CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ECONÔMICA DA ÁGUA DE UM EMPREENDIMENTO MINERÁRIO DE MINAS GERAIS

FRANCES BOTELHO PRATES

BELO HORIZONTE

2019

FRANCES BOTELHO PRATES

ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ECONÔMICA DA ÁGUA DE UM EMPREENDIMENTO MINERÁRIO DE MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Profº. Dr. Daniel Brianezi

BELO HORIZONTE

2019

Prates, Frances Botelho.

S---
Análise da dependência econômica da água de um empreendimento minerário de Minas Gerais/ Frances Botelho Prates.: 2019. 52 f.; -- cm

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi.
Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019.

1. Crise hídrica. 2. Reúso de águas. 3. Dependência econômica. 4. Método de Produtividade Marginal. I. Prates, Frances Botelho. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Análise da dependência econômica da água de um empreendimento de Minas Gerais.

CDD ------

FRANCES BOTELHO PRATES

ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ECONÔMICA DA ÁGUA DE UM EMPREENDIMENTO MINERÁRIO DE MINAS GERAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 04/12/19

Banca examinadora:

Daniel Brianezi– Presidente da Banca Examinadora
Prof. DSc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientador(a)

André Luiz Marques Rocha
Prof. MSc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Lilia Maria de Oliveira
Prof. DSc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, e a fé inabalável que ele me proporciona.

Agradeço à minha família sobretudo meus pais, Eloisa e Sidney, que juntos trilhamos essa caminhada de mãos dadas.

Agradeço aos meus amigos de longa data que são meu porto seguro nos momentos mais difíceis, em especial Luísa, Camila, Lilian, Letícia, Maria Paula, Júlia, Aléxia, Jéssica, Aninha, Nágila, Lygia, Lara, Joana, Thamires e Hed.

Agradeço aos amigos que fiz no CEFET, Mayra, Mateus, Lucas, Júnia, Ju, Marina, Lorena e Fernanda, não menos importantes proporcionaram mais leveza e diversão no dia a dia acadêmico, e sem dúvida contribuíram para formar a profissional que serei no futuro. Ainda, agradeço à Vanessa que entrou na minha vida por obra do acaso e despertou um carinho imenso em mim.

Agradeço ao Tavinho, que mesmo que a vida tenha nos levado à caminhos diferentes foi extremamente importante para superar as dificuldades do ciclo básico do curso.

Agradeço a todos que conheci nos estágios que fiz durante o curso, principalmente meus queridos amigos Thales, Lucas, Matheus, Claudinho e Mari, vocês fizeram com que os meus primeiros passos na vida profissional fossem marcados de forma extremamente positiva e engrandecedora.

Por fim agradeço aos que mais contribuíram com o meu desenvolvimento. profissional. Ao Daniel Brianezi, que com muita paciência e generosidade, me orientou no projeto de iniciação científica e no trabalho de conclusão de curso. Ao Celso Scalambrini, que me escolheu e confiou no meu potencial. A Débora Oliveira, que é uma profissional e pessoa incrível, e que com muito cuidado, dedicação e espírito de equipe me ensinou muito mais que Licenciamento Ambiental. A Liana Notari, uma das pessoas mais inteligentes que já conheci, que mesmo em uma rotina maluca conseguiu me passar um pouco do seu conhecimento, com vontade de ensinar e com muito carinho.

RESUMO

PRATES, FRANCES BOTELHO, Análise da dependência econômica da água de um empreendimento de Minas Gerais. 2019. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

A partir do ano de 2015 a crise hídrica agravou o problema de abastecimento de água da Sudeste do país. Além dessa situação, Minas Gerais vivencia o risco iminente de rompimento de barragens de rejeito de mineração, o que aumenta a preocupação com relação à escassez dos recursos hídricos. As indústrias, setor responsável por grande consumo dos recursos hídricos, apresenta uma grande potencialidade para o reúso de águas. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a dependência econômica da água em empreendimento minerário utilizando o método de produtividade marginal. Para isso foi feito uma análise do balanço hídrico da empresa e proposto 3 diferentes cenários. Estes cenários simulados foram os seguintes: i) A empresa não adota o reúso; ii) A empresa não possui captação de água nova; iii) A empresa tem 30% da sua disponibilidade hídrica reduzida. Com isso, constatou-se a redução da receita da empresa em todos os cenários, principalmente no cenário 2 que se mostrou muito insatisfatório. Além disso, fica estabelecido o reúso de água como uma medida que auxilia na economia no empreendimento além de ser favorável ao meio ambiente.

Palavras chaves: Crise hídrica. Reúso de águas. Impacto econômico. Método de Produtividade Marginal.

ABSTRACT

PRATES, FRANCES BOTELHO, Analysis of the economic dependence of water of an enterprise in Minas Gerais. 2019. 53f. Monograph (Graduate) – Departament of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Since 2015, the water crisis has worsen, the southeastern region of the country, water supply problem. In addition to this situation, Minas Gerais experiences the imminent risk of Tailling Storage Facility (TSF) disruption, which increases the concern about the scarcity of water resources. The industries in general, sector responsible for the great consumption of water resources, have great potential for the reuse of water. In this context, the present work aimed to analyze the economic dependence of water in a mining enterprise using the Marginal Productivity Method. For this, an analysis of the company's water balance was made and three different scenarios were proposed: i) The company does not adopt the reuse; ii) The company does not have new water collection; iii) The company has 30% of its water availability reduced. With this, it was verified the reduction of the company's revenue in all scenarios, especially in scenario two that proved very unsatisfactory. In addition, the water reuse is established as a measure that assists in the economy in the enterprise and is favorable to the environment.

Keywords: Water crisis. Reuse of waters. Economic impact. Marginal Productivity Method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparação entre a precipitação média acumulada 18

Figura 2 - Sistemas de abastecimento na região metropolitana de Belo Horizonte. 20

Figura 3 - Gestão da água na indústria. 25

Figura 4 - Decomposição do valor econômico de um recurso ambiental. 27

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo. 30

Figura 6 - Fluxograma do balanço hídrico. 37

Figura 7 - Comparativo dos cenários avaliados. 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de reúso associados aos riscos à saúde. 23

Tabela 2 - Fluxos de água envolvidos em cada produto. 40

Tabela 3 - Dados obtidos com simulação do Cenário 1. 42

Tabela 4 - Dados obtidos com simulação do Cenário 2. 43

Tabela 5 - Dados obtidos com simulação do Cenário 3. 44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMM - Associação Mineira de Municípios

ANA - Agência Nacional de Águas

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

ETA – Estação De Tratamento de Água

ETE - Estação De Tratamento de Efluente

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

MDR – Método Dose Resposta

MPM - Método de Produtividade Marginal

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. OBJETIVOS 15

2.1. Objetivo Geral 15

2.2. Objetivos Específicos 15

3. REFERENCIAL TEÓRICO 16

3.1. Importância da água no Brasil e no Mundo 16

3.2. Contexto de Crise Hídrica em Minas Gerais 18

3.3. Reúso de Águas Residuárias 21

3.4. Reúso de águas nas indústrias e na mineração 24

3.5. Valoração de recursos naturais 26

3.6. Método da Produtividade Marginal 27

4. METODOLOGIA 29

4.1. Caracterização da empresa e de seus processos 29

4.2. Balanço hídrico do empreendimento 30

4.3. Avaliação da dependência do recurso hídrico 31

4.4. Função Dose-Resposta 32

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 37

5.1. Balanço hídrico no processo produtivo 37

5.2. Demandas hídricas do processo 40

5.3. Ano base 41

5.4. Cenário 1 41

5.5. Cenário 2 43

5.6. Cenário 3 44

5.7. Comparativo dos cenários 46

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 47

7. RECOMENDAÇÕES 50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

1. INTRODUÇÃO

Normalmente as situações de crise hídrica no país são associadas a regiões como o Nordeste e o Norte de Minas Gerais, por serem regiões naturalmente com menos disponibilidade hídrica. Entretanto, tem-se noticiado uma falta de recursos hídricos em diferentes regiões do país, até mesmo onde anteriormente se demonstrava haver uma abundância. Esse fato deve-se a diversos fatores, entre eles transformações climáticas, degradação das bacias hidrográficas e a falta de planejamento dos municípios, que têm causado problemas em diferentes regiões que tinham abundância de água para o consumo (WIVALDO, MOREIRA, SILVA, 2018).

No ano de 2015, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos em Minas Gerais, anunciou a situação de escassez hídrica nas porções hidrográficas que abrangem os reservatórios do Rio Manso, Vargem das Flores e Serra Azul, localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), o que representou a mais severa escassez hídrica da história dessa região (MAGALHÃES, et al, 2017).

Além dessa situação, Minas Gerais vivencia o risco iminente de rompimento de barragens de rejeito de mineração em vários pontos do estado, o que aumenta a preocupação com relação à escassez dos recursos hídricos.

Uma forma de amenizar um possível cenário de crise hídrica é a prática do reúso de águas. De acordo com Tenório et al. (2016), o reúso da água trata de uma racionalização dos recursos hídricos, além de ser uma forma de preservar a água, que poderá passar por um processo de tratamento dependendo a sua finalidade. O reúso de água traz diversos benefícios, dentre eles a diminuição da taxa de cobrança pelo uso da água, o favorecimento do abastecimento público, além da contribuição para a preservação dos recursos hídricos.

Na indústria, o reúso corresponde a uma maneira de gestão fundamental para a sustentabilidade da produção industrial (MENEZES e RAMOS, 2018). Esse setor apresenta uma grande potencialidade para a reutilização de efluentes, pois em várias

fases dentro do processo produtivo industrial podem-se empregar águas de qualidade inferior à potável (NUNES, 2006).

Dentre os benefícios ambientais do reúso de água destaca-se a redução na demanda por água captada e lançamento de efluentes nos corpos hídricos, que resulta em fontes hídricas de melhor qualidade e maior disponibilidade de água para uso em setores mais necessitados, como, por exemplo, hospitais e abastecimento público. Já os benefícios sociais englobam o aumento na oportunidade de negócios na cadeia produtiva, incluindo maior número de empregos diretos e indiretos disponíveis, além da melhor imagem repassada para o restante da sociedade, no que tange a aplicação do desenvolvimento sustentável. Por fim, como benefício econômico, pode-se destacar principalmente a diminuição dos custos de produção (SILVA; SANTANA, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo analisar a dependência econômica da água em empreendimento minerário utilizando o método de valoração ambiental da produtividade marginal.

2.2. Objetivos Específicos

- Verificar como o empreendimento usa o recurso hídrico em todos os processos;
- Demonstrar o balanço hídrico deste empreendimento e suas principais fontes hídricas;
- Mostrar práticas de reúso de água que o empreendimento adota com relação ao processo produtivo;
- Propor e avaliar diferentes cenários de escassez hídrica e analisar o impacto econômico desses cenários para empreendimento.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Importância da água no Brasil e no Mundo

A água é um elemento primordial para todos os seres vivos, é um bem de uso comum do povo reconhecido pela Constituição Federal do Brasil. A Política Nacional de Recursos hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) baseia-se nos seguintes fundamentos:

> *I - a água é um bem de domínio público;*
>
> *II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;*
>
> *III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*
>
> *IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*
>
> *V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;*
>
> *VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.*

Sendo assim, a água é um recurso que deve ser preservado e protegido uma vez que sem ela não há vida. É importante lembrar que a água é um recurso reciclável, porém limitado, o que não permite um uso irracional e a pratica do desperdício. Todos têm o direito de usufruírem dos recursos hídricos, entretanto apesar de ter a faculdade de usar e dispor desse bem, o ser humano não tem o direito de apropriação desse recurso (TENÓRIO, et al. 2016).

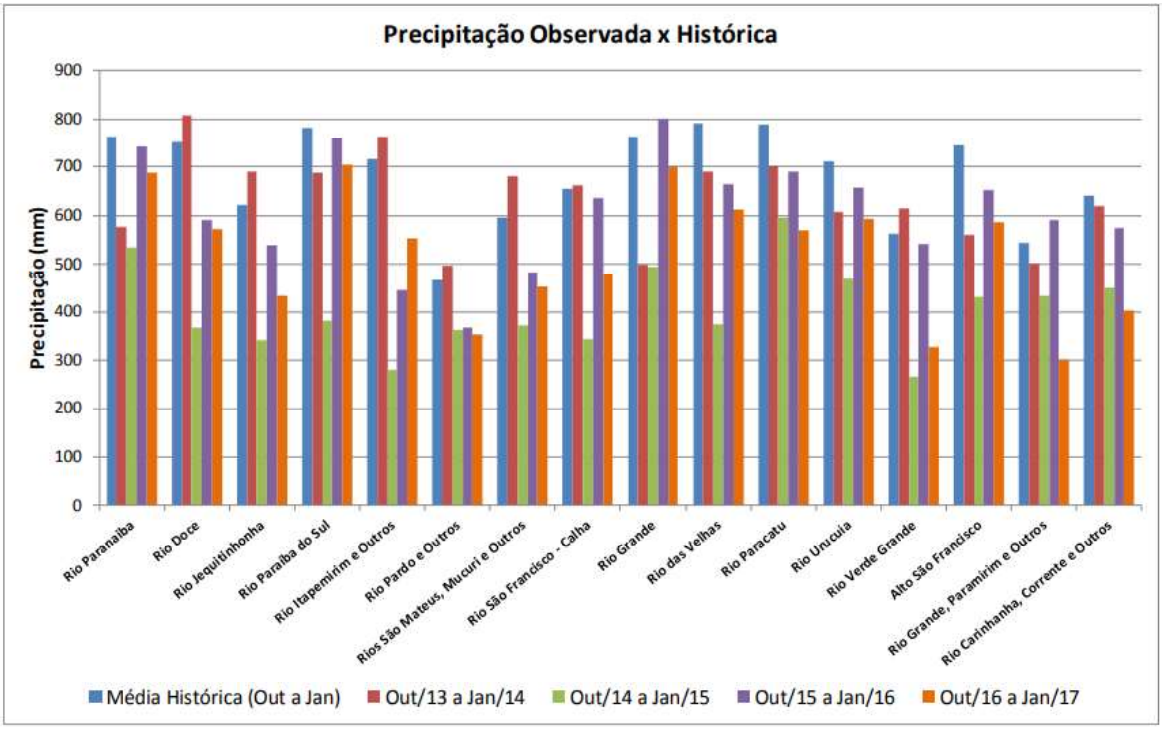
No Mundo, há cerca de 1,4 milhão de quilômetros cúbicos de água, mas apenas 2,5%, desse total, são de natureza doce, compreendendo os rios, lagos e reservatórios. Estes são responsáveis pelo consumo humano o que corresponde a 0,26% do percentual de água doce. Em todo mundo, cerca de 10% da água disponibilizada para

consumo são destinados ao abastecimento público, 23% para a indústria e 67% para a agricultura (GOMES, 2011).

Já o Brasil, considerado um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água, tem a maior reserva de água doce do planeta, ou seja, 12% do total mundial. Entretanto, sua distribuição não é uniforme no território brasileiro. Enquanto a Amazônia é a região que possui a maior bacia fluvial do mundo, alguns municípios da região Nordeste têm problemas sérios de escassez hídrica, onde a falta d'água por longos períodos contribuiu para o abandono das terras e para a migração aos centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro (GOMES, 2011).

No Brasil, são peculiares a disponibilidade hídrica e o contingente populacional nas diferentes regiões. Enquanto a região Norte conta com a maior disponibilidade hídrica do país e menor densidade demográfica, a região Sudeste, é a de maior densidade demográfica do país e não conta com a disponibilidade hídrica vista na região norte. Entre os anos de 2011 e 2015, a região Sudeste, que até então não era alvo de grandes preocupações com falta de recursos hídricos, vivenciou precipitações abaixo da média histórica, com destaque para as bacias que abastecem as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro (JACOBI; CIBIM; SOUZA, 2016). A Figura 1 apresenta na região sudeste, por bacia, as precipitações acumuladas de outubro a janeiro dos anos hidrológicos 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 e a média histórica de outubro a janeiro.

Figura 1 - Comparação entre a precipitação média acumulada



Fonte: CPRM – Serviço Geológico Do Brasil, 2017.

3.2. Contexto de Crise Hídrica em Minas Gerais

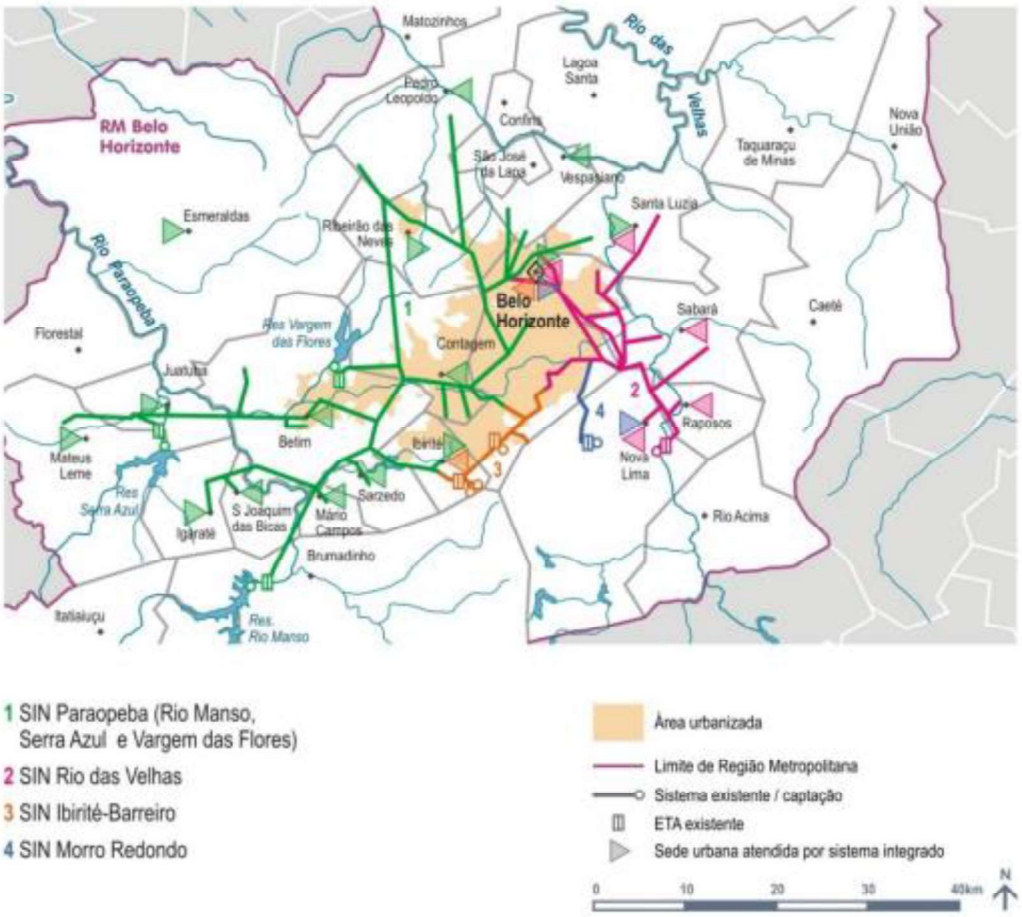
No Brasil, problemas de escassez hídrica se evidenciaram no decorrer dos anos. De acordo com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2014), houveram reduções acentuadas de chuvas nas regiões Nordeste e Sudeste do país em relação à média histórica anual. O relatório supracitado apontou também, a partir de uma análise de balanço hídrico, as bacias hidrográficas com trechos críticos, ou seja, trechos que apresentaram as reduções mais acentuadas de chuva. Esses trechos incluem além da conhecida região do Semiárido Nordestino, as bacias hidrográficas na região Sudeste na qual se localizam grandes cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (MAGALHÃES, et al, 2017).

Em Minas Gerais, nasce o Rio São Francisco, que se estende também a outros estados do Nordeste. O Rio São Francisco possui uma de suas principais causas de degradação o avanço descontrolado da agricultura intensiva de irrigação, como

consequência, esse avanço provoca o desmatamento do cerrado, supressão da mata ciliar. A produção do carvão vegetal é outra atividade que aumenta o risco de escassez hídrica, pois as plantações de eucalipto para carvão vegetal levam à degradação dos solos e a um desequilíbrio hídrico (ZELLHUBER e SIQUEIRA, 2007).

Com relação à região metropolitana de Belo horizonte (RMBH), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos em Minas Gerais, anunciou em abril de 2015, a situação de escassez hídrica nas porções hidrográficas que abrangem os reservatórios da região e as bacias contribuintes para estes reservatórios. O que representou a mais severa escassez hídrica da história dessa região. Na região, composta por 34 municípios, destacam-se os sistemas integrados Paraopeba (que inclui 3 sistemas produtores, com captações nas barragens dos rios Vargem das Flores, Serra Azul e Manso) e Rio das Velhas (que é o principal manancial da cidade de Belo Horizonte) (Figura 2) (MAGALHÃES, CARVALHO, SOUZA, 2016).

Figura 2 - Sistemas de abastecimento na região metropolitana de Belo Horizonte.



Fonte: ANA (2015)

É sempre atribuído às situações de crise hídrica, as questões climáticas. Entretanto, além das questões climáticas, outros fatores contribuem com a diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos. São esses fatores: a ampliação da necessidade de abastecimento devido ao aumento populacional, o que provoca o aumento na ocupação do solo responsável pela mudança nos níveis de infiltração e escoamento de águas; aumento nas atividades produtivas o que provoca o aumento na poluição das águas, entre outros fatores (GALVÃO E BERMANN, 2015).

Em situações de escassez hídrica pode haver redução de volume captado nas outorgas concedidas pelo órgão ambiental, segundo o IGAM, a COPASA, responsável pelo abastecimento na RMBH, no início do ano de 2015, fez campanhas para que a população reduza no mínimo 30% o consumo de água, para evitar que medidas como

racionamento e tarifa de contingência fossem implantadas. Porém, dado as perspectivas relacionadas às mudanças climáticas e problemas relacionados à falta de planejamento e investimento na área, há possibilidades reais no curto e longo prazo para a ocorrência de novas situações de escassez e inevitável racionamento de água, que pode tomar a forma de restrições no volume outorgado, taxas extraordinárias e/ou rodízio de abastecimento (MAGALHÃES, CARVALHO, SOUZA, 2016).

Além da situação já descrita, Minas Gerais passou por desastres ambientais em decorrência de rompimentos de barragem de rejeito de empresas de mineração (2015 e 2019). Esses acontecimentos aumentaram a preocupação com relação à disponibilidade hídrica para abastecimento da população, uma vez que o último rompimento se deu no entorno de Belo Horizonte, especialmente em relação aos sistemas Bela Fama e Morro Redondo (principal sistema de abastecimento de Belo Horizonte).

3.3. Reúso de Águas Residuárias

De acordo com Tenório et al. (2016), o reúso da água trata de uma racionalização dos recursos hídricos, além de ser uma forma de preservar a água, que poderá passar por um processo de tratamento dependendo a sua finalidade. O reúso de água traz diversos benefícios, dentre eles a diminuição da taxa de cobrança pelo uso da água, o favorecimento do abastecimento público, além da contribuição para a preservação dos recursos hídricos.

Os tipos de reúso podem ser classificados em: reúso indireto, reúso direto, reciclagem interna, reúso potável direto e reúso potável indireto. Essas classificações de acordo com Silva e Santana (2014) se dão de acordo com seus usos e finalidades conforme descritos abaixo:

- **Reúso indireto:** acontece quando a água usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante. É a forma mais difundida onde a autodepuração

do corpo de água é empregada para degradar os poluentes lançados com o esgoto in natura;

- **Reúso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação da qualidade do efluente àquela definida pelo uso requerido;
- **Reciclagem interna:** é o reúso da água dentro das instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e a diminuição da poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento;
- **Reúso potável direto:** ocorre quando o esgoto, após passar por tratamento avançado, é usado novamente de forma direta no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras, ao elevado custo do tratamento e ao alto risco sanitário associado;
- **Reúso potável indireto:** caso em que o esgoto, após tratamento, é descartado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, depuração natural e subsequente captação, tratamento e por fim utilização como água potável.

Com relação à difusão dessa pratica no país, é importante que ocorra de forma planejada e controlada. Isso é importante para que não ocorra displicência por parte do usuário, como por exemplo, usar águas altamente poluídas para irrigação de hortaliças ou outros vegetais, ocasionando danos à saúde pública dos consumidores. A tabela abaixo relaciona possíveis riscos à saúde que uma maneira inadequada de reúso de água pode ocasionar (FERNANDES, 2006).

Tabela 1 - Tipos de reúso associados aos riscos à saúde.

FORMA DE REÚSO	RISCOS À SAÚDE
Agrícola	Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta de trabalhadores Contaminação do público por aerosóis Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criados em lagoas contaminadas.
Industrial	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta de trabalhadores
Recreacional	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais; Contaminação direta de trabalhadores
Recarga de Aqüífero	Contaminação de aqüíferos utilizados como fonte de água potável Contaminação direta de trabalhadores
Reuso urbano não potável	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso;. Contado como água recuperada utilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas ; Contaminação direta de trabalhadores
Reúso Potável	Ingestão de contaminantes biológicos e químicos Contaminação direta de trabalhadores

Fonte: (FERNANDES, 2006)

Além do exposto, o reúso de águas residuárias se torna um elemento chave na diminuição de gastos e, consequentemente, aumento de receita através da eficiência do processo. Em empreendimentos, se torna fundamental para corroborar com o lucro e em instituições sem fins lucrativos, proporciona uma gestão de recursos mais inteligente. Dessa forma, temos o reúso como uma medida de ecoeficiência, ou seja, garante que medidas de gerenciamento ambiental levem a ganhos econômicos (SOUZA et al., 2016).

É importante ressaltar que no cenário Brasileiro, não há uma lei federal que propõe diretrizes para o reúso de água, entretanto o governo federal busca uma forma

de regulamentar a utilização da água de reúso. A normatização já está sendo debatida nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro (SOUZA et al., 2016).

3.4. Reúso de águas nas indústrias e na mineração

No Brasil, a indústria consome aproximadamente 20% da água do país. Deste total, pelo menos 10% é extraída diretamente de corpos d'água. Mais da metade das águas utilizadas para uso industrial é tratada de forma inadequada ou não recebe nenhuma forma de tratamento. Na indústria, o reúso corresponde à prática de gestão ambiental importante para a produção industrial. Essa pratica abrange a produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento, em lavadores de gases e como água de processos (MENEZES E RAMOS, 2018).

O setor industrial é um setor que apresenta uma grande potencialidade para a reutilização de efluentes. Isso ocorre devido ao fato de que várias fases dentro do processo produtivo industrial podem empregar águas de qualidade inferior à potável (NUNES, 2006).

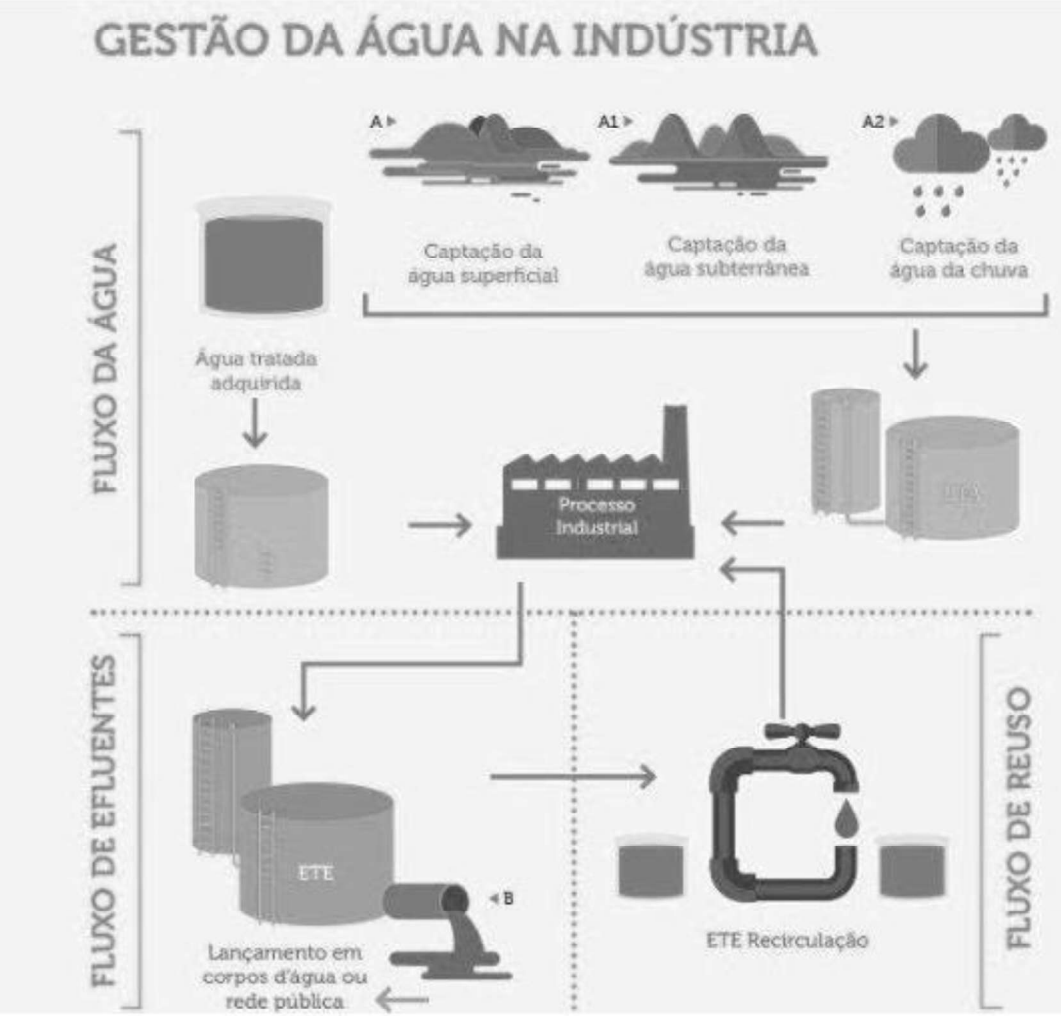
Além disso, o setor industrial está exposto a um importante instrumento de exigência: as imposições ambientais e de saúde pública. Nesse contexto, é fundamental a busca por parte das indústrias por processos mais aprimorados e pela implantação de um Sistema de Gestão Ambiental que promova a gestão da demanda da água e a minimização da geração de efluentes (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

Outro fator que tem levado as indústrias a avaliar a possibilidade interna de reúso de águas residuárias é o custo elevado da água associado às demandas crescentes (SOUSA, 2018).

De acordo com Moruzzi (2008), deve-se atentar à qualidade da água reutilizada bem como seus efeitos potenciais na saúde dos usuários e nas instalações (corrosão, incrustações e deposição de materiais sólidos nas tubulações, tanques e outros equipamentos). Tomando os devidos cuidados, a prática pode ser extremamente benéfica para as empresas, porque reduz o consumo de água, trazendo economia

financeira para a empresa, além de atender as políticas de sustentabilidade. A gestão de água na indústria pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Gestão da água na indústria.



Fonte: Federação das indústrias do estado de Minas Gerais (2014).

O reúso da água passou a ser uma alternativa estratégica para a redução do consumo, em especial pelas empresas de mineração. Entre as ações que podem ser implementadas por mineradoras estão sistemas de reuso de água pluvial, plantas de beneficiamento de minério com circuitos fechados, além de processos internos de recirculação e o reaproveitamento de águas residuais. (BRASIL MINERAL, 2018)

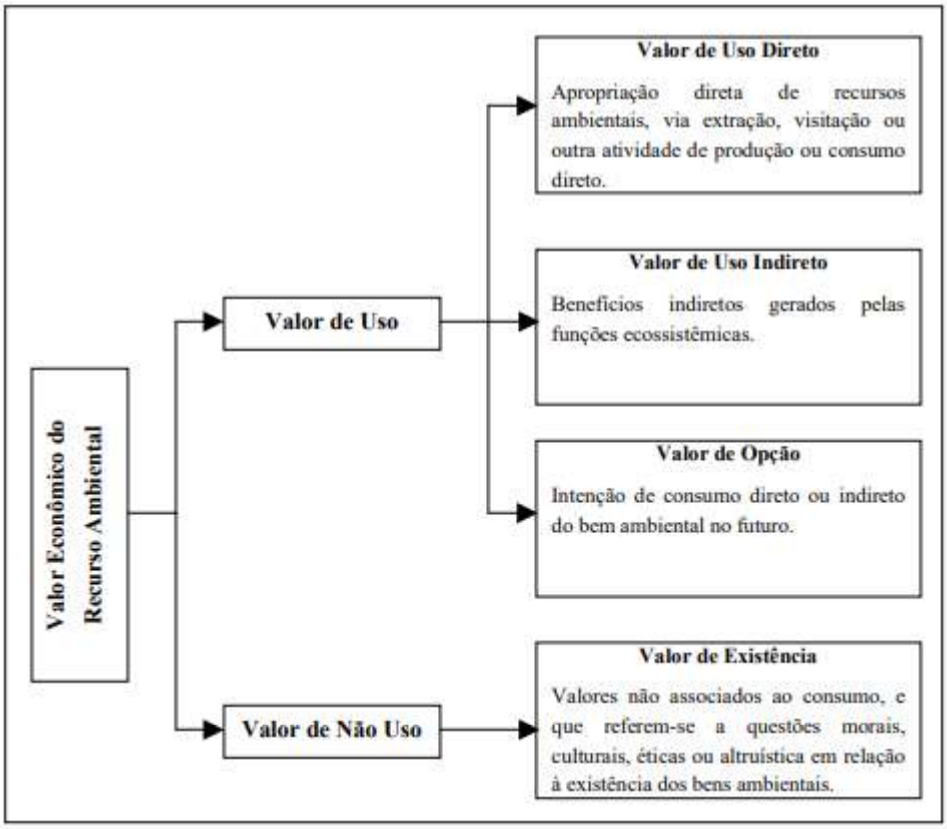
Para os empreendimentos minerários a água de reuso reduz o volume de lançamento de efluentes industriais em cursos d´água, além de diminuir o volume da captação de águas superficiais e subterrâneas e aumentar a disponibilidade do recurso para usos mais exigentes, como abastecimento público. Também pode render benefícios econômicos, como a mudança nos padrões de produção e consumo e a habilitação para receber incentivos e benefícios sociais, com a consequente melhoria da imagem da mineradora junto à sociedade. (BRASIL MINERAL, 2018)

3.5. Valoração de recursos naturais

A valoração econômica dos recursos naturais baseia-se em um conjunto de métodos e técnicas que determinam valores monetários para os ativos ambientais, para os serviços prestados pela natureza e para os impactos ambientais provenientes de ações antrópicas (EDUARDO, MALDONADO, RIBEIRO, 2017).

Nesse sentido, é possível atribuir valor aos recursos ambientais em função de seus atributos, isso ocorre da seguinte forma: enquanto os fluxos de bens e serviços ambientais gerados pelo consumo definem os atributos relacionados ao seu valor de uso (valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção), os atributos relacionados à própria existência do recurso, sem qualquer associação ao seu uso presente ou futuro, representam o valor de não uso, ou valor de existência do recurso ambiental. Essa desagregação do valor econômico do recurso ambiental pode ser melhor entendida na Figura 4 (MAIA, ROMEIRO, REYDON, 2004).

Figura 4 - Decomposição do valor econômico de um recurso ambiental.



Fonte: (MAIA, ROMEIRO, REYDON, 2004)

Há várias metodologias para valorar recursos naturais, entre elas estão os métodos de valoração diretos e indiretos. A escolha do método de valoração mais adequado considera diferentes variáveis entre elas o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo. Dessa forma, não é possível dizer que uma metodologia é melhor que outra sem antes determinar o contexto de seu uso (MAIA, ROMEIRO, REYDON, 2004).

3.6. Método da Produtividade Marginal

O Método da Produtividade Marginal estabelece um valor ao uso da biodiversidade conectando a quantidade ou qualidade de um recurso ambiental à produção de outro produto com preço definido no mercado. Neste método, uma função denominada “dose-resposta” mensura o impacto no sistema produtivo dada uma

variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental. Essa variação permite atribuir valor econômico de uso do recurso ambiental (MAIA, 2001).

É importante ressaltar que mensurar com precisão a provisão de bens é bastante complicado, uma vez que a elaboração da função dose-resposta exige sólidos conhecimentos sobre as ciências naturais (PEARCE, 1993).

Um exemplo de aplicação para esse método seria em um estudo econômico sobre produtividade agrícola. Neste contexto poderia ser considerada a erosão do solo como a “dose” e consequentemente a perda de safra seria a “resposta” (MOTTA, 2006).

4. METODOLOGIA

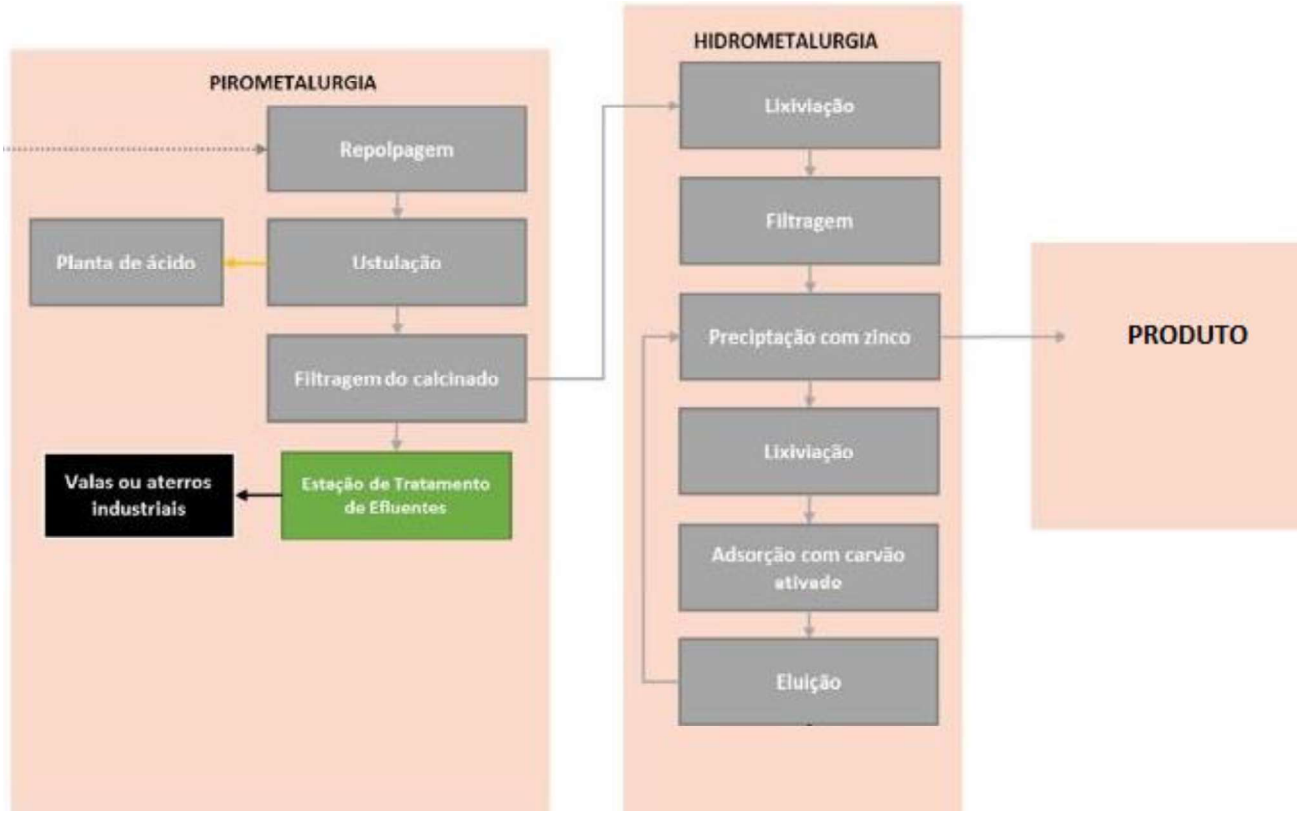
4.1. Caracterização da empresa e de seus processos

A empresa trata-se de uma mineradora que mantém operações em diversos países. No Brasil, possui unidades em alguns estados, entre eles Minas Gerais. A unidade estudada está situada na região metropolitana de Belo Horizonte.

O empreendimento comercializa 3 produtos, denominados Produto 1, o principal e mais lucrativo; Produto 2, segundo mais comercializado; e Produto 3, terceiro mais rentável.

A organização processa o material concentrado extraído oriundo de outros municípios do Estado. Posteriormente, o material é direcionado para tanques de repolpagem e segue para a etapa de Pirometalurgia. Em seguida, o material na forma de polpa, é enviado para a etapa de Hidrometalurgia. Ao final do processo, o material é enviado à última etapa onde é gerado o Produto 1 e 3 da empresa. Na Figura 5, é possível observar um fluxograma do processo produtivo da empresa. Não será detalhado cada fase da pirometalurgia e hidrometalurgia (principais processos da empresa), pois cada etapa apresenta alto grau de complexidade e não tem aplicação no presente trabalho.

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: Empresa, adaptado pela autora.

4.2. Balanço hídrico do empreendimento

Para desenvolvimento deste trabalho, baseou-se nas informações contidas no balanço hídrico da empresa. O balanço hídrico foi feito considerando os processos descritos no item 4.1 e a interação entre atividades consumidoras, reservatórios e captações, utilizando metro cúbico (m^3) como unidade de medida.

A partir do balanço hídrico, identificaram-se os usos da água em cada processo da empresa, entradas e saídas de água no sistema produtivo e formas de reúso. É importante dizer que no processo produtivo da empresa os usos de água para a produção de cada produto se misturam. Dessa forma, não é possível indicar diretamente a demanda empregada para a produção do Produto 1 e para a produção do Produto 3 separadamente. Nesse sentido, vamos nos referir aos Produtos 1 e 3 somente como Produto 1.

4.3. Avaliação da dependência do recurso hídrico

Para avaliar a dependência do recurso hídrico, utilizou-se o Método Produtividade Marginal (MPM), também conhecido como Método Dose-Resposta (MDR). Esse método de valoração baseia-se na premissa fundamental de que o serviço ecossistêmico é ou pode ser considerado insumo do processo produtivo da empresa.

Dessa forma, uma variação na quantidade ou qualidade de um determinado serviço ecossistêmico, neste caso a água – a "dose" – implicará em uma variação na produtividade do empreendimento – a "resposta", ou seja, o produto final da empresa.

Para a aplicação deste método, determinou-se a relação entre o serviço ecossistêmico e a produtividade da empresa, a chamada "função dose-resposta". Essa função levou em consideração o total de água utilizado no processo produtivo (considerando as fontes de água nova e água recirculada nos processos) e a produção total da empresa. Com isso, foi possível obter o consumo de água por produção e, consequentemente, o custo com a água da produção.

Além disso, simulou-se 3 cenários de dependência de água pelo empreendimento:

Cenário 1 - O empreendimento não adota nenhuma medida de reúso e depende somente de captação de água já outorgada;

Cenário 2 - As fontes de captação de água são afetadas de modo que as captações são interrompidas, fazendo com que a empresa apenas faça o reúso de água;

Cenário 3 - O empreendimento conta uma redução de disponibilidade hídrica de 30% (redução aconselhada pela COPASA no período da mais severa crise hídrica na região metropolitana de Belo Horizonte, conforme descrito no referencial teórico por Magalhães, Carvalho e Souza (2016)).

Para cada cenário supracitado estimou-se os ganhos e perdas de produção referentes à demanda de água, utilizando o método de valoração produtividade

marginal. Posteriormente, cada cenário proposto foi comparado com a situação vigente de produção da empresa.

4.4. Função Dose-Resposta

Após analisado o balanço hídrico, foi determinada a água empregada para produção para produção de cada produto (A): Produto 1 e Produto 2. Baseado no cenário atual (ano base) e no balanço hídrico estimou-se a proporcionalidade de água demandada para produção de cada produto. Deste modo, obteve-se para o Produto 1, 77,6% e uma demanda de 22,4% da água total para produção do Produto 2. As Equações I e II, demonstram a relação descrita:

$$A1 = Água total do processo x 0{,}776 \quad \text{(Equação I)}$$

$$A2 = Água total no processo x 0{,}224 \quad \text{(Equação II)}$$

Onde:

A_1 = água empregada para produção do Produto 1, em m³;

A_2 = água empregada para produção do Produto 2, em m³;

Nas simulações dos cenários o quantitativo de água total do processo muda conforme o que foi proposto para cada cenário, assim, por meio das Equações I e II é possível determinar A1 e A2.

Já o Consumo de Água por Produto (CAPi) pode ser determinado pela Equação III:

$$CAPi = \frac{Ai}{Pi} \quad \text{(Equação III)}$$

em que:

CAPi = consumo de água por produto i, em m³/kg;

A_i = água empregada para produção de cada produto i, em m³;

Pi = produção do produto i, em kg.

$_i$ = Produto 1, Produto 2

- **Ano Base**

O ano de 2017 serviu como ano-base para as análises realizadas, uma vez que o balanço hídrico teve esse ano como referência, e por meio da observação do balanço hídrico, obteve-se (Ai). Além disso, os dados de produção foram obtidos na empresa considerando esse mesmo ano (Pi). A partir dos dados obtidos, obteve-se o consumo de água por produto (CAPi) da empresa (Equação III).

No ano base não é necessário a utilização das Equações I e II uma vez que o balanço hídrico já oferece os quantitativos da água empregada para produção de cada produto (Ai).

- **Cenário 1**

Neste cenário considerou-se que a organização não realiza prática de reúso de água, demandando apenas por água de captação outorgada, ou seja, diminui o quantitativo de água total do processo reduzindo, consequentemente, a água empregada na produção de cada produto (Ai). Por meio das Equações I e II foram encontrados os valores de Ai.

Dessa forma, com os novos quantitativos de Ai e adotando que a empresa mantém o mesmo CAP, foram obtidos novos valores de produção (P) para o Produto 1 e novo valor de produção (P) para o Produto 2, por meio da Equação III. O CAP foi mantido constante porque considerou-se que a empresa mantém o mesmo padrão de produção, sem incorporar nenhuma nova tecnologia ou procedimento que otimize o consumo de água no processo.

Com base nesses valores e considerando o preço de mercado de cada produto, estimou-se a receita auferida no cenário proposto e o impacto na dependência da água (Equação IV).

$$R_i = NP_i * cP_i$$(Equação IV)

onde:

R = receita, em reais;

NP = novo quantitativo de produção, em kg;

cP = cotação do produto no mercado, em reais/kg.

ᵢ = Produto 1, Produto 2

Posteriormente, foram somadas as receitas dos Produtos 1 e 2 para determinar a receita total do cenário proposto.

- **Cenário 2**

O Cenário 2 considerou apenas a água de reúso para produção de cada produto, ou seja, sem nova captação de água para produção de cada produto (Ai). Por meio das Equações I e II foram encontrados os Ai.

Dessa forma, com os novos quantitativos de Ai e adotando que a empresa mantém o mesmo CAP, foram obtidos novos valores de produção (P) para o Produto 1 e novo valor de produção (P) para o Produto 2, por meio da Equação III.

Com base nesses valores e considerando o preço de mercado de cada produto, estimou-se a receita auferida no cenário proposto e o impacto na dependência da água (Equação IV).

Posteriormente, foram somadas as receitas dos Produtos 1 e 2 para determinar a receita total do cenário proposto.

- **Cenário 3**

O Cenário 3 levou em consideração a simulação da redução de 30% no total de água do processo, frente a problemas de crise hídrica, o que obrigaria a empresa a

reduzir seu consumo de água, afetando sua produção. Por meio das Equações I e II foram encontrados os Ai.

Dessa forma, com os novos quantitativos de Ai e adotando que a empresa mantém o mesmo CAP, foram obtidos novos valores de produção (P) para o Produto 1 e novo valor de produção (P) para o Produto 2, por meio da Equação III.

Com base nesses valores e considerando o preço de mercado de cada produto, estimou-se a receita auferida no cenário proposto e o impacto na dependência da água (Equação IV).

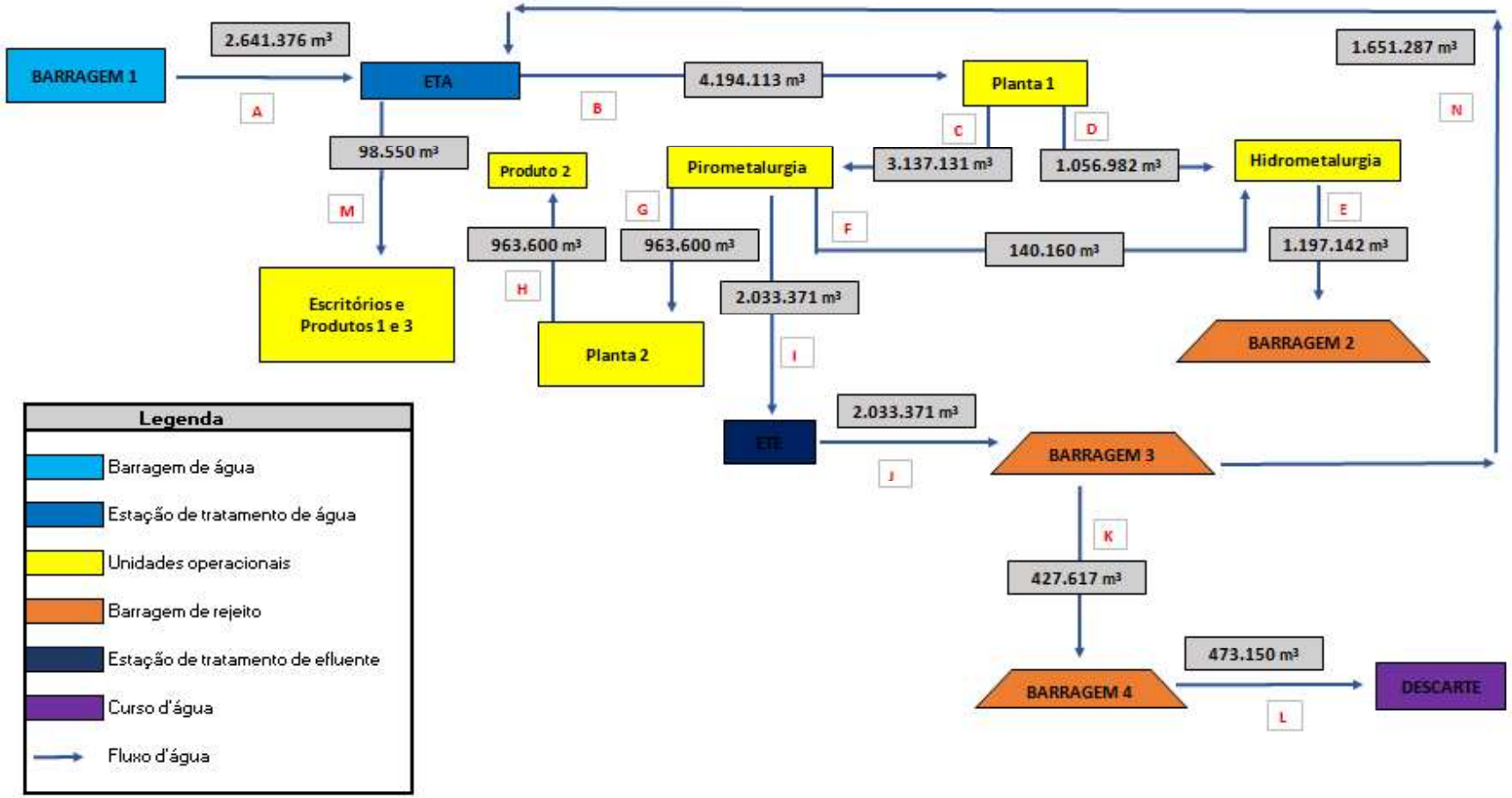
Em seguida, foram somadas as receitas dos Produtos 1 e 2 para determinar a receita total do cenário proposto.

Ao final, discutiu-se os cenários levantados e comparou-se com a situação atual.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Balanço hídrico no processo produtivo

Figura 6 - Fluxograma do balanço hídrico.



Fonte: Empresa, Adaptado pela Autora.

O recurso hídrico é captado em um córrego próximo a empresa e direcionado a uma barragem de água, onde fica armazenado. Essa captação possui vazão outorgada de 395,64 m³/h, entretanto, é usado cerca de 300 m³/h. No ano de 2017, o volume captado totalizou 2.641.376 m³.

Posteriormente, a água é encaminhada a uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Na ETA, ocorre a coagulação dos sólidos em suspensão e oxidação de materiais orgânicos, seguida da decantação e filtração. O produto final, ou seja, a água tratada (98.550 m^3) é destinada para escritórios e para a produção do Produto 1 da empresa. 4.194.113 m^3 são destinados à produção e beneficiamento do Produto 2.

Na planta industrial, 3.137.131 m^3 de água é destinada ao processo de pirometalurgia e 1.056.982 m^3 da água é utilizada no processo de hidrometalurgia. Estes são os processos mais usados na oxirredução dos metais e são escolhidos de acordo com as características do metal, incluindo a concentração e a temperatura de fusão do metal de interesse (MESQUITA, CARVALHO, OGANDO, 2016).

O material a ser beneficiado passa pelo processo de pirometalurgia, que engloba os processos de ustulação, lavagem de gases, filtragem e fábrica de ácido. Em seguida, parte do material na forma de polpa passa pela hidrometalurgia.

O processo hidrometalúrgico envolve a extração de minerais metálicos, em que a principal etapa de separação do mineral de interesse envolve reações de dissolução do minério em meio aquoso. Nesse processo, utiliza-se, geralmente, o ácido para a dissolução, por meio de uma técnica denominada lixiviação ácida (MESQUITA, CARVALHO, OGANDO, 2016).

Em relação ao fluxo hídrico, após o processo de pirometalurgia, 963.600 m³ da água são destinados à Planta 2 para produção do Produto 2 e140.160 m³ do que sai do processo de pirometalurgia são direcionados para o processo de hidrometalurgia. Ao final da hidrometalurgia, 1.197.142 m³ são encaminhados à Barragem 2. Além disso, 2.033.371 m³ são destinados à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

Após passar pela ETE, 2.033.371 m³ são direcionados à Barragem, 3,427.617 m³ vão para a Barragem 4 e, por fim, 473.150 m³ serão descartada seguindo para um afluente do Rio das Velhas.

O volume de 1.651.287 m³ de água presente na Barragem 3 é encaminhada à ETA Industrial voltando ao processo produtivo.

O fluxograma a seguir sintetiza o balanço hídrico descrito anteriormente para uma melhor compreensão (Figura 6).

5.2. Demandas hídricas do processo

Dado o exposto, verificou-se que a etapa de pirometalurgia é aquela que mais demanda água no processo como um todo. Conforme já explicitado anteriormente, essa etapa promove a geração do Produto 2 e parte da água utilizada nesse processo é empregada no beneficiamento do Produto 1. Nesse sentido, após a etapa de pirometalurgia é possível perceber que a demanda de água é mais elevada para a produção do Produto 2 do que para a produção do Produto 1.

Entretanto, se considerarmos o processo como um todo é possível perceber que a geração do Produto 1 demanda maior volume de água (3.329.063 m³) comparado ao produto 2 (963.600 m³). Na Tabela 2, é possível observar os fluxos de água envolvidos diretamente na produção dos produtos e identificar o total de água associado a cada produto.

Tabela 2 - Fluxos de água envolvidos em cada produto.

Produtos	Fluxos	Quantitativo	Total
Produto 1	M	98.550 m³	3.329.063 m³
	F	140.160 m³	
	I	2.033.371 m³	
	D	1.056.982 m³	
Produto 2	H	963.600 m³	963.600 m³

Fonte: Autoria própria.

Além disso, é importante observar que 1.651.287m^3 voltam para o processo ao serem encaminhados da Barragem 3 à ETA. Essa é uma forma de aplicar o reúso de águas residuárias, diminuindo a demanda por água nova e, consequentemente, reduzindo o volume de efluente descartado.

5.3. Ano base

Por meio da análise do balanço hídrico foi possível determinar o total de água do processo (4.292.663 m³). Ainda por meio dessa análise, observou-se que os fluxos de água “M”, “F”, “I” e “D” estão diretamente relacionadas a produção do Produto 1 (totalizando 3.329.063 m³, ou seja, 77,6% da água total do processo). Já a água associada à produção do Produto 2 é representada pelo fluxo H (963.600 m³, ou seja, 22,4% da água total do processo).

Para o ano-base foram obtidos os seguintes valores de produção: Produto 1 = 15,8 toneladas e Produto 2 = 202.533 toneladas. É importante destacar novamente que, para o quantitativo de produção para os Produtos 1 e 3 foi considerado somente o Produto 1, uma vez que a produção do Produto 3 é pouco significativa e não foi encontrado esse dado na empresa. Além disso, na análise do balanço hídrico não foi possível separar a demanda hídrica dos Produtos 1 e 3, conforme explicado na metodologia. Foram obtidas as seguintes cotações para os produtos: Produto 1 = R$159.109,5/kg e do Produto 2 = R$0,33/kg. Dessa forma, a receita da empresa no ano-base foi de R$2.578.794.584.

Dado o exposto, foi aplicada a Equação III, conforme descrito anteriormente, para encontrar o consumo de água por produto. Encontrou-se o consumo de 210,9 m³ por kg para o Produto 1 e 0,0048 m³ por kg para o Produto 2.

5.4. Cenário 1

Conforme descrito anteriormente, o Cenário 1 refere-se à ausência de prática de reúso de água pela organização e o impacto em seus processos produtivos. Por meio da análise do balanço hídrico obteve-se que a água total consumida nos processos produtivos nesse cenário equivale a 2.641.376 m³.

Com base na Equação III, referente ao Consumo de Água por Produto (CAP), foi possível obter os seguintes valores:

Tabela 3 - Dados obtidos com simulação do Cenário 1.

Produto	Produção (toneladas)		Queda de produção (%)	Receita (R$)	
	Ano base	Cenário 1		Ano Base	Cenário 1
1	15,8	6	39	2.511.958.694	1.546.615.749
2	202.533	77.744		66.835.890	41.038.470
Total				2.578.794.584	1.587.654.219

Fonte: Autoria Própria.

Esses dados apontam que, caso a empresa não praticasse nenhuma medida de reúso de águas residuárias ela teria uma queda de produção de aproximadamente 39%, o que afeta significativamente em seu faturamento.

Além da prática do reúso impactar no faturamento da empresa conforme já mostrado, o reúso de águas promove uma menor demanda por água outorgada. Para uma empresa grande, que necessita que um grande volume de vazão outorgada, há custos consideráveis na captação de água. Os custos vão desde as taxas em um processo de outorga, até os custos com obra de engenharia para captar, armazenar e transportar essa água.

De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), 2019 os custos com processo de Licenciamento ambiental para adquirir uma outorga, variam entre R$132,95 a R$12.242,03 dependendo da modalidade de uso da outorga. É importante destacar que esse custo é somente para ter a autorização do Estado para realizar a captação de água, não englobando a Cobrança pelo Uso da Água (instrumento de gestão previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e na Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, instituída pela Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999, tendo sido regulamentada no âmbito do Estado pelo Decreto 44.046, de 13 de junho de 2005).

Uma vez que compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica o estabelecimento de critérios e normas e o encaminhamento da proposta da metodologia de cálculo e dos valores da cobrança de uso da água ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos de

Minas Gerais – CERH-MG para aprovação, esse valor cobrado é variável de acordo com vazão captada, bacia onde a captação está inserida, entre outros. Não sendo possível prever uma estimativa deste valor.

Nesse sentido, fica constatado que o reúso de águas residuárias não é somente uma alternativa ambientalmente correta, mas, gera, sobretudo, ganhos econômicos importantes.

5.5. Cenário 2

Para a simulação do Cenário 2, o balanço hídrico propõe que o fluxo de água "N" equivale a água recirculada nesse processo. Dessa forma, nesse cenário, a água total utilizada no processo é igual a 1.651.287 m³.

Baseado na equação do CAP foi possível obter os seguintes resultados:

Tabela 4 - Dados obtidos com simulação do Cenário 2.

Produto	Produção (toneladas)		Queda de produção (%)	Receita (R$)	
	Ano base	Cenário 2		Ano Base	Cenário 2
1	15,8	9,7	62	2.511.958.694	966.884.866
2	202.533	124.359		66.835.890	25.655.678
Total				2.578.794.584	992.540.545

Fonte: Autoria Própria.

Nesse cenário a queda na produção é ainda maior. Além disso, é inviável que a empresa funcione sem nenhuma fonte de água nova. Isso ocorre, pois no final do processo parte da água é descartada. Dessa forma, se não houvesse captação em determinado momento, o recurso hídrico não seria capaz de suprir a demanda.

Ainda nesse cenário, a redução da receita é bastante elevada, o que tornaria provavelmente inviável economicamente para a empresa. Com isso, a inviabilidade de funcionamento da empresa provocaria o desemprego em massa, o que é um impacto social negativo proporcionado pela empresa na região que ela atua.

Assim, é fundamental que as organizações cuidem de suas fontes de captação de água, respeitando padrões e requisitos legais e outros requisitos exigidos.

5.6. Cenário 3

A água total do processo para esse cenário corresponde a uma diminuição de 30% em seu valor, o que gera um consumo de água em todo o processo de 3.004.864 m³.

Baseado na equação do CAP foi possível obter os seguintes resultados:

Tabela 5 - Dados obtidos com simulação do Cenário 3.

Produto	Produção (toneladas)		Queda de produção (%)	Receita (R$)	
	Ano base	Cenário 3		Ano Base	Cenário 3
1	15,8	11	31	2.511.958.694	1.759.450.430
2	202.533	141.472		66.835.890	46.685.905
Total				2.578.794.584	1.806.136.335

Fonte: Autoria Própria.

O Cenário 3 foi o que apresentou uma menor queda de produção. Tendo em vista a proposta deste cenário (redução aconselhada pela COPASA em situações de crise hídrica), uma alternativa para a empresa aumentar a sua produção utilizando 30% a menos de água seria consumir menos água por unidade de produto. Na atualidade, as principais formas de fazer isso são investindo em medidas de ecoeficiência e investindo em tecnologia.

Em empresas do setor minerário, levando em consideração as tragédias provocadas por barragens de rejeito no estado de Minas Gerais, tem aumentado a discussão a respeito de uma nova forma de disposição de rejeitos. A disposição de rejeito a seco leva em consideração diversas técnicas visando o desaguamento de rejeitos de mineração (ou a sua co-disposição em depósitos de estéreis). Essa nova

concepção, além de proporcionar uma maior segurança pode aumentar consideravelmente o volume de água reaproveitada em empresas desse ramo.

Assim, com essa nova tecnologia, a empresa pode reduzir o consumo de água nova, uma vez que consegue reutilizar um volume maior de água sem impactar a sua produção.

No estudo “Diretrizes Empresariais para a Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos” desenvolvido pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas (FGV), em 2014, foi realizada a valoração do impacto referente às consequências da escassez da água para uma planta industrial de ferro níquel da empresa Anglo American em Barro Alto, Goiás.

Nesse estudo foi simulado o impacto da redução da disponibilidade hídrica da atual fonte de captação de água, cujo volume máximo a ser captado passa a ser 200.000 m³ /mês enquanto o necessário para a planta é 300.000 m³ /mês gerando um déficit hídrico de 100.000 m³/mês (redução de aproximadamente 30% na disponibilidade hídrica).

No estudo chegou-se que o valor desse impacto corresponde a R$19.676.000 no primeiro ano. No presente trabalho, analisando o Cenário 3, poderíamos dizer que o valor do impacto nesse cenário corresponde a R$ 772.658.249 (diferença entre receita do ano base e receita do Cenário 3). Não foi possível estabelecer uma comparação percentual por não ter acesso a receita anual da planta industrial de ferro níquel da empresa Anglo American no ano desse estudo, entretanto seria um bom parâmetro para comparação.

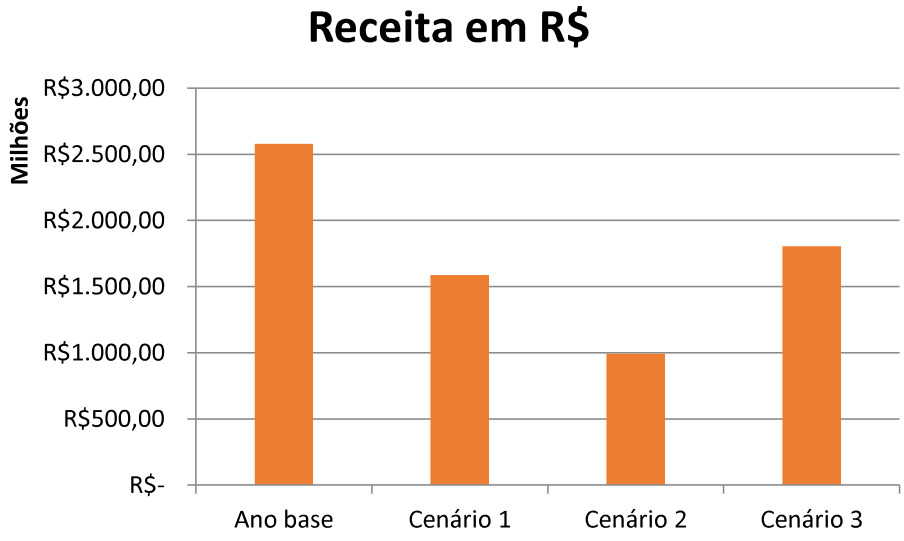
Comparando o estudo supracitado com o Cenário 3 percebemos que o valor do impacto no presente trabalho é extremamente alto. O que está associado ao valor do principal produto comercializado pela empresa em questão.

5.7. Comparativo dos cenários

No comparativo dos Cenários, é possível observar os cenários mais desfavoráveis (Cenário 1 e 2) apresentam entram si uma diferença muito grande de receita. A diferença de receita de cerca de 500 milhões evidencia que o Cenário 2 é muito desfavorável. É importante lembrar que a ocorrência desse cenário é bastante remota, uma vez que não é comum que a empresa tenha todas suas fontes de captação de água nova comprometidas, entretanto, apesar de remota, o risco existe.

Com relação ao Cenário 3, referente à redução de disponibilidade hídrica, apesar de ter apresentado menor perda financeira projetada para a empresa quando comparado aos demais cenários, observa-se a importância da empresa adotar medidas de reuso. Tendo em vista o aumento do conflito pela água, da escassez dos recursos hídricos e ameaças eminentes de rompimento de barragens, salienta-se a necessidade da adoção de mais práticas de ecoficiência, além de um planejamento de uso de recursos hídricos adequado.

Figura 7 - Comparativo dos cenários avaliados.



Fonte: Autoria própria.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda com o foco nas indústrias, Cuadro et. al. (2018) propuseram para uma indústria farmacêutica o reúso de águas em atividades que exigem uma água de qualidade inferior, como por exemplo: descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos entre outras situações referenciadas. Essas situações representam aproximadamente 15% de toda a água consumida na indústria farmacêutica analisada. Dessa forma, o estudo mostrou que a indústria supracitada economizará e deixará de utilizar recursos hídricos naturais de uma forma impactante, cuja utilização de águas para estes fins, representa de redução de captação de 1.198 m³/mês.

Entretanto, não só nas indústrias a pratica do reuso deve ser difundida, o reúso de águas deve ser uma medida amplamente difundida em todos os tipos de instituições, não somente àquelas que tem fins lucrativos. Soares e Zotes (2017) desenvolveram um trabalho em que implantou-se um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) em um edifício de uma instituição pública de ensino por meio do aproveitamento de águas pluviais para uso não potável. E como resultado obteve-se uma economia mensal de R$3.993,49.

É importante lembrar que além das implicações na esfera econômica amplamente discutida no presente trabalho os cenários propostos impactam, também, o meio ambiente e a sociedade como um todo. De acordo com Maia, Romeiro e Reydon, 2004 a preservação dos recursos hídricos gera um custo social e econômico a ser compartido entre os diversos agentes que usufruem desse recurso, o que é chamado de custo de oportunidade.

Além disso, o poder público deve investir, também, em políticas de incentivo ao consumo consciente da água. Segundo o portal da Associação Mineira de Municípios (AMM) em 2015, no período mais crítico da crise hídrica conforme citado anteriormente, a instituição firmou o “Pacto de Minas pelas Águas”.

Esse acordo foi uma iniciativa do Governo de Minas Gerais e da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) que propôs medidas de economia de água a serem adotadas pelas indústrias a fim de estagnar a crise no Estado. O acordo propôs também que a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) diminua suas perdas de água, que as indústrias aumentem seu potencial de reutilização de água e invistam na manutenção e recuperação de mananciais. E por fim, que as indústrias realizem campanhas educativas para os consumidores e promovam cursos de capacitação dos micro e pequenos empresários para o uso racional da água.

No dia 09 de agosto de 2019, foi publicada a Lei nº 23.371, que propõe:

> *Art. 1º - Fica criado o Selo Azul, a ser concedido ao município de reduzir o consumo de água e o índice de perdas no sistema de abastecimento de água.*
>
> *Art. 2º - O Estado concederá o Selo Azul ao município que comprovar:*
>
> *I – a eficiência do sistema de abastecimento de água;*
>
> *II – o uso racional da água de abastecimento público.*

Nesse sentido, pode-se dizer que o poder público do Estado de Minas Gerais vem se preocupando com os recursos hídricos e promovendo o uso consciente da água.

Medidas de reúso de águas residuárias geralmente são tratadas somente como medidas ambientalmente corretas, às vezes podem ser implementadas como exigência legal ou outro tipo de exigência. No entanto, conforme visto no trabalho essas medidas afetam diretamente na produção de uma empresa o que consequentemente gera uma receita maior para a empresa em questão.

As perdas econômicas estimadas não ocorrem apenas para a empresa, mas geram também custos externos como, por exemplo, oferta de emprego, investimentos em programas sociais, investimentos em novas tecnologias e medidas sustentáveis,

entre outros. O que pode ser entendido como as externalidades negativas provocadas pelos cenários propostos.

No entanto, é fundamental ressaltar as externalidades positivas sobretudo ambientais proporcionadas pela prática do reúso de águas. Como por exemplo a menor geração de efluentes, uma vez que ao consumir menos recursos hídricos a organização gerará menos efluentes que serão lançados em corpos d'água, colaborando, portanto, com a qualidade desses corpos d'água. Outro exemplo seria o menor conflito pela água, uma vez ao consumir menos recursos hídricos a disponibilidade desse recurso aumenta.

Ademais, frisa-se que Minas Gerais nos últimos anos tem passado por ameaças de crise hídrica. Essa situação faz com que os cuidados na gestão dos recursos hídricos sejam intensificados. Com isso, é extremamente importante que as empresas se esforcem para reutilizar seus recursos hídricos.

7. RECOMENDAÇÕES

Como proposta de continuidade para o presente trabalho, seria interessante fazer a simulação de outros cenários com probabilidade de ocorrência. Em novas simulações, a análise de custos com novas outorgas de água, cobrança por uso da água e obras de engenharia seria um bom fator a se considerar. Uma vez que esses custos afetam no faturamento de uma empresa e podem ser bastante significantes.

Ainda, no cenário 2 é proposto que a empresa não é capaz de se sustentar uma vez que não há entrada de água nova. Nesse sentido, é importante realizar uma análise futura de quanto tempo a empresa seria capaz de funcionar após estabelecido esse cenário.

Além disso, uma avaliação comparativa considerando outras empresas do mesmo ramo proporcionaria uma discussão mais abrangente e completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. Ecoeficiência como fator de competitividade em micro e pequenas empresas: um estudo de caso no setor de serviços automotivos, em Recife/PE [dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2010. 120 p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídrico. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 30 de Out.de 2019.

BRASIL MINERAL. **Mineradoras devem investir em água de reúso.** Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/mineradoras-devem-investir-em-%C3%A1gua-de-reuso>. Acesso em: 05 abr. 2018.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 24 de Outubro de 2014.

CUADRO A. E. A., et. al. **Otimização de reuso de água na indústria farmacêutica**. Atas de Saúde Ambiental (São Paulo, online), ISSN: 2357-7614 – Vol. 6, JAN-DEZ, 2018, p. 1-15.

DIRETRIZES EMPRESARIAIS PARA A VALORAÇÃO ECONÔMICA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS. Brasil: Fundação Getulio Vargas, 2014.

EDUARDO, A. S.; MALDONADO, A. D. R. M.; RIBEIRO, J. S.. **Valoração econômica ambiental como instrumento do planejamento ambiental**. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), 2017, 1.1.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Gestão da água na indústria**, [S. l], FIEMG, (2014).p. 10-28. Disponível em: <http://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/FIEMG/Agua/FI-0069-14_20X20-CARTILHA-RECURSOS-HIDRICOS.pdf>. Acesso em: 19out 2019.

FERNANDES, Vera Maria Cartana. Padrões para Reúso de Águas Residuárias em Ambientes Urbanos. Universidade de Passo Fundo – UPF. Passo Fundo, 2006.

FIGUEIRÓ, F.; WOLKMER, M. F.; **A interface da água enquanto recurso ambiental e econômico e sua interconexão com a tutela do meio ambiente**, Revista Jurídica

Científica do Centro de Ciências Jurídicas da Universidade Regional de Blumenau, 2013, 17, (34), pp. 37-56.

GALVÃO I. J.; BERMANN, C. **Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas**. *Estudos Avançados*, v.29, n.84, p.43-68, 2015.

GARRIDO-BARSEBA, M. REIF, R. HERNANDEZ, F. PONCH, M. **Implementation of a knowledgebased methodology in a decision support system for the design of suitable wastewater treatment process flow diagrams. Journalof Environmental Management**, v. 112, p. 384-391. 2012.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã.** 2011. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf>. Acesso em: 07 maio 2019.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J. C.; SOUZA, A. N. **Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo - 2013-2015**. Geousp - Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 422-444, mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível: http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/104114 Acesso em: 09 nov. 2019.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. **Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações.** São Paulo: Ie/unicamp, 2004

MAIA, A. G. **Valoração de recursos ambientais**. 2001. 183 f. Dissertação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.

MAGALHÃES, A. S. et al. **Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte**. Revista de Economia, v. 42, n. 2, 2017.

MENEZES, N.; RAMOS, G. **A importância do tratamento de efluentes orgânicos e industriais como mecanismo de reaproveitamento de água em indústrias: análise do programa das bactérias Moura em Belo Jardim**. Disponível em:<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/II-001.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.

MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L.; OGANDO, L. D. **Desenvolvimento e inovação em mineração e metais**. BNDES Setorial, 43, 2016, p.325-361.

MORUZZI, R.B. **Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios**. OLAM Ciência &Tecnologia,Rio Claro, v.8, p.271-294, 2008.

MOTTA, R. S. **Econômia Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

NUNES, R. T. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potêncial de uso racional e reúso em shopping center**. 2006. 157f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação da Universidade de Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2006.

SILVA, M. A.; SANTANA, C. G. REÚSO DE ÁGUA: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da Undb,** São Luiz, p.1-14, 2014.

SOARES, M. S.; ZOTES, L. P. **Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino**. Projectus, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p.62-78, 2017.

SOUZA, M. C. et al. Análise das práticas de reúso de água residual: estudo de casos em lavanderias industriais. **Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, p.1-18, 2016.

SOUSA, F. C. F. **Reúso de água na agroindústria como estratégia de convivência no semiárido paraibano.** 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

TENÓRIO, A. R. T. et. AL. Reúso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. **Élisée**, Goiânia, p.1-12, 2013. Disponível em: <http://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/1496>. Acesso em: 8 abr. 2019.

ZELLHUBER, A. SIQUEIRA, R. (2007) **Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização**. Cadernos CEAS. Salvador Julho/Setembro nº 227.

WIVALDO, J. N. S., MOREIRA, E. O., SILVA, J. J. C. (2018). **Políticas públicas e gestão ambiental para conservação dos recursos hídricos: Reflexões sobre a crise hídrica em Minas Gerais**. Agenda Política, 6(3), 54-66.