

## IV-1141 - AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS PARA REUSO DE EFLUENTE TRATADO DE UM EMPREENDIMENTO LOGÍSTICO (MINERODUTO)

### **Cintia Maria Cordeiro Kingma<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Analista Ambiental na Brandt Meio Ambiente.

### **Vinícius Rodrigues dos Santos<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental e Engenheiro Geólogo pela Universidade Federal de Ouro Preto. MSc. Evolução Crustal e Recursos Naturais. Analista Ambiental na Brandt Meio Ambiente Ltda.

### **Emanuel Manfred Freire Brandt<sup>(3)</sup>**

Químico industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto. Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Diretor Técnico na Brandt Meio Ambiente Ltda. Professor permanente no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora.

### **Gustavo Henrique Tetzl Rocha<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Metalurgista. MSc. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Gerente de Projetos na Lotus Brasil Comércio e Logística.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Zurick, 894 – Nova Suíça - Belo Horizonte - MG - CEP: 30421-128 - Brasil - Tel: (32) 99160-5098 - e-mail: [cintia.kingma@engenharia.ufjf.br](mailto:cintia.kingma@engenharia.ufjf.br)

## RESUMO

O reuso de água, em conformidade com os objetivos preconizados pela PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) é uma alternativa de utilização racional dos recursos hídricos. O processo de reuso consiste em recuperar a água, tratá-la e reutilizá-la em aplicações compatíveis com suas características físico-químicas e biológicas. Essa alternativa traz diversos benefícios tanto econômicos quanto ambientais. Diante deste cenário, este estudo traz uma análise multicritérios, baseada na metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que consiste em uma associação de alternativas com critérios socioambientais e econômicos, apontando as melhores opções, para o reuso de efluente tratado de um empreendimento logístico (mineroduto). Foram selecionados cinco perfis de potenciais usuários: polo industrial, estação de tratamento de água, áreas irrigáveis, porto para uso industrial e de serviço, porto para atividades humanas e navios. Os critérios utilizados na hierarquização de alternativas foram classificados de acordo com sua importância e prioridade relativa, em relação um ao outro e em relação ao objetivo. Os critérios riscos/toxicidade (25%), qualidade (20%), e necessidade de tratamento (18%) foram classificados como os mais importantes, visando a integridade do usuário final em relação a água de reuso. O critério custos foi dividido entre implantação (12%) e operação/manutenção (9%). Os critérios distância (6%), benefícios ambientais (5%), a disponibilidade (2%) e a imagem (2%) somam 15% de importância em relação aos demais critérios. Apesar de serem critérios essenciais, estes possuem importância relativa menor quando comparados aos critérios relacionados à água em si. Após a análise, foi obtido o ranking de alternativas de reuso da água, onde as três melhores opções foram o abastecimento do porto, o abastecimento do polo industrial, ambos para uso industrial e de serviço, e o reuso em áreas irrigáveis. Também é apresentada uma breve discussão em relação aos custos de implantação e operação dessas alternativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de efluentes, Análise multicritérios, Reuso de água residuária, Efluente de mineroduto.

## INTRODUÇÃO

Minerodutos são sistemas para transporte de fluidos concentrados compostos por minério e água. Essa mistura, denominada polpa, geralmente é transportada da origem ao destino final, onde o minério é comercializado. Para isso, a polpa geralmente passa por um circuito de espessamento e filtragem, em uma instalação denominada de estação de desaguamento, que permite a separação entre as fases sólida (concentrado de minério) e líquida (água). O efluente gerado neste processo geralmente é direcionado para

tratamento, visando a remoção de turbidez e recuperação de quaisquer sólidos ainda em suspensão, retornando-os ao produto.

Tendo em vista os grandes volumes de efluentes gerados, tem-se o reuso como uma alternativa a ser considerada, utilizando este efluente em aplicações compatíveis com suas características físico-químicas e biológicas. A água de reuso é definida pela Resolução CNRH n° 54/2005 como sendo a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. Neste contexto, como parte de um projeto técnico para o transporte de polpa de minério para uma região portuária via mineroduto, foram estudadas alternativas para o reuso do efluente tratado a ser gerado ao final da etapa de transporte.

Dentre as opções de reuso, têm-se a aplicação diretamente no porto ou em polos industriais próximos, em lavagem de pátios, irrigação de áreas verdes, insumo em processos produtivos entre outros. O uso na agricultura, para irrigação, recarga de corpos hídricos e até abastecimento da população são outras possíveis alternativas, desde que a água seja devidamente tratada e consiga atingir condições de potabilidade previstas pela legislação.

Sendo assim, levando-se em consideração a vazão nominal estimada e as características físico-químicas do efluente tratado proveniente do mineroduto, além do contexto socioeconômico, ambiental e de saneamento da região, este estudo tem como objetivo a apresentação de alternativas de reuso de acordo com as demandas potenciais. Essas alternativas são comparadas sob os pontos de vista logísticos, técnicos, sociais, econômicos e ambientais, através de uma análise conceitual multicritério.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar as melhores alternativas para o reuso do efluente foi feita uma avaliação multicritérios conceitual, baseada na metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*) proposta por Saaty (2004) utilizando alguns critérios propostos por Isaac *et al.* (2022). Isaac *et al.* (2022) utilizam a proposição e valorização de critérios-chave, levando-se em consideração diversos aspectos econômicos, técnicos, de saúde pública, social, econômicos, legais e ambientais.

Foram adotados 09 critérios, levando-se em consideração o projeto e o contexto em que se insere, conforme apresentado na tabela 1.

**Tabela 1: Descrição dos critérios adotados**

<b>Código</b>	<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>C1</b>	Distância	Esse critério leva em consideração a distância entre a fonte tratada e potencial usuário (medição radial). Foram levantados possíveis receptores em um raio de 10km.
<b>C2</b>	Qualidade	Conformidade com os padrões físico-químicos e biológicos necessários de acordo com o uso pretendido, ou seja, o quão sensível são os receptores em relação à qualidade da água.
<b>C3</b>	Disponibilidade	Disponibilidade da água de reuso em quantidade suficiente para atender ao potencial usuário de acordo com a sua demanda.
<b>C4</b>	Riscos / Toxicidade	Considera os riscos para a saúde devido ao uso e possível contato físico de trabalhadores, consumidores e meio ambiente com a água de reuso.
<b>C5</b>	Necessidade de pós-tratamento	Considera a necessidade de melhorar ou adaptar o tratamento da ETE para determinado uso ou finalidade. (Menos favorável ao reuso caso necessite de pós-tratamento)
<b>C6</b>	Benefícios ambientais	Contribuição ambiental da prática de reuso, medida pela relação entre os padrões exigidos para reutilização e para descarte em corpos d'água.
<b>C7</b>	Imagem	A preocupação com a projeção política ou mercadológica para a reutilização da água pelo usuário final (marketing ambiental).
<b>C8</b>	Custos de implantação	Custo estimado para implantação de projeto para atender cada receptor, considerando sistemas de tratamento, bombeamento e adução, assim como possíveis obras de infraestrutura.
<b>C9</b>	Custos de operação e manutenção	Custos de operação e manutenção, ou seja, despesas monetárias para a manutenção do sistema de reaproveitamento e monitoramento de efluentes.

Para definição dos potenciais usuários finais da água de reuso, utilizando-se ferramentas de geoprocessamento, foram feitos levantamentos dos empreendimentos industriais atuantes, setores censitários e uso e cobertura do solo em um *buffer* de 10 km do empreendimento logístico, considerando a sua inserção em região portuária. Foram avaliados diversos perfis de possíveis usuários, através de uma análise multicritérios, sendo: I - Polo Industrial (Diversos Setores); II - Estação de Tratamento de Água (Abastecimento Público); III - Áreas Irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários); IV - Porto (uso industrial e de serviço); V - Porto (atividades humanas e navios).

Após definir os critérios e perfis para o reuso do efluente, as alternativas foram ranqueadas em um ambiente de multicritérios, através do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

O método da análise hierárquica de processos (AHP) tem como princípio básico a divisão de um problema de decisão em uma hierarquia em vários níveis, fazendo com que o entendimento do problema pelo decisor seja mais simples (SAATY, 2004).

Primeiramente, é definido um objetivo, sendo este o primeiro nível da hierarquia. Posteriormente, são escolhidos os dois outros níveis, sendo os critérios e as alternativas de reuso (perfis), para que seja formada uma matriz de decisão, conforme demonstrado na figura a seguir.



**Figura 1: Matriz hierárquica de decisão**

Para Saaty (2004), os critérios têm importâncias diferentes entre si, e as prioridades sobre os perfis diferem para cada critério. Portanto, é necessário definir a importância de cada critério em relação ao objetivo principal. Dessa forma é possível atribuir pesos para os critérios adotados, através das prioridades relativas entre eles. Assim, a proposta do método é fazer comparações entre os pares de perfis, levando em consideração o julgamento das prioridades do decisor. A importância é definida por pontuações que são atribuídas comparando critério a critério. A tabela 2 mostra as pontuações e seus graus de importância de acordo com a metodologia de Saaty (2004).

**Tabela 2: Escala fundamental de Saaty.**

<b>Grau de Importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
1	Iguais em importância	Ambos os elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância Moderada	Julgamento levemente superior
5	Mais importante	Elemento é fortemente preferido
7	Muito mais importante	Relação de dominância entre os elementos é muito clara
9	Extremamente mais importante	Dominância absoluta
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Valores de dúvida

Fonte: Adaptado de Saaty, 2004.

## RESULTADOS

### Qualidade do efluente

Para avaliar a qualidade do efluente tratado, alguns parâmetros foram considerados com base em resultados de ensaios de caracterização, incluindo de lixiviação, realizados em amostras de minério. Outros parâmetros, quando ausentes nos ensaios citados, foram considerados os limites de lançamento de efluentes preconizados pela Resolução CONAMA 430/2011, ou a partir de considerações sobre a eficiência esperada para os possíveis tratamentos do efluente.

Cabe destacar que os ensaios de lixiviação são realizados sob condições ácidas, as quais favorecem a lixiviação dos metais contidos nas amostras de minério, condições essas que efetivamente não serão observadas na polpa transportada no mineroduto. Além do conservadorismo embutido na própria metodologia laboratorial (condições ácidas), os valores considerados na avaliação foram baseados nas concentrações máximas encontradas nos ensaios de lixiviação de amostras do minério, as quais representam condições extremas (*outliers*) que, na maioria dos casos, não representam a realidade operacional, notadamente se considerado que os valores médios e medianos dos resultados dos ensaios de lixiviação se apresentaram inferiores aos limites de detecção analítica para todos os parâmetros. Em relação aos parâmetros considerados com base no padrão de lançamento de efluentes (CONAMA 430/2011), na prática, o efluente de uma estação de desaguamento é a fração aquosa da polpa utilizada para o transporte do minério. Essa fração aquosa pode ser submetida a processos físicos de filtração para remoção de qualquer material sólido/minério remanescente e também a processos químicos para a precipitação de quaisquer metais presentes no minério e que eventualmente tenham se solubilizado na fração aquosa da polpa. Dessa forma, os parâmetros foram considerados de forma conservadora, porém é esperada a geração de um efluente com concentrações muito inferiores às estipuladas na Resolução CONAMA 430/2011 para alguns metais e sólidos e, dada as características do material transportado no mineroduto, não é esperada a presença de matéria orgânica (demanda bioquímica de oxigênio), nitrogênio e fósforo em concentrações relevantes.

### Cálculo de Prioridades – Critérios

Para realizar o cálculo de prioridades, foram atribuídas as pontuações de cada critério em relação ao outro de acordo com a escala fundamental de Saaty (2004) (Tabela 2), gerando assim uma matriz de pontuação de importância apresentada na Tabela 4. Posteriormente, a matriz foi normalizada e através da média aritmética de cada linha da matriz, foi obtido o vetor de prioridades (peso) apresentados na tabela 5.

**Tabela 4: Matriz de pontuação de importância**

<b>Crítérios / Importância</b>	<b>Distância</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Disponibilidade</b>	<b>Riscos / Toxicidade</b>	<b>Necessidade de pós-tratamento</b>	<b>Benefícios ambientais</b>	<b>Imagem</b>	<b>Custos de implantação</b>	<b>Custos de operação e manutenção</b>
<b>Distância</b>	1,0	0,2	5,0	0,2	0,3	3,0	3,0	0,3	0,3
<b>Qualidade</b>	5,0	1,0	5,0	1,0	1,0	3,0	7,0	3,0	5,0
<b>Disponibilidade</b>	0,2	0,2	1,0	0,1	0,2	0,3	1,0	0,1	0,1
<b>Riscos / Toxicidade</b>	5,0	1,0	7,0	1,0	1,0	5,0	7,0	5,0	7,0
<b>Necessidade de pós-tratamento</b>	3,0	1,0	5,0	1,0	1,0	3,0	5,0	3,0	3,0
<b>Benefícios ambientais</b>	0,2	0,3	3,0	0,2	0,3	1,0	5,0	0,2	0,3
<b>Imagem</b>	0,3	0,1	1,0	0,1	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2
<b>Custos de implantação</b>	3,0	0,3	7,0	0,2	0,3	5,0	5,0	1,0	3,0
<b>Custos de operação e manutenção</b>	3,0	0,2	7,0	0,1	0,3	3,0	5,0	0,3	1,0
<b>Soma</b>	<b>20,7</b>	<b>4,4</b>	<b>41,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,7</b>	<b>23,5</b>	<b>39,0</b>	<b>13,2</b>	<b>20,0</b>

**Tabela 5: Matriz de pontuação de importância**

<b>Crítérios / Importância</b>	<b>Distância</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Disponibilidade</b>	<b>Riscos / Toxicidade</b>	<b>Necessidade de pós-tratamento</b>	<b>Benefícios ambientais</b>	<b>Imagem</b>	<b>Custos de implantação</b>	<b>Custos de operação e manutenção</b>	<b>Vetor de prioridades (peso)</b>
<b>Distância</b>	0,048	0,045	0,122	0,050	0,070	0,127	0,077	0,025	0,017	<b>0,065</b>
<b>Qualidade</b>	0,241	0,227	0,122	0,248	0,211	0,127	0,179	0,227	0,250	<b>0,204</b>
<b>Disponibilidade</b>	0,010	0,045	0,024	0,035	0,042	0,014	0,026	0,011	0,007	<b>0,024</b>
<b>Riscos / Toxicidade</b>	0,241	0,227	0,171	0,248	0,211	0,212	0,179	0,379	0,350	<b>0,246</b>
<b>Necessidade de pós-tratamento</b>	0,145	0,227	0,122	0,248	0,211	0,127	0,128	0,227	0,150	<b>0,176</b>
<b>Benefícios ambientais</b>	0,010	0,076	0,073	0,050	0,070	0,042	0,128	0,015	0,017	<b>0,053</b>
<b>Imagem</b>	0,016	0,032	0,024	0,035	0,042	0,008	0,026	0,015	0,010	<b>0,023</b>
<b>Custos de implantação</b>	0,145	0,076	0,171	0,050	0,070	0,212	0,128	0,076	0,150	<b>0,120</b>
<b>Custos de operação e manutenção</b>	0,145	0,045	0,171	0,035	0,070	0,127	0,128	0,025	0,050	<b>0,089</b>

Por fim, os critérios foram ranqueados de acordo com a importância de cada um em relação ao objetivo, sendo:

- Riscos / Toxicidade (25%);
- Qualidade (20%);
- Necessidade de pós-tratamento (18%);
- Custos de implantação (12%);
- Custos de operação e manutenção (9%);
- Distância (6%);
- Benefícios ambientais (5%);
- Disponibilidade (2%);
- Imagem (2%).

Como pode ser observado no ranking, os critérios mais importantes são aqueles que se referem ao risco/toxicidade da água para o usuário final, a qualidade da água em relação aos usos pretendidos, e a necessidade de tratamento para que os critérios anteriormente citados se enquadrem nos requisitos necessários para o reuso da água.

Os critérios custos de implantação e custos de operação e manutenção, juntos somariam 21% da importância e ficariam em segundo lugar no ranking de prioridades, porém estes critérios são dependentes do risco/toxicidade, qualidade e necessidade de pós tratamento. Dessa forma, torna-se coerente sua importância atribuída. Além disso, a curto prazo, os custos de implantação são maiores em relação aos custos de operação e manutenção, sendo critérios diferentes.

### **Cálculo de Prioridades – Perfis**

De forma semelhante ao cálculo de prioridades para os critérios, foram atribuídas pontuações para os perfis em relação ao outro para cada critério. É importante ressaltar que se trata de uma avaliação conceitual e as pontuações foram baseadas em hipóteses e nas características do efluente estimadas para este estudo, sendo necessárias análises reais do efluente com a evolução do projeto de engenharia e durante a operação de um empreendimento.

A tabela 6 apresenta as distâncias geométricas entre os perfis e a região portuária, local de desaguamento da água proveniente do mineroduto. Em relação a este critério, os perfis IV e V, onde o reuso seria no próprio porto recebem as maiores pontuações relativas, seguido pelos demais perfis que possuem distâncias semelhantes. Para o abastecimento público, foi considerada uma ETE localizada mais próxima ao porto. E, em relação às áreas irrigáveis, foi considerada a área com maior concentração de pastagem e agricultura em meio rural com a menor distância.

**Tabela 6: Distância geométrica entre os perfis e o porto.**

<b>Perfil</b>	<b>Distância (Km)</b>
I - Polo industrial (Diversos setores)	6,5
II – Estação de tratamento de água (Abastecimento público)	6,2
III - Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)	6,9
IV – Porto (uso industrial e de serviço)	0,0
V – Porto (atividades humanas e navios)	0,0

O critério qualidade está ligado à conformidade da água com os padrões físico-químicos e biológicos necessários para o tipo de uso pretendido. As pontuações foram atribuídas considerando que a água consiga ser tratada ao ponto de atingir os padrões exigidos pela legislação pertinente, e que a água bruta tenha características e concentrações máximas dentro dos valores estimados.

Conforme demonstrado na tabela 7, os perfis destinados ao consumo humano da água, como os perfis II e V, requerem maior rigor em relação a qualidade da água, devendo atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888 de 04 de maio de 2021. Para as áreas irrigáveis (Perfil III), a água deve atender aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 75 de 29 de julho de 2010, uma vez que poderia ser aplicada em áreas de agricultura no estado da Bahia. Nos perfis I e IV a água poderia ser utilizada para usos não nobres, sendo menos restritivos em relação à qualidade da água.

**Tabela 7: Tipos de uso pretendidos de acordo com a qualidade da água.**

<b>Potenciais usuários</b>	<b>Tipo de uso</b>
I - Polo industrial (Diversos setores)	Usos não nobres
II – Estação de tratamento de água (Abastecimento público)	Consumo humano
III - Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)	Irrigação na agricultura e pastagem
IV – Porto (uso industrial e de serviço)	Usos não nobres
V – Porto (atividades humanas e navios)	Consumo humano

Em relação à disponibilidade de água para reúso e a demanda requerida pelos usuários, foram estimadas demandas requeridas com base em dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017; ANA, 2021) para o polo industrial e áreas de irrigação, população no entorno e consumo per capita (IBGE, 20177) para a ETA e demandas estimadas para o porto com base em empreendimentos já licenciados. As menores demandas foram encontradas para os perfis I, III e V, que foram semelhantes, e as maiores demandas foram encontradas para os perfis II e IV, também de forma semelhante. Assim, as demandas foram classificadas entre maior e menor. Os perfis e sua demanda relativa estão apresentadas na tabela 8.

**Tabela 8: Disponibilidade da água e a demanda hídrica dos usuários finais**

Potenciais usuários	Demanda hídrica
I - Polo industrial (Diversos setores)	Menor
II – Estação de tratamento de água (Abastecimento público)	Maior
III - Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)	Menor
IV – Porto (uso industrial e de serviço)	Maior
V – Porto (atividades humanas e navios)	Menor

Conforme discutido no item de qualidade do efluente a ser reutilizado, os parâmetros foram considerados de forma conservadora. O risco foi baseado no tipo de contato que o usuário final poderá ter com a água no uso pretendido, sendo contato dérmico ou por ingestão.

Conforme demonstrado na tabela 9, considera-se que a água nos perfis II e V poderá ser utilizada para consumo humano, havendo contato com o usuário tanto por ingestão quanto por contato dérmico. Dessa forma, foram classificados como risco alto. Já os perfis I, III e IV poderão utilizar a água para fins não nobres e irrigação, e os usuários podem ter contato dérmico com a água, sendo o risco classificado como médio.

**Tabela 9: Possíveis riscos à saúde pelo uso e contato físico de trabalhadores, consumidores e meio ambiente com a água de reúso**

Potenciais usuários	Risco
I - Polo industrial (Diversos setores)	Médio
II – Estação de tratamento de água (Abastecimento público)	Alto
III - Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)	Médio
IV – Porto (uso industrial e de serviço)	Médio
V – Porto (atividades humanas e navios)	Alto

Em relação à necessidade de pós-tratamento da água de reúso, por segurança e de maneira conservadora, propõe-se que este tratamento seja realizado em todos os casos, visando a segurança do receptor final em relação ao consumo desta água, conforme demonstrado na tabela 10.

Para os usos não nobres a serem aplicados pelos perfis I e IV, o tratamento convencional pode ser suficiente. Já para o uso na irrigação (Perfil III), caso a água se apresente conforme as características estimadas, será necessário tratamento para remoção de ferro e manganês ou qualquer outro parâmetro que se mostre acima dos padrões estabelecidos pela legislação.

Por fim, os perfis II e V que utilizariam a água para consumo humano, exigem uma qualidade da água muito maior, sendo necessários tratamentos para remoção de todos os parâmetros que se mostrarem acima dos padrões estabelecidos pela portaria de potabilidade da água.

**Tabela 10: Necessidade de melhorar ou adaptar o tratamento da ETE para determinado uso ou finalidade**

Potenciais usuários	Necessidade de pós-tratamento
I - Polo industrial (Diversos setores)	Sim, tratamento convencional de água
II – Estação de tratamento de água (Abastecimento público)	Sim, tratamento para remoção de arsênio, chumbo, ferro, manganês, alumínio, nitrogênio amoniacal, matéria orgânica e sólidos suspensos.
III - Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)	Sim, para remoção de ferro e manganês
IV – Porto (uso industrial e de serviço)	Sim, tratamento convencional de água
V – Porto (atividades humanas e navios)	Sim, tratamento para remoção de arsênio, chumbo, ferro, manganês, alumínio, nitrogênio amoniacal, matéria orgânica e sólidos suspensos.

Em relação aos benefícios ambientais, os perfis II e IV e V receberam as maiores pontuações, tendo em vista que a água que abasteceria estes usuários sem as opções de reuso seriam corpos d'água e mananciais que possuem um histórico de escassez nos últimos anos. O reuso neste caso otimizaria e reduziria significativamente a captação de água nestes mananciais, tendo em vista a demanda hídrica destes perfis. Além disso, toda a água reutilizada deixaria de ser descartada no mar. Os demais perfis acarretariam o mesmo benefício ambiental, porém devido a suas menores demandas, receberam pontuações menores.

Outro fator seria a imagem dos usuários finais perante a sociedade em relação à adoção do reuso da água. A concessionária responsável pelo abastecimento público, ao receber a água de reuso, seria a que teria a maior visibilidade, por ser responsável pelo abastecimento de água de praticamente todo o município. A destinação da água para a irrigação, para o porto, e para o polo industrial também contribuiria para a otimização de recursos naturais, porém a visibilidade desses usuários seria bem menor.

Em relação aos custos para implantação, para todos os usuários finais seria necessária a implantação de reservatórios, rede de distribuição e sistema de tratamento de água, sendo em alguns casos mais específicos em relação a sua tecnologia de tratamento.

Levando em consideração a distância do porto, a demanda hídrica e a necessidade do tratamento, o perfil IV é o usuário mais próximo da fonte de geração, e não demandaria grandes gastos com rede de distribuição, tendo somente o custo de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional e um reservatório. Já o perfil V necessitaria de tratamento adicional que remova todos os parâmetros necessários ao consumo humano, atendendo à Portaria GM/MS nº888/2021.

O perfil I trata-se de um usuário que, apesar de não necessitar de grandes estruturas de tratamento, está mais distante do porto. O perfil III necessita de um tratamento que atenda à Resolução CONERH nº 75/2010. Já o usuário II, além da necessidade de atender todos os parâmetros necessários ao consumo humano (Portaria GM/MS nº888/2021), encontra-se mais distante do porto.

Também devem ser levados em consideração os custos operação e manutenção dos sistemas implantados em cada caso. A depender do tratamento empregado, há custos com insumos, reagentes, equipamentos além dos custos com o monitoramento da qualidade da água, para direcionar e verificar as eficiências de tratamento. A manutenção também deve ser constante, visando a maior eficiência do tratamento e o atendimento a legislação. Os perfis que utilizarão a água para consumo humano (II e V) necessitam de monitoramento constante e completo, com todos os parâmetros estabelecidos na Portaria GM/MS nº888/2021. O perfil III também necessita de manutenções constantes no tratamento de água e monitoramento periódico tanto da água quanto do solo que recebe a água de reuso, de acordo com os critérios definidos pelo órgão competente e com a Resolução CONERH nº 75/2010. Já os perfis I e IV, por se tratarem de usos menos restritivos e não nobres, acarretam menores custos de manutenção e monitoramento.

Levando em consideração todos os critérios discutidos, os perfis de usuários foram comparados entre si e assim atribuídas pontuações para cada critério, conforme demonstrado na tabela 11.

**Tabela 11: Matriz de comparação entre os perfis para cada critério**

Distância		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
	II	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
	III	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
	IV	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00
	V	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00
Soma		13,00	13,00	13,00	2,60	2,60
Qualidade		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	7,00	3,00	1,00	5,00
	II	0,14	1,00	0,20	0,14	1,00
	III	0,33	5,00	1,00	0,33	5,00
	IV	1,00	7,00	3,00	1,00	7,00
	V	0,20	1,00	0,20	0,14	1,00
Soma		2,68	21,00	7,40	2,62	19,00
Disponibilidade		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00
	II	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33
	III	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00
	IV	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33
	V	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00
Soma		3,67	11,00	3,67	11,00	3,67
Riscos / Toxicidade		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00
	II	0,20	1,00	0,20	0,50	1,00
	III	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00
	IV	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00
	V	0,20	1,00	0,20	0,20	1,00
Soma		3,40	17,00	3,40	3,70	17,00
Necessidade de pós-tratamento		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	7,00	3,00	1,00	7,00
	II	0,14	1,00	0,20	0,14	1,00
	III	0,33	5,00	1,00	0,33	5,00
	IV	1,00	7,00	3,00	1,00	7,00
	V	0,14	1,00	0,20	0,14	1,00
Soma		2,62	21,00	7,40	2,62	21,00

**Continuação Tabela 11: Matriz de comparação entre os perfis para cada critério**

Benefícios ambientais		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	0,20	0,33	0,20	0,20
	II	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00
	III	3,00	0,33	1,00	0,33	0,33
	IV	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00
	V	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00
Soma		19,00	3,53	10,33	3,53	3,53
Imagem		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	0,20	1,00	5,00	5,00
	II	5,00	1,00	5,00	7,00	7,00
	III	1,00	0,20	1,00	5,00	5,00
	IV	0,20	0,14	0,20	1,00	1,00
	V	0,20	0,14	0,20	1,00	1,00
Soma		7,40	1,69	7,40	19,00	19,00
Custos de implantação		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	5,00	3,00	0,33	1,00
	II	0,20	1,00	0,33	0,14	0,20
	III	0,33	3,00	1,00	0,20	0,33
	IV	3,00	7,00	5,00	1,00	3,00
	V	1,00	5,00	3,00	0,33	1,00
Soma		5,53	21,00	12,33	2,01	5,53
Custos de operação e manutenção		Perfil				
		I	II	III	IV	V
Perfil	I	1,00	5,00	3,00	1,00	5,00
	II	0,20	1,00	0,33	0,20	1,00
	III	0,33	3,00	1,00	0,33	3,00
	IV	1,00	5,00	3,00	1,00	5,00
	V	0,20	1,00	0,33	0,20	1,00
Soma		2,73	15,00	7,67	2,73	15,00

De forma semelhante ao cálculo de prioridades, as matrizes de cada critério foram normalizadas e, através da média aritmética de cada linha da matriz, foram obtidos os vetores de prioridades de cada critério (peso) conforme demonstrado na tabela 12.

**Tabela 12: Pesos dos perfis em relação aos critérios e vetores de prioridade**

Distância		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	II	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	III	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	IV	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
	V	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Qualidade		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,37	0,33	0,41	0,38	0,26	0,35
	II	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05
	III	0,12	0,24	0,14	0,13	0,26	0,18
	IV	0,37	0,33	0,41	0,38	0,37	0,37
	V	0,07	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05
Disponibilidade		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	II	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	III	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	IV	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	V	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Riscos / Toxicidade		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29	0,29
	II	0,06	0,06	0,06	0,14	0,06	0,07
	III	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29	0,29
	IV	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29	0,29
	V	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
Necessidade de pós-tratamento		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,38	0,33	0,41	0,38	0,33	0,37
	II	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05
	III	0,13	0,24	0,14	0,13	0,24	0,17
	IV	0,38	0,33	0,41	0,38	0,33	0,37
	V	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05
Benefícios ambientais		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,05	0,06	0,03	0,06	0,06	0,05
	II	0,26	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28
	III	0,16	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11
	IV	0,26	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28
	V	0,26	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28

Continuação Tabela 12: Pesos dos perfis em relação aos critérios e vetores de prioridade

Imagem		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,14	0,12	0,14	0,26	0,26	0,18
	II	0,68	0,59	0,68	0,37	0,37	0,54
	III	0,14	0,12	0,14	0,26	0,26	0,18
	IV	0,03	0,08	0,03	0,05	0,05	0,05
	V	0,03	0,08	0,03	0,05	0,05	0,05
Custos de implantação		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,18	0,24	0,24	0,17	0,18	0,20
	II	0,04	0,05	0,03	0,07	0,04	0,04
	III	0,06	0,14	0,08	0,10	0,06	0,09
	IV	0,54	0,33	0,41	0,50	0,54	0,46
	V	0,18	0,24	0,24	0,17	0,18	0,20
Custos de operação e manutenção		Perfil					Prioridade
		I	II	III	IV	V	
Perfil	I	0,37	0,33	0,39	0,37	0,33	0,36
	II	0,07	0,07	0,04	0,07	0,07	0,06
	III	0,12	0,20	0,13	0,12	0,20	0,15
	IV	0,37	0,33	0,39	0,37	0,33	0,36
	V	0,07	0,07	0,04	0,07	0,07	0,06

### Construção da Matriz de Decisão

Foi construída uma primeira matriz com todos os vetores de prioridade, tanto dos critérios quanto dos perfis, conforme demonstrado na tabela 13. Através dessa matriz, multiplicando o vetor de prioridade dos critérios pelos vetores de prioridade dos perfis, foi obtida a matriz de decisão apresentada na tabela 14, a partir da qual foi possível ranquear os perfis de usuários que melhor se colocam, tendo em vista o objetivo de reuso para o efluente.

**Tabela 13: Vetores de prioridade**

Critérios	Distância	Qualidade	Disponibilidade	Riscos / Toxicidade	Necessidade de pós-tratamento	Benefícios ambientais	Imagem	Custos de implantação	Custos de monitoramento e manutenção	
Vetor de prioridade dos critérios →	0,060	0,204	0,024	0,248	0,177	0,054	0,023	0,121	0,089	
Vetores de prioridade dos perfis	I	0,08	0,35	0,27	0,29	0,37	0,05	0,18	0,20	0,36
	II	0,08	0,05	0,09	0,07	0,05	0,28	0,54	0,04	0,06
	III	0,08	0,18	0,27	0,29	0,17	0,11	0,18	0,09	0,15
	IV	0,38	0,37	0,09	0,29	0,37	0,28	0,05	0,46	0,36
	V	0,38	0,05	0,27	0,06	0,05	0,28	0,05	0,20	0,06

**Tabela 14: Matriz de decisão**

Critérios →		Distância	Qualidade	Disponibilidade	Riscos / Toxicidade	Necessidade de pós-tratamento	Benefícios ambientais	Imagem	Custos de implantação	Custos de monitoramento e manutenção	Percentual de prioridade	Ranking
		<b>Vetor de prioridade dos critérios x Vetor de prioridade dos perfis</b>	<b>I</b>	0,005	0,072	0,007	0,072	0,065	0,003	0,004	0,024	0,032
	<b>II</b>	0,005	0,010	0,002	0,018	0,008	0,015	0,013	0,005	0,006	8%	5
	<b>III</b>	0,005	0,036	0,007	0,072	0,031	0,006	0,004	0,011	0,014	18%	3
	<b>IV</b>	0,023	0,076	0,002	0,072	0,065	0,015	0,001	0,056	0,032	34%	1
	<b>V</b>	0,023	0,010	0,007	0,014	0,008	0,015	0,001	0,024	0,006	11%	4

Através da matriz de decisão, foi possível ranquear os perfis de usuários que melhor se colocam, tendo em vista o objetivo de reuso para o efluente do mineroduto (Tabela 15).

**Tabela 15: Ranking de alternativas**

Ranking	Perfil	Descrição
1	IV	Porto (uso industrial e de serviço)
2	I	Polo industrial (Diversos setores)
3	III	Áreas irrigáveis (Estabelecimentos Agropecuários)
4	V	Porto (atividades humanas e navios)
5	II	Estação de tratamento de água (Abastecimento público)

De acordo com o ranking de critérios, e levando em consideração sua prioridade relativa, os melhores ranqueados foram os perfis IV (Porto - industrial e serviços), I (Polo Industrial) e III (Áreas Irrigáveis), associados a usos não nobres, que requerem uma qualidade da água menos restritiva que os perfis V (Porto - atividades humanas e navios) e II (ETA), destinados a atividades e consumo humano.

Em relação aos critérios custos de implantação, monitoramento e manutenção, os perfis V e I requerem maiores investimentos em relação aos demais, devido à necessidade de tecnologias mais específicas de tratamento. Os demais critérios exercem menor influência na tomada de decisão, visto que são critérios com menor peso.

### **Custos de implantação e operação**

Com base em todos os tópicos abordados neste documento, os custos associados ao reuso do efluente do mineroduto seriam basicamente os de implantação e operação de estações de tratamento de água com processos convencionais e/ou específicos, reservatórios e sistemas de distribuição.

Dentre as estruturas citadas, o maior custo está relacionado aos sistemas de tratamento, que além do custo de implantação acarretam custos de manutenção e operação.

De forma geral, o custo de uma estação de tratamento de água depende de vários fatores, tais como o volume a ser tratado, a qualidade da água na entrada e a qualidade necessária após o tratamento, visando a sua disponibilização para uso.

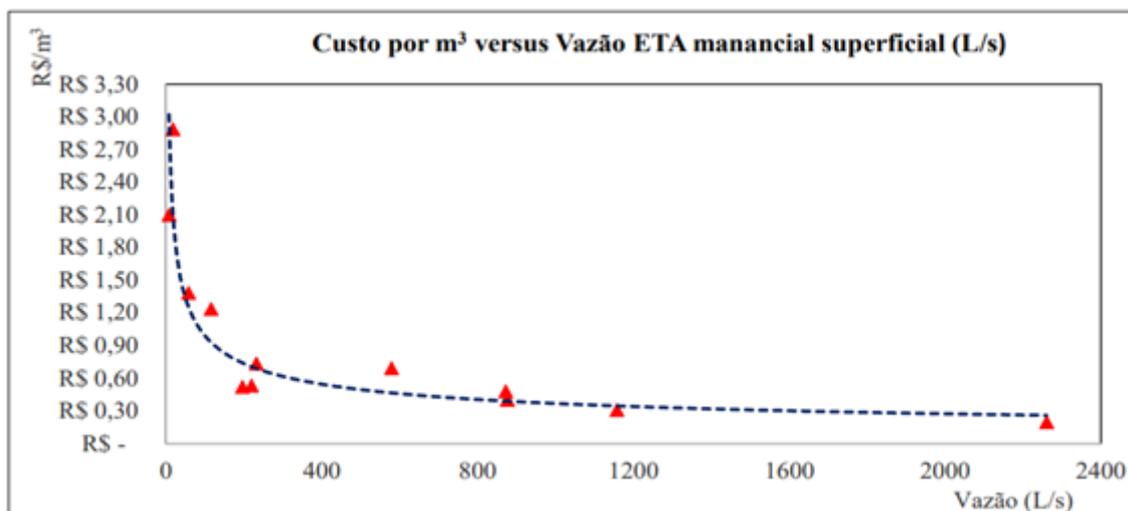
Levando em consideração as alternativas colocadas em primeiro, segundo e terceiro lugar de acordo com o ranking, se referem a usos não nobres e irrigação. Para estes usos, a água não precisa atender aos padrões de potabilidade, porém nos dois primeiros casos é recomendado o tratamento convencional da água para maior segurança. Já o terceiro colocado no ranking trata-se do uso para irrigação e precisa atender aos padrões definidos pela Resolução CONERH nº 75 de 29/07/2010 em relação ao ferro e manganês.

Para essas alternativas são necessárias algumas estruturas para reserva, tratamento e distribuição da água até o usuário final. No caso do porto, pensando de uma forma geral, o custo seria relacionado ao tratamento convencional e reservatório de água tratada. Em relação ao polo industrial, caberia além dessas estruturas um sistema de distribuição de aproximadamente 7km. Já para a terceira alternativa, além de todas as estruturas já citadas, a depender das reais características da água seriam necessárias tecnologias adicionais de tratamento para remoção de ferro e manganês, como por exemplo o abrandamento.

O estudo de Costa (2003) apresenta os custos para uma ETA convencional com vazão de tratamento de 200L/s, um reservatório de 5.000m<sup>3</sup> uma estação de recalque e uma rede de distribuição de 100km, o que gira em torno de R\$11 milhões.

Em relação aos custos de operação, Trennephol *et al.* (2017) fizeram um levantamento dos custos de operação e manutenção (O&M) de ETA da região metropolitana de Florianópolis - SC. Neste levantamento, foram levantados dados de três ETA com sistemas de tratamento diferentes para águas superficiais e subterrâneas. As duas primeiras ETA, que captam água superficial, possuem tratamento com tecnologia de ciclo completo, com correção de pH, adição de flúor e desinfecção, sendo a primeira com flocculador, filtros ascendentes, com unidade de desaguamento de lodo, e a segunda com filtração direta descendente. Já a ETA com captação subterrânea possui tratamento simplificado, com correção de pH, adição de flúor e desinfecção.

Com base nos dados das três ETA e dados presentes na literatura, Trennephol *et al.* (2017) construíram uma curva para o custo em R\$/m<sup>3</sup> correlacionado com a vazão das ETA estudadas. De acordo com essa curva (Figura 2), à medida que se aumenta a escala das ETA com manancial superficial e processo de tratamento convencional, proporcionalmente ocorre a diminuição do custo de O&M por metro cúbico tratado, devido ao ganho de escala (Trennephol *et al.*, 2017).



**Figura 2: Custo por metro cúbico relacionado a vazão de água tratada (mananciais superficiais). Fonte: Trennephol *et al.*, 2017.**

Em outros casos, nos quais a água necessita de tratamentos específicos, como abrandamento, precipitação química, adsorção, filtração, osmose reversa, entre outros, os custos também variam em relação à vazão a ser tratada e a tecnologia empregada. O abrandamento por precipitação química, dentre as soluções citadas é a que requer menores custos de implantação e operação de acordo com Moraes (2021), seguida da osmose reversa e abrandamento por troca iônica.

## CONCLUSÕES

Através da análise multicritérios baseada na metodologia AHP, foi possível ranquear as melhores alternativas e usuários finais para o efluente do mineroduto, levando em consideração diversos aspectos.

Conforme citado anteriormente, os critérios utilizados na hierarquização de alternativas foram classificados de acordo com sua importância e prioridade relativa, em relação um ao outro e em relação ao objetivo.

Os critérios riscos/toxicidade (25%), qualidade (20%), e necessidade de tratamento (18%) foram classificados como os mais importantes, visando a integridade do usuário final em relação a água de reuso. O critério custos foi dividido entre implantação (12%) e operação/manutenção (9%).

Os custos estão diretamente ligados à necessidade de pós-tratamento, e consequentemente a qualidade da água e os riscos associados a ela, sendo regidos por esses critérios. Os maiores custos estão ligados aos sistemas que requerem tecnologias mais específicas e a menores vazões, porém giram em torno da mesma ordem de grandeza. Os custos de implantação são maiores a curto prazo e dependem da tecnologia a ser empregada, já os custos de operação e manutenção são mais uniformes, tendo um valor unitário estimado dependendo da vazão a ser tratada e também da tecnologia utilizada.

Os critérios distância (6%), benefícios ambientais (5%), a disponibilidade (2%) e a imagem (2%) somam 15% de importância em relação aos demais critérios. Apesar de serem critérios essenciais, estes possuem importância relativa menor quando comparados aos critérios relacionados à água em si.

Em relação ao ranking de alternativas de reuso da água, o abastecimento do porto ficou em primeiro lugar, seguido do abastecimento do polo industrial, ambos para uso industrial e de serviço. Este uso é o que causa menores riscos ao usuário, é menos restritivo quanto à qualidade da água e requer um tratamento convencional. Além disso, o primeiro colocado se destaca por estar no mesmo local de geração, diminuindo os custos com a distribuição. Em terceiro lugar ficou a alternativa para reuso em áreas irrigáveis, que necessita da remoção de certos parâmetros visando atender a legislação estadual e necessita de uma rede de distribuição e recalque para levar a água até essas áreas.

Os demais usos necessitam de uma água com uma qualidade maior e mais restritiva por se tratar de abastecimento humano, principalmente quanto aos riscos e toxicidade, e, consequentemente, acarretando em maiores custos no tratamento e distribuição. Como se trata de uma água que pode conter alguns contaminantes que oferecem riscos à saúde, o uso para consumo humano é uma alternativa menos viável em relação às outras.

Portanto, diante da expressiva disponibilidade deste recurso, o uso para fins não nobres e para a irrigação pode trazer diversos benefícios ambientais e econômicos. Além disso, essa disponibilidade permite que o reuso da água seja aplicado por mais de um dos perfis citados neste estudo.

É importante ressaltar que se trata de uma análise conceitual, sendo necessários mais estudos e análises reais sobre a qualidade da água de reuso, para assim dimensionar alternativas condizentes com a realidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANDT. Avaliação comparativa de alternativas para reuso do efluente tratado do mineroduto. Projeto Lotus 1. Mineroduto Grão Mogol-Ilhéus Janeiro de 2023.
2. ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Água na indústria: uso e coeficientes técnicos / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017. Disponível em: < [http://www.snirh.gov.br/porta/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usuarios-da-agua/aguanaindustria\\_usoeficientestecnicos.pdf](http://www.snirh.gov.br/porta/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usuarios-da-agua/aguanaindustria_usoeficientestecnicos.pdf)> Acesso em 25/08/2022.
3. ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas águas: Mananciais e Sistemas. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <[https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf/attachments/AtlasAguas\\_MananciaisSistemas.xlsx](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf/attachments/AtlasAguas_MananciaisSistemas.xlsx)> Acesso em 25/08/2022.
4. ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2. ed. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em 25/08/2022.
5. ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Reuso de Água Agrícola e Florestal. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: < [https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade_1.pdf)>. Acesso em 25/08/2022.
6. BAMIN. Bahia Mineração. Estudo de Impacto Ambiental Porto Sul. 2011. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Porto/Porto%20Sul%20-%20Bahia/EIA/>> Acesso em 25/08/2022.
7. BAMIN. Bahia Mineração. Projeto De Engenharia da Rede de Abastecimento de Água Potável e Industrial. 2014.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação no 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (antiga Portaria MS Nº 2914/2011) Tema II - Padrão de Potabilidade e Planos de Amostragem Substâncias Químicas Inorgânicas - Monografias. 2018.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação no 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (antiga Portaria MS Nº 2914/2011). Tema II - Padrão de Potabilidade e Planos de Amostragem Substâncias Químicas Inorgânicas. Subsídios para Discussão e Orientações para Revisão. 2018.

10. CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, DF, 2006.
11. COSTA, Aroldo João *et al.* Metodologia para análise de tarifas de Sistemas de Abastecimento de Água-SAA com base nos custos de implantação e operação de sistema. 2003.
12. EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Relatório Anual Para Informação ao Consumidor. 2019. Disponível em: <<https://www.embasa.ba.gov.br/index.php/institucional/transparencia/relatorio-anual-para-informacao-ao-consumidor/category/116-2019?start=160>> Acesso em: 25/08/2022.
13. IBGE, Censo Agropecuário 2017 - Resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
14. IBGE, Cidades. IBGE, 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/ilheus/panorama>> Acesso em: 25/08/2022.
15. IBGE, Cidades. IBGE, 2021. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/ilheus/panorama>> Acesso em: 25/08/2022.
16. IBGE. Agência IBGE. Em 2017, o Brasil consumia 6,3 litros d'água para cada R\$ 1 gerado pela economia. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27607-em-2017-o-brasil-consumia-6-3-litros-d-agua-para-cada-r-1-gerado-pela-economia#:~:text=Em%202017%2C%20no%20Brasil%2C%20o,83%20litros%20por%20habitante%2Fdia>>. Acesso em: 25/08/2022.
17. ISAAC, Ricardo *et al.* Identification of Key Factors for Urban—Industrial Water Reuse: A Multi-Criteria Analysis Case Study. *Water*, v. 14, n. 8, p. 1314, 2022.
18. MORAES, Grazielle de et al. Métodos de Abrandamento de Água para Abastecimento: estudo de caso Habitasul-Jurerê Internacional. 2021.
19. SAATY, Thomas L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.
20. TRENNEPOHL, Felipe Gustavo; SOARES, Andréia Senna; KOSSATZ, Bruno. I-014-Levantamento dos Custos de Operação e Manutenção (O&M) de Eta da Região Metropolitana de Florianópolis/SC. 2017.
21. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. 5.ed. Geneva, 2017.