permite a continuidade das atividades de lançamento de efluentes. A Outorga de lançamento nº 2.557/2024, atualizada, foi emitida em 07/10/2024.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	DT-7640-82-P-001 - WATER MANAGEMENT IMPROVEMENT PROJECT – ENGENHARIA DETALHADA ÁREA 82F – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES MANUAL DO SISTEMA
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado documento referente ao Projeto executivo das unidades de tratamento de efluentes industriais (ETEI), de acordo com a NBR 12209/2017.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS - ÁREA 82F
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado documento referente ao Manual de Operação das ETEIs, de acordo com Resolução CONAMA nº 430/2011.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	MD-3500-97-Z-005 - ÁREA 97A GERAL - MEMORIAL DESCRITIVO SOBRE O SISTEMA INTEGRADO DE TRANSFERÊNCIA DE EFLUENTES INDUSTRIAIS DA ALUNORTE
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado as informações enviadas à SEMAS sobre o sistema de transferência de fluentes da refinaria, conforme processo nº.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Bacias de Espera
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	RT-4610606-82-G-003 - ÁREA 82 – SISTEMA DE EFLUENTES – BACIA 82F-2ª. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado o descritivo da bacia de contenção do efluente industrial, previamente ao tratamento, e da revisão do PAE, conforme Instrução Normativa SEMAS nº 02/2018 e Instrução Normativa SEMAS nº 12/2019
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Bacias de Espera
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	Nota Técnica – Sistema de Gerenciamento de Precipitações Pluviométricas
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado o controle que a refinaria possui sobre os dados de monitoramento das chuvas na região onde a refinaria está localizada.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Bacias de Espera
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	PRO-17-003-003-007 - Monitoramento, Controle e Ações para Chuvas Intensas.
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado a capacidade de armazenamento das bacias de controle da refinaria.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Bacias de controle
Área	N. A. (Não Aplicável)
Documento (s)	D1-7640-82-G-023 02 e D1-7640-82-G-024 02 – Water Management Improvement – engenharia detalhada Área 82F – Sistema de Efluentes. Instrumentação Geotécnica – Piezômetro e Marco Superficial. Planta, Seção e Detalhes.
Figura (s)	N. A. (Não Aplicável)
Evidência	Evidenciado o projeto das novas bacias de controle da área 82F.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação


10.4 Evidências da Inspeção

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-2 - Decantador ETEI 82F.</p>
Evidência	ETEI operando
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-3 - Instrumentação de controle das ETEIs.</p>

Evidência	<p>Foi observado durante a inspeção que um dos sensores na área da caixa de mistura não estava com o visor funcionando durante a visita. O sensor foi substituído e no dia seguinte pode ser verificado o funcionamento. A empresa auditada justificou que o visor do sensor não é utilizado com frequência, pois os dados que são observados pelo sensor são transmitidos diretamente para o centro de monitoramento da qualidade do efluente que será tratado. O sensor que apresentou defeito era de medição de pH localizado antes da etapa de tratamento.</p> <p>Recomenda-se realizar inspeções visuais nos sensores, para verificar a leitura caso o sistema de transmissão para o centro de monitoramento falhar.</p>
Conformidade	<p>(X) Em conformidade () Não conformidade (X) Oportunidade de Melhoria () Observação</p>

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-4 - Calha Parshall.</p> <p>Fonte: Tractebel (2024).</p>
Evidência	Instrumentação de medida de nível/vazão na calha Parshall funcionando corretamente.
Conformidade	<p>(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação</p>

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-5 - Instrumentação de monitoramento do efluente tratado. Fonte: Tractebel (2024).</p>
Evidência	Instrumentação de monitoramento dos parâmetros pH, turbidez, temperatura e condutividade na saída do tratamento em boa condição de funcionamento.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-6 - Sala de controle das ETEIs. Fonte Tractebel (2024).</p>
Evidência	Sala de controle operacional das estações de tratamento de efluentes
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>Figura 10-7 - Bacias de espera da área 82. Fonte Tractebel (2024).</p>
Evidência	Bacia de espera das estações de tratamento.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI
Área	Bacias de espera 82 F
Documento (s)	N.A

<p>Figura (s)</p>	 <p>Figura 10-8 - Bacia de espera e estação de bombeamento da área 82.</p> <p>Fonte: Tractebel (2024).</p>
<p>Evidência</p>	<p>Bacias de espera operando e em bom estado de conservação</p>
<p>Conformidade</p>	<p>(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação</p>

<p>Tópico</p>	<p>Estação de Tratamento de Efluentes Industriais - ETEI</p>
<p>Área</p>	<p>82 F</p>
<p>Documento (s)</p>	<p>N.A</p>
<p>Figura (s)</p>	 <p>Figura 10-9 - Sala de controle da refinaria.</p> <p>Fonte: Tractebel (2024).</p>

Evidência	Sala de controle operacional com controle online das ETEs e bacias de espera.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

Tópico	Bacias de Espera
Área	82 F
Documento (s)	N.A
Figura (s)	 <p>03/10/2024 09:41 22M 751886 9829581 Rua 2 Murucupi Barcarena Pará</p> <p>Figura 10-10 - Limpeza das bacias de espera. Fonte: Tractebel (2024).</p>
Evidência	Manutenção das bacias de espera, conforme descrição no cronograma de manutenção do Plano Verão da refinaria.
Conformidade	(X) Em conformidade () Não conformidade () Oportunidade de Melhoria () Observação

11 RESULTADOS

Como já descrito anteriormente, o objetivo principal desta auditoria é identificar se as estruturas e instalações das estações de tratamento de efluentes industriais e bacias de espera da refinaria Alunorte são seguras para toda a comunidade e meio ambiente em que a refinaria está inserida.

Para responder a esta questão, foram elaboradas as questões de auditoria, as quais passaremos a analisar a seguir:

11.1 Condições Atuais das Estações de Tratamento

Após inspeção detalhada das estações de tratamento da refinaria Alunorte, observou-se que, em termos das condições gerais, as estações de tratamento de efluentes se encontram em boas condições operacionais, com os sistemas de controle e dispositivos de monitoramento operando corretamente, assim como as estruturas dos tanques de neutralização, floculação e clarificadores apresentam integridade satisfatória, isto é, não foram evidenciados danos ou desgaste nas estruturas e tubulações que pudessem comprometer a operação.

O lodo gerado pelas ETEIs, proveniente do underflow dos clarificadores, é encaminhado para as bacias de armazenamento do DRS1. Parte do lodo gerado nos clarificadores das ETEIs, denominado de underflow pela refinaria, é encaminhado para o DRS1, onde é armazenado de forma controlada e segura.

Considerando o efluente tratado, existe o monitoramento contínuo e online de parâmetros como turbidez, pH, condutividade, OD e temperatura, permitindo ajustes operacionais imediatos, se necessário. Além do monitoramento online, são realizadas análises bimestrais por laboratório terceirizado e acreditado, que verifica a conformidade com a Resolução CONAMA 430/2011, o que foi evidenciado nos RIAAs de 2018 a 2023 e nos Boletins Analíticos do Laboratório ALS Ambiental de 2024. Os parâmetros analisados e seus respectivos resultados são apresentados na Tabela 14-1 do Anexo 1.

Com relação a operação e eficiência das estações, não foi possível observar todas as 04 unidades operando, pois no período da inspeção, apenas uma ETEI estava operando, pois nas inspeções realizadas em agosto e outubro de 2024, apenas uma ETEI estava em operação, a 82C e 82F, respectivamente, devido ao período seco. Cabe ressaltar que a inspeção técnica foi realizada no período seco (sem chuvas). Entretanto, considerando o parecer técnico da empresa Ramboll Brasil Engenharia e Consultoria Ambiental Ltda., descrito no documento Revisão de Documentação Complementar e Auditoria de Verificação em Campo de 2019, atesta que as novas ETEIs operando em conjunto com o sistema de gestão de efluentes da refinaria, operam com capacidade adequada para lidar com eventos de chuvas extremas, similares as ocorridas em 2018.

11.1.1 ETEIs

Para, especificamente, a ETEI 82F, observou-se que a estação de tratamento de efluentes industriais opera normalmente, com tratamento contínuo. O efluente bruto é encaminhado para as bacias de espera por gravidade os efluentes gerados no processo produtivo e por bombeamento os efluentes dos DRS, para uma cadeia de neutralizadores onde é realizada a neutralização, e, em seguida, são direcionados para os clarificadores, onde ocorrem os processos de floculação e decantação/clarificação. Mediante essas etapas, o efluente tratado é lançado no Rio Pará, após a verificação de atendimento aos limites legais aplicáveis.

Observou-se que tantos os tanques de mistura, floculação e clarificadores estão operando de forma eficiente, sem nenhuma obstrução ou falhas de equipamentos, como bombas dosadoras de produtos para neutralização e floculantes, que comprometessem o processo de clarificação do efluente. Entretanto, no ato da inspeção, tanto na ETEI como na sala de controle da mesma, foi evidenciado uma variação no clarificador, alterando a turbidez do efluente clarificado. Os dados coletados no monitoramento online apontaram que, a partir das 9h até por volta das 20h do dia 08/08, houve aumento significativo da turbidez do efluente tratado, partindo do valor de 12,39 NTU, alcançando o pico de 152,89 NTU (equipamento AT82D015.MV). Contudo, os demais controles operacionais, não apontaram variação nos parâmetros de monitoramento, de modo que foi realizada a verificação e posterior calibração do instrumento, em conformidade com as boas práticas e procedimentos operacionais da Alunorte.

Conforme constatado no processo de auditoria, a ETEI performa dentro de padrão de referência de controle para a turbidez em 99,8% do período analisado (2018-2024), com base nos dados de monitoramento contínuo fornecidos para a avaliação. No que se refere ao reduzido percentual de 0,2% de variações naturais do processo e manutenções na instrumentação, constata-se que não são indicativos de inconsistências ou de ineficiência do sistema, de modo que a performance geral da ETEI para todo o período analisado aponta que os controles são eficazes para o tratamento do efluente.

Além disso, evidenciou-se que a Alunorte adota rigorosos procedimentos de calibração periódica, utilização de sensores redundantes, inclusive na saída de cada clarificador, além de possuir um sistema automático de controle, para garantir a confiabilidade das medições, assegurando robustez tanto no monitoramento quanto no controle operacional.



Figura 11-1 - ETEI 82F.
Fonte Tractebel (2024).

11.2 Análises do Efluente Industrial

O monitoramento contínuo do efluente tratado inclui análise físico-químicas frequentes, conforme estabelecido pelas condicionantes da licença de operação (LO) vigente e monitoramento em tempo real pela SEMAS. Parâmetros como pH, turbidez condutividade oxigênio dissolvido são monitorados para garantir que o efluente atenda aos limites legais de qualidade antes de seu lançamento no rio Pará. A vazão atual de efluente tratado é muito variável e depende bastante do volume de chuvas na região da refinaria e dos depósitos de resíduos sólidos.

Os resultados das análises do efluente tratado, obtidos dos RIAAs no período entre 2018 e 2023, conforme apresentado na Tabela 14-1 do Anexo 1, os parâmetros avaliados demonstraram conformidade com a Resolução CONAMA n° 430/2011, que regulamenta o lançamento de efluentes. O monitoramento online e os resultados das amostras periódicas são essenciais para garantir que o lançamento não comprometa o meio ambiente.

11.3 Condições Atuais da Calha Parshall

A calha Parshall encontra-se em boas condições, sem apresentar sinais de desgaste significativos, trincas ou deformação que influencie diretamente na sua função de medição da vazão do tratamento. No momento da inspeção, todo o canal onde a calha está instalada estava limpo com escoamento contínuo, sem acúmulo de resíduos ou bloqueios que pudessem interferir nas medições. Embora estruturalmente a calha Parshall esteja em boas condições, o indicador de leitura de vazão encontrava-se apagado, o que impediu a verificação direta dos valores de vazão no momento da inspeção. No entanto, a coleta dos dados pelo sensor encontrava-se em pleno funcionamento, com a leitura evidenciada durante visita realizada na sala de controle e através dos dados de monitoramento on-line com média horária fornecidos no dia 04/10/2024, registrados na RED06-LD04.

A correta calibração e operação da calha Parshall são fundamentais para assegurar que o volume de efluente lançado esteja em conformidade com a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos de Domínio da União nº 2557/2024, emitida pela Agência Nacional de Águas - ANA.

Conforme informado pela equipe técnica da Alunorte, as medidas das vazões na calha Parshall é feita através de sensor e monitorado na sala de controle e na sala de operação da ETEIs, evidenciados em documentos de monitoramento online.



Figura 11-2 - Calha Parshall na saída do tratamento.
Fonte Tractebel (2024).

11.4 Controle Operacional e de Manutenção da ETEI

Os relatórios de controle operacional foram encontrados em conformidade, com todas as informações necessárias para a operação e monitoramento dos dispositivos de tratamento de efluentes estão devidamente registrados e atualizados. O acompanhamento contínuo e registro dos dados no sistema online, demonstram um controle eficiente do processo de tratamento do efluente.

Os registros de manutenção da ETEI e de seus equipamentos estão atualizados e registrados no sistema de controle da refinaria, o SAP. Registros que foram evidenciados após uma reunião com a equipe técnica da Alunorte, que explicou detalhadamente como funciona os registros, a execução e elaboração dos planos de manutenção da refinaria. Esses registros evidenciam que os equipamentos estão sendo mantidos conforme os planos de manutenção, além da empresa possuir a certificação ISO 55001 que trata da Gestão de Ativos.

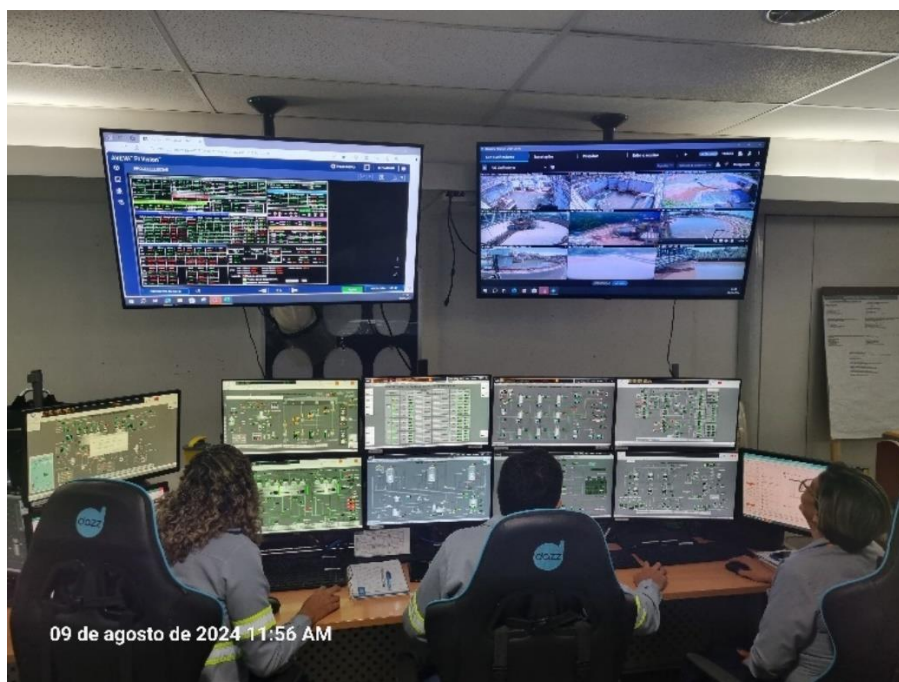


Figura 11-3 - Sala de controle operacional da refinaria.

Fonte Tractebel (2024).

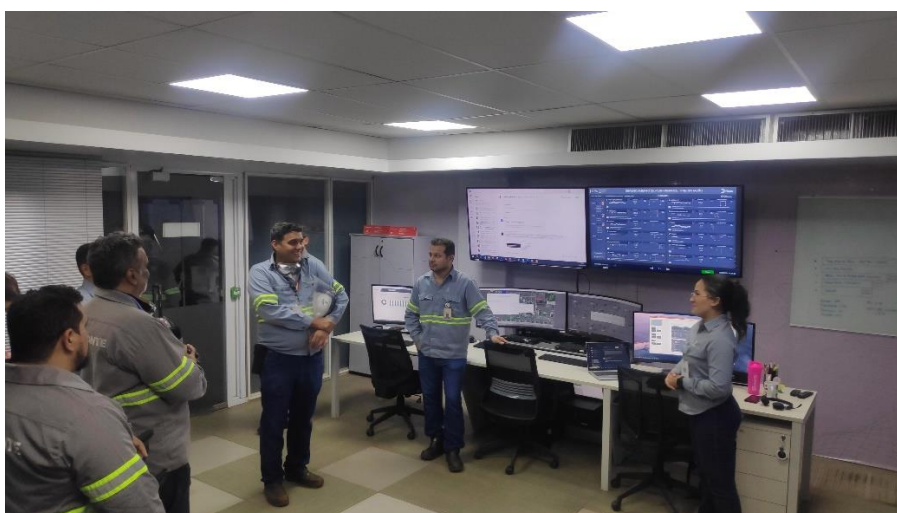


Figura 11-4 - Sala de controle de manutenção da refinaria – GPA.

Fonte Tractebel (2024).

Os registros de manutenção foram apresentados em forma de planilhas diretamente do sistema SAP da refinaria, tais registros foram validados com a apresentação do registro dos planos de manutenção e calibração e procedimentos definidos para essas atividades, conforme documentos anexos.

11.5 Bacias de Espera

No momento da inspeção, as bacias de espera não apresentavam indícios de degradação, apresentando solidez de toda estrutura no que se refere a sua capacidade de armazenamento. Não foram identificados sinais de erosão ou fissuras nas bacias. As superfícies externas e os revestimentos internos, visualmente, apresentam boa conservação, sem comprometimento da estabilidade das paredes ou áreas ao entorno.

Todas as bacias estavam passando por manutenção, de acordo com o Plano Verão, onde é realizado a remoção dos sedimentos acumulados no fundo das bacias nos períodos de chuvas. A Fig. 18 mostra o trabalho de remoção do material depositado nas bacias.



Figura 11-5 - Remoção do resíduo acumulado nas bacias de espera.

Fonte Tractebel (2024).

A refinaria possui um total de 15 bacias de controle, que tem como função fundamental o controle do volume dos efluentes gerados no processo produtivo, fluviais e os efluentes gerados nos DRS 1 e 2, que são enviados, a partir das bacias de contenção dos DRS, para a bacia de controle para as bacias de controle T-82C-2D e T-82D-2A, para posterior destinação às ETEIs. Esse controle se faz com as estações de bombeamento.

As bacias de espera são monitoradas de forma efetiva, com relação ao monitoramento do nível das bacias através de sondas, por monitoramento de vídeo e por rondas diárias no local, incluindo o acompanhamento das previsões climáticas (volume de chuva), através de estações meteorológicas próprias, da prefeitura, pela empresa Climatempo e pela Universidade Federal do Pará. Essas previsões são apresentadas em três períodos: curto prazo (previsão diária), médio prazo (previsão para 10 dias) e longo prazo (semestral) para área da Alunorte.

11.5.1 Bacias de Controle do DRS 1

As bacias de controle do DRS 1, denominadas BC1, BC2, BC3, BC5 e BC6, conforme apresentadas na Fig. 19, desempenham um papel fundamental no controle e armazenamento dos efluentes gerados no processo de disposição de resíduos sólidos do DRS 1. Cada uma dessas bacias possui características distintas em termos de volume e função, sendo todas revertidas com geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade), que garante a impermeabilização e previne a infiltração de efluentes para o solo e lençol freático.

11.5.1.1 Descrição das bacias

As bacias BC1 e BC2 possuem capacidade de 203.915 m³ e 351.630 m³, respectivamente, totalizando o volume de 555.545 m³ para armazenamento. Estas bacias são as principais recebedoras dos efluentes provenientes do DRS 1, inclusive o efluente das bacias BC3, BC5 e BC6. Elas desempenham um papel fundamental no controle inicial dos influentes garantindo que o acúmulo temporário do volume seja gerido de forma eficiente até seu dia nesse direcionamento para o sistema de tratamento.

As bacias BC1 e BC2 recebem todo o efluente proveniente do DRS 1, inclusive o efluente das bacias BC3, BC5 e BC6, em seguida, é bombeado para as estações de tratamento de efluentes da área 82. As estações de bombeamento localizadas nas bacias BC1, BC2 tem capacidades de bombeamento total de 6500 m³/h, e a BC6 tem capacidade de bombeamento de 3500 m³/h.

As bacias BC3, BC5 e BC6, servem como reservatório adicional que auxilia o gerenciamento do volume de efluentes gerados garantindo uma capacidade de armazenagem adequada durante períodos de maior produção de resíduos e eventos pluviométricos intensos. Essas bacias têm como principal função, armazenar o excedente de efluentes durante o período de alto volume assegurando que o sistema de drenagem e tratamento não sejam sobrecarregados.

As bacias de controle BC3, BC5 e BC6, foram projetadas para comportar um volume máximo de 117.753 m³, 129.937 m³, 382.159 m³ respectivamente.



Figura 11-6 - Bacias de controle do DRS 1.

Fonte: Alunorte.

11.5.2 Bacias de Controle do DRS 2

As bacias BC-201 e BC-202 Tem capacidade de armazenamento de 215.352 m³ e 452.958 m³, respectivamente. As estações de bombeamento que estão instaladas nessas bacias são essenciais para manter o equilíbrio do sistema. Com capacidade de bombeamento de 1550 m³ por hora cada essas estações garantem a transferência eficiente dos efluentes entre as bacias e para as ETEIs, prevenindo o vertimento e mantendo o nível operacional dentro dos limites de segurança



Figura 11-7 - Bacias de controle do DRS 1

Fonte: Alunorte.

A Tabela 11-1 apresenta os valores de armazenamento das bacias de espera da refinaria e dos DRS 1 e 2, assim como as vazões das estações de bombeamento instaladas. Esses dados são fundamentais para avaliar a capacidade da refinaria de gerenciar os efluentes gerados, tanto em situações operacionais normais, quanto em cenários de chuva intensa.

Tabela 11-1 - Volume das Bacias e capacidade de bombeamento

BACIA	VOLUME (m³)	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTOS	VAZÃO (m³/h)	LOCALIZAÇÃO
T-82C-2A/B/C	26.310	P-82F-02A-J	18.000	Área 82
T-82C-02D	8.470	P-82C-01A/B/C-02A/B	3.600	
		P-82F-15A/B/C	3.725	
T-82C-02E	26.712	Não possui		
T-82D-02A	26.432	P-82F-16A/B/C	3.725	
T-82D-02B	16.509	P-82D-02A/B/C	3.500	
T-82F-2A	183.940	P-82F-01A/B/C/D	4.890	
T-82F-2B	87.580	P-82F-18A/B/C	3.260	
T-82F-2C	2.819			
BC1	218.897	P-54C-01A/B/C	3.255	DRS 1
BC2	188.602	P-54C-02A/B/C	3.255	
BC3	118.525	Não possui		
BC5	429.566	Não possui		
BC6	380.147	P-54E-03A/B/C/D/E	3.500	
BC-201	215.352	P-54E-01A/B/C	1.550	DRS 2
BC-202	452.958	P-54E-02A/B/C	1.550	
Capacidade total	2.382.819			

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude das preocupações crescentes com os impactos das mudanças climáticas, com secas mais severas e chuvas com maior volume em menor tempo, como por exemplo as chuvas ocorridas no ano de 2018 em Barcarena, é essencial realizar conferências constantes nos sistemas industriais que envolvem o recebimento de precipitações, sejam em sistemas de drenagem ou dispositivos de armazenamento temporário destas águas. Nesta auditoria o objetivo foi avaliar o sistema de tratamento de efluente industrial e as bacias de espera da refinaria Alunorte e verificar se estes estão de acordo com os padrões e normas ambientais e se realmente este sistema está operando de forma eficiente e segura, tanto para o meio ambiente, quanto para a comunidade local.

Buscou-se verificar, primeiramente, se as ETEIs teriam capacidade de tratar todo o efluente gerado pela refinaria, bem como todo o efluente gerado pelos depósitos de resíduos sólidos, DRS 1 e DRS 2, tanto em situações operacionais normais, quanto em situações extremas de chuvas. Assim, levando em consideração todas as análises feitas nas documentações de projeto fornecidas pela Alunorte, nos laudos referentes ao tratamento do efluente lançado no Rio Pará, constatou-se que as ETEIs têm capacidade de atender toda a capacidade de efluente gerado pela planta da Alunorte e também em casos de uma possível chuva decamilenar.

Sobre o efluente tratado conclui-se que está sendo realizado o tratamento corretamente. Quanto aos resíduos sólidos gerados nas estações de tratamento de efluentes industriais, constatou-se que o lodo (underflow) formado nos decantadores/clarificadores sendo devidamente enviados para as bacias de armazenamento do Depósito de Resíduos Sólidos 1 (DRS1).

Com relação as bacias de espera, após os eventos de 2018, houve obras de ampliação projetadas para garantir que os efluentes provenientes de suas operações industriais e das áreas de disposição de resíduos sólidos sejam devidamente armazenados e tratados independentemente das condições climáticas. Em situações normais as bacias operam em capacidade suficiente para lidar com o volume gerado diariamente sem riscos de sobrecarga no sistema.

Os sistemas de monitoramento de nível das bacias e o controle automatizado das estações de bombeamento, garantem que os efluentes sejam direcionados para unidades de tratamento ou para bacias de maior capacidade conforme seja necessário.

As bacias foram dimensionadas para suportar volumes adicionais de água de chuva, minimizando o risco de falhas. O plano de contingência da refinaria prevê a utilização das bacias de espera para acomodar o excesso de chuva e evitar vertimentos. No período de seca as bacias são utilizadas para armazenar água e auxiliar a operação no plano verão para atividades de umectação do DRS2, por exemplo.

Além disso, analisando os cenários de precipitação excepcionalmente alta, apresentados na **“Nota Técnica – Sistema de Gerenciamento de Precipitações Pluviométricas”**, observa-se que, para as instalações atuais da refinaria, as bacias de espera da refinaria apresentam volume disponível. O sistema de gerenciamento de precipitações pluviométricas integrado assegura que a refinaria esteja preparada, tanto para suas operações

diárias, quanto para situações de chuvas extremas sem que haja comprometimento das bacias de espera, isto é, mantendo as bacias abaixo da borda livre mínima requerida. Esta análise não inclui a rede de drenagem da área industrial que é avaliada no âmbito do item B do TAC 4.1 que trata sobre a drenagem da planta. A análise da gestão e monitoramento de águas e efluentes serão realizadas de forma mais abrangente no item H.

Ressalta-se a importância da necessidade da Alunorte em manter o sistema de bombas e monitoramento de níveis das bacias em perfeito estado de funcionamento.

13 RECOMENDAÇÕES FINAIS

- Recomenda-se que seja realizada uma avaliação para otimizar o processo de floculação e identificar possíveis melhorias que contribuam para a eficiência dos resultados no que se refere a turbidez do efluente tratado. A avaliação da eficiência do sistema atual permitirá identificar limitações ou falhas operacionais e propor ajustes que garantam maior remoção de sólidos suspensos, contribuindo para a conformidade ambiental do efluente final.
- Avaliar o processo de manutenção dos instrumentos de medição da (visores) calha Parshall, de modo a garantir a total operacionalização dos sensores, incluindo as rotinas de inspeção.
- Recomenda-se que a companhia continue empregando alto rigor na manutenção dos equipamentos eletromecânicos visando evitar falhas nos sistemas de bacias de armazenamento.

14 REFERÊNCIA

ALUNORTE. Área 97A geral – Memorial descritivo sobre o sistema integrado de transferência de efluentes da ALUNORTE. s.l.: ALUNORTE, s.d.

ALUNORTE. Estação de tratamento de efluentes industriais – Área 82F. Barcarena: ALUNORTE, 2019.

FRANÇA, S. C. A. et al. A importância de polímeros floculantes no desaguamento de lama vermelha. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2017. Disponível em: <https://cetem.gov.br/antigo/images/congressos/2017/14-SILVIA.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2025.

GEOCONSULTORIA. Área 54B – Depósito de resíduos sólidos 2 – DRS2 – Inspeção de segurança regular. Barcarena: ALUNORTE, 2024. (Relatório Técnico Anual).

GREGORY, J. Polymer adsorption and flocculation in sheared suspensions. *Colloids and Surfaces*, v. 29, p. 177–191, 1988.

GW ENGENHARIA. Área 54A/B – Depósitos de resíduos sólidos – DRS1 e DRS2. Atualização dos estudos de chuvas intensas. Barcarena: GW Engenharia, 2022.

HOGG, R. Polymer flocculants. *Colloids and Surfaces*, v. 29, p. 21–38, 1988.

INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS – IPAAM. Projeto do sistema de tratamento de efluentes industriais. Manaus: IPAAM, 2020. Disponível em: <http://ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/TR-PROJETO-DO-SISTEMA-DE-TRATAMENTO-DE-EFLUENTES-INDUSTRIAIS-Geral.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2025.

JORDÃO, E. P.; PÊSSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 4. ed. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/08/Aulas-05-e-06-Tratamento-de-Efluentes.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2025.

LEGASYS INDUSTRIAL SOLUTION. Nota técnica – Sistema de drenagem. s.l.: Legasys, s.d.

LEGASYS INDUSTRIAL SOLUTION. Nota técnica – Sistema de gerenciamento de precipitações pluviométricas. s.l.: Legasys, 2024.

MOUDGIL, B. M.; SHAH, D. O. Flocculation and dewatering of fine mineral particles. *Separation Science and Technology*, v. 21, n. 6–7, p. 581–594, 1986.

MOURA, A. F. et al. O uso de polímeros no tratamento de efluentes. Americana: ETEC Prefeito Alberto Feres, 2024. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/27763/1/quimica_2024_2_andrefogagnoli_polimerosusadosেমtratamentodeagua.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

MOSS, G. Flocculation of mineral suspensions. *Minerals Engineering*, v. 10, p. 45–52, 1978.

PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Área 54A – Depósito de resíduos sólidos – DRS1. Projeto as is: relatório final. Belo Horizonte: Pimenta de Ávila, 2024.

PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Área 54A – Depósito de resíduos sólidos – DRS1. Manual de operação, manutenção e vigilância. Belo Horizonte: Pimenta de Ávila, 2023.

PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. Área 54B – Depósito de resíduos sólidos – DRS2. Disposição de resíduo de filtro prensa no DRS2 – Fase 1: manual de operação. Belo Horizonte: Pimenta de Ávila, 2023.

ANEXO 1 – TABELAS ADAPTADAS DOS RIAAS

Tabela 14-1 - Análises do efluente tratado – RIAA 2018

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/18</i>	<i>abr/18</i>	<i>jun/18</i>	<i>ago/18</i>	<i>ago/18</i>	<i>out/18</i>	<i>out/18</i>	<i>dez/18</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
Alcalinidade Total	158	220	186	-	170	170	-	69	-	mgCaCO ₃ /L
Alumínio total	0,843	0,759	0,863	0,376	-	-	0,376	-	-	mg/L
Alumínio, dissolvido (Al)	-	0,115	0,052	0,114	-	-	0,114	0,923	-	mg/L
Cálcio (Ca)	1.200	6,07	2,48	0,376	-	-	<1,000	7,5	-	mg/L
Cálcio dissolvido	-	5,64	2,42	<1,000	-	-	<1,000	-	-	mg/L
Cloreto	34	26	23,7	-	21,8	21,8	-	4,7	-	mg/L
Coliformes Termotolerantes	<10	Presente	<10	<10	-	-	-	< 1,8	-	NMP/100mL
Condutividade	3390	-	20143	-	1727	1727	-	-	-	µS/cm
Cor Aparente	79	118	13	-	14	14	-	-	-	CU
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	<3	<3,0	<3	<3	-	-	<3	< 2,00	-	mgO ₂ /L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	7	<3,0	<3	<3,0	-	-	<3	< 10,0	-	mgO ₂ /L
Ferro total	0,03	0,294	<0,050	<0,050	0,1	0,1	<0,050	-	-	mg/L
Ferro, dissolvido (Fe)	-	0,05	<0,050	<0,050	-	-	<0,050	0,106	15,0	mg/L
Magnésio (Mg)	<1,000	0,1259	0,1603	<1,000	-	-	<1,000	0,187	-	mg/L
Magnésio dissolvido	-	0,1098	0,16	<1,000	-	-	<1,000	-	-	mg/L
Materiais Sedimentáveis	0,1	0	0	-	0	0	-	< 0,10	1,0	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	-	0,78	-	-	-	-	-	< 0,05	20,0	mg/L
Óleos e Graxas	<5,0	<3,0	<5,0	<5,0	Ausentes	Ausentes	<5,0	< 5,0	100,0	mg/L
Oxigênio Dissolvido	2	5	5	-	6	6	-	-	-	mg/L
pH in situ	6,7	6,9	8,2	-	7	7	7,03	-	5 - 9	-
Sílica Dissolvida	-	-	-	-	-	-	-	< 50,00	-	mg/L

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/18</i>	<i>abr/18</i>	<i>jun/18</i>	<i>ago/18</i>	<i>ago/18</i>	<i>out/18</i>	<i>out/18</i>	<i>dez/18</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
Sílica Total	12,5	8,3	2,41	-	0,6	0,6	-	-	-	mg/L
Sódio (Na)	1369,5	280	302	245	-	-	245	264	-	mg/L
Sódio dissolvido	-	-	347	238	-	-	238	-	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	9	-	0	-	3	3	-	10	-	mg/L
Sulfato	490	830	520	-	624	624	-	254	-	mg/L
Temperatura Amostra in situ	26,2	30	33,9	-	34	34	32,1	-	40,0	°C
Turbidez in situ	11,1	8,08	2,8	-	0,9	0,9	-	-	-	UNT

Tabela 14-2 - Análises do efluente tratado – RIAA 2019

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/19</i>	<i>abr/19</i>	<i>jun/19</i>	<i>ago/19</i>	<i>out/19</i>	<i>out/19</i>	<i>dez/19</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
(m+p) Xileno	-	-	-	-	-	< 2,000	-	-	µg/L
Alcalinidade Total	71	171	142	55,83	83,67	-	97,83	-	mgCaCO3/L
Alumínio, dissolvido (Al)	0,607	1,2	0,969	2,5	1,2	-	2,6	-	mg/L
Arsênio (As)	-	-	-	-	-	< 0,00050	-	0,5	mg/L
Bário (Ba)	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	0,5	mg/L
Benzeno	-	-	-	-	-	< 0,0010	-	1,2	mg/L
Boro (B)	-	-	-	-	-	< 0,025	-	0,5	mg/L
Cádmio (Cd)	-	-	-	-	-	< 0,00050	-	0,2	mg/L
Cálcio (Ca)	4,9	5	4,7	3,2	3,1	-	1,6	-	mg/L
Cálcio dissolvido	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L
Chumbo (Pb)	-	-	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,5	mg/L
Cianeto Livre	-	-	-	-	-	< 0,0010	-	0,2	mg/L
Cianeto Total	-	-	-	-	-	< 0,0010	-	1,0	mg/L
Cloreto	10	7,6	8,9	9,8	17	-	8,5	-	mg/L

Parâmetros	fev/19	abr/19	jun/19	ago/19	out/19	out/19	dez/19	CONAMA 430	Unidade
Clorofórmio	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	1,0	mg/L
Cobre, dissolvido (Cu)	0,00058	< 0,00050	0,00168	< 0,00050	0,00094	0,00122	< 0,00050	1,0	mg/L
Coliformes Termotolerantes	2	> 1,6E+3	1600	< 1,8	< 1,8E+2	-	< 1,8E+2	-	NMP/100mL
Cor Aparente	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	150	-	< 5,0	-	CU
Cor Verdadeira	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	18	-	< 5,0	-	CU
Cromo (Cr)	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	-	mg/L
Cromo Hexavalente	-	-	-	-	-	< 0,010	-	0,1	mg/L
Cromo Trivalente	-	-	-	-	-	< 0,0100	-	1,0	mg/L
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	< 2,00	19,88	< 2,00	< 2,00	8,11	< 2,00	9,25	-	mgO2/L
Dicloroeteno (Somatório de 1,1 + 1,2-cis + 1,2-trans)	-	-	-	-	-	< 0,0130	-	1,0	mg/L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	< 10,0	78	< 10,0	< 10,0	29	-	37	-	mgO2/L
Estanho (Sn)	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	4,0	mg/L
Estireno	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	1,0	mg/L
Etilbenzeno	-	-	-	-	-	< 0,0010	-	0,84	mg/L
Fenóis Totais (Substâncias que reagem com 4- aminoantipirina)	-	-	-	-	-	< 0,002	-	0,5	mg/L
Ferro, dissolvido (Fe)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,058	0,094	0,055	0,061	15,0	mg/L
Fluoreto	-	-	-	-	-	0,198	-	10,0	mg/L
Fósforo Total	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	-	mg/L
Magnésio (Mg)	0,236	0,439	0,225	0,211	0,173	-	0,198	-	mg/L
Manganês, dissolvido (Mn)	0,0222	0,0145	0,0099	0,0175	0,0165	0,017	0,0219	1,0	mg/L
Materiais Flutuantes in situ	-	-	-	-	-	Ausente	-	Ausência	mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,0	mg/L
Mercúrio (Hg)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,01	mg/L

Parâmetros	fev/19	abr/19	jun/19	ago/19	out/19	out/19	dez/19	CONAMA 430	Unidade
Níquel (Ni)	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	2,0	mg/L
Nitrato como N	< 0,55	< 1,1	148	0,3	0,19	-	0,36	-	mg/L
Nitrito como N	0,261	< 0,060	0,047	0,049	0,027	-	0,085	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,9	0,27	0,22	0,65	1,7	< 0,05	1,98	20,0	mg/L
Óleos e Graxas	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-	< 5,0	100,0	mg/L
Óleos Minerais	-	-	-	-	-	< 5,0	-	20,0	mg/L
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	-	-	-	-	-	< 5,0	-	50,0	mg/L
o-Xileno	-	-	-	-	-	< 1,000	-	-	mg/L
pH in situ	7,93	7,21	7,17	8,46	8,55	8,55	8,16	5 - 9	-
Prata (Ag)	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	0,1	mg/L
Selênio (Se)	-	-	-	-	-	< 0,00050	-	0,3	mg/L
Silica Dissolvida	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00	-	< 50,00	-	mg/L
Silica Total	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L
Sódio (Na)	198	430	278	167	227	-	347	-	mg/L
Sódio dissolvido	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	-	1082	982	588	736	-	737	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	< 5,0	5	12	6	8	-	9	-	mg/L
Sulfato	228	632	616	520	448	-	406	-	mg/L
Sulfeto	-	-	-	-	-	< 0,005	-	1,0	mg/L
Temperatura Amostra in situ	33,7	30	30,1	35	34,2	33,2	29,1	40,0	°C
Tetracloroeto de Carbono (Tetraclorometano)	-	-	-	-	-	< 0,0016	-	1,0	mg/L
Tolueno	-	-	-	-	-	< 0,0010	-	1,2	mg/L
Tricloroeteno (1,1,2 - Tricloroeteno)	-	-	-	-	-	< 0,0050	-	1,0	mg/L
Turbidez in situ	1,5	10,1	11,1	9,22	33,2	-	11	-	UNT

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/19</i>	<i>abr/19</i>	<i>jun/19</i>	<i>ago/19</i>	<i>out/19</i>	<i>out/19</i>	<i>dez/19</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
Xilenos Totais	-	-	-	-	-	< 0,0030	-	1,6	mg/L
Zinco (Zn)	-	-	-	-	-	0,0057	-	5,0	mg/L

Tabela 14-3 - Análises do efluente tratado – RIAA 2020

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/20</i>	<i>abr/20</i>	<i>jun/20</i>	<i>ago/20</i>	<i>ago/20</i>	<i>out/20</i>	<i>out/20</i>	<i>dez/20</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
(m+p) Xileno	-	-	-	-	< 2,000	< 2,000	-	-	-	µg/L
Alcalinidade Total	62,48	333,33	158,9	87,33	-	-	82,67	216,83	-	mgCaCO3/L
Alumínio total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L
Alumínio, dissolvido (Al)	3,1	5,8	0,721	2,5	-	-	6,4	0,429	-	mg/L
Arsênio (As)	-	-	-	-	0,00171	0,00194	-	-	0,5	mg/L
Bário (Ba)	-	-	-	-	0,0075	< 0,0050	-	-	0,5	mg/L
Benzeno	-	-	-	-	< 0,0010	< 0,0010	-	-	1,2	mg/L
Boro (B)	-	-	-	-	< 0,025	< 0,025	-	-	0,5	mg/L
Cádmio (Cd)	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	-	-	0,2	mg/L
Cálcio (Ca)	2,4	0,726	3,1	2,2	-	-	1,7	2,7	-	mg/L
Chumbo (Pb)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,5	mg/L
Cianeto Livre	-	-	-	-	0,0022	< 0,0010	-	-	0,2	mg/L
Cianeto Total	-	-	-	-	0,0039	< 0,0010	-	-	1,0	mg/L
Cloreto	6,2	19	8,3	7	-	-	14	16	-	mg/L
Clorofórmio	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	1,0	mg/L
Cobre, dissolvido (Cu)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	1,0	mg/L
Coliformes Termotolerantes	35000	28000	< 1,8E+2	< 1,8E+2	-	-	400	< 1,8E+2	-	NMP/100mL
Cor Aparente	< 5,0	10	< 5,0	10	-	-	10	20	-	CU
Cor Verdadeira	< 5,0	5,8	< 5,0	< 5,0	-	-	< 5,0	13	-	CU

Parâmetros	fev/20	abr/20	jun/20	ago/20	ago/20	out/20	out/20	dez/20	CONAMA 430	Unidade
Cromo (Cr)	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	-	mg/L
Cromo Hexavalente	-	-	-	-	< 0,010	< 0,010	-	-	0,1	mg/L
Cromo Trivalente	-	-	-	-	< 0,0100	< 0,0100	-	-	1,0	mg/L
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	< 2,00	12,42	< 2,00	6,01	5,91	10,83	8,59	2,89	-	mgO2/L
Dicloroeteno (Somatório de 1,1 + 1,2-cis + 1,2-trans)	-	-	-	-	< 0,0130	< 0,0130	-	-	1,0	mg/L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	< 10,0	47	< 10,0	22	-	-	37	10	-	mgO2/L
Estanho (Sn)	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	4,0	mg/L
Estireno	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	1,0	mg/L
Etilbenzeno	-	-	-	-	< 0,0010	< 0,0010	-	-	0,84	mg/L
Fenóis Totais (Substâncias que reagem com 4- aminoantipirina)	-	-	-	-	< 0,002	0,015	-	-	0,5	mg/L
Ferro, dissolvido (Fe)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,085	0,211	< 0,050	< 0,050	< 0,050	15,0	mg/L
Fósforo Total	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	0,05	-	mg/L
Magnésio (Mg)	0,122	< 0,050	0,146	0,209	-	-	0,234	0,246	-	mg/L
Manganês, dissolvido (Mn)	0,0079	0,0064	0,0082	0,0103	0,0121	< 0,0050	< 0,0050	0,021	1,0	mg/L
Materiais Flutuantes in situ	-	-	-	-	Ausência	Ausência	-	-	Ausência	mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,0	mg/L
Mercúrio (Hg)	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	< 0,000050	0,01	mg/L
Níquel (Ni)	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	2,0	mg/L
Nitrato como N	4,8	7	0,22	0,26	-	-	14	0,31	-	mg/L
Nitrito como N	0,06	< 0,006	0,033	0,028	-	-	0,107	0,198	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,93	0,5	0,3	3,47	3,97	1,92	2,66	0,82	20,0	mg/L
Óleos e Graxas	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-	-	< 5,0	< 5,0	100,0	mg/L

Parâmetros	fev/20	abr/20	jun/20	ago/20	ago/20	out/20	out/20	dez/20	CONAMA 430	Unidade
Óleos Minerais	-	-	-	-	< 5,0	< 5,0	-	-	20,0	mg/L
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	-	-	-	-	< 5,0	< 5,0	-	-	50,0	mg/L
o-Xileno	-	-	-	-	< 1,000	< 1,000	-	-	-	mg/L
pH in situ	7,74	7,19	7,18	7,64	7,64	8,72	8,72	7,85	5 - 9	-
Prata (Ag)	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,1	mg/L
Selênio (Se)	-	-	-	-	0,00409	0,00356	-	-	0,3	mg/L
Silica Dissolvida	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 2,00	-	-	< 2,00	< 2,00	-	mg/L
Sódio (Na)	199	663	282	210	-	-	337	642	-	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	507	1834	102	551	-	-	1116	1652	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	< 5,0	54	< 5,0	< 5,0	-	-	< 5,0	13	-	mg/L
Sulfato	299	1195	663	279	-	-	783	1292	-	mg/L
Sulfeto	-	-	-	-	< 0,005	0,015	-	-	1,0	mg/L
Temperatura Amostra in situ	33,81	30,53	31,7	34,3	34,9	37,24	37,24	31,02	40,0	°C
Tetracloreto de Carbono (Tetraclorometano)	-	-	-	-	< 0,0016	< 0,0016	-	-	1,0	mg/L
Tolueno	-	-	-	-	< 0,0010	< 0,0010	-	-	1,2	mg/L
Tricloroeteno (1,1,2 - Tricloroeteno)	-	-	-	-	< 0,0050	< 0,0050	-	-	1,0	mg/L
Turbidez in situ	19,8	21,4	3,17	6,5	-	-	8,01	13,7	-	UNT
Xilenos Totais	-	-	-	-	< 0,0030	< 0,0030	-	-	1,6	mg/L
Zinco (Zn)	-	-	-	-	< 0,0050	0,0275	-	-	5,0	mg/L

Tabela 14-4 - Análises do efluente tratado – RIAA 2021

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/21</i>	<i>abr/21</i>	<i>jun/21</i>	<i>ago/21</i>	<i>out/21</i>	<i>dez/21</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
Alcalinidade Total	98,88	34,67	129,58	160,65	101,33	228,17	-	mgCaCO3/L
Alumínio, dissolvido (Al)	1,1	0,53	0,954	0,431	0,74	1,9	-	mg/L
Cálcio (Ca)	3,6	2,6	2	2,2	2,5	< 0,500	-	mg/L
Chumbo (Pb)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,5	mg/L
Cloreto	13	5	13	14	9,1	13	-	mg/L
Cobre, dissolvido (Cu)	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	1,0	mg/L
Coliformes Termotolerantes	400	< 1,8E+1	20	< 1,8E+1	< 1,8E+1	< 1,8E+2	-	NMP/100mL
Cor Aparente	10	< 5,0	< 5,0	5	10	60	-	CU
Cor Verdadeira	7,4	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	100	-	CU
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	12,57	< 2,00	10,95	< 2,00	5,12	10,26	-	mgO2/L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	51	< 10,0	47	< 10,0	20	45	-	mgO2/L
Ferro, dissolvido (Fe)	0,089	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,23	15,0	mg/L
Fósforo Total	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	-	mg/L
Magnésio (Mg)	0,352	0,226	0,207	0,177	0,201	0,3	-	mg/L
Manganês, dissolvido (Mn)	0,0207	0,0202	0,0239	0,0094	0,0093	0,0078	1,0	mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,3	< 0,10	1,0	mg/L
Mercúrio (Hg)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,01	mg/L
Nitrato como N	< 0,11	0,12	0,22	0,11	0,25	0,22	-	mg/L
Nitrito como N	0,098	0,019	0,038	0,063	0,053	0,194	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,79	4,98	1,05	1,23	0,82	0,54	20,0	mg/L
Óleos e Graxas	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-	100,0	mg/L
Óleos Minerais	-	-	-	-	-	< 5,0	20,0	mg/L

Parâmetros	fev/21	abr/21	jun/21	ago/21	out/21	dez/21	CONAMA 430	Unidade
pH in situ	8,25	8,85	7,39	7,78	8,51	7,51	5 - 9	-
Prata (Ag)	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,1	mg/L
Silica Dissolvida	4,6	4,1	3,69	2,97	6,12	< 2,00	-	mg/L
Sódio (Na)	559	161	483	417	344	407	-	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	96	442	1378	1467	1223	1652	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	17	< 5,0	34	8	20	34	-	mg/L
Sulfato	919	170	657	703	831	681	-	mg/L
Temperatura Amostra in situ	35,5	35,07	36,16	29,13	33,5	33,4	40,0	°C
Turbidez in situ	14,9	11,04	8,12	2,21	71,5	32,6	-	UNT

Tabela 14-5 - Análises do efluente tratado – RIAA 2022

Parâmetros	fev/22	abr/22	jun/22	ago/22	out/22	dez/22	CONAMA 430	Unidade
Alcalinidade Total	91,17	85,33	144,83	164,5	58,83	70,5	-	mgCaCO3/L
Alumínio, dissolvido (Al)	1,1	0,368	0,342	1,8	2,5	0,76	-	mg/L
Cálcio (Ca)	3	2,7	2,8	2	0,731	3,4	-	mg/L
Chumbo (Pb)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,5	mg/L
Cloreto	22	13	17	21	15	9,8	-	mg/L
Cobre, dissolvido (Cu)	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	< 0,00250	1,0	mg/L
Coliformes Termotolerantes	< 1,8E+1	< 1,8E+1	> 1,6E+4	< 1,8E+1	< 1,8E+1	< 1,8E+2	-	NMP/100mL
Cor Aparente	5	< 5,0	< 5,0	20	< 5,0	10	-	CU
Cor Verdadeira	< 5,0	< 5,0	5,1	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-	CU
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	20,9	11,41	< 2,00	9,99	< 2,00	11,69	-	mgO2/L

Parâmetros	fev/22	abr/22	jun/22	ago/22	out/22	dez/22	CONAMA 430	Unidade
DQO - Demanda Química de Oxigênio	58	35	< 10,0	43	< 10,0	47	-	mgO2/L
Ferro, dissolvido (Fe)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,158	< 0,050	15,0	mg/L
Fósforo Total	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	mg/L
Magnésio (Mg)	0,251	0,196	0,134	0,165	0,343	0,193	-	mg/L
Manganês, dissolvido (Mn)	0,0077	0,0113	< 0,0050	< 0,0050	0,0423	0,0153	1,0	mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,10	< 0,10	0,8	0,1	< 0,10	0,1	1,0	mg/L
Mercúrio (Hg)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,01	mg/L
Nitrato como N	0,66	< 0,11	0,21	0,63	0,47	0,43	-	mg/L
Nitrito como N	< 0,006	< 0,006	0,071	0,201	0,117	0,14	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	1,5	0,61	< 0,05	0,6	< 0,05	0,5	20,0	mg/L
Óleos Minerais	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	20,0	mg/L
pH in situ	6,04	7,46	7,16	7,95	7,25	7,39	5 - 9	-
Prata (Ag)	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,1	mg/L
Silica Dissolvida	< 2,00	9,48	9,28	10,4	2,67	5,23	-	mg/L
Sódio (Na)	177	381	425	429	138	230	-	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	1017	138	1171	1320	566	86	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	7	38	45	8	24	30	-	mg/L
Sulfato	719	740	844	599	221	329	-	mg/L
Temperatura Amostra in situ	35,4	31,61	31,02	34,3	35,5	36,5	40,0	°C
Turbidez in situ	44,6	24,3	2,89	10,1	3,49	3,41	-	UNT
Urânio (U)	-	-	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	-	mg/L
Urânio, dissolvido (U)	-	-	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	-	mg/L

Tabela 14-6 - Análises do efluente tratado – RIAA 2023

<i>Parâmetros</i>	<i>fev/23</i>	<i>abr/23</i>	<i>jun/23</i>	<i>ago/23</i>	<i>out/23</i>	<i>dez/23</i>	<i>CONAMA 430</i>	<i>Unidade</i>
Alcalinidade Total	88,78	107,81	112,35	78,55	44,83	52,33	-	mgCaCO3/L
Alumínio, dissolvido (Al)	0,636	0,46	0,421	2,2	0,455	0,373	-	mg/L
Cálcio (Ca)	4,7	3,5	3,3	2,4	3,9	3,7	-	mg/L
Chumbo (Pb)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,5	mg/L
Cloreto	11	12	12	14	16	17	-	mg/L
Cobre, dissolvido (Cu)	< 0,00250	< 0,00250	0,00797	0,02005	< 0,00250	< 0,00250	1,0	mg/L
Coliformes Termotolerantes	< 1,8E+2	< 1,8E+1	< 1,8E+1	< 1,8E+1	< 1,8E+1	< 1,8E+1	-	NMP/100mL
Cor Aparente	20	10	< 5,0	< 5,0	< 5,0	10	-	CU
Cor Verdadeira	7	5,5	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-	CU
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	4,06	16,66	< 2,00	5,91	4,24	< 2,00	-	mgO2/L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	13	57	< 10,0	14	10	< 10,0	-	mgO2/L
Ferro, dissolvido (Fe)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,069	15,0	mg/L
Fósforo Total	0,09	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	mg/L
Magnésio (Mg)	0,183	0,196	0,16	0,163	0,365	0,269	-	mg/L
Manganês, dissolvido (Mn)	0,0084	0,0086	< 0,0050	0,0112	0,0282	0,015	1,0	mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,10	0,1	0,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,0	mg/L
Mercúrio (Hg)	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,01	mg/L
Nitrato como N	0,33	0,17	< 0,11	0,14	1,5	0,21	-	mg/L
Nitrito como N	0,065	0,052	0,043	0,038	0,051	0,115	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,11	0,64	1,02	0,08	0,38	0,43	20,0	mg/L
Óleos Minerais	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	20,0	mg/L
pH in situ	6,69	7,54	7,84	8,15	7,61	7,33	5 - 9	-

Parâmetros	fev/23	abr/23	jun/23	ago/23	out/23	dez/23	CONAMA 430	Unidade
Prata (Ag)	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,1	mg/L
Silica Dissolvida	6,4	7,07	< 10,00	< 2,00	5,91	13,83	-	mg/L
Sódio (Na)	367	231	245	176	197	245	-	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	1091	7	826	501	628	848	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	16	6	< 5,0	6	< 5,0	< 5,0	-	mg/L
Sulfato	591	439	497	281	391	493	-	mg/L
Temperatura Amostra in situ	29,27	34,63	34,18	36,51	34,51	34,17	40,0	°C
Turbidez in situ	10,5	23,3	11,8	3,93	4,18	9,1	-	UNT
Urânio (U)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	-	mg/L
Urânio, dissolvido (U)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	-	mg/L