

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Victoria Becher Faustini

**Balanço hídrico como ferramenta de cálculo de indicadores de sustentabilidade relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras**

Florianópolis

2022

Victoria Becher Faustini

**Balanço hídrico como ferramenta de cálculo de indicadores de sustentabilidade relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Coorientador: Carlos José de Amorim Júnior, MSc.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Faustini, Victoria Becher

Balanço hídrico como ferramenta de cálculo de indicadores de sustentabilidade relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras / Victoria Becher Faustini ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano, coorientador, Carlos José de Amorim Júnior, 2022.

78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Balanço Hídrico. 3. Mineração. 4. Relatórios de Sustentabilidade. 5. International Council on Mining and Metals. I. Mohedano, Rodrigo de Almeida. II. Amorim Júnior, Carlos José de . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Victoria Becher Faustini

**Balanço hídrico como ferramenta de cálculo de indicadores de sustentabilidade relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2022.

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Elisa Magri, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca examinadora**

---

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Samuel Lunardi, MSc.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Christian Milanez Preis, MSc.  
Avaliador  
Water Services and Technologies

Florianópolis, 2022

## AGRADECIMENTOS

À minha família, aos meus pais Carlos e Beatriz pelas inúmeras oportunidades que me foram concedidas ao longo da vida e que me trouxeram até aqui, além do cuidado e apoio constante, e aos meus irmãos Gui, Giulia e Rafa, meus parceiros de Noel, principalmente à Giulia, que além de irmã é minha melhor amiga, com quem dividi grande parte da minha vida universitária, do RU à feirinha, da BU aos barzinhos.

A todas as pessoas com quem convivi mais intensamente durante a graduação, ao Luis, à Martina e à Mônica, parceiros nos trabalhos, nos estresses, nas risadas e nas fofocas.

Agradeço a todos os colegas da WST que me auxiliaram de alguma forma no processo de elaboração desse trabalho, em especial à equipe do Balanço Hídrico: Carlos, Christian, Emanuel, Flávio, Jana e Vinicius.

A todos os professores do curso que contribuíram com minha formação e ao Rodrigo Mohedano que, além de orientar meu trabalho, foi um dos melhores professores que já tive, com quem aprendi o que vai além dos cálculos.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina por proporcionar uma formação que vai além da acadêmica e que transformou quem eu sou.

*“O que a mão ainda não toca  
Coração um dia alcança”  
(Dona Ivone Lara)*

## RESUMO

Dado que as atividades de mineração impactam de maneira relevante o uso da água, tornando a gestão hídrica um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável da indústria e sua comunicação com sociedade no geral, o objetivo da pesquisa foi avaliar o potencial do balanço hídrico como ferramenta de cálculo dos indicadores de sustentabilidade do segmento. Através de pesquisa qualitativa com indústrias mineradoras que possuem operações no Brasil, levantamento de guias de reporte de sustentabilidade relacionados à água na mineração e a aplicação da metodologia do *International Council on Mining and Metals* no cálculo do balanço hídrico em contexto brasileiro, observou-se que o principal objetivo do cálculo do balanço hídrico nas organizações é justamente reportar os dados de interação com a água exigidos pelas principais entidades ligadas à sustentabilidade, como a *Global Reporting Initiative*. O método de cálculo proposto pelo ICMM difere em termos de conceito do que é praticado no Brasil, além de não contemplar variações climatológicas importantes como a precipitação, afetando principalmente o cálculo dos indicadores de uso e consumo de água na mineração. O balanço hídrico já é utilizado no reporte de metas de sustentabilidade, mas carece de guias que tragam conceitos e metodologias adaptadas ao contexto nacional a fim de ampliar a fidelidade dos dados reportados e facilitar a inserção das diferenças operacionais que existem no Brasil para gerar dados passíveis de comparação e que gerem confiança na sociedade.

**Palavras-chave:** balanço hídrico; mineração; relatórios de sustentabilidade.

## ABSTRACT

Given that mining activities have a significant impact on water use, water management is one of the biggest challenges for the sustainable development of the industry and its communication with society, the aim of this research was to evaluate the potential of water balance as a tool for calculating sustainability indicators on mining industry. Through qualitative research with mining industries that have operations in Brazil, survey of sustainability reporting guides related to water in mining and the application of the ICMM methodology in the calculation of the water balance in the Brazilian context, it was observed that the main objective of water balance in mining organizations is to report the water interaction data required by the main sustainability organizations, such as the Global Reporting Initiative. In addition to GRI, Ethos Institute stands out in Brazil, and Carbon Project Disclosure (CDP), Sustainability Accounting Standards Board (SASB) and International Council on Mining and Metals stands out internationally. The water accountability method proposed by ICMM differs in terms of concept from what is practiced in Brazil and do not considering important climatological variations such as precipitation, mainly affecting the calculation of water use and consumption indicators in mining. The water balance is already used in the reporting of sustainability goals, but there is a lack of guides that bring concepts and methodologies adapted to the national context to increase the fidelity of the reported data and facilitate the insertion of the operational differences that exist in Brazil to enable benchmarking and increase social confidence.

**Keywords:** water balance; mining; sustainability reporting.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma simplificado do uso da água na mineração de ferro.....	28
Figura 2 - Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica .....	30
Figura 3 - Componentes do balanço hídrico industrial .....	30
Figura 4 - Balanço hídrico de reservatório formado por barragem .....	31
Figura 5 - Fluxo hídrico em uma barragem de rejeitos.....	32
Figura 6 - Integração dos balanços hídricos entre sistemas diferentes.....	32
Figura 7 - Métricas mínimas de reporte e limites operacionais do Guia ICMM .....	34
Figura 8 - Fluxograma metodológico do trabalho .....	39
Figura 9 - Fluxograma da identificação de guias a serem analisados.....	40
Figura 10 - Fluxograma hipotético de uma operação industrial mineral .....	43
Figura 11 - Objetivos do balanço hídrico nas indústrias mineradoras brasileiras.....	50
Figura 12 - Referências do Water Reporting Guide (2021) do ICMM.....	52
Figura 13 - Referências do GRI 303: Water and Effluents (2018).....	52
Figura 14 - Classificação dos Guias quanto à existência de metodologia de cálculo dos indicadores exigidos .....	57
Figura 15 - Fluxograma hipotético de uma operação industrial mineral .....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Interações da água em processos de mineração.....	27
Quadro 2 - Relatórios de sustentabilidade das principais indústrias brasileiras de mineração avaliados .....	41
Quadro 3 - Métricas mínimas de reporte do Guia ICMM.....	44
Quadro 4 - Caracterização das indústrias .....	45
Quadro 5 - O estado do balanço hídrico nas indústrias .....	46
Quadro 6 - Padronização do balanço hídrico: metodologias e conceitos .....	47
Quadro 7 - Caracterização dos dados do balanço hídrico das indústrias .....	48
Quadro 8 - Documentos dos guias de reporte avaliados .....	53
Quadro 9 - Indicadores relacionados à água exigidos pelos guias de reporte .....	54
Quadro 10 - Menções aos guias nos relatórios de sustentabilidade de mineradoras no Brasil .....	55
Quadro 11 - Relação dos guias com as temáticas de água, balanço hídrico e mineração.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Comitês de Bacia Hidrográfica por Região.....	20
Tabela 2 - Volume de água retirado por substância mineral .....	35
Tabela 3 - Métricas de reporte hídrico ICMM .....	58
Tabela 4 - Passo a passo do cálculo do Uso de Água Operacional.....	59
Tabela 5 - Cálculo da proporção de Água Utilizada na Barragem de Rejeitos.....	59
Tabela 6 - Cálculo da Água Reutilizada/Recirculada .....	59
Tabela 7 - Comparação entre a proposta do ICMM e a proposta adaptada .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
AWS	Alliance for Water Stewardship
CDP	Carbon Disclosure Project
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
ESG	Environmental, Social and Corporate Governance
GRI	Global Reporting Initiative
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ICMM	International Council on Mining and Metals
IRMA	Initiative for Responsible Mining Assurance
MCA	Minerals Council of Australia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PPA	Plano Plurianual
RMI	Responsible Minerals Initiative
SASB	Sustainability Accounting Standards Board
WAF	Water Accounting Framework
WEF	World Economic Forum

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS .....	18
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>18</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
2.1	A GESTÃO HÍDRICA NO BRASIL.....	19
2.2	BRASIL: UM PAÍS MINEIRO .....	21
2.3	ÁGUA E GESTÃO NA MINERAÇÃO .....	24
2.3.1	<b>Circuito hídrico</b> .....	<b>25</b>
2.3.2	<b>Balanço hídrico</b> .....	<b>29</b>
2.3.3	<b>Relatórios de sustentabilidade e o marketing empresarial</b> .....	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
3.1	USO DO BALANÇO HÍDRICO NAS MINERADORAS BRASILEIRAS .....	39
3.2	AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS GUIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE REPORTE DE SUSTENTABILIDADE RELACIONADOS À ÁGUA E À MINERAÇÃO.....	40
3.3	AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DIRETA DA METODOLOGIA PROPOSTA PELO ICMM PARA CÁLCULO E REPORTE DO BALANÇO HÍDRICO .....	41
3.3.1	<b>Elaboração do cenário e do fluxograma operacional</b> .....	<b>42</b>
3.3.2	<b>Cálculo das métricas mínimas de reporte</b> .....	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
4.1	USO DO BALANÇO HÍDRICO NAS MINERADORAS BRASILEIRAS .....	45
4.2	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS GUIAS DE REPORTE DE SUSTENTABILIDADE RELACIONADOS À ÁGUA E À MINERAÇÃO.....	51
4.3	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ICMM DE CÁLCULO E DE REPORTE DO BALANÇO HÍDRICO .....	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>66</b>
	<b>ANEXO A – QUESTIONÁRIO 1</b> .....	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A relação água-mina possui uma dualidade amplamente conhecida: ela é extremamente necessária em diversos processos dentro da mineração, mas também pode ser a origem de inúmeros problemas, pode gerar paralisações das atividades de extração, por exemplo, e ampliar consideravelmente o custo operacional (ANA & IBRAM, 2006).

Isso se origina do fato de que a mineração ocorre geralmente sob o nível do lençol freático e depende da drenagem da água subterrânea, além da incidência da água superficial. Sendo assim, a viabilidade técnica e econômica de uma lavra depende do entendimento total do contexto hidrológico em que ela está inserida (ANA & IBRAM, 2006).

Além da fase de estudos de viabilidade, a água é componente fundamental em diversas etapas da produção de diferentes minérios (GILSBACH *et al.*, 2019). Em 2021, o setor minerário retirou em média 30,4 m<sup>3</sup> de água a cada segundo de água para utilizar em suas operações, o que representa 1,4% de toda a retirada de água no Brasil (ANA, 2020).

Das indústrias extrativas, a mineração é que mais consome água no país, e é caracterizada pela forte concentração territorial, principalmente nos estados de Minas Gerais e Pará que, juntos, são responsáveis por mais de 85% da demanda de água da mineração (ANA, 2020). Segundo Meireles (2018), a instalação praticamente definitiva das operações nas bacias em que estão localizadas concentram os impactos e os prologam por gerações.

O balanço hídrico, como representação da equação de conservação de massa aplicado à água, descreve a dinâmica de fluxos de entrada, saída e armazenamento de um sistema em dado período (MEIRELES, 2020) e, por isso, se torna relevante no gerenciamento hídrico de uma unidade operacional e no contexto em que ela está inserida. Entretanto, sua concepção é um processo complexo pela própria natureza da atividade industrial, que envolve diferentes etapas dependentes de água (ICMM, 2021).

Ainda assim, é a partir dele que as principais mineradoras calculam os principais dados pertinentes aos chamados relatórios de sustentabilidade anualmente publicados pelas mineradoras, uma ferramenta desenvolvida como resposta às

questões ambientais enfrentadas pelo segmento (BISSACOT, 2016), balizados por diferentes órgãos ligados a questões de sustentabilidade.

Atualmente, a *Global Reporting Initiative* sugere uma lista de indicadores de sustentabilidade relacionados a diversos temas, entre eles a água, como o total de retirada de água por fonte, total de água descartado e total de água consumida (GRI, 2018). Entretanto, a forma como esses indicadores são calculados, ou seja, como o balanço hídrico é feito, é definida pela própria indústria e por isso pode apresentar variações.

Em 2012, o Conselho Mineral da Austrália desenvolveu uma padronização local, intitulada *Water Accounting Framework* (WAF), publicada formalmente como o manual *Water Accounting Framework for the Minerals Industry* (MCA, 2014) e que passou a ser diretamente utilizada em diversas companhias de diferentes produtos minerais e embasar outros guias técnicos. Entre eles, a primeira edição do *Practical Guide to Consistent Water Reporting*, publicado em 2017 pelo Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM), atualizado em 2021 sob o título *Water Reporting: Good Practice Guide, 2nd Edition*.

O Conselho Internacional de Mineração e Metais traz compromissos relacionados à gestão da água, incluindo a implementação da governança da água em seus negócios, transparência de dados e divulgação sobre seu uso, de maneira a compartilhar e solucionar de forma conjunta os desafios em escala de captação de água (ICMM, 2021).

Assim, seu Guia de Relatório de Água estabelece conceitos, indicadores, diretrizes e orientações para o cálculo e o reporte de dados relacionados à água, mas pensados de maneira global e, de maneira geral, alinhados ao *Water Accounting Framework*, de autoria do Conselho Mineral da Austrália.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a potencialidade do balanço hídrico como ferramenta de padronização e reporte de dados relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a potencialidade do uso do balanço hídrico como ferramenta de padronização e reporte de dados hídricos nas indústrias mineradoras brasileiras.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Elucidar como se dá o uso do balanço hídrico na indústria mineradora no Brasil;
- Identificar e avaliar os principais guias de reporte de sustentabilidade relacionados à água na mineração;
- Aplicar a metodologia de cálculo e reporte proposta pelo *International Council on Mining and Metals* no contexto brasileiro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A GESTÃO HÍDRICA NO BRASIL

A água é um bem de valor inestimável pelo seu papel essencial na existência da vida, desde a composição dos seres vivos até as mais variadas cadeias produtivas que dão origem a elementos fundamentais da manutenção da sociedade ao longo do tempo, como o agronegócio, a construção civil, a produção mineral e a geração de energia, por exemplo (LOURENÇO, 2022).

Sua importância passou a ser colocada em pauta a partir da Conferência de Estocolmo, em 1972, com a origem das discussões ambientais e de seus movimentos culminando, 20 anos mais tarde, na Agenda 21, em 1992, que destacou a importância da invariabilidade da oferta de água em quantidade e qualidade adequada, além da preservação de suas características hidrológicas, biológicas e químicas, devendo a atividade humana se adequar aos limites da natureza (ANA E IBRAM, 2006).

O Brasil possui uma importante reserva de água doce, mesmo assim, não consegue equilibrar a disponibilidade com a demanda hídrica. Os principais motivos são a variação na distribuição geográfica dessas reservas, sendo que há locais com alta densidade populacional, mas que não tem tanta oferta de água (BASTOS, 2019). Locais com água em abundância dispensaram o uso racional da água, tanto por parte da população como por parte das indústrias, e a poluição e a falta de saneamento básico também comprometem a oferta de água em quantidade e qualidade adequadas (MEIRELES, 2020).

Segundo Castro (2021), anteriormente ao estabelecimento de uma gestão compartilhada, cada setor dependente de água a gerenciava à sua maneira de acordo com os seus interesses, seja a agricultura, o saneamento, o setor de energia elétrica etc. Não havia participação da sociedade nem dos governos municipais nas decisões tomadas em relação à água (Milani, 2008).

A ideia de um sistema descentralizado e integrativo começou a ser proposta na década de 1980 e incluía a administração a nível de bacia hidrográfica, o reconhecimento da água como um bem de valor econômico e a participação de múltiplos setores e dos usuários na forma de sociedade nas decisões que diziam respeito aos recursos hídricos (CASTRO, 2021). Em 1988, a Constituição definiu que

a água é de propriedade da União, tornando, então, o protagonista na institucionalização da gestão dos recursos hídricos no país (MEIRELES, 2020).

Em 1997 foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos a partir da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que formaliza algumas ideias que estavam sendo colocadas em pauta, como os comitês de bacia, a cobrança pelo uso da água, a compensação a municípios os e instrumentos de comando e controle como as outorgas, a classificação dos cursos d'água, o plano de bacia e o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

Assim, ao longo dos anos, percebeu-se que a ausência da racionalização do uso da água em lugares de maior abundância foi substituída pela crescente preocupação com a oferta de água em quantidade e qualidade adequadas. Atualmente, regiões mais adensadas possuem maior quantidade de comitês, como a Sudeste, que possui 79 comitês de bacia hidrográfica (BRASIL, 2022). É possível observar através da Tabela 1 que, quanto maior a demanda de uso da água, maior é o número de comitês existentes.

Tabela 1 - Número de Comitês de Bacia Hidrográfica por Região

<b>Região</b>	<b>Total de Bacias</b>	<b>Por Estado</b>
Centro-Oeste	26	10 (GO) 10 (MT) 3 (DF) 3 (MS)
Norte	54	14 (BA) 12 (CE) 7 (PE) 6 (TO) 5 (AL) 3 (PB) 3 (RN) 3 (SE) 2 (MA) 2 (PI)
Nordeste	13	6 (TO) 5 (RO) 2 (AM)
Sudeste	79	35 (MG) 21 (SP) 14 (ES) 9 (RJ)
Sul	53	25 (RS) 17 (SC) 11 (PR)
Brasil	225	

Fonte: Brasil, 2022

Ao passo que a sociedade foi avançando em termos de desenvolvimento de tecnologias industriais baseados na exploração e no uso de recursos naturais, ficou evidente, principalmente pela escassez dos recursos não renováveis, de que a

velocidade e o modo com que isso ocorria precisava ser repensado (MEIRELES, 2020).

Paralelamente à pressão de movimentos ambientalistas, que defendem que o meio ambiente precisa ser preservado a fim de garantir que as gerações futuras possam usufruir do meio nas mesmas condições em que ele se encontra hoje (LOURENÇO, 2022), surgiu também um zelo por parte das próprias indústrias com a sua continuidade, uma vez que muitos setores dependem diretamente de recursos naturais como a água em termos de quantidade e qualidade (ANA, 2019), como a agroindústria, a mineração e o setor elétrico, e são, junto com a população, os mais interessados em garantir a segurança hídrica, por exemplo.

A competitividade no setor industrial também fez com que as grandes usuárias de água nos seus processos busquem desenvolver seus produtos com a menor quantidade de água possível (BASTOS, 2019), gerando economia de recursos hídricos, cujo volume explorado permitido é normalmente fixado através das outorgas de uso, e ganho de produção.

## 2.2 BRASIL: UM PAÍS MINEIRO

A atividade minerária faz parte da história do país e foi protagonista de diferentes cenários durante a trajetória sociopolítica do Brasil durante todo o seu desenvolvimento, e segue tendo papel relevante no contexto atual.

O ciclo do ouro teve seu início dois séculos depois da chegada dos portugueses ao território, em 1500 e, em 70 anos, produziu mil toneladas de ouro e 3 milhões de quilates de pedras preciosas, o equivalente a metade de toda a produção mundial (FIGUERÔA, 1994). Assim, a ocupação territorial no país foi, em grande parte, moldada pelo segmento e surgiram cidades como Ouro Preto (antigamente chamada Vila Rica), Sabará e Mariana, onde a mineração atua até hoje.

No Regime Imperial (1822-1888), as minas foram abertas à iniciativa privada, atraindo ingleses e franceses, que reativaram lavras outrora paralisadas trazendo ao país suas tecnologias. O período republicano (1889-1964) foi marcado pelo crescimento econômico e a intensificação da identificação de reservas minerais no chamado Quadrilátero Ferrífero, além da construção de ferrovias e a produção de aço. Além disso, a Segunda Grande Guerra foi responsável por acelerar o processo de

industrialização em diversos países, incluindo o Brasil. Foi nesse momento que surgiram a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Companhia Vale do Rio Doce (FERNANDES et al., 2016).

Atualmente, o Brasil é um dos cinco maiores produtores e exportadores de metais, materiais e minérios do mundo e, somado ao agronegócio, o setor mineral se consolida como um dos setores estratégicos para garantir o equilíbrio contábil da economia brasileira. Só no terceiro trimestre de 2022, o faturamento do setor mineral foi de R\$ 75,8 bilhões, 33% a mais do que no segundo trimestre de 2022, que foi de R\$ 57 bilhões, sendo Minas Gerais e Pará os principais estados participantes no faturamento (IBRAM, 2022).

O Brasil exportou 105 milhões de toneladas de minério, desses, 101,5 milhões de toneladas são de ferro, cujo principal destino é a China. O Pará vem se caracterizando como polo mineral, possuindo atualmente os dois maiores municípios mineradores da atualidade, Parauapebas e Canaã dos Carajás. A mineração gerava, até agosto de 2022, mais de 203 mil empregos diretos (IBRAM, 2022). Dessa forma, é possível observar o nível de robustez dos impactos gerados pela mineração ao longo da história do país.

A mineração, assim como o agronegócio, para o Brasil, é uma atividade de grande relevância econômica e juntos são atividades fundamentais para a balança comercial do país. O Plano Plurianual (PPA) relativo aos anos de 2020 a 2023, por exemplo, em seu programa relacionado à Geologia, Mineração e Transformação Mineral prevê ampliação do investimento privado em infraestrutura ao longo dos quatro anos contemplados na diretriz (BRASIL, 2022).

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) prevê para o setor investimento de U\$ 40,4 bilhões até 2026, direcionados às áreas de pesquisa e mapeamento, melhorias logísticas e transporte e qualificação de mão de obra. Do montante, U\$ 4,24 bilhões serão direcionados à investimentos socioambientais (IBRAM, 2022).

Inerente aos impactos econômicos são os impactos ambientais e sociais, que podem ser irrecuperáveis. A exploração do território brasileiro durante quase 500 anos deixaram quantidade considerável de danos ambientais que necessitam de compensação, somados a diversos conflitos com populações mais afastadas, como indígenas, quilombolas e ribeirinhas.

Além disso, segundo Fernandes et al. (2016) áreas de grande concentração populacional com igual potencial de extração também tem sido envolvidas em

discussões relacionadas à exploração, como a região metropolitana de Belo Horizonte, que tem sido cenário de discussões atuais envolvendo a mineração e a preservação ambiental da Serra do Curral (CUSTÓDIO E RIBEIRO, 2021).

Os impactos ambientais originados da mineração são principalmente pela intervenção considerável e extensa na superfície, podendo ocasionar o desequilíbrio de biomas e ecossistemas devido ao desmatamento dessas áreas (RIBEIRO *et al.*, 2019), além da construção de estruturas que concentram os rejeitos dos processos de extração e beneficiamento de minério, as pilhas de estéril ou barragens (DNPM, 2017).

O carreamento de sedimentos para os cursos d'água existentes na bacia onde está localizada a área de exploração afeta sua qualidade e disponibilidade para aqueles que eventualmente residem no entorno (COSTA *et al.*, 2020). Mas situações extremas como rompimentos de barragens, situações vivenciadas no país em um curto espaço de tempo, extrapolam os limites físicos dos impactos da planta produtiva, afetando em grande escala diversos aspectos ambientais e sociais (SILVA *et al.*, 2020). Em 2015, no município de Mariana, em Minas Gerais, o rompimento de uma barragem de rejeitos, controlada pelas mineradoras Samarco e Vale, gerou uma enxurrada com 34 milhões de m<sup>3</sup> de lama e rejeitos, que foram carreados por mais de 660 km, contaminando toda a extensão do rio Doce, atingindo 39 municípios e chegando ao litoral do Espírito Santo (SILVA *et al.*, 2020), levando a óbito 18 pessoas e deixando uma desaparecida (MPF, 2016).

Novamente, em 2019, outra barragem operada pela Vale rompeu na cidade de Brumadinho, também em Minas Gerais, a B1, que culminou no rompimento de outras duas estruturas. Cerca de 11,7 milhões de m<sup>3</sup> de lama e rejeitos percorreram 8,5 km até atingir o rio Paraopeba, seguindo por mais 300 km em direção ao rio São Francisco (POLIGNANO E LEMOS, 2020).

Dos diversos impactos gerados pelo desastre, o maior deles foi o de perdas humanas: 8 dias após o ocorrido, foram contabilizadas 110 mortes e 238 desaparecimentos (SILVA *et al.*, 2020). Três anos depois, 270 mortes foram confirmadas e quatro pessoas ainda não tiveram seus corpos localizados (CBMMG., 2022).

No dia seguinte ao rompimento, amostras de água foram coletadas para análise. Para o parâmetro turbidez, por exemplo, o resultado foi de 34.500 UNT, onde a norma estabeleceu limite máximo de 100 UNT (GOMES *et al.*, 2019).

A gestão da água se relaciona aos fatos citados uma vez que as barragens são estruturas utilizadas comumente para a disposição de rejeitos em polpa (MENDES, 2019), além de armazenarem água proveniente de outras operações para serem reutilizadas na planta (ANA E IBRAM, 2006).

### 2.3 ÁGUA E GESTÃO NA MINERAÇÃO

Considerando que o Conselho Nacional é o órgão competente para estabelecer diretrizes complementares que auxiliem a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que as outorgas preventivas e de uso dos recursos hídricos relativas a atividades específicas podem ter resolução própria, que os recursos minerais são bens públicos de domínio da União e que existe uma necessidade de que os procedimentos e a atuação de órgãos ligados a recursos hídricos, mineração e meio ambiente atuem de maneira articulada (BRASIL, 2003), é publicada a Resolução Nº 29 de 11 de dezembro de 2002, trazendo diretrizes para o uso dos recursos hídricos para aproveitamento dos recursos minerais, uma vez que a atividade minerária possui características muito específicas de operação capazes de provocar alterações no regime dos corpos hídricos, de maneira quantitativa e/ou qualitativa.

A relação água-mina possui uma dualidade amplamente conhecida: ela é extremamente necessária em diversos processos de extração e beneficiamento, por exemplo, mas também pode ser a origem de inúmeros problemas, pode gerar paralisações das atividades e ampliar o consideravelmente o custo operacional (ANA & IBRAM, 2006).

Isso se origina do fato de que o processo de mineração ocorre geralmente sob o nível do lençol freático, de forma a depender da drenagem da água subterrânea (BISSACOT, 2016), além da incidência das águas superficiais de maneira mais ou menos significativa (ICMM, 2021). Essa drenagem pode se estender por décadas até que a exploração se encerre, gerando efeitos hidrológicos, econômicos e ambientais de grande relevância (MEIRELES, 2020).

Ainda, uma vez que a lavra está implementada e o minério é extraído, a água segue sendo parte fundamental do processo de beneficiamento, ou seja, da preparação granulométrica, concentração ou purificação do mesmo (CAETANO *et al.*, 2019), além de atuar na supressão de poeira, na lavagem de caminhões e equipamentos e do uso administrativo (NORTHEY *et al.*, 2016). Soma-se, ainda, o

fato de que a água que não é consumida no processo sofre alterações em termos de qualidade e precisa ser tratada antes de retornar ao meio ambiente (BASTOS, 2019).

Assim, a indústria da mineração pode compreender operações que envolvam desde estruturas mais complexas e com maior uso de água, como barragens de rejeitos e reservatórios de água, a estruturas menores, com uso pontual da água, como unidades de separação ou lavagem de minério (BISSACOT, 2016).

É importante considerar que, numa escala local, a indústria mineradora consome muita água, já que normalmente ela se instala em lugares pouco ocupados e de maneira praticamente permanente (MEIRELES, 2020). Dessa forma, a gestão da água se torna um dos maiores desafios para a indústria mineradora (BICHUETI, 2018) quando se visa garantir o seu desenvolvimento de maneira segura, econômica e sustentável, de forma a minimizar os impactos que já são inerentes à modalidade.

A outorga de direito de uso da água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos cuja concessão é fundamentada em análises hidrológicas feitas, pela Agência Nacional de Águas, através de indicadores de comprometimento de eficiência de utilização de água pelo setor solicitante e de capacidade do corpo hídrico de atender à demanda solicitada, seja de captação ou lançamento, considerando os demais usos existentes simultaneamente na bacia (COLLISCHONN & LOPES, 2009).

Dentro do sistema de gerenciamento de recursos hídricos de uma unidade industrial, o balanço hídrico é a ferramenta que fornecerá os dados referentes à demanda hídrica do projeto do empreendimento e sua eficiência, e se relaciona com os estudos de avaliação de disponibilidade hídrica. A disponibilidade é, então, avaliada com base em estudos hidrológicos e hidrogeológicos, fornecendo estimativas de exploração dos recursos hídricos (PINHEIRO, 2011), informações precedentes à concessão da outorga de uso.

### **2.3.1 Circuito hídrico**

Conforme citado anteriormente, a viabilidade de uma lavra depende diretamente da viabilidade técnica ligada ao contexto hidrológico em que ela será inserida. É preciso conhecer, por exemplo, quais são as fontes de água que abastecerão o processo operacional, e é nesse ponto que o percurso da água em uma unidade de mineração começa.

As principais fontes de água de um site são subterrâneas e/ou superficiais, além das águas de recirculação, que já foram captadas, utilizadas e são encaminhadas para outros processos operacionais (ICMM, 2021).

Busca-se águas subterrâneas em situações em que há menos água superficial disponível ou o uso dessa é restrita. São captadas por poços, galerias, canais, drenos e *sumps*. O custo de captação de águas subterrâneas é maior que o de águas superficiais por conta dos sistemas de bombeamento e adução que precisam ser instalados (OH, *et al.*, 2019).

Se essa for obtida através de uma atividade que invariavelmente já precisa ser realizada, como o rebaixamento de nível, sua utilização pode se tornar mais vantajosa. Essas águas podem ter alto teor de dureza e necessitam de tratamento prévio (ANA & IBRAM, 2006) e necessitam de outorga que permita sua captação (CINTRA *et al.*, 2022).

As águas superficiais são obtidas através da construção de estruturas de barramento ou grandes reservatórios, além da captação direta de cursos d'água e lagos. São mais acessíveis e não têm contaminação significativa, dispensando tratamento prévio em alguns casos (SANTOS, *et al.*, 2022). Entretanto, possuem custo de obtenção e mais restrições ambientais, igualmente através das outorgas, que limitam o volume captado máximo permitido, uma vez que são fontes que sofrem com mais escassez (SANTOS, 2022).

Uma vez captada, a água pode ser utilizada diretamente na abertura do empreendimento, no desmonte hidráulico, na aspersão de pistas ou na lavagem de equipamentos. Após a extração do minério, a água segue sendo utilizada na separação, por flotação, floculação ou aglomeração, e na lavagem do minério, na dissolução de metais e no resfriamento de equipamentos (MEIRELES, 2020).

Outro uso da água muito particular à indústria da mineração são os minerodutos, onde o minério é transportado, junto com água, para locais estratégicos de escoamento de matéria prima distantes da operação, como as regiões portuárias. O mineroduto mais recente construído em Minas Gerais possui 529 km, atravessa 33 municípios e liga Minas ao Rio, dando nome ao Projeto Minas-Rio, da Anglo American (MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2020).

Além de processamento e transporte, a água é utilizada em outros contextos igualmente relevantes dentro do processo industrial. As barragens de sedimento têm como função conter sedimentos carreados pela chuva, as barragens de rejeito

acumulam os rejeitos do processo mineral e água com potencial de reutilização em outras etapas da operação (ANA & IBRAM, 2006).

Pilhas de estéril são estruturas ao redor das cavas onde se localizam o material que não é minério e interagem com a água na medida em que sua construção altera os cursos de escoamento superficial ou cobrem pontos de surgência de água. Nesse último caso, a estrutura das pilhas pode ser comprometida quando a surgência não é devidamente identificada e captada (ANA & IBRAM, 2006).

Fora citado, também, que a mineração ocorre sob o nível do lençol freático e depende da drenagem da água subterrânea, o que gera manejo de grandes volumes de água que devem ser bombeados em quantidade superior à capacidade de recarga do lençol freático, rebaixando a cota do nível d'água.

O Quadro 1 resume as aplicações da água em cada etapa do processo de mineração.

Quadro 1 - Interações da água em processos de mineração

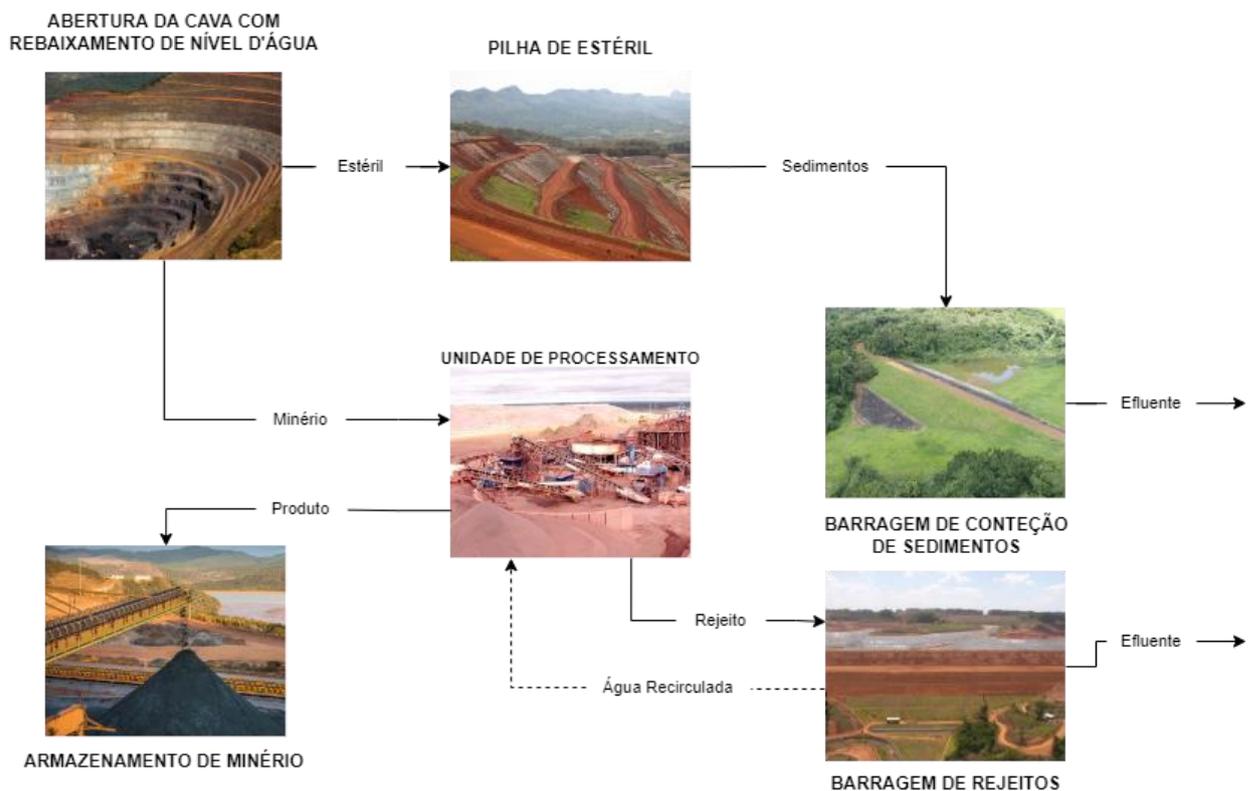
<b>Processo</b>	<b>Utilização da Água</b>
Lavra	Desmonte hidráulico, aspersão de pistas e praças para controle de emissão de poeira, lavagem dos equipamentos e de materiais.
Barragens	Barragens de contenção de sedimentos: estruturas construídas com o objetivo de conter sedimentos carregados em períodos de chuva, garantindo a qualidade do efluente final. Barragens de rejeitos: bacia de acumulação dos rejeitos gerados nas instalações de beneficiamento de minério e a acumulação
Pilhas de Estéril	Pilhas de estéril podem causar interferência no escoamento superficial, que pode vir a gerar, dependendo do tamanho e da forma, pequenos desvios de água.
Rebaixamento do Nível d'Água Subterrânea	Exploração das águas subterrâneas para a viabilização da lavra a céu aberto ou subterrânea.
Processamento Mineral	Processo de flotação: processo físico-químico de superfície, usado na separação de minerais, que dá origem a formação de um agregado, partícula mineral e bolha de ar, o qual, em meio aquoso, flutua sob a forma de espuma. A composição química da água constitui um parâmetro de controle da flotação.
	Processo de lavagem: etapas do tratamento de minérios que demandam utilização de elevados volumes de água para limpeza do minério.
	Concentração gravítica: processo de separação que utiliza a proporção sólido/água para análise detalhada do balanço de

	<p>água, bem como da densidade ótima de polpa para cada operação.</p> <p>Processos hidrometalúrgicos: processos onde há reações de dissolução do metal de interesse em meio ácido ou a dissolução em meio alcalino.</p>
Água como Meio de Transporte	A água é usada de forma intensiva como meio de transporte nas mais variadas operações, tais como: na lavra como desmonte hidráulico, na lavagem de minério e nos processos de concentração a úmido.

Fonte: Meireles (2020)

A Figura 1 mostra, de maneira objetiva, as etapas por onde a água circula dentro de um processo operacional de mineração.

Figura 1 - Fluxograma simplificado do uso da água na mineração de ferro



Fonte: Adaptado de ANA & IBRAM, 2006

Os volumes utilizados em todos os processos citados podem, ainda, serem diretamente encaminhados a novos processos, quando sua qualidade não compromete seu uso no processo específico para ser reutilizado, a tratamento

adequado e, em seguida, a novos processos para ser recirculado, ou descartado no meio ambiente por infiltração ou disponibilização em corpos d'água (MCA, 2022).

### 2.3.2 Balanço hídrico

Assim como a identificação dos caminhos percorridos pela água dentro de um sistema operacional de uma unidade de mineração, a contabilização do volume que é deslocado desde a captação até a disponibilização é de extrema relevância para a gestão da água.

O gerenciamento de recursos hídricos na mineração é uma atividade imprescindível para seu funcionamento, uma vez que seus processos são diretamente afetados pela presença ou ausência de água (BURRITT *et al.*, 2018). Assim, a quantificação da demanda em termos de volume faz parte da contextualização do cenário onde uma determinada lavra está inserida (MHLONGO *et al.*, 2018).

Essa quantificação do volume que perpassa as etapas operacionais de uma mina é representada pelo balanço hídrico, que funciona pelo princípio de conservação de massas. Assim, a quantidade de matéria que entra em um sistema deve ser a mesma que sai, dentro de um determinado período (MEIRELES, 2020), conforme explicitado pela equação a seguir:

$$\text{Fluxo de Entrada} - \text{Fluxo de Saída} = \pm \frac{\Delta \text{Volume}}{\Delta \text{Tempo}}$$

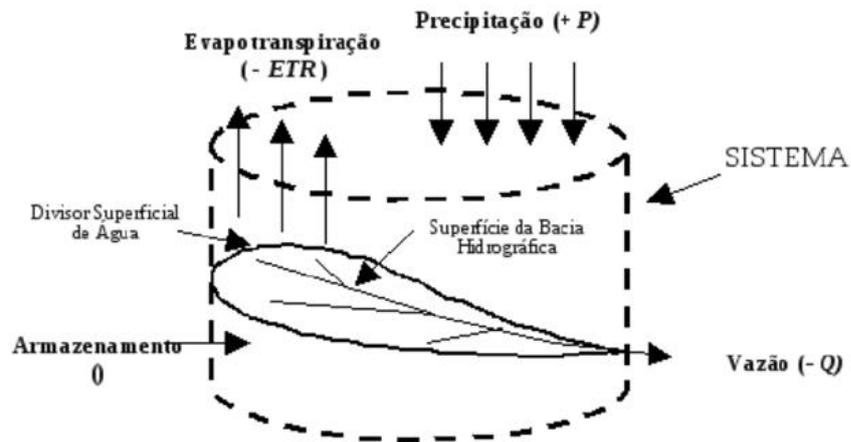
Dentro do contexto da mineração, o sistema onde o balanço é considerado pode variar dependendo do interesse ou do detalhamento. Ele pode se limitar a uma barragem ou considerar o processo industrial como um todo (Pinheiro, 2011).

#### 2.3.2.1 *Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica*

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de uma análise hidrológica (COLLISCONN & DORNELLES, 2013). O balanço de uma bacia, ilustrado na Figura 2, avalia o ciclo hidrológico de maneira a expressar o volume de água no sistema

considerando-o um ciclo fechado (MARTINHAGO *et al.*, 2021), utilizando as variáveis de precipitação, evapotranspiração e vazão (Pinheiro, 2011).

Figura 2 - Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica

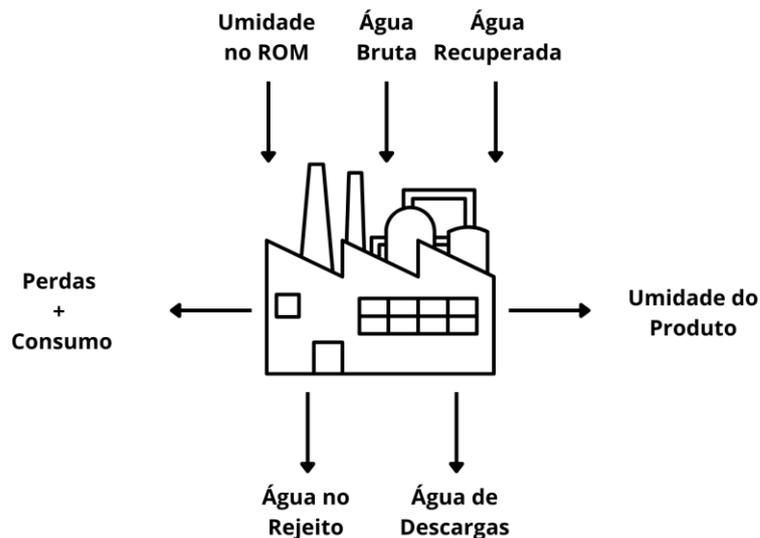


Fonte: Vestena (2002)

### 2.3.2.2 *Balanço hídrico de uma unidade industrial*

Definindo o sistema do balanço hídrico como sendo a unidade industrial, como na Figura 3, considera-se que o regime de operação da unidade é permanente e a diferença entre a entrada e a saída pode ser usada para estimar o consumo, que por si só é um parâmetro de difícil monitoramento (PINHEIRO, 2011).

Figura 3 - Componentes do balanço hídrico industrial



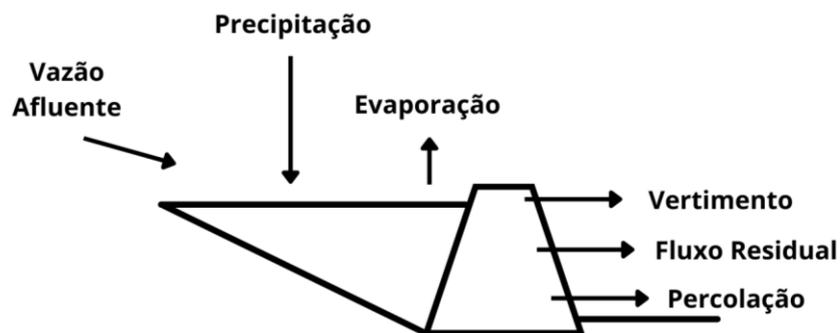
Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011)

### 2.3.2.3 *Balanço Hídrico de um reservatório*

Em reservatórios de água, a avaliação da dinâmica da água fornece suporte à tomada de decisão nesses sistemas, uma vez que as trocas entre atmosfera e massa líquida, as vazões afluentes e a precipitação afetam a disponibilidade hídrica da unidade e conseqüentemente seu uso (DA SILVA et al., 2019).

Assim, os componentes de um balanço hídrico em um reservatório são precipitação e vazão afluente como entradas, evaporação, vertimento, fluxo residual e percolação como saídas e ainda há o armazenamento interno (CARVALHO, 2019), conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Balanço hídrico de reservatório formado por barragem

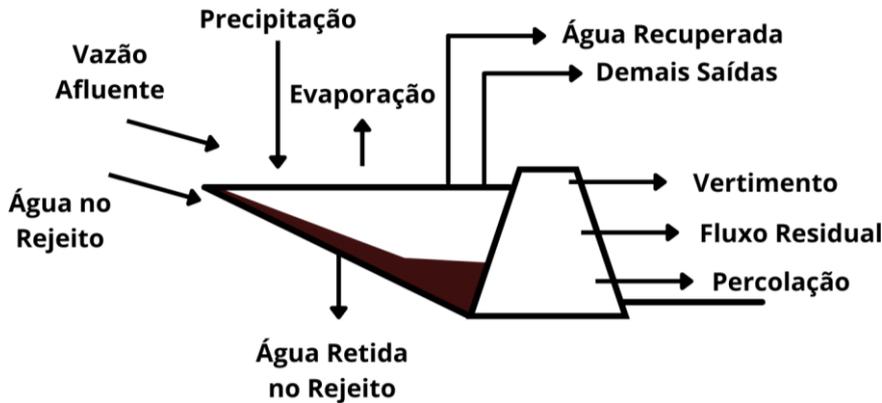


Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011)

### 2.3.2.4 *Balanço hídrico de uma barragem de rejeitos*

No balanço hídrico de uma barragem de rejeitos há as mesmas componentes de entrada e saída de uma barragem de água, mas a elas somam-se à água no rejeito como entrada, a partir do direcionamento de volumes de rejeito à barragem. Como saídas, há a água contida no rejeito que percola e a água que é retirada para uso operacional (recirculação/reuso), parâmetros observados na Figura 5 (MASSIGNAN E SANCHÉZ, 2022).

Figura 5 - Fluxo hídrico em uma barragem de rejeitos

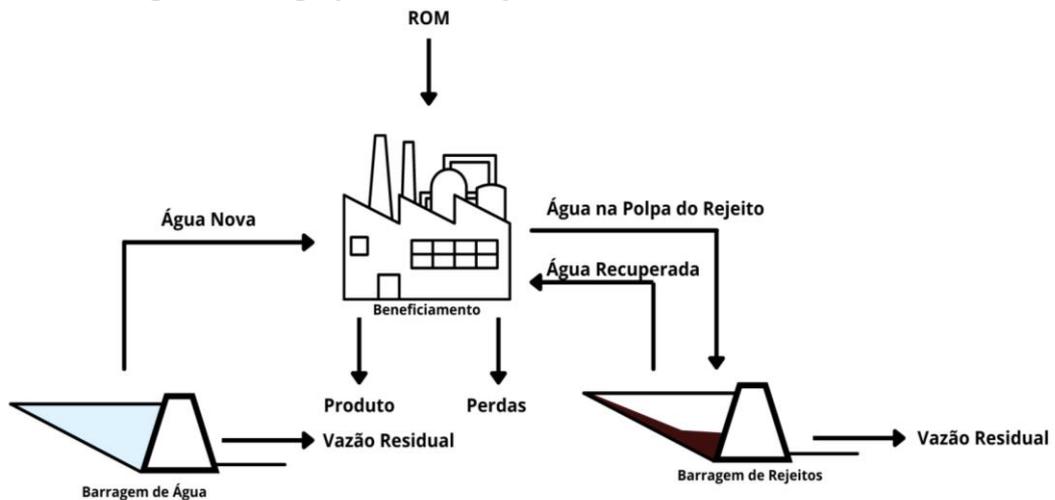


Fonte: Adaptado de Massignan e Sánchez (2022)

Os balanços hídricos de cada sistema anteriormente citado podem ser integrados a fim de compor o balanço da mina como um todo, de forma a calcular as demandas de água e os consumos que serão efetivamente outorgados para a unidade (PINHEIRO, 2011), como ilustrado na Figura 6.

Define-se a demanda como sendo a soma de todos os fluxos de água que entram na Unidade e que são fundamentais para que sua operação ocorra (ICMM, 2021). A diferença entre as entradas e as saídas é o consumo efetivo do sistema, normalmente associado às perdas por evaporação ou à umidade incorporada no produto (ANA, 2019).

Figura 6 - Integração dos balanços hídricos entre sistemas diferentes



Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011)

### 2.3.2.5 Metodologia ICMM de cálculo e reporte do balanço hídrico

A concepção do balanço hídrico de uma unidade operacional é um processo complexo, que requer dados variados e consistentes, além de uma abordagem de conceitos e cálculos compatíveis com a complexidade operacional, a dinâmica hídrica e o perfil de risco de um site (ICMM, 2021).

A padronização da contabilidade dos conceitos do balanço hídrico anteriormente citados é importante para garantir a confiabilidade dos dados. Em 2012, o Conselho Mineral da Austrália desenvolveu tal padronização, intitulada *Water Accounting Framework* (WAF), publicada formalmente como o manual *Water Accounting Framework for the Minerals Industry* (MCA, 2014) e passou a ser diretamente utilizada em diversas companhias de diferentes produtos minerais e embasar outros guias técnicos, como a primeira edição do *Practical Guide to Consistent Water Reporting*, publicado em 2017 pelo Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM), atualizado em 2021 sob o título *Water Reporting: Good Practice Guide*, 2nd Edition.

O Guia traz compromissos de reporte direcionados ao segmento minero-metalúrgico, diretrizes de definição e cálculo do balanço hídrico associadas a diferentes exemplos práticos e instruções para a divulgação externa de dados referentes ao uso da água em unidades de mineração.

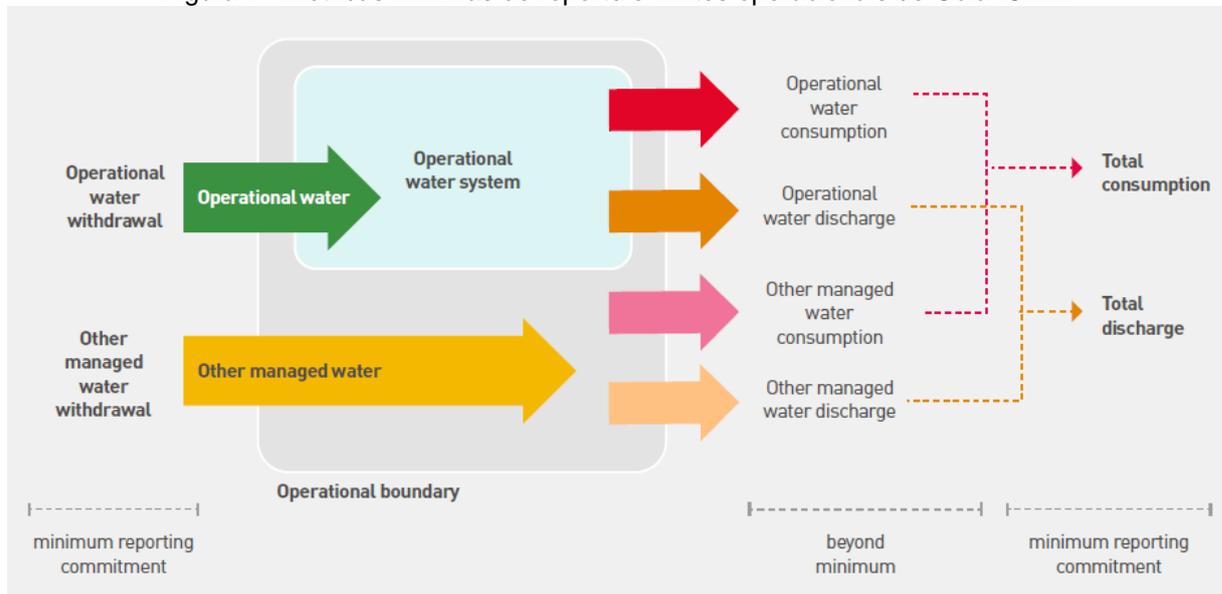
De maneira objetiva, o cálculo do balanço hídrico deve começar com a contextualização do site, isto é, a identificação das fontes de captação de água, as condições climáticas em sua localidade, o principal produto gerado na operação, as principais atividades utilizadoras e consumidoras de água e de que maneira essa água será tratada e devolvida ao meio ambiente (ICMM, 2021).

Após a contextualização, os limites de cálculo precisam ser estabelecidos para a definição exata do sistema do balanço hídrico, conforme anteriormente citado. Esse sistema pode ser uma unidade operacional ou a planta industrial ao todo, por exemplo. A definição dos limites também está relacionada ao impacto da operação. Uma unidade pode estar situada em determinada localidade, mas captar água de fonte externa ao limite físico da unidade e, dessa forma, seu impacto não estará restrito à área de instalação (ICMM, 2021).

Uma vez que a operação está contextualizada e delimitada, os volumes e métricas podem ser contabilizados. A Figura 7 traz principais parâmetros de entrada,

uso e saída do balanço hídrico operacional, bem como os limites e as métricas mínimas de reporte.

Figura 7 - Métricas mínimas de reporte e limites operacionais do Guia ICMM



Fonte: ICMM (2021)

Além das métricas, é relevante considerar a definição de cada conceito que o ICMM estabelece, uma vez que suas definições determinam de que forma o volume referente a ele será contabilizado na equação do balanço hídrico. A água operacional, por exemplo, é a soma de todos os volumes que entram em um processo operacional. Assim, a classificação de uma entidade do balanço como processo ou não altera a contabilidade do volume de água operacional.

### 2.3.2.6 Benchmarking

Além de garantir a confiabilidade dos dados, a padronização da contabilidade dos conceitos do balanço hídrico anteriormente citados é importante para viabilizar a comparação entre eles, seja em unidades diferentes de uma mesma corporação ou entre empresas diferentes (NORTHEY *et al.*, 2019).

Na mineração, um dos principais indicadores relacionados ao uso da água em seu processo produtivo é o de uso específico, isto é, o volume de água retirado necessário para a produção de 1 tonelada de determinado minério (ANA, 2019) e o

cálculo do uso específico passa pela contabilização da produção e também do volume de água chamada operacional que participa de diferentes etapas que culminam no produto, e não só no processamento em si (ICMM, 2021). A Tabela 2 traz os volumes de água que, em média, precisam ser captados (retirados) para produção das principais categorias de substâncias minerais produzidas no Brasil.

Tabela 2 - Volume de água retirado por substância mineral

<b>Produto</b>	<b>Retirada (m<sup>3</sup>/t)</b>
Carvão mineral	6,25
Minério de ferro	1,05
Minério de alumínio	3,42
Minério de estanho	6,25
Minério de manganês	6,25
Minério de metais preciosos	1,64
Minério metálico não ferrosos	1,86

Fonte: ANA (2019)

Dessa forma, precedendo os cálculos, o padrão na classificação das etapas de produção e da metodologia de cálculo vai garantir que o valor em m<sup>3</sup>/t para a produção de cobre, por exemplo, tenha sido obtido da mesma forma, e que ele possa ser comparado com outras unidades a fim de basear a tomada de decisão e a otimização do processo, além de gerar competitividade entre indústrias diferentes objetivando a redução do volume de água utilizado em seus processos.

Além disso, a pressão no setor minerário incitou o desenvolvimento de metodologias de quantificação da pegada hídrica relacionada à mineração, com foco particular na contabilização de volumes de água consumidos (NORTHDAY *et al.*, 2016), ou seja, a parcela de água retirada que fica indisponível para uso na bacia para a operação ou para outros fins, inclusive o consumo humano (ANA, 2019).

### **2.3.3 Relatórios de sustentabilidade e o marketing empresarial**

Apesar da publicação dos relatórios de sustentabilidade serem voluntários e suas informações meramente declarativas e sem formato definido, nos últimos 20 anos, diversas iniciativas se organizaram para estabelecer padrões de reporte, visando garantir que informações relevantes estejam neles presentes e promover a comparação entre diferentes instituições de um mesmo segmento.

Os relatórios de sustentabilidade podem ser interpretados, também, como medidas de manutenção da permanência no mercado, ganho de relevância e criação de credibilidade, já que são adaptações às novas demandas apresentadas pelo mercado consumidor, preocupado com questões sociais e ambientais. Atualmente, ser considerada uma instituição sustentável é imprescindível para que ela permaneça competitiva (BARBOSA, 2021).

### 2.3.3.1 *Padronização e metodologias de reporte*

Os relatórios de sustentabilidade não são de publicação obrigatória, e cabe à empresa optar por tornar públicos seus valores, ações e metas de sustentabilidade, bem como a forma como essa informação será divulgada (BARBOSA, 2021). Entretanto, a partir da década de 1990, a elaboração de relatórios de sustentabilidade se tornou prática mundialmente comum e crescente nas grandes instituições, evoluindo de acordo com as tendências do mercado (MORAIS et al., 2020).

A adesão de grandes instituições à publicação dos referidos relatórios foi acompanhada pelo surgimento de organizações não governamentais e sem fins lucrativos propondo-se a orientar e estabelecer padrões e metodologias para livre adesão de diferentes segmentos dispostos a tornar públicos seus principais indicadores ambientais, sociais e econômicos.

Os indicadores ambientais são relativos a métricas de impactos de uma atividade sobre diferentes sistemas naturais, incluindo a biosfera e a hidrosfera, além de seres humanos (SASB, 2022).

Os indicadores sociais se relacionam com os recursos humanos, isto é, geração de empregos, uso e ocupação de áreas recuperadas, saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade e da comunidade diretamente impactada pelo empreendimento. Já os indicadores econômicos incluem medidas que refletem o desempenho financeiro da atividade, como lucro, retorno para os acionistas, influência no Produto Interno Bruto (PIB), exportações e potencial de crescimento. (MOTA et al., 2017).

Mensurar o impacto de atividades específicas através de indicadores pode ser considerado um mecanismo de controle uma vez que fornece à empresa e à sociedade capacidade de acompanhamento e entendimento da evolução das ações

empresariais e suas respectivas consequências nas esferas ambiental, econômica e social (SILVA et al., 2019).

O modelo de maior referência no mundo é o da GRI. Fundada em 1997, a organização foi a primeira a propor padrões globais para relatórios de sustentabilidade através de uma estrutura modular, porém inter-relacionada de relato de uma variedade de impactos no âmbito econômico, social e ambiental (MORAIS et al., 2020).

Suas normas são divididas em universais, denominadas em séries de 100: GRI 101, GRI 102 e GRI 103, e específicas, denominadas em séries de 200, relacionadas a tópicos econômicos, 300, relacionadas a tópicos ambientais, ou 400, relacionados a tópicos sociais (GRI, 2018).

Ao longo do tempo, diversas outras entidades publicaram seus modelos de relatório de sustentabilidade a partir da necessidade de maior especificação sobre um tópico, sobre um segmento ou sobre realidades regionais.

A padronização de quais e como os indicadores devem ser reportados a partir de modelos facilita o entendimento por parte da sociedade civil ao criar uma sequência lógica de disposição da informação, além de permitir que instituições do mesmo segmento possam ser comparadas e que as diferenças de cada gestão sejam perceptíveis e passíveis de reconhecimento e crítica, acréscimo ou decréscimo de investimentos e eventual fiscalização de órgãos de gestão.

Entretanto, segundo Northey et al. (2019), os principais dados reportados pelas indústrias mineradoras são relativos à captação de água e à entrada de água nos processos, seja nova ou reutilizada, enquanto informações sobre a disponibilização e o consumo de água aparecem em número consideravelmente inferior nos relatórios de sustentabilidade.

O autor ainda cita que, dessa forma, não é possível descrever o balanço hídrico completo na maioria das operações utilizando apenas dados reportados publicamente, e importantes informações relativas ao contexto e ao impacto em potencial das operações são perdidas.

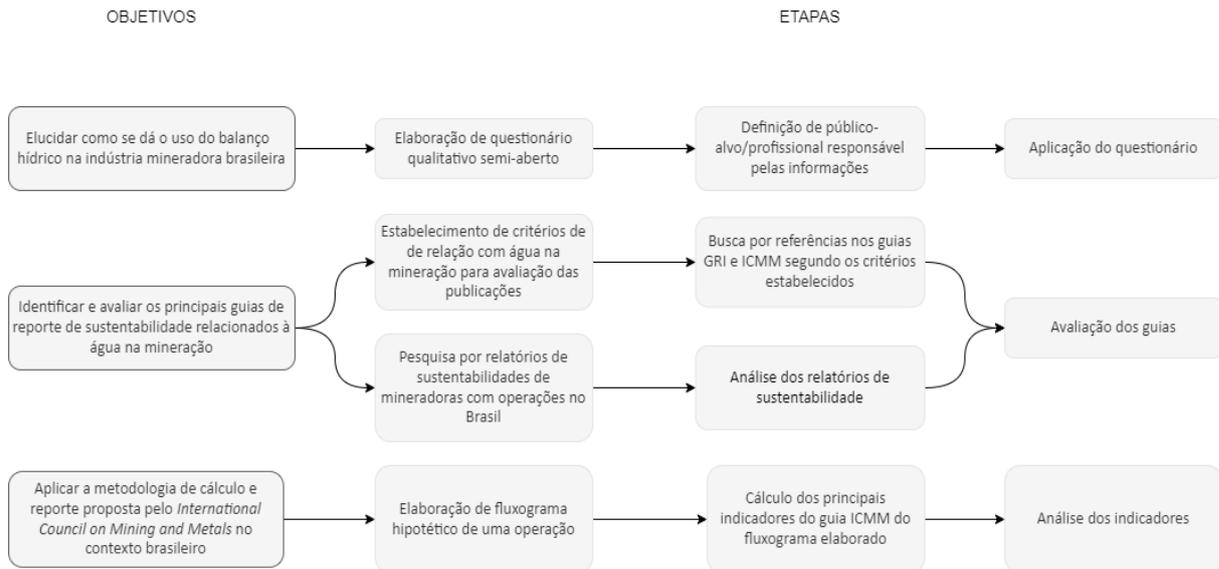
Além disso, Fernandes et al. (2019), considerando os relatórios de sustentabilidade da Samarco e da Vale após o rompimento da barragem em Mariana, constatou que há problemas na fidelidade das informações publicadas em relação à realidade. Assim, é relevante estabelecer métodos e avaliá-los a fim de garantir a transparência da informação na forma como ela é calculada e publicada.



### 3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos definidos pelo trabalho, a metodologia foi desenvolvida conforme ilustra de maneira objetiva a Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma metodológico do trabalho



#### 3.1 USO DO BALANÇO HÍDRICO NAS MINERADORAS BRASILEIRAS

Para elucidar como se dá o uso do balanço hídrico dentro das indústrias mineradoras no Brasil, fora realizada uma pesquisa qualitativa e exploratória por meio de questionário, buscando avaliar, considerando a complexidade do cálculo do balanço (ICMM, 2021), três principais aspectos: o estado do balanço hídrico na indústria, as referências para o cálculo e as principais dificuldades em realizá-lo.

A primeira etapa do questionário é a caracterização do porte da indústria participante, segundo o critério de produção anual bruta da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019), da(s) principal(is) matéria(s) prima(s) e da abrangência territorial, com o objetivo de relacionar o porte ao desenvolvimento do balanço hídrico, dado que as respostas seriam anônimas para garantir maior adesão.

A segunda etapa foi composta por perguntas fechadas, semiabertas e abertas relacionadas aos aspectos anteriormente citados. Essa etapa é dividida ainda pelos

temas: 1) estado do balanço hídrico; 2) conceitos e metodologias; 3) medição e armazenamento de dados; 4) objetivos do balanço hídrico e; 5) principais dificuldades.

Depois de elaborado, o questionário foi estruturado na plataforma Google Forms e enviado por e-mail aos principais responsáveis pelos setores relacionados à água e ao meio ambiente de 11 mineradoras de origem nacional e estrangeira que possuem operações no Brasil.

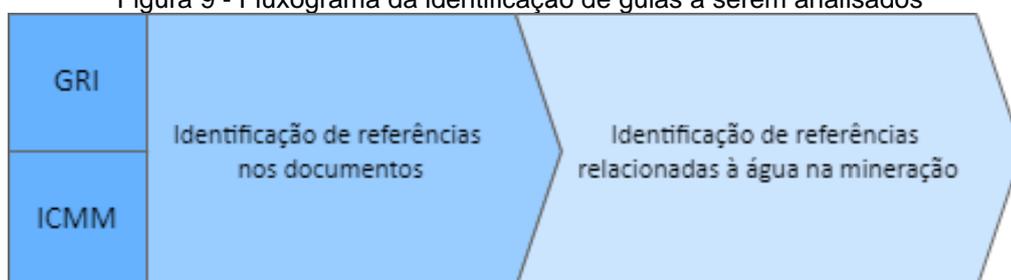
O questionário se encontra no Anexo A e foi aplicado por meio de formulário on-line elaborado na plataforma Google Forms a ser respondido de maneira anônima para garantir maior adesão dos participantes.

### 3.2 AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS GUIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE REPORTE DE SUSTENTABILIDADE RELACIONADOS À ÁGUA E À MINERAÇÃO

Essa etapa foi planejada para verificar e avaliar os principais guias de reporte de sustentabilidade publicados pelas principais entidades ligadas à governança ambiental, social e corporativa (ESG) por meio de pesquisa qualitativa e exploratória, considerando os critérios de relação das publicações com a água, com a mineração e com o balanço hídrico.

Inicialmente, definiu-se os guias publicados pela GRI e pelo ICMM aqui já mencionados como ponto de partida para estabelecer as demais fontes avaliadas. A partir das referências citadas nos dois guias, outros documentos e/ou entidades relacionadas à água na mineração serão identificadas para serem analisadas, conforme é indicado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma da identificação de guias a serem analisados



Além da caracterização das fontes, uma busca quantitativa às siglas das organizações nos relatórios de sustentabilidade publicados individualmente pelas principais mineradoras com operações em território nacional, listadas no Quadro 2, foi

realizada com o objetivo de identificar possível referência aos guias selecionados e avaliados, podendo assim estimar também sua relevância no cenário da mineração no Brasil.

Quadro 2 - Relatórios de sustentabilidade das principais indústrias brasileiras de mineração avaliados

<b>Empresa</b>	<b>Publicação</b>
Alcoa	Performance ASG Brasil 2021
AngloGold Ashanti	Relatório ESG 2021
CBMM	Relatório de Sustentabilidade 2021
CSN	Relato Integrado 2021
Gerdau	Relatório Anual 2021
Jaguar Mining	Relatório de Sustentabilidade 2020
Kinross	Kinross Gold 2021 Sustainability Report
MRN	Sustentabilidade MRN 2021
Nexa Mineração	Relatório Anual 2021
Rio Tinto	Annual Report 2021
Samarco	Relatório de Sustentabilidade 2021
Usiminas	Relatório Anual de Sustentabilidade 2021
Vale	Relato Integrado 2021

Fonte: Autor (2022)

E em relação à especificidade de cada guia, avaliou-se também a relação de cada um com a água, com a mineração, e com o balanço hídrico, definindo-se a classificação de 'Exclusivo', quando se trata apenas do tema, 'Inclusivo', quando o tema não é o principal, mas é citado, e 'Generalista', quando não há menção explícita ao tema, mas ele faz parte da proposta do guia.

### 3.3 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DIRETA DA METODOLOGIA PROPOSTA PELO ICMM PARA CÁLCULO E REPORTE DO BALANÇO HÍDRICO

Através do Guia publicado pelo ICMM, o cálculo de métricas de reporte referentes ao uso da água em uma operação industrial de mineração em um contexto

brasileiro foi realizado utilizando um fluxograma hipotético a fim de verificar a abrangência da metodologia e a garantia da transparência e fidelidade dos dados reportados em um cenário a ser elaborado.

### **3.3.1 Elaboração do cenário e do fluxograma operacional**

O fluxograma de cálculo foi delineado seguindo as etapas propostas pelo guia do ICMM e listadas a seguir:

- Identificação dos limites operacionais: para o objetivo aqui definido, o fluxograma operacional incluirá apenas entidades ligadas diretamente a um processo industrial específico. Sendo assim, não incluirá o uso de água em unidades administrativas ou sociais, como restaurantes, tampouco operações paralelas como atividades portuárias ou transportes de minério por minerodutos, por exemplo;
- Definição de entradas: as entradas do sistema serão os volumes de água que adentram ao limite de fontes externas superficiais, subterrâneas, de água do mar ou de terceiros;
- Definição de saídas: as saídas do sistema serão os volumes de água que deixam o limite quando disponibilizadas novamente ao meio, seja superficial, subterrâneo, de água do mar ou de terceiros, ou consumido, isto é, que se torna indisponível na bacia hidrográfica em que o sistema está inserido. São classificadas pelo Guia como consumo a evaporação, a água aderida ao produto, a água aderida a rejeito e outras perdas no sistema.
- Definição de usos operacionais: uma vez no sistema, o volume de água é destinado para diferentes usos no processo industrial. São classificados pelo Guia como atividades operacionais o resfriamento ou a secagem de matéria prima, o rebaixamento de nível d'água, a supressão de poeira, a mineração a céu aberto, o processamento mineral, a separação mineral, o beneficiamento mineral, o transporte mineral, o controle de sedimentos, as barragens de rejeitos, a mineração subterrânea, a gestão de resíduos e o tratamento de água.

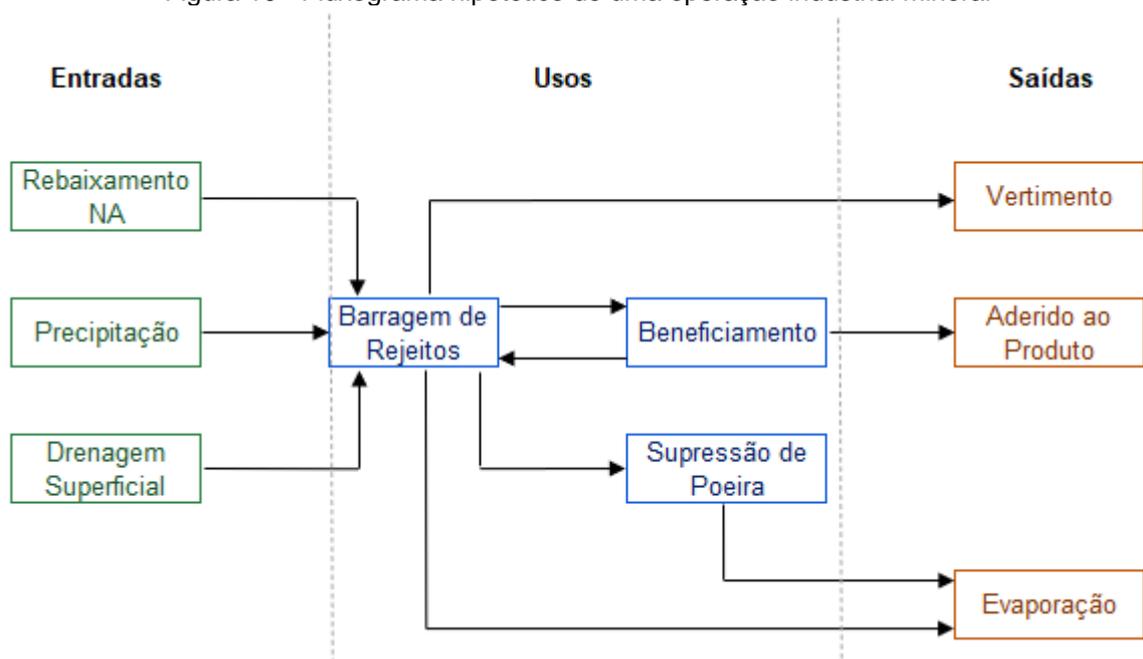
Na operação industrial elaborada, as entradas de água são de origem subterrânea, com o volume de água bombeado no rebaixamento de nível d'água, e superficial, com a drenagem superficial e a precipitação.

O volume total de água é direcionado à barragem de rejeitos que funciona de maneira mista, como tratamento e armazenamento e da barragem, a água é direcionada às atividades de supressão de poeira e de beneficiamento de minério, considerando-se, também, o volume que verte da estrutura e a parcela que evapora.

Da água utilizada no beneficiamento, parte permanece aderida ao produto e, portanto, se perde, e parte retorna à barragem para ser reutilizada. Além da barragem, há evaporação total do volume utilizado na supressão de poeira, uma vez que a maneira como a água é aspergida não gera escoamento superficial, tampouco infiltração.

A base de dados utilizada para a atribuição dos valores de cálculo relativos a cada fluxo teve como referência dados reais do balanço hídrico anual de 2021 de uma operação localizada em região densamente florestada no estado do Pará, cuja barragem recebe a drenagem de uma área de mais de 30 km<sup>2</sup>, tendo assim como principais afluentes da barragem a precipitação e a drenagem superficial, como pode ser observado na Figura 10, em m<sup>3</sup>/ano e, a fim de facilitar os cálculos e otimizar a discussão, armazenamento no sistema nulo.

Figura 10 - Fluxograma hipotético de uma operação industrial mineral



Fonte: Autor (2022)

### 3.3.2 Cálculo das métricas mínimas de reporte

O Guia ICMM estabelece ao menos cinco métricas mínimas de reporte, indicadas e definidas no Quadro 3:

Quadro 3 - Métricas mínimas de reporte do Guia ICMM

<b>Métrica</b>	<b>Definição</b>	<b>Cálculo Realizado</b>
Captação de Água Operacional	Volume de água que entra no sistema operacional para atender a demanda operacional.	$\begin{aligned} & \text{Captação}_{AO} \\ & = Vol_{\text{Rebaixamento NA} \rightarrow \text{Barragem}} \\ & + Vol_{\text{Precipitação} \rightarrow \text{Barragem}} \\ & + Vol_{\text{Drenagem} \rightarrow \text{Barragem}} \end{aligned}$
Captação de Outras Águas Gerenciadas	Volume de água que é ativamente gerenciada, mas não atende demandas operacionais	NA
Disponibilização Total	Volume de água que retorna ao meio ambiente, sendo operacional ou gerenciada	$\begin{aligned} & \text{Disponibilização Total} \\ & = Vol_{\text{Barragem} \rightarrow \text{Vertimento}} \end{aligned}$
Consumo Total	Volume de água que fica indisponível no meio ambiente	$\begin{aligned} & \text{Consumo Total} \\ & = Vol_{\text{Barragem} \rightarrow \text{Aderido ao Produto}} \\ & + Vol_{\text{Barragem} \rightarrow \text{Evaporação}} \\ & + Vol_{\text{Supressão} \rightarrow \text{Evaporação}} \end{aligned}$
Reutilização/Recirculação	Volume de água que já foi utilizado em uma atividade operacional e é recuperado para ser novamente utilizado em outras atividades com ou sem tratamento prévio.	$\begin{aligned} & \text{Reutilização/Recirculação} \\ & = Vol_{\text{Barragem} \rightarrow \text{Beneficiamento}} \\ & + Vol_{\text{Beneficiamento} \rightarrow \text{Barragem}} \end{aligned}$

Fonte: ICMM (2021)

Além das métricas mínimas, calculou-se outras métricas recomendadas pelo Guia ICMM, como o Uso de Água Operacional sendo a soma de todos os volumes de água que entram em uma atividade operacional, seja este captado no meio ou de terceiros (água nova no sistema) ou reutilizado/reciclado (água já adentrada no sistema), para estimar a demanda total de água da atividade; e a Taxa de Reutilização/Recirculação como a razão entre o volume total de Água Reutilizada/Reciclada em uma atividade e o Uso de Água Operacional na mesma.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 USO DO BALANÇO HÍDRICO NAS MINERADORAS BRASILEIRAS

Como citado anteriormente, o questionário foi aplicado de forma a garantir o anonimato das respostas. Assim sendo, foram ao total seis indústrias participantes, com operações no Brasil, aqui identificadas no Quadro 4 pelas letras de A a F e caracterizadas de acordo com porte, produto e abrangência, ou seja, onde possui operações fora do território nacional.

Quadro 4 - Caracterização das indústrias

<b>Indústria</b>	<b>Porte</b>	<b>Produto</b>	<b>Abrangência das Operações<sup>1</sup></b>
A	Grande (maior que 1 milhão toneladas/ano)	Aço, Minério de Ferro e matérias primas para produção do aço	Américas
B	Grande (maior que 1 milhão toneladas/ano)	Minério de Ferro	América Latina
C	Grande (maior que 1 milhão toneladas/ano)	Minério de Ferro, Cobre, Níquel, Pelotas.	Global
D	Média (de 100 mil a 1 milhão toneladas/ano)	Nióbio	América Latina
E	Grande (maior que 1 milhão toneladas/ano)	Alumínio	Global
F	Grande (maior que 1 milhão toneladas/ano)	Ouro	Global

<sup>1</sup>Considerou-se como 'Global' aquela que possui operações também fora das Américas

Fonte: Autor (2022).

Da amostra, com exceção da indústria D, todas possuem produção anual superior a 1 milhão de toneladas de minério por ano, portanto, sendo enquadradas como de grande porte e, por isso, de grande impacto no contexto econômico, social e ambiental em que estão inseridas.

Em relação ao estado do balanço hídrico em cada indústria, sintetizado no Quadro 5, as duas indústrias com operações de maior abrangência territorial, C e E, que possuem operações também fora dos continentes americanos, indicaram que todas as suas unidades de operação possuem o balanço hídrico implementado e calculado a uma frequência mensal. A indústria C já possuía, em agosto, o balanço para o ano de 2022 atualizado, enquanto a atualização mais recente da indústria E era para o ano anterior, de 2021.

Quadro 5 - O estado do balanço hídrico nas indústrias

<b>Indústria</b>	<b>Unidades com BH</b>	<b>Frequência</b>	<b>Atualização</b>	<b>Responsáveis pelo BH</b>
A	Sem resposta	Mensal	2020	Menos de 5
B	Três unidades	Mensal	2022	Menos de 10
C	Todas	Mensal	2022	Menos de 10
D	Um único geral	Diária	2018 ou anterior	Menos de 5
E	Todas	Mensal	2021	Menos de 5
F	Todas (no Brasil)	Mensal	2022	Mais de 10

Fonte: Autor (2022)

A indústria A não soube identificar quantas unidades possuem seu balanço hídrico calculado, apenas informou que a frequência necessária de atualização é mensal, mesmo tendo a última atualização sendo feita em 2020. Caso semelhante ocorre na indústria D que possui um balanço hídrico que considera todas as unidades em um único fluxograma e, apesar de não ter o balanço atualizado, necessita de tal informação diariamente.

Em levantamento de dados reportados em relatórios de sustentabilidade de indústrias mineradoras, Northey et al. (2019) observou que a agregação de informações sobre os volumes, como ocorre na indústria D, que indicou possuir um único balanço hídrico global, faz com que informações importantes relativas a cada operação se percam.

Observa-se também que, para todas as indústrias, a responsabilidade pelo balanço hídrico é compartilhada, ou seja, não há um único profissional mantenedor de

todas as capacidades e informações para elaborar o fluxograma do balanço e atribuir a ele dados.

Todas as indústrias apontaram que realizam uma gestão padronizada do balanço hídrico nas diferentes unidades, com exceção da indústria A, que informou que a gestão varia de unidade para unidade uma vez que possuem autonomia para fazerem a gestão descentralizada.

O Quadro 6 mostra que a maioria das indústrias possui a gestão do balanço hídrico padronizada entre todas as unidades. Assim, o uso de conceitos e metodologias referentes ao balanço hídrico se replica em diferentes operações e contextos.

Quadro 6 - Padronização do balanço hídrico: metodologias e conceitos

<b>Indústria</b>	<b>Gestão do Balanço Hídrico</b>	<b>Conceitos</b>	<b>Fonte dos Conceitos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Fonte da Metodologia</b>
A	Gestão variada	Internamente adaptados	Não se aplica	Internamente adaptada	Não se aplica
B	Gestão padronizada	Externamente alinhados	GRI	Internamente definida	GRI
C	Gestão padronizada	Internamente adaptados	ICMM, GRI, CDP, Glossário ANA, Literatura	Internamente adaptada	ICMM, GRI, Literatura
D	Gestão padronizada	Internamente definidos	Não se aplica	Internamente definida	Não se aplica
E	Gestão padronizada	Externamente alinhados	ICMM, MCA (WAF), GRI, CDP	Externamente definida	MCA (WAF)
F	Gestão variada	Internamente adaptados	MCA (WAF), GRI	Internamente adaptados	MCA (WAF)

Fonte: Autor (2022)

Entretanto, há indústrias que não utilizam nenhum tipo de referência externa que padronize seus conceitos ou metodologia de cálculo, o que compromete a credibilidade da informação que é divulgada e daquela que é essencial para a gestão

interna da própria operação, e indica que, apesar de terem claros seus objetivos com o cálculo, ainda não há maturidade na construção do mesmo.

A principal referência de conceitos e de metodologia apontada pelas indústrias é a *Global Reporting Initiative* (GRI), seguida do *Carbon Disclosure Project* (CDP) e do *International Council on Mining and Metals* (ICMM). Vale ressaltar que o guia elaborado pela GRI estabelece apenas conceitos, e não metodologia de cálculo do balanço hídrico, uma vez que a maneira como as métricas informadas nos relatórios são calculadas fica a cargo da indústria publicadora (GRI, 2018).

É citado ainda, pela indústria E, cuja atuação é global, o *Water Accounting Framework* (WAF), do *Minerals Council of Australia* (MCA), como fonte de conceitos e metodologia de cálculo do balanço. A indústria C foi a única a indicar o Glossário da Agência Nacional de Águas como referência para uso de conceitos do balanço hídrico, única fonte nacional levantada, indicando a ausência de referências que sejam localmente alinhadas e que possuam maior entendimento do contexto brasileiro.

Relevante destacar que as indústrias A e D informaram que não utilizam nenhuma fonte externa de conceitos, tampouco de metodologia de cálculo. Assim, a comparação de métricas de uso, consumo e recirculação de água entre as diferentes produções de diferentes corporações, por exemplo, fica impossibilitada, uma vez que não há garantia de que tais informações foram obtidas de maneira confiável, o que pode diminuir a credibilidade entre os *stakeholders* (Danoucaras *et a.*, 2013).

Além de conceitos e metodologia bem definidos, outro aspecto extremamente relevante para o cálculo do balanço hídrico é a robustez dos dados utilizados para o cálculo, sua segurança e seu registro histórico (ICMM, 2021). O Quadro 7 traz as informações sobre a coleta, o armazenamento e a visualização dos dados fornecidos por cada indústria.

Quadro 7 - Caracterização dos dados do balanço hídrico das indústrias

<b>Indústria</b>	<b>Medição</b>	<b>Armazenamento</b>	<b>Visualização</b>
A	Maioria medidos manualmente	Excel	Excel
B	Maioria medidos automaticamente	Excel	Excel
C	Maioria calculados	Excel	Excel

D	Maioria calculados	Excel	PowerPoint
E	Maioria medidos manualmente	Excel	Excel
F	Maioria medidos automaticamente	Excel	Excel

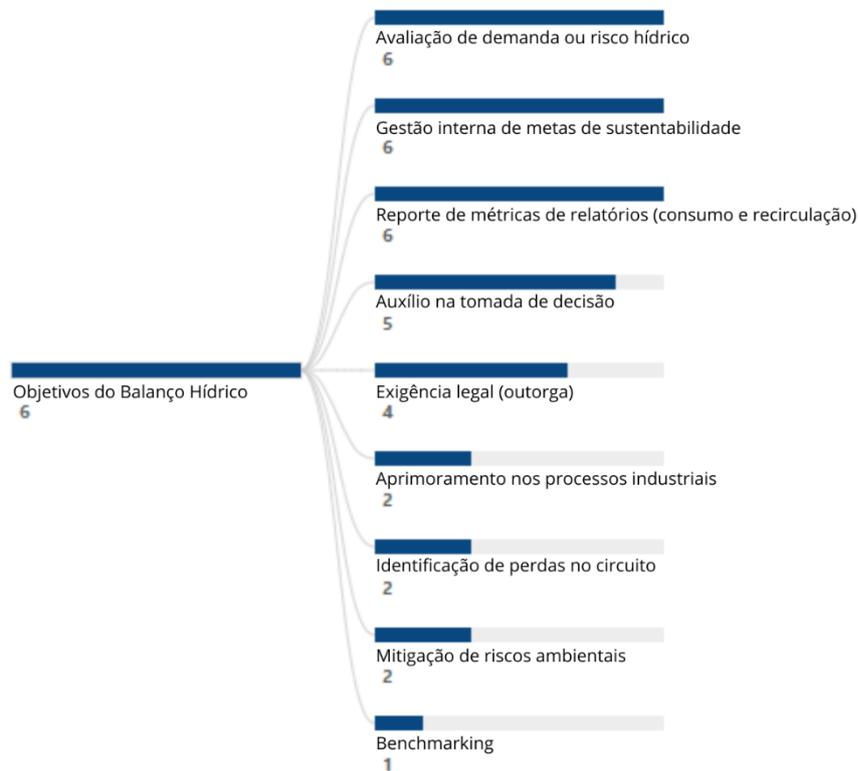
Fonte: Autor (2022)

Todas as indústrias armazenam seus dados relativos ao balanço hídrico em planilhas do software *Excel*, que também é utilizado para a visualização dos dados na maioria dos casos. O armazenamento de dados é uma etapa fundamental para o bom gerenciamento da informação obtida, seja pela garantia que ela será retornada da maneira correta, ou pela manutenção histórica dessa informação (FERREIRA, 2021).

A indústria B se destaca uma vez que possui a maioria dos dados medidos de maneira automática, o que aumenta a confiabilidade do dado e não depende de trabalho humano para sua aquisição direta, aspecto passível de erros. As indústrias C e D, tendo a maioria dos dados calculados, evidenciam uma dependência de dados indiretos para compor seu balanço hídrico, o que também pode comprometer a confiabilidade do resultado.

Todas as indústrias questionadas indicaram que um dos objetivos do balanço hídrico é o reporte de métricas de sustentabilidade, entretanto, destaca-se também o uso unânime da ferramenta para a avaliação de demanda ou risco hídrico e para gestão interna de metas de sustentabilidade. Outros objetivos expressados na pesquisa são indicados, de maneira hierárquica, na Figura 11.

Figura 11 - Objetivos do balanço hídrico nas indústrias mineradoras brasileiras



Fonte: Autor (2022)

Para atingir tais objetivos através do balanço hídrico, algumas dificuldades são pontuadas pelos empreendimentos. Para a indústria A, que não soube precisar quantas unidades possuem o balanço hídrico calculado, a principal dificuldade citada é “obter um sistema integrado, padronizado e automatizado para todas as unidades”.

A indústria E, que possui o balanço implementado em todas as suas 22 unidades, relata que a complexidade e o volume de dados manipulados no processo de cálculo do balanço hídrico tornam a tarefa mais dispendiosa. A qualidade dos dados utilizados no cálculo garante a robustez e a consistência do balanço hídrico.

A compreensão da importância dessa consistência por parte dos profissionais envolvidos na atividade, bem como sua capacitação, foi a principal dificuldade indicada pela indústria C, que depende do envolvimento de mais de 5 profissionais internos para o desenvolvimento do balanço hídrico em suas unidades. Para a indústria F, a maior dificuldade está na medição constante e confiável das informações de diversas áreas e no repasse do grande volume de dados para o cálculo do balanço hídrico.

Dificuldade semelhante é apontada pela indústria D, que cita de maneira muito semelhante que os desafios perpassam pela instrumentação, coleta dos dados, alimentação de banco de dados centralizado e fidedigno, conhecimento técnico, gestão e visualização dos dados de interesse e diz ainda que a instrumentação e a gestão são os gargalos.

A instrumentação foi indicada como gargalo também para a indústria B que, mesmo contando com a maioria de seus dados obtidos de maneira automatizada, reconhece a importância da fidelidade dos dados para as estimativas eventualmente consideradas no balanço.

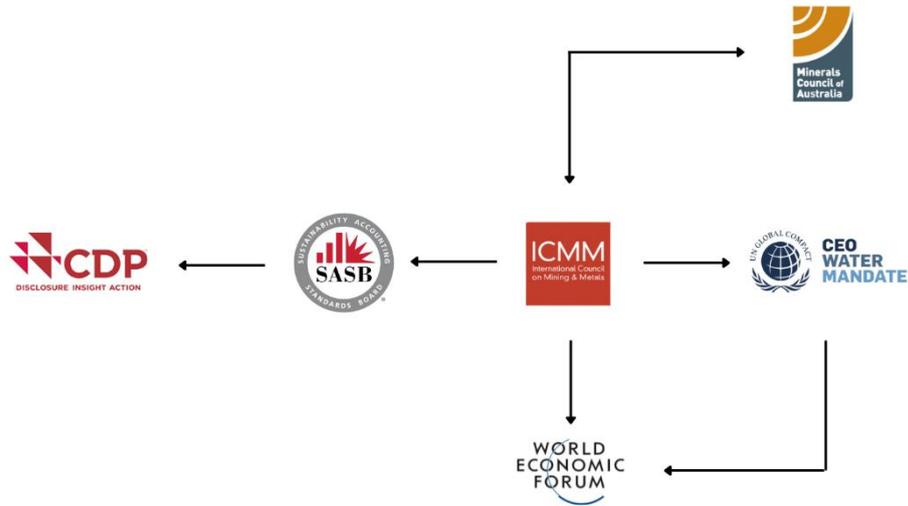
A construção da maturidade do balanço hídrico na indústria mineral brasileira realizada a partir das respostas ao questionário não permitem estabelecer uma ligação direta entre a dimensão da indústria e o nível de comprometimento com a qualidade da construção, do cálculo e da gestão do balanço hídrico em suas unidades, dado o volume da amostra.

Apesar disso, as indústrias C, E e F, que possuem operações em nível global, isto é, além do Brasil, contam com unidades fora do continente americano e por isso têm maior abrangência, e que são de grande porte indicaram que todas as unidades possuem balanço hídrico implementado de maneira orientada por mais de uma fonte externa, indicando maior credibilidade no trabalho realizado.

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS GUIAS DE REPORTE DE SUSTENTABILIDADE RELACIONADOS À ÁGUA E À MINERAÇÃO

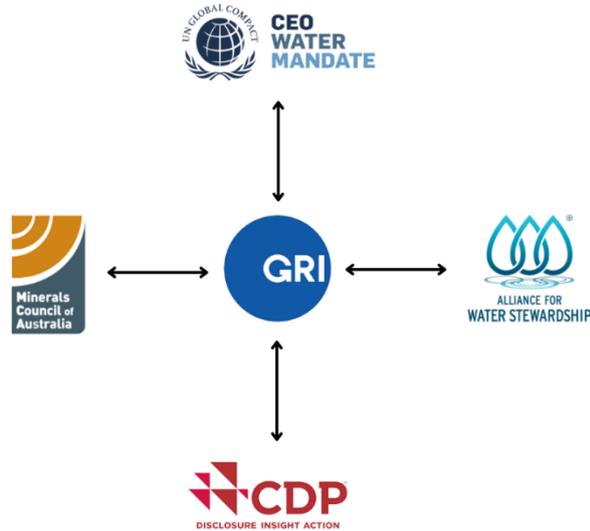
Os principais guias de reporte de sustentabilidade que possuem algum padrão relacionado à água e/ou à mineração foram levantados e avaliados partindo dos guias publicados pelas duas principais entidades aqui mencionadas: a GRI e o ICMM. A construção de seus guias de reporte hídrico foi feita utilizando documentos de outras organizações de referência citadas e relacionadas conforme ilustram as Figuras 10 e 11, em que a seta aponta para a referência.

Figura 12 - Referências do Water Reporting Guide (2021) do ICMM



Fonte: Autor (2022)

Figura 13 - Referências do GRI 303: Water and Effluents (2018)



Fonte: Autor (2022)

Além disso, a busca utilizando palavras-chave como 'sustainability' e 'mining' associadas apontou outras três publicações de organizações relacionadas ao tema que foram somadas às referenciadas nos guias ICMM e GRI para a citada avaliação. São estas: Responsible Mining Initiative (RMI), Towards Sustainable Mining (TSM) e Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA). A leitura de produções bibliográficas relacionadas à temática dos relatórios de sustentabilidade indicou também a organização brasileira Instituto Ethos, que também foi avaliada.

Os documentos publicados pelas entidades citadas que foram analisados estão listados no Quadro 8.

Quadro 8 - Documentos dos guias de reporte avaliados

<b>Organização</b>	<b>País de Origem</b>	<b>Publicação</b>
Alliance for Water Stewardship (AWS)	Escócia	AWS Standard Guidance e International Water Stewardship Standard (2019)
Carbon Disclosure Project (CDP)	Reino Unido	CDP Water Security 2022 Reporting Guidance (2022)
CEO Water Mandate	Estados Unidos da América	Corporate Water Disclosure Guidelines (2014)
Instituto Ethos	Brasil	Indicadores Ethos para negócios sustentáveis e responsáveis e Indicadores Setoriais (para a mineração) (2019)
GRI	Holanda	GRI 303: Water and Effluents (2018)
ICMM	Reino Unido	Water Reporting: Good practice guide, 2nd Edition (2021)
Minerals Council of Australia (MCA)	Austrália	Minerals Industry: Water Accounting Framework (2022)
RMI	Estados Unidos da América	Environmental, Social & Governance (ESG) Standard for Mineral Supply Chains (2021)
TSM	Canadá	Towards Sustainable Mining Water Stewardship Protocol (2022)
IRMA	Canadá	IRMA Standard for Responsible Mining – Guidance Document (2022)
Sustainability Accounting Standards Board (SASB)	Estados Unidos da América	Metals & Mining Sustainability Accounting Standard (2021)
World Economic Forum (WEF)	Suíça	Measuring Stakeholder Capitalism: Towards Common Metrics and Consistent Reporting of Sustainable Value Creation (2020)

Fonte: Autor (2022)

É possível notar que, com exceção da CEO Water Mandate, todas as entidades possuem publicações atualizadas, disponibilizadas ao longo os últimos quatro anos. A origem das entidades também informa uma ausência de organizações nacionais que se relacionem com as temáticas água e mineração.

Após a seleção das fontes analisadas, informações chave relacionadas à padronização de métricas a serem publicadas relacionadas à água foram buscadas em cada um dos documentos, principalmente aquelas que de alguma forma podem ser obtidas através do balanço hídrico. O Quadro 9 traz os principais indicadores exigidos em cada um dos guias.

Quadro 9 - Indicadores relacionados à água exigidos pelos guias de reporte

Indicador	CDP	CEO Water Mandate	GRI	ICMM	RMI	IRMA	SASB	WEF
Volume Total Captado	✓	✓	✓				✓	✓
Volume Total Disponibilizado	✓	✓	✓	✓	✓			
Volume Total Consumido	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Volume Total Captado em Áreas de Estresse Hídrico							✓	✓
Volume Total Consumido em Áreas de Estresse Hídrico							✓	✓
Volume de Água Operacional Captada				✓		✓		
Volume de Outra Água Gerenciada Captada				✓				
Volume de Água Operacional Disponibilizada						✓		
Volume Reutilizado/ Recirculado				✓				
Uso Específico da Água		✓						

Fonte: Autor (2022)

O *Water Accounting Framework* do MCA traz alguns dos mesmos indicadores sendo por ele nomeados Entradas e Saídas Operacionais e de Outras Águas Gerenciadas, mas que em termos numéricos equivalem às Captações e à soma de Consumo e a Disponibilização, respectivamente.

O *International Water Stewardship Standard* (AWS, 2019), apesar de citar o balanço hídrico, não traz indicadores padronizados para relatórios de sustentabilidade. O documento se propõe a ser um guia robusto de gestão hídrica de melhoria contínua baseada em cinco pilares principais que representam aspectos fundamentais relacionados à água: boa governança, balanço hídrico sustentável, qualidade da água, contextualização relevante da água e provisão de água potável para todos, alcançados através da coleta e compreensão de dados, comprometimento e planejamento, implementação, avaliação e comunicação e divulgação.

No Brasil, o Instituto Ethos formulou um padrão de publicação das informações relacionadas ao uso da água em diferentes contextos industriais, inclusive o da mineração, por meio de resposta a um questionário. Já o *Towards Sustainable Mining*

indica uma série de critérios a serem avaliados pela entidade sobre seus membros relacionados à gestão da água e de barragens de rejeitos em especial, alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Uma vez identificados os principais indicadores dos relatórios, a fim de avaliar seu uso e relevância no contexto brasileiro, buscou-se, nos relatórios de sustentabilidade publicados pelas principais indústrias mineradoras com operação no Brasil, referência às entidades cujos guias de reporte hídrico foram avaliados.

Quadro 10 - Menções aos guias nos relatórios de sustentabilidade de mineradoras no Brasil

	GRI	ICMM	CDP	SASB	Inst. Ethos	TSM	WEF	RMI
Alcoa (2021)		✓			✓			
AngloGold Ashanti (2021)	✓	✓			✓			
CBMM (2021)	✓			✓				
CSN (2021)	✓	✓	✓	✓				
Gerdau (2021)	✓		✓	✓				
Jaguar Mining (2020)	✓				✓			
Kinross (2021)	✓		✓	✓				
MRN (2021)		✓						
Nexa (2021)	✓		✓	✓				
Rio Tinto (2021)	✓	✓	✓			✓	✓	✓
Samarco (2021)	✓	✓						
Usiminas (2021)	✓		✓		✓			
Vale (2021)	✓	✓	✓	✓		✓		
<b>Menções</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fonte: Autor (2022)

O Quadro 10 indica que a principal organização referência é a GRI, seguida do ICMM, as duas entidades que foram ponto de partida para o levantamento de outros guias de sustentabilidade. O CDP também é uma fonte bastante relevante, principalmente por que, a partir de um sistema online de respostas, orientado pelo *CDP Water Security 2022 Reporting Guidance* (CDP, 2022), as companhias se tornam elegíveis ou não para a avaliação da entidade, que atribui notas de acordo com o

desempenho das indústrias na gestão sustentável de diversos tópicos, incluindo a água. Anualmente, o órgão publica a *The A List*, divulgando a lista de companhias que alcançaram a nota máxima nos critérios definidos para, entre outros temas, a segurança hídrica.

Apesar de ser citado em apenas 4 dos 13 relatórios avaliados, o Instituto Ethos se mostrou mais relevante que duas entidades específicas da mineração, TSM e RMI.

O Quadro 11 traz a avaliação da relação dos guias com as temáticas citadas. Considerando Exclusivo como a classificação ideal e Generalista como a menos ideal, o guia que melhor contempla o objetivo o reporte hídrico na mineração é o *Water Accounting Framework*, do MCA. Entretanto, é importante citar que o citado guia foi desenvolvido pelo órgão de mineração australiano, logo, não tem como objetivo principal atender às necessidades e contextos globais, tampouco o brasileiro.

Quadro 11 - Relação dos guias com as temáticas de água, balanço hídrico e mineração

	<b>Em relação à mineração</b>	<b>Em relação à água</b>	<b>Em relação ao balanço hídrico</b>
GRI	Generalista	Exclusivo	Inclusivo
ICMM	Exclusivo	Exclusivo	Inclusivo
CDP	Generalista	Inclusivo	Inclusivo
SASB	Exclusivo	Inclusivo	Generalista
Instituto Ethos	Inclusivo	Inclusivo	Generalista
TSM	Exclusivo	Inclusivo	Inclusivo
WEF	Inclusivo	Inclusivo	Generalista
RMI	Exclusivo	Inclusivo	Generalista
MCA	Exclusivo	Exclusivo	Exclusivo

Fonte: Autor (2022)

Considerando Exclusivo como a classificação ideal e Generalista como a menos ideal, o Quadro 11 indica que o guia que melhor contempla o objetivo o reporte hídrico na mineração é o *Water Accounting Framework*, do MCA. Entretanto, é importante citar que o citado guia foi desenvolvido pelo órgão de mineração australiano, logo, não tem como objetivo principal atender às necessidades e contextos globais, tampouco o brasileiro.

Já o ICMM foi classificado como 'Inclusivo' em relação ao balanço hídrico porque o padrão de reporte estabelecido pelo guia não se limita apenas a contabilidade da água, mas inclui indicadores relacionados também ao contexto da operação, à qualidade da água e à avaliação de estresse hídrico. Apesar disso, possui um extenso passo a passo para auxiliar o cálculo do balanço hídrico de unidades operacionais, cuja aplicação direta no contexto brasileiro será avaliada também neste trabalho no item seguinte.

Finalmente, cada guia foi classificado quando à presença ou ausência de metodologias de cálculo dos indicadores por eles exigidos, não necessariamente sendo o balanço hídrico uma delas. Como pode ser observado na Figura 14, a grande maioria dos documentos estabelecem apenas quais indicadores as indústrias, sendo de mineração ou não, devem reportar. Como esses indicadores são obtidos, na maioria das vezes, fica a cargo da própria corporação.

Figura 14 - Classificação dos Guias quanto à existência de metodologia de cálculo dos indicadores exigidos



Fonte: Autor (2022)

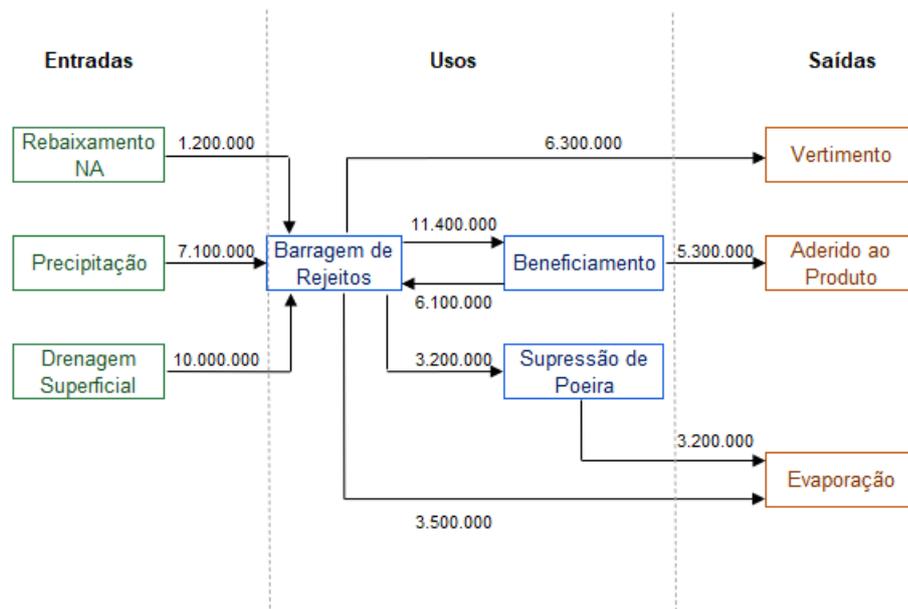
A ausência de algum tipo de padronização na contabilidade dos indicadores expõe uma fragilidade dos documentos avaliados, dado que não há maneira de garantir que duas indústrias do mesmo segmento consideraram as mesmas etapas no cálculo de suas métricas e, por isso, além de não poderem ser comparadas entre si, tais métricas não necessariamente refletem a condição real de uso dos recursos hídricos pelo empreendimento publicador.

### 4.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ICMM DE CÁLCULO E DE REPORTE DO BALANÇO HÍDRICO

#### 4.3.1 Cálculos de indicadores do ICMM

A Figura 15 apresenta o fluxograma do processo da unidade operacional com os volumes dos fluxos de entrada, uso e saída entre as etapas.

Figura 15 - Fluxograma hipotético de uma operação industrial mineral



Fonte: Autor (2022)

A partir do fluxograma ilustrado, a Tabela 3 traz os principais indicadores recomendados pelo ICMM calculados da maneira já indicada. Os valores de reporte desse processo industrial são listados no padrão indicado pelo Guia.

Tabela 3 - Métricas de reporte hídrico ICMM

Métrica		Volume	Unidade	Percentual
Captação de Água Operacional	Água Superficial	17.100.000	m³/ano	93,44%
	Água Subterrânea	1.200.000	m³/ano	6,56%
	Água Marinha	0	m³/ano	0,00%
	Água de Terceiros	0	m³/ano	0,00%
	Total	18.300.000	m³/ano	100%
Captação de Outras Águas Gerenciadas		0	m³/ano	-
Disponibilização Total	Água Superficial	6.300.000	m³/ano	100%
	Água Subterrânea	0	m³/ano	0,00%
	Água Marinha	0	m³/ano	0,00%
	Água de Terceiros	0	m³/ano	0,00%
	Total	6.300.000	m³/ano	100%

Consumo Total	12.000.000	m³/ano	-
Uso de Água Operacional	39.000.000	m³/ano	-
Água Operacional Reutilizada/Reciclada	17.500.000	m³/ano	-
Variação no Armazenamento ( $\Delta S$ )		m³/ano	-

Fonte: Autor (2022)

O Uso de Água Operacional foi calculado listando e somando todas as entradas em processos operacionais. Os processos e suas entradas, seguindo o critério do ICMM, estão listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Passo a passo do cálculo do Uso de Água Operacional

Cálculo do Uso de Água Operacional	Fluxo	Volume	Unidade
	Rebaixamento de NA para Barragem	1.200.000	m³/ano
	Drenagem Superficial para Barragem	10.000.000	m³/ano
	Precipitação para Barragem	7.100.000	m³/ano
	Barragem para Beneficiamento	11.400.000	m³/ano
	Beneficiamento para Barragem	6.100.000	m³/ano
	Barragem para Supressão de Poeira	3.200.000	m³/ano
	<b>Uso de Água Operacional</b>	<b>39.000.000</b>	<b>m³/ano</b>

Fonte: Autor (2022)

Em relação ao cálculo da proporção de Água Utilizada na Barragem, parâmetro necessário para o cálculo de recirculação, as entradas na entidade foram listadas e somadas conforme a Tabela 5, e a Água Operacional Reutilizada/Reciclada foi calculada da maneira indicada na Tabela 6.

Tabela 5 - Cálculo da proporção de Água Utilizada na Barragem de Rejeitos

Cálculo da proporção de Água Utilizada na Barragem de Rejeitos	Fluxo	Volume	Unidade
	Beneficiamento para Barragem	6.100.000	m³/ano
	Rebaixamento de NA para Barragem	1.200.000	m³/ano
	Precipitação para Barragem	7.100.000	m³/ano
	Drenagem Superficial para Barragem	10.000.000	m³/ano
	<b>Entrada total de água na Barragem</b>	<b>24.400.000</b>	<b>m³/ano</b>
	<b>Soma da entrada de Água Utilizada</b>	<b>6.100.000</b>	<b>m³/ano</b>
Proporção de Água Utilizada na Barragem	25	%	

Fonte: Autor (2022)

Tabela 6 - Cálculo da Água Reutilizada/Recirculada

Cálculo do Volume de Água Reutilizada /Recirculada	Fluxo	Volume	Unidade
	Beneficiamento para Barragem	6.100.000	m³/ano
	Barragem para Beneficiamento	11.400.000	m³/ano
	<b>Água Operacional Reutilizada/Recirculada</b>	<b>17.500.000</b>	<b>m³/ano</b>
<b>Proporção de Água Reutilizada/Recirculada na Operação</b>	<b>45</b>	<b>%</b>	

Fonte: Autor (2022)

Segundo o ICMM (2021), toda água que sai de um processo operacional e é utilizada em outro processo operacional é considerada Água Reutilizada se não passa por algum tipo de tratamento prévio ou Água Recirculada caso haja tratamento. Uma vez que a Barragem de Rejeitos é classificada como atividade operacional, o volume recebido pelo Beneficiamento é contabilizado assim como o volume que o Beneficiamento recebe da Barragem.

A Captação de Água Operacional contabiliza todo o volume que entra no sistema operacional para atender à demanda das atividades. Logo, no cenário proposto, o volume total de Captação de Água Operacional será a soma do volume drenado no Rebaixamento, da drenagem superficial e da precipitação, ainda que esta tenha sido captada de maneira passiva, que é direcionado à Barragem de Rejeitos.

Ao considerar todas as entradas na Barragem como Captação de Água Operacional, quaisquer que sejam, e não somente aquele volume que é efetivamente captado e direcionado às atividades, é possível que as operações tenham um indicador dependente das variações climáticas, por exemplo, uma vez que em períodos de chuva mais intensa, estas apresentarão uma elevada Captação de Água Operacional.

A publicação das métricas nesse formato pode gerar pressão popular devido a elevada quantidade de água retirada do meio ambiente para atender à operação, o que não necessariamente reflete a realidade. Além disso, órgãos fiscalizadores, atentos ao cumprimento dos limites outorgados, podem questionar a diferença entre o volume de captação permitido legalmente e aquele informado pela unidade nos relatórios de sustentabilidade aos moldes do ICMM.

Ao entrar no sistema operacional, a água utilizada nas operações é contabilizada no indicador de Uso de Água Operacional, que contextualiza a captação de água e indica a dependência de água da operação. O ICMM considera as barragens de rejeitos como uma atividade que possui uma demanda de água e, por isso, toda a água que entra na Barragem já passa a ser contabilizada como Uso de Água Operacional. Somando, então, todas as entradas em processos operacionais, incluindo a Barragem de Rejeitos, o Beneficiamento e a Supressão de Poeira, o Uso de Água Operacional calculado foi de 39.000.000 m<sup>3</sup>/ano, incluindo as entradas e água nova e água reutilizada/recirculada.

Segundo Bissacot (2016), no Brasil, uma barragem de rejeito se restringe ao papel de segregar o material sólido do líquido que vem do rejeito gerado pelo processo

de beneficiamento e possibilitar o retorno da água decantada para o tratamento ou reuso, além de, no exemplo aplicado, receber a água drenada na área em que a estrutura está inserida e o volume bombeado no Rebaixamento e, por isso, não se equipara a um processo produtivo que depende de água para acontecer, sendo mais adequado considerar uma estrutura de uso misto.

Caso o método fosse adaptado e considerasse apenas o volume de água que é utilizado no Beneficiamento de Minério e na Supressão de Poeira, alinhado com o que é praticado nacionalmente, o Uso de Água Operacional seria de 14.600.000 m<sup>3</sup>/ano. Além do cálculo do Uso de Água Operacional, a classificação da Barragem de Rejeitos como processo operacional também afeta o cálculo do volume de Captação de Água Superficial, que seria de 8.500.000 m<sup>3</sup>/ano considerando apenas o que é efetivamente captado e destinado a atender a operação, desconsiderando o volume recirculado. A diferença seria atribuída à Captação de Outras Águas Gerenciadas.

Finalizado o processo operacional, a água utilizada pode ser disponibilizada novamente ao meio caso não tenha sido consumida. A água vertida pela Barragem retorna à bacia e é contabilizada no indicador de Disponibilização Total. O Consumo Total considera, no fluxograma da Figura 15, a água aderida a produto e a evaporação da barragem e da atividade de supressão de poeira.

O indicador de Consumo Total da operação reflete o volume de água que passa a estar indisponível para retornar à bacia ou ao processo industrial para reutilização ou recirculação por consequência da operação. Apesar da Agência Nacional de Águas considerar em seu Manual de Usos Consuntivos (2019) a evaporação como um tipo de consumo, entidades do segmento de Energia questionam essa inclusão pelas consequências geradas à cobrança pelo uso da água. Medeiros et al. (2019) discute a razoabilidade de se considerar a contabilização integral da evaporação dos reservatórios de usinas hidrelétricas como consumo do processo operacional de geração de energia, considerando que os reservatórios atendem a múltiplos usos.

De maneira semelhante, estruturas de barramento na mineração também atendem a diversas finalidades como já fora citado, além do controle de vazão e suprimento hídrico em períodos de escassez hídrica, que não possuem relação de exclusividade com as atividades de exploração de matéria prima e processamento mineral, por exemplo.

Além disso, uma operação com alto consumo de água no processamento mineral situada em uma região com menores coeficientes de evaporação pode apresentar o indicador de Consumo Operacional menor do que outra unidade que modificou seus procedimentos para diminuir o volume de água aderida ao minério, por exemplo, mas que opera em uma área com evaporações mais consideráveis.

#### 4.3.2 Cálculos de indicadores do ICMM adaptados

A partir das considerações feitas, a Tabela 7 compara os valores dos indicadores reportados segundo a metodologia do ICMM e uma proposta de adaptação dos indicadores considerando as características e o uso da barragem de rejeitos no Brasil, classificando-a como estrutura de armazenamento misto e não como atividade operacional, além da contabilização da evaporação como um outro tipo de perda do sistema, e não como consumo do processo operacional em si.

Tabela 7 - Comparação entre a proposta do ICMM e a proposta adaptada

Métrica	ICMM	Adaptação	
Captação de Água Operacional	18.300.000	8.500.000	Não considerar a barragem como processo operacional
Uso de Água Operacional	39.000.000	14.600.000	Não considerar a barragem como processo operacional
Água Reutilizada/ Recirculada	17.500.000	6.100.000	Considerar apenas a água que sai do Beneficiamento para a Barragem como Água Reutilizada
Consumo Operacional	18.300.000	5.300.000	Não considerar a evaporação como um consumo da operação
Consumo de Outras Águas Gerenciadas	0	6.700.000	Considerar a evaporação como um consumo de Outras Águas Gerenciadas

Fonte: Autor (2022)

Ao comparar os dados da proposta ICMM e da adaptada, é possível notar uma diferença significativa nos indicadores, sobretudo nos relacionados aos processos operacionais. A classificação da Barragem de Rejeitos como atividade impacta o cálculo da maioria das métricas, e processos naturais como precipitação e evaporação também podem interferir na representação real do uso da água em diferentes contextos.

Considerando as proporções continentais do território brasileiro, a previsão desses fatores na metodologia de cálculos de indicadores de sustentabilidade

relacionados à água se torna indispensável para a transparência, a autenticidade e a segurança da informação publicada.

A utilização do método proposto pelo ICMM acaba superdimensionando o real indicador de Uso de Água Operacional e de Captação, por exemplo, distorce a demanda real de água da operação e impossibilita um benchmarking adequado entre unidades em diferentes contextos.

Para Northey (2019), o guia o ICMM foi fortemente modelado sobre o guia australiano (WAF/MCA), com algumas pequenas alterações em terminologias. Ao replicar determinados conceitos e classificações localmente definidos, o guia que se propõe a balizar a contabilidade hídrica na mineração de forma global eventualmente desconsidera fatores relevantes em diferentes contextos, como foi exposto a partir dos cálculos.

## 5. CONCLUSÃO

Dado que atividades de mineração impactam de maneira relevante o uso da água, que é fundamental para diversas etapas da extração, do beneficiamento e de transporte, da abertura à operação e ao fechamento da planta, a gestão hídrica se torna um dos maiores desafios para a indústria mineradora para garantir seu desenvolvimento de maneira segura, econômica e sustentável para si e para a sociedade no geral.

Assim, o balanço hídrico de um site fornece dados importantes para tal gerenciamento, além de informações que refletem o uso e consumo da água que são relevantes para a comunicação com a comunidade igualmente dependente do recurso. O trabalho apresentado teve como objetivo elucidar, de forma mais aprofundada, o potencial do balanço hídrico como ferramenta de cálculo dos indicadores de sustentabilidade no segmento minero-metalúrgico no Brasil.

A pesquisa realizada com algumas das principais mineradoras do país indicou que dentre as diferentes motivações apontadas para o cálculo do balanço hídrico nas indústrias, as principais foram a gestão interna de metas de sustentabilidade e de risco hídrico, além de calcular as métricas necessárias para os relatórios de sustentabilidade.

A maioria das empresas utiliza referências externas para definir seus conceitos e metodologia de cálculo, as que não o fazem, comprometem a confiabilidade da informação uma vez que não há padronização que garanta que ela foi obtida de maneira coerente. Das referências citadas, as principais foram a *Global Reporting Initiative* e o *International Council on Mining and Metals*, que possuem credibilidade no reporte de sustentabilidade no contexto geral e específico da mineração, respectivamente.

Outras dez entidades publicaram também orientações a respeito da publicação de métricas e indicadores relacionados ao uso da água nas indústrias em geral, como o Carbon Disclosure Project, o CEO Water Mandate e o World Economic Forum, ou na mineração em específico, como o Sustainability Accounting Standards Board, o Towards Sustainable Mining, o Responsible Mining Initiative e o Minerals Council of Australia.

Nota-se, também, a ausência de publicações nacionais. O Instituto Ethos, citado por quatro mineradoras em seus relatórios, padroniza os indicadores de

sustentabilidade gerais e específicos à mineração em formato de perguntas que não incluem informações volumétricas, por exemplo.

O CDP e o SASB foram os órgãos mais citados nos relatórios anuais de sustentabilidade das indústrias mineradoras analisadas, depois da GRI e do ICMM. Entretanto, com exceção do ICMM, nenhum guia especificou de que forma os indicadores devem ser calculados, o que prejudica o benchmarking.

O ICMM, como entidade internacional relacionada à mineração, propõe um guia de cálculo do balanço hídrico cuja aplicação foi analisada em um cenário hipotético de uma operação no Brasil. O cálculo dos indicadores possui dependência de conceitos definidos, que vão de encontro ao entendimento que existe no contexto nacional. A divergência na classificação da barragem de rejeitos como atividade operacional, ou seja, que requer água para operar, impactou consideravelmente os indicadores de uso e consumo de água calculados.

Tais informações, uma vez publicadas em relatórios externos de sustentabilidade, geram discordância na interpretação do cenário hídrico por parte da sociedade e de órgãos fiscalizadores. Além disso, observou-se que a contabilização de volumes de precipitação no indicador de água operacional afeta a comparação de indicadores de uso específicos de unidades da mesma indústria localizadas em regiões com dinâmicas climáticas diferentes, sujeitando seus resultados a aspectos que não podem ser controlados, não refletindo o real o desempenho de uma operação.

É relevante que o próprio Conselho esteja atento às diferenças existentes a fim de trabalhar por melhorias e adequações dos cálculos, métricas e indicadores para que estes possam ser avaliados globalmente considerando também indústrias que operam em países de clima tropical no geral.

Por fim, as diferenças de contexto e a ausência de um guia de reporte específico da mineração no Brasil indicam uma lacuna a ser preenchida por órgãos ligados ao setor, por isso recomenda-se o aprofundamento nas discussões relacionadas aos conceitos estabelecidos pelo ICMM sob a ótica do contexto nacional, a partir da realização de maiores estudos em relação ao cálculo dos indicadores de uso da água do ICMM em operações reais existente em diferentes contextos, nacionais ou globais.

## REFERÊNCIAS

ALCOA. **Performance ASG Brasil 2021**. Alcoa. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.alcoa.com/brasil/pt/pdf/relatorios-sustentabilidade/Relatorio-Sustentabilidade-2021.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

ALLIANCE FOR WATER STEWARDSHIP. **AWS Standard Guidance**. 2019. 53 p. Disponível em: <https://a4ws.org/download-standard-2/>. Acesso em: 21 set. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas, IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2006, 334p.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. Disponível em:

[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana\\_manual\\_de\\_usos\\_consuntivos\\_da\\_agua\\_no\\_brasil.pdf/view](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view).

Acesso em: 21/10/2022.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 21 out. 2022.

ANGLOGOLD ASHANTI. **Relatório ESG 2021**. AngloGold Ashanti. Nova Lima, 2022. Disponível em: [https://www.anglogoldashanti.com.br/wp-content/uploads/2022/09/AGA-0128-22-AGA\\_ly\\_Relato%CC%81rio2021.pdf](https://www.anglogoldashanti.com.br/wp-content/uploads/2022/09/AGA-0128-22-AGA_ly_Relato%CC%81rio2021.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas / Coord. Geral Osvaldo Barbosa Ferreira Filho; Equipe Técnica por Marina Dalla Costa et al.; – Brasília: ANM, 2019. 34 p.: il. Disponível em: [http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuariomineral/anuario-mineral-brasileiro/amb\\_2018.pdf](http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuariomineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018.pdf). Acesso em: 21 set. 2022

BRASIL. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/>. Acesso em: 21 out. 2022.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional da Mineração 2030**. Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, DF. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 29, de 11 de Dezembro de 2002**. Brasília, DF. 2003.

BARBOSA, Larissa Yuki Ichimura Gonçalves. **Relatórios de sustentabilidade no Brasil: o caso Vale**. 2021. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Direito, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2021.

BASTOS, Ivan Bráulio Freire. **Estratégia para conservação de água potável e descarte zero de efluentes líquidos industriais: estudo de caso Unidade Tubarão**. 2019. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

BICHUETI, Roberto S. et al. **Water use management in the mining industry: a comparison based on company size**. Journal of Environmental Accounting and Management, v. 6, n. 2, p. 135-147, 2018.

BISSACOT, Thaiza Clemente Couto. **Desenvolvimento de ferramenta de gestão para avaliação de risco hídrico: aplicação no segmento mineiro-metalúrgico no Brasil**. 2016. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

BURRITT, Roger L. *et al.* **Water risk in mining: analysis of the samarco dam failure**. Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 178, p. 196-205, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.042>.

CAETANO, A.C. *et al.* **SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA A SUBSTITUIÇÃO DA ÁGUA NA DESAGREGAÇÃO E LAVAGEM DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS**. In: XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 1., 2019, Belo Horizonte.

CARBON DISCLOSURE PROJECT. **CDP Water Security 2022 Reporting Guidance**. 2022. 147 p. Disponível em: <https://a4ws.org/download-standard-2/>. Acesso em: 09 set. 2022.

CARVALHO, Gustavo Alves de. **Balanço hídrico do Reservatório Epitácio Pessoa após a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco**. 2019. 52f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/23559>

CASTRO, César Nunes de. **Plano Nacional de Segurança Hídrica, problemas complexos e participação social** (Tese de Doutorado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2021, 298 p.

CBMM. **Relatório de Sustentabilidade 2021**. Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://cbmm.com/reports/sustainability-report-2021/assets/docs/CBMM-RS2021-D15.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

CEO WATER MANDATE. **Corporate Water Disclosure Guidelines**. 2014. 98 p. Disponível em: <https://a4ws.org/download-standard-2/>. Acesso em: 21 set. 2022.

CINTRA, Leticia Chiaradia *et al.* **Avaliação quantitativa das outorgas emitidas para as águas subterrâneas no município de Itabira-MG**. Research, Society And Development, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 1-18, 27 mar. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27491>.

COLLISCHONN, Bruno; LOPES, Alan Vaz. **Sistema de apoio à decisão para análise de outorga na bacia do rio Paraná**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, v. 18, p. 2009, 2009.

COSTA, S. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.. **Esforços da pesquisa brasileira sobre mineração e impactos ambientais: uma visão geral de cinco décadas (1967-2017)**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.2, p.296-313, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0029>

CSN. **Relato Integrado 2021**. Companhia Siderúrgica Nacional. Congonhas, 2022. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/29633c00-23f7-4765-9594-926012179477/acb451aa-7024-e064-92ed-bb5468a1bdfb?origin=1>. Acesso em: 21 set. 2022.

CUSTÓDIO, M.M, RIBEIRO, J.C.J. **SERRA DO CURRAL: SIGNIFICADOS E IMPORTÂNCIA DE PROTEÇÃO**. Veredas do Direito – Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v. 18, n. 42, set./dez. 2021

DNPM. 2017. Portaria Nº 70.389 de 17 de maio de 2017. Ministério de Minas e Energia, Brasília.

FERNANDES, F.R.C.; ARAÚJO, E.R. **Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais**. In: GUIMARÃES, P.E.; CEBADA, J.D.P. (org.). Conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica. Rio de Janeiro: CETEM/CICP, 2016. p. 65-88

FERREIRA, Raphael Pires. **GUIA PARA QUALIDADE: DO TRATAMENTO AO ARMAZENAMENTO DOS DADOS AMBIENTAIS**. 2021. 78 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

FIGUEIRÔA, Silvia F. de M. (1994). **Mineração no Brasil: aspectos técnicos e científicos de suas história na Colônia e no Império (séculos XVIII-XIX)**. América Latina en la Historia Económica, v. 1, n. 1, p. 41-55.

GERDAU. **Relatório Anual 2021**. Gerdau. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/relatorio-anual-2021/>. Acesso em: 21 set. 2022.

GILSBACH, Lucas; SCHÜTTE, Philip; FRANKEN, Gudrun. **Applying water risk assessment methods in mining: current challenges and opportunities**. Water Resources And Industry, [S.L.], v. 22, p. 100118, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2019.100118>

GOMES, F.; FAGUNDES, P.; CASTRO, S.; RIBEIRO, C. **Avaliação de impactos ambientais do desastre de Brumadinho-MG pela proposição de valores de referência**. Revista Mineira de Recursos Hídricos, v. 1, n. 1, 19 dez. 2019.

GRI. Global Reporting Initiative. **GRI 303: Water and Effluents 2018**. Amsterdam: GRI, 2021. 27 p. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/standards/media/1909/gri-303-water-and-effluents-2018.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022.

INITIATIVE FOR RESPONSIBLE MINING ASSURANCE. **IRMA Standard for Responsible Mining – Guidance Document. 2022.** 466 p. Disponível em: [https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2022/06/IRMA\\_Standard\\_Guidance\\_Updated-April2020-correctedcritical.pdf](https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2022/06/IRMA_Standard_Guidance_Updated-April2020-correctedcritical.pdf). Acesso em: 21 set. 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. 2020. **Resultados do setor mineral 3º trimestre 2022.** Disponível em <<https://ibram.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: outubro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Riscos e Oportunidades de Negócios em Mineração e Metais no Brasil.** São Paulo: Ey, 2022.

INSTITUTO ETHOS. **Indicadores Ethos para negócios sustentáveis e responsáveis.** 2019. 104 p. Disponível em: <https://www.ethos.org.br/conteudo/indicadores/>. Acesso em: 21 set. 2022.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS. **WATER REPORTING: Good practice guide. 2 ed.** London: ICMM, 2021. 102 p.

JAGUAR MINING. **Relatório de Sustentabilidade 2020.** Jaguar Mining. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: [https://jaguarmining.com/site/assets/files/2178/relatorio\\_sustentabilidade\\_2020\\_jaguar.pdf](https://jaguarmining.com/site/assets/files/2178/relatorio_sustentabilidade_2020_jaguar.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

KASILINGAM, R. **Opportunities and Challenges in Green Marketing. Studies in Indian Place Names**, v. 40, n. 3, p. 3412-3415, 2020.

KINROSS. **Kinross Gold 2021 Sustainability Report.** Kinross. Toronto, 2022. Disponível em: [https://s2.q4cdn.com/496390694/files/doc\\_downloads/2022/05/6838\\_Kinross\\_SR-2021\\_May\\_10-\(1\).pdf](https://s2.q4cdn.com/496390694/files/doc_downloads/2022/05/6838_Kinross_SR-2021_May_10-(1).pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; CARVALHO, R. P. B. de; FACURY, D. M.; CAMILO, G. A.; RAMANERY, G. S. **Minerodutos e implicações socioambientais: panorama legal e reflexões para o cenário de Minas Gerais.** Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 27, n. 3, p. 344–369, 2021. DOI: 10.35699/2316-770X.2020.20208. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/view/20208>. Acesso em: 17 out. 2022.

MARTINHAGO, Denise *et al.* **Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 965-970, out. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020374>.

MASSIGNAN, Rafaela Shinobe; SÁNCHEZ, Luis Enrique. **O que significa descaracterizar barragens de rejeitos de mineração? Uma revisão sistemática da literatura.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 225-234, abr. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220200422>.

MCA. Minerals Council of Australia. **Water Accounting Framework for the Minerals Industry: user guide.** Sustainable Mineral Institute of the University of Queensland and Mineral Council of Australia: 2014. 58 p.

MEDEIROS *et al.* **Incorporação do custo da água e do carbono no planejamento energético de longo prazo.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 25., 2019, Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.bvr.com.br/snptee/xxvsnptee/public/GPL/3767.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

MEIRELES, Geisson Lima. **Monitoramento e gestão hídrica em tempo real aplicada à mineração.** 2020. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itabira, 2020.

MHLONGO, S'Phamandla *et al.* **Water quality in a mining and water-stressed region.** Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 171, p. 446-456, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.030>.

MORAIS, Greiciele Macedo; MARTINS, Henrique Cordeiro; SANTOS, Valdeci Ferreira dos. **Relatórios de sustentabilidade de empresas mineradoras no Brasil: Uma análise do seu alinhamento com a agenda de sustentabilidade global e especificidades locais.** Brazilian Journal Of Development. Curitiba, p. 39032-39059. jun. 2020.

MOTA, J. A.; MANESCHY, M. C.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; TORRES, V. F. N.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. F.; MATLABA, V. **Uma nova proposta de indicadores de sustentabilidade na mineração**. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 8, n. 2, p. 15-29, ago. 2017.

MPF. Força-tarefa, **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana- Governo de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 273, 2016.

MRN. **Sustentabilidade MRN 2021**. Mineração Rio Norte. Porto Trombetas, 2022. Disponível em: [https://www.mrn.com.br/images/relatorioadm/Relatorio\\_Sustentabilidade\\_MRN\\_2021.pdf](https://www.mrn.com.br/images/relatorioadm/Relatorio_Sustentabilidade_MRN_2021.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

NEXA. **Relatório Anual 2021**. Nexa Mineração. São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.nexaresources.com/wp-content/uploads/2022/07/RelatorioAnual\\_2021.pdf](https://www.nexaresources.com/wp-content/uploads/2022/07/RelatorioAnual_2021.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

NORTHEY, Stephen A. *et al.* Sustainable water management and improved corporate reporting in mining. **Water Resources And Industry**, [S.L.], v. 21, p. 100104, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2018.100104>

NORTHEY, Stephen A.; MUDD, Gavin M.; SAARIVUORI, Elina; WESSMAN-JÄÄSKELÄINEN, Helena; HAQUE, Nawshad. **Water footprinting and mining: where are the limitations and opportunities?**. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 135, p. 1098-1116, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.024>.

OH, Denys Souza *et al.* **Desenvolvimento e aplicação de um sistema de bombeamento d'água sustentável para irrigação**. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 5, n. 12, p. 32300-32315, 2019. *Brazilian Journal of Development*. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-302>.

PEIXOTO, Sérgio Viana; FIRMO, Josélia Oliveira Araújo; FRÓES-ASMUS, Carmen Ildes Rodrigues; MAMBRINI, Juliana Vaz de Melo; FREITAS, Carlos Machado de; LIMA-COSTA, Maria Fernanda; SOUZA JÚNIOR, Paulo Roberto Borges de. **Projeto Saúde Brumadinho: aspectos metodológicos e perfil epidemiológico dos participantes da linha de base da coorte**. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 1-8, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-549720220002.supl.2.1>.

PINHEIRO, Mário Cicareli. Estudos de Balanço Hídrico. In: PINHEIRO, Mário Cicareli. **Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e**

**Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração.** Belo Horizonte: ABRH, 2011. Cap. 4. p. 65-74.

POLIGNANO, Marcus Vinicius; LEMOS, Rodrigo Silva. **Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba.** Ciência e Cultura, v. 72, n. 2, p. 37-43, 2020.

RESPONSIBLE MINING INITIATIVE. **Environmental, Social & Governance (ESG) Standard for Mineral Supply Chains.** 2021. 31 p. Disponível em: [https://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/standards/RMI\\_RMAP%20ESG%20Standard%20for%20Mineral%20Supply%20Chains\\_June32021\\_FINAL.pdf](https://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/standards/RMI_RMAP%20ESG%20Standard%20for%20Mineral%20Supply%20Chains_June32021_FINAL.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

RIBEIRO, B. A. L.; ALMEIDA, J. R. NUNES, M. F. S. Q. **C.IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL.** In: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 8., 2019, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2019.

RIO TINTO. **Annual Report 2021.** Rio Tinto. London, 2022. Disponível em: <https://www.riotinto.com/en/invest/reports/annual-report>. Acesso em: 21 set. 2022.

RODY, Henrique Apolinário. **INOVAÇÃO NO SETOR DE MINERAÇÃO E AS OPORTUNIDADES PARA AS PEQUENAS EMPRESAS: O CASO DA NEW STEEL.** 2021. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Inovação, Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2021.

SAMARCO. **Relatório de Sustentabilidade 2021.** Samarco. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: [https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2022/08/Samarco\\_Relatorio-Sustentabilidade-2021-1.pdf](https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2022/08/Samarco_Relatorio-Sustentabilidade-2021-1.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

SANTOS, Igor Gonzada Martins. **ANÁLISE E GARANTIA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM PEQUENAS BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO.** 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.

SANTOS, Igor Gonzaga Martins *et al.* **DETECÇÃO DE FALHAS NO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS DE PEQUENAS BARRAGENS: estudo de caso da barragem brejo grande - minas gerais.** In: I FLUHIDROS -

SIMPÓSIO NACIONAL DE MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA, 1., 2022, Ouro Preto. Anais Ouro Preto: ABRHidro, 2022. p. 1-10.

SILVA, Cristiano Moreira da; SILVA, Davson Mansur Irffi; RODRIGUES, Diva de Souza Silva; CAVALCANTE, Geyson Chagas; SOUSA, Jordana de Castro. **A análise dos indicadores de sustentabilidade: um estudo do caso de uma mineradora do estado de Minas Gerais**. Brazilian Journal Of Development. Curitiba, p. 1069-1089. fev. 2019.

SILVA, Mariano Andrade da; FREITAS, Carlos Machado de; XAVIER, Diego Ricardo; ROMÃO, Anselmo Rocha. **Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho**. *Ciência e Cultura*, [S.L.], v. 72, n. 2, p. 21-28, abr. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200008>.

SILVA, Pedro Gustavo Câmara da *et al.* **SENSIBILIDADE DO BALANÇO HÍDRICO DE RESERVATÓRIOS COM REGULARIZAÇÃO AO CLIMA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019. Natal: Abes, 2019. p. 185-192.

SUSTAINABILITY ACCOUNTING STANDARDS BOARD. **Metals & Mining**

**Sustainability Accounting Standard**. 2021. 48 p. Disponível em:

[https://www.sasb.org/wp-](https://www.sasb.org/wp-content/uploads/2018/11/Metals_Mining_Standard_2021.pdf)

[content/uploads/2018/11/Metals\\_Mining\\_Standard\\_2021.pdf](https://www.sasb.org/wp-content/uploads/2018/11/Metals_Mining_Standard_2021.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

USIMINAS. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2021**. Usiminas. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: [https://www.usiminas.com/wp-content/uploads/2022/04/usiminas\\_RS\\_2021\\_PT\\_1280x800px\\_AF.pdf](https://www.usiminas.com/wp-content/uploads/2022/04/usiminas_RS_2021_PT_1280x800px_AF.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

VALE. **Relato Integrado 2021**. Vale. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <http://www.vale.com/rs>. Acesso em: 21 set. 2022.

VESTENA, L. R. **Balanço hídrico da bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Município de Colombo - PR**. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Measuring Stakeholder Capitalism: Towards Common Metrics and Consistent Reporting of Sustainable Value Creation.**

2020. 96 p. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/measuring-stakeholder-capitalism-towards-common-metrics-and-consistent-reporting-of-sustainable-value-creation/>. Acesso em: 21 set. 2022.

## ANEXO A – QUESTIONÁRIO 1

### Perguntas de caracterização da indústria

Sua indústria possui operações fora da América Latina?

- Sim
- Não

Sua indústria possui operações fora da América?

- Sim
- Não

Qual(is) é(são) o(s) principal(is) produto da sua indústria?

- Resposta aberta

Baseado na produção anual, qual é o porte da sua indústria?

- Grande (maior que 1 milhão t/ano)
- Média (de 100 mil a 1 milhão t/ano)
- Pequena (de 10 a 100 mil t/ano)
- Micro (abaixo de 10 mil t/ano)

### Perguntas sobre o balanço hídrico

Em sua indústria, quantas unidades possuem o balanço hídrico implementado? E quantas não possuem?

- Resposta aberta

Nas unidades que possuem o balanço hídrico implementado, quando foi sua última atualização?

- 2022 (atualizada)
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018 ou anterior

Com que frequência sua operação necessita ter o fluxograma e cálculos do balanço hídrico atualizado?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensalmente
- Semestralmente
- Anualmente

Atualmente, o balanço hídrico é feito de forma padronizada entre as diferentes unidades ou cada unidade possui autonomia para fazer a gestão do balanço?

- Gestão padronizada
- Gestão variada

Atualmente, o balanço hídrico é feito por profissionais internos ou consultoria externa?

- Profissionais internos em todas as unidades
- Profissionais internos na maioria das unidades
- Consultoria externa na maioria das unidades
- Consultoria externa em todas as unidades

Caso o balanço seja feito por profissionais internos, em média, quantos profissionais são envolvidos nesse processo (concepção do fluxo, obtenção de dados, gestão de dados, execução dos cálculos)?

- Menos de 2
- Menos de 5
- Menos de 10
- Mais de 10
- Não se aplica

A indústria possui os próprios conceitos do balanço hídrico internamente definidos e consolidados ou utiliza definições alinhadas a outras entidades (ICMM, GRI, MCA etc.)?

- Conceitos internamente definidos

- Conceitos internamente adaptados (isto é, variações de conceitos externos de acordo com o contexto interno)
- Conceitos externamente alinhados
- Não se aplica

Caso os conceitos utilizados em sua indústria estejam alinhados a definições externas, de acordo com quais entidades esse alinhamento foi feito? (seleção múltipla)

- ICMM
- MCA (WAF)
- GRI
- CDP
- Outro (citar)
- Não se aplica

A indústria possui metodologia de cálculo internamente definida e consolidada ou utiliza metodologias de outras entidades (ICMM, GRI, MCA etc.)?

- Metodologia internamente definida
- Metodologia internamente adaptada (isto é, variações de metodologia externa de acordo com seu contexto)
- Metodologia externamente definida
- Não se aplica

Caso a metodologia de cálculo utilizada em sua indústria esteja alinhada a definições externas, de acordo com quais entidades esse alinhamento foi feito?

- ICMM
- MCA (WAF)
- GRI
- CDP
- Outro (citar)
- Não se aplica

Caso os conceitos e/ou a metodologia de cálculo estejam alinhados a definições externas, em algum momento houve alguma divergência de contexto que

comprometesse algum indicador ou não contemplasse a realidade local (Ex.: Água de chuva, considerada como água nova, elevou o indicador de consumo operacional em períodos de chuva intensa)? Descreva.

- Resposta aberta

Os dados incluídos no balanço hídrico são, em sua maioria medidos (possuem medidor que envia dados de maneira automática ou precisam de leitura manual), calculados (resultado de cálculos realizados com outros dados, sejam estes medidos ou estimados) ou estimados?

- Maioria medidos automaticamente
- Maioria medidos manualmente
- Maioria calculados
- Maioria estimados
- Não avaliados

Qual é a principal ferramenta utilizada para os cálculos e/ou armazenamento dos dados utilizados nos cálculos do balanço hídrico?

- Excel
- HGA
- Outro (citar)

Qual é a principal ferramenta utilizada para a visualização do balanço hídrico?

- Excel
- Power BI
- Power Point ou similar
- Goldsim
- Outro (citar)

Qual(is) é(são) a(s) principal(is) finalidade(s) do balanço hídrico operacional em sua indústria? (selecionar mais de uma alternativa quando for o caso)

- Avaliações de demanda ou risco hídrico
- Reporte de métricas dos relatórios de sustentabilidade (consumo e recirculação)
- Gestão interna de metas de sustentabilidade

- Auxílio na tomada de decisão
- Aprimoramento de processos industriais
- Identificação de perdas no circuito hídrico
- Benchmarking
- Mitigação de riscos ambientais
- Outro (citar)

Na sua visão, qual é o principal desafio para a implementação e/ou atualização do balanço hídrico operacional em uma unidade de mineração?

- Resposta aberta