

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

FABRÍCIO DE WAINDER PEREIRA RAMOS

**MEDIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL NO
SETOR DE MINERAÇÃO UTILIZANDO *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* E O
INDICADOR FINANCEIRO EBITDA**

Belo Horizonte
2018

Fabrício de Wainder Pereira Ramos

**MEDIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL NO
SETOR DE MINERAÇÃO UTILIZANDO *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* E O
INDICADOR FINANCEIRO EBITDA**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientadora - Dr. Ing. Ana Lúcia Miranda Lopes

Belo Horizonte

2018

Ficha Catalográfica

R175m
2018

Ramos, Fabrício de Wainder Pereira.
Medição de sustentabilidade econômica, ambiental e social no setor de mineração utilizando Data Envelopment Analysis e o indicador financeiro Ebitda [manuscrito] / Fabrício de Wainder Pereira Ramos. – 2018.
93 f.: il., gráfs. e tabs.

Orientadora: Ana Lúcia Miranda Lopes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.
Inclui bibliografia (f. 65-71).

1. Desenvolvimento sustentável - Teses. 2. Companhias de mineração – Teses. 3. Concorrência – Teses. I. Lopes, Ana Lúcia Miranda. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração. III. Título.

CDD: 363.7



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Departamento de Ciências Administrativas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do Senhor **FABRÍCIO DE WAINDER PEREIRA RAMOS**, REGISTRO N° 659/2018. No dia 17 de dezembro de 2018, às 14:00 horas, reuniu-se na Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração do CEPEAD, em 26 de novembro de 2018, para julgar o trabalho final intitulado "**Medição de sustentabilidade econômica, ambiental e social no setor de mineração utilizando DATA ENVELOPMENT ANALYSIS e o indicador financeiro EBITDA**", requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Gestão de Operações e Logística**. Abrindo a sessão, a Senhora Presidente da Comissão, Profª. Drª. Ana Lúcia Miranda Lopes, após dar conhecimento aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

APROVAÇÃO;

() APROVAÇÃO CONDICIONADA A SATISFAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS CONSTANTES NO VERSO DESTA FOLHA, NO PRAZO FIXADO PELA BANCA EXAMINADORA (NÃO SUPERIOR A 90 NOVENTA DIAS);

() REPROVAÇÃO.

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Senhora Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Senhora Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 17 de dezembro de 2018.

NOMES

ASSINATURAS

Profª. Drª. Ana Lúcia Miranda Lopes
(ORIENTADORA (CEPEAD/UFMG))

Prof. Dr. Marcelo Azevedo Costa
(Depto. de Engenharia da Produção/UFMG)

Prof. Dr. Roberto de Barros Mesquita
(UNEMAT/MT)

AGRADECIMENTOS

À família, pela compreensão, por tolerar a ausência, por todas as vezes que meu filho Vítor escutou (paciente, às vezes inconformado) uma resposta afirmativa ao questionar: “— Papai, você vai estudar de novo”? O tempo perdido ao lado dele nunca será recuperado, mas fica a amostra, o exemplo de que as coisas na vida não são fáceis ou gratuitas, que o melhor caminho, senão o único, são sempre o esforço e a dedicação.

À minha esposa Renata, que encarou a chegada do nosso filho Pedro com auxílio limitado de minha parte, por todo o apoio.

À minha mãe que, por muitas vezes, disse: “— Não desiste, filho”!

Aos colegas de trabalho, meu pai e irmãos, que viveram os desafios do curso ao meu lado, pois tiveram que compensar minha falta com um pouco mais de suor, até mesmo com a postergação de planos que anteriormente eram prioridade. Obrigado!

A todos os integrantes de minha família e amigos que fizeram parte desse momento.

Aos colegas de curso que dividiram conhecimento, dores, aflições, receios... Sem vocês, teria sido mais difícil e menos divertido!

Aos professores, principalmente àqueles que demonstraram paixão pela educação, pela pesquisa, pelo trabalho.

À profa Ing. Ana Lucia Miranda Lopes, que desmistificou a figura do orientador para mim, que cedeu, incentivou, que atuou como verdadeira parceira de estudo, de trabalho, que acreditou em mim desde o primeiro momento. Há algum tempo um amigo me disse: “— Esteja ao lado de quem confia em você”! Eu tive a felicidade de escolher e ser escolhido por ela.

A Deus. Que a ciência jamais roube minha fé!

“E o Teu olhar me mostra a direção...”

Fabrcio Ramos

RESUMO

Com o atingimento de novos níveis de maturidade dos processos produtivos, estima-se o equilíbrio pela busca por excelência e objetivos que possam oferecer às organizações e à sociedade, ideais de sustentabilidade. Sustentabilidade esta que tem enraizados princípios cumulativos àqueles voltados apenas às questões ambientais como: desenvolvimentos econômico e social. Ao enquadrar o setor de extração mineral nesse cenário, cria-se expectativa de certa contrapartida às suas atividades que, por natureza, se configuram com reconhecido grau de degradação ao meio ambiente e grandes impactos sociais. Nesse contexto, este trabalho se propôs a avaliar o desempenho de iniciativas sustentáveis de mineradoras por meio da análise de indicadores de sustentabilidade de seus relatórios anuais. O modelo proposto, baseado em *Data Envelopment Analysis* (DEA), sugeriu o estabelecimento de um padrão de eficiência em termos de variáveis que permeiam as dimensões ambiental e social das ações pautadas em sustentabilidade. De um total de 18 unidades tomadoras de decisões, em forma de painel, compostas por cinco diferentes empresas, em anos distintos, duas delas se mostraram eficientes. Este resultado foi possível pelo cálculo da eficiência cruzada que aumentou a capacidade discriminatória do modelo quanto aos resultados. Uma análise adicional do indicador financeiro margem EBITDA, nos respectivos anos, teve por finalidade o aprofundamento da compreensão sobre os resultados econômicos, assim como a comparação das maiores margens EBITDAs com os maiores escores de eficiência, na busca da comprovação de que empresas com resultados operacionais melhores estão mais propensas a agir de forma sustentável. A análise realizada comprovou, via cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, que a correlação entre elas é nula. A orientação quanto à utilização de indicadores padrão do GRI abre possibilidade para aplicação do modelo de análise em outras indústrias, áreas ou atividades econômicas. Uma limitação do estudo se refere à incapacidade de se considerar peculiaridades de cada tipo de extração de minerais e, conseqüentemente, aprofundar a análise, com inclusão de dados técnicos de produção, de beneficiamento ou processamento mineral, variáveis específicas da indústria de mineração.

Palavras-chave - sustentabilidade, *Data Envelopment Analysis*, margem EBITDA, mineradoras, competitividade, eficiência, eficiência cruzada.

ABSTRACT

By reaching new levels of maturity of productive processes, there is a need of balance that contemplates the search for excellence and parallel objectives would offer the ideal of sustainability for organizations and society. Sustainability has rooted cumulative principles to those focused only on environmental issues, such as: economic and social development. By framing the mineral extraction sector in this scenario, it is expected a certain counterpart to its activities, which, by their nature, are configured with a recognized degree of environmental degradation and large social impacts. In this context, this work aimed to evaluate the performance of the sustainable initiatives of mining companies through the analysis of the sustainability indicators of their annual reports. The proposed model, based on Data Envelopment Analysis (DEA), suggested an establishment of an efficiency benchmark considering a set of variables that permeate the environmental and social dimensions of sustainability. A total of 18 units, from 5 different companies in distinct periods, composed a data panel that fed the model and as a result, 2 of them were considered efficient. This result was possible due to the calculation of the cross-efficiencies, that increased the discriminatory capacity of the model. An additional analysis of the EBITDA margin deepened the comprehension of the economical dimension results and was created to compare it with the efficiencies scores, having the purpose to affirm that companies with greater operational results are more likely to act based on sustainable targets. This analysis, by the use of Pearson's correlation coefficient was null. Guidance on the use of GRI standard indicators opens the possibility to apply this model in other industries, areas or economic activities. A limitation of the study refers to the inability to consider peculiarities of each type of mineral extraction and, consequently, to deepen the analysis with the inclusion of production and process technical data, specific variables of the mining industry.

Key words - sustainability, Data Envelopment Analysis, EBITDA margin, mining companies, competitiveness, efficiency, cross-efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Lista de figuras

Figura 1 - Panorama do setor mineral	14
Figura 2 - Os pilares do desenvolvimento sustentável	20
Figura 3 - Abordagem ou modelo conceitual de minerais sustentáveis	26
Figura 4 - Mineradoras objeto da pesquisa	42
Figura 5 - Retiradas de Água por Fonte.....	46
Figura 6 - Energia total consumida	47

2. Lista de gráficos

Gráfico 1 - Fronteira de eficiência para modelos orientados a insumos ou produtos	29
Gráfico 2 - Diferentes tipos de retornos de escala	32
Gráfico 3 - Receitas operacionais das empresas avaliadas em 2017.....	52
Gráfico 4 - Comparação da média geral e da média das DMUs com escore de eficiência igual a 100%	54
Gráfico 5 - Comparação da média geral e da média das DMUs com escore de eficiência menor que 100%.....	55
Gráfico 6 - Correlação entre os escores de eficiência e as margens EBITDAs.....	60
Gráfico 7 - Correlação entre os VEGDs e as margens EBITDAs.....	62

3. Lista de quadros

Quadro 1 - Relevantes abordagens de mensuração de sustentabilidade	23
Quadro 2 - Restrições e expectativas de ações sustentáveis	25
Quadro 3 - Variáveis de modelos DEA para cálculo de eficiência em sustentabilidade	35
Quadro 4 - Variáveis do modelo DEA proposto.....	45
Quadro 5 – Relação das Variáveis do Modelo com os Indicadores do GRI	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - DEA aplicada aos setores de energia e meio ambiente e sustentabilidade.....	17
Tabela 2 - As 10 maiores mineradoras em valor de mercado	41
Tabela 3 - Portfólio das mineradoras.....	42
Tabela 4 - Análise estatística dos dados	50
Tabela 5 - Painel de dados	51
Tabela 6 - Escores de eficiência	53
Tabela 7 - Eficiência cruzada	57
Tabela 8 - Escores de eficiência após cálculo de eficiência cruzada.....	58
Tabela 9 - Escores de eficiência e EBITDAs	59
Tabela 10 - Lambdas	72
Tabela 11 - Folgas.....	73
Tabela 12 - Pesos	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DJSI	<i>Down Jones Sustainability Index</i>
DMU	<i>Decision Making Unities</i>
DRS	<i>Decreasing Returns to Scale</i>
EBITDA	<i>Earnings Before Interest Taxes Depreciation and Amortization</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IIED	<i>International Institute for Environment and Development</i>
IRS	<i>Increasing Returns to Scale</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
RSC	Responsabilidade Social Corporativa
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
VEGD	Valor Econômico Gerado e Distribuído
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>

SUMÁRIO

<u>1 INTRODUÇÃO</u>	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVO DA PESQUISA	18
1.2.1 OBJETIVO GERAL	18
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
<u>2 REFERENCIAL TEÓRICO</u>	20
2.1 SUSTENTABILIDADE.....	20
2.1.1 O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE.....	20
2.1.2 O CONCEITO DE RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA	21
2.1.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE CORPORATIVA	22
2.2 SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO	24
2.3 <i>DATA ENVELOPMENT ANALYSIS</i> E APLICAÇÕES	26
2.3.1 O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DEA	26
2.3.2 OS CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA	28
2.3.3 UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR NÃO PARAMÉTRICO.....	28
2.3.4 O CONCEITO DE BENCHMARKING	28
2.3.5 O MODELO CCR OU CRS	29
2.3.6 O MODELO BCC OU VRS.....	32
2.4 EFICIÊNCIA CRUZADA	34
2.5 DEA PARA MEDIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....	35
2.6 O INDICADOR EBITDA	37
2.6.1 A MARGEM EBITDA	37
<u>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</u>	39
3.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	39
3.2 A PESQUISA	40
3.3 A SELEÇÃO DAS EMPRESAS	41
3.4 A ESCOLHA DO MODELO DEA	44
3.4.1 A SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	44
3.4.2 RELAÇÃO COM O PADRÃO GRI	45
3.4.3 UTILIZAÇÃO DE EFICIÊNCIA CRUZADA	49

3.5 A ANÁLISE DA MARGEM EBITDA	49
<u>4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS</u>	<u>50</u>
4.1 ANÁLISE DE DADOS.....	50
4.2 RESULTADOS	53
4.3 COMPARAÇÃO COM A MARGEM EBITDA.....	59
<u>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	<u>63</u>
5.1 RESUMO DO TRABALHO	63
5.2 CONCLUSÕES	63
5.3 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>65</u>
<u>APÊNDICES E ANEXOS.....</u>	<u>72</u>

1 INTRODUÇÃO

O setor de mineração existe em escala global. A receita agregada, composta pelas quarenta maiores empresas de mineração em todo o mundo, no ano de 2017, foi de aproximadamente 600 bilhões de dólares, e os ativos totais dessas companhias chegaram a aproximadamente 1,1 trilhão da mesma moeda. No ano mencionado, esse mesmo grupo de empresas investiu cerca de 46 bilhões em suas operações, gerou um lucro líquido de mais de 61 bilhões e empregava mais de um milhão de pessoas ao redor do mundo, na forma de vínculo direto. O número de *sites* de exploração de minerais, em 2017, chegou a um total de 2.342 (PORTAL STATISTA, 2018). No Brasil, a produção mineral para o ano de 2017 foi de 32 bilhões de dólares, e a indústria mineral empregou cerca de 182 mil trabalhadores (IBRAM, 2018).

Figura 1 - Panorama do setor mineral



Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Os números expressivos residem no fato de que os minerais são a base do cotidiano e constituem variados produtos e matérias-primas vitais de um grande número de indústrias. Sua extração e seu processamento, no entanto, estão associados a questões desafiadoras no âmbito da sustentabilidade. Além das questões intrínsecas às atividades, os riscos envolvidos têm impactos potenciais muito relevantes e, por vezes, catastróficos.

A Organização das Nações Unidas (2002), pela Declaração de Política da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, evento da agenda da ONU que aconteceu em Johannesburgo, África do Sul, inseriu, de forma robusta, o conceito de sustentabilidade

construído sobre três pilares interdependentes e que se dão suporte mutuamente: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental. Este conceito foi explorado inicialmente por Elkington (1994). O autor argumenta que esse tripé deve interagir de forma holística e com dependência entre cada dimensão, além de poder ser tratado, tanto de forma macro, quanto micro, ou seja, independe dos níveis em que o conceito de sustentabilidade está sendo colocado.

Nesse contexto, apresenta-se, como um dos maiores desafios globais, a integração das atividades das organizações que permeiam as dimensões econômica, ambiental e social, sob um sistema de governança efetivo. Esse objetivo pode ser chamado de “[...] desenvolvimento sustentável” (AZAPAGIC, 2004, p. 640). O conceito dessa integração, nos moldes das características do setor mineral e baseado nas definições de Brundtland¹, pode ser descrito como uma necessidade de maximização da contrapartida às atividades de exploração, refletidas em benefícios equitativos para a geração atual, não obstante a garantia do potencial com que as próximas gerações também possam satisfazer suas necessidades.

A evolução da maturidade dos processos produtivos ao longo dos anos, as pressões de mercado exercidas pela competição entre grandes grupos, o desenvolvimento tecnológico, assim como a influência de grupos sociais têm levado a indústria a expandir sua gama de atuação e influência no ambiente externo como um todo por meio da adoção de práticas sustentáveis que sugerem uma abordagem mais ampla e duradoura (GRI, 2016). Segundo Hart e Milstein (2003), as empresas que gastam seu tempo definindo uma visão atraente voltada à sustentabilidade têm o potencial de abrir mercados de imensa dimensão e escopo no futuro, reconhecendo, assim, potenciais benefícios empresariais a serem alcançados como: (1) redução dos custos do trabalho e da saúde por meio de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável; (2) economia de custos, devido a métodos mais limpos de produção e de inovação; (3) acesso mais fácil a credores, seguradoras, empréstimos preferenciais e taxas de seguros; (4) influência da melhor prática na regulamentação; (5) benefícios de mercado criados por um responsável social dentre outros.

Para Oliveira *et al.* (2014), observa-se, de modo especial nas empresas de grande porte, o uso de orientação e de diretrizes para a elaboração de relatórios de sustentabilidade, como as sugeridas para a escolha de indicadores corporativos gerais apresentados, por exemplo, pelo

¹ A Comissão Brundtland, também conhecida como Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), foi criada para ajudar a direcionar as nações do mundo para o objetivo do desenvolvimento sustentável e desenvolveu suas atividades no período de 1984 a 1987. A Comissão publicou seus resultados no relatório Brundtland, em 1987.

International Institute for Sustainable Development, a *Global Reporting Initiative* e o Instituto Ethos entre outros. A publicação de balanços sociais ou relatórios de sustentabilidade empresariais, pautados nesses padrões, tem servido como forma de demonstrar os desempenhos das empresas. Entretanto, com o intuito de se estabelecer uma base comparativa, assim como uma referência de desempenho entre as empresas, é necessária a leitura dos indicadores econômicos, ambientais e sociais contemplando a diversidade dos tipos de minerais, a natureza dos processos de extração e produção, as diferentes condições geográficas, as políticas, além das culturas a que tais organizações estão expostas, para que não sejam camufladas ou distorcidas as reais condições de suas atividades voltadas à sustentabilidade (GRI, 2016). Ergue-se, assim, o questionamento em torno de seu real desempenho. De que maneira as grandes mineradoras utilizam recursos financeiros, naturais e humanos na busca de um desenvolvimento que seja sustentável? Qual organização é eficiente?

De acordo com Wu *et al.* (2016), a prática da fabricação sustentável se conecta com métodos e técnicas de avaliação de desempenho de forma equilibrada e sistemática, uma vez que um sistema de fabricação complicado sempre opera com processos em vários estágios, em um ambiente externo e interno complexo, o que requer o desenvolvimento de novas métricas e quadros, tanto qualitativos, quanto quantitativos. Dessa forma, o desempenho é retratado em termos de eficiência como um conceito relativo: compara-se o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.

A metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA) aparece como uma possível ferramenta de análise, trabalhando com conceitos de fronteiras de eficiência para identificação de escores de eficiência e metas que tornam uma organização uma referência para seus demais competidores. O primeiro modelo DEA foi proposto Charnes e Cooper (1978), baseado numa abordagem não paramétrica para cálculo de eficiência de entidades (empresas, áreas, setores dentre outros) que contivessem múltiplos insumos e múltiplos produtos.

Um estudo recente de Sueyoshi e Yuan (2017) traçou um resumo sistemático dos esforços de pesquisa sobre DEA aplicada aos setores de energia e meio ambiente e sustentabilidade nas últimas quatro décadas, incluindo conceitos e metodologias sobre a avaliação ambiental. Nos resultados (conforme tabela 1), pode ser observada a prevalência dos estudos na área energética. Entretanto, a aderência dos pesquisadores e o incremento da utilização nos temas de sustentabilidade também são destaque.

Adicionalmente, uma pesquisa realizada na base Web of Science, em outubro de 2017, com a expressão-chave *Data Envelopment Analysis* mostra a relevância do estudo nas seguintes áreas, no período compreendido entre os anos de 2010 e 2017:

(1) Ciências ambientais: total de 562 pesquisas.

(2) Estudos ambientais: total de 206 pesquisas.

Tabela 1

DEA aplicada aos setores de energia e meio ambiente e sustentabilidade

<i>Áreas de aplicação</i>	Tópicos	Total	Anos 80	Anos 90	Anos 2000	Anos 2010
<i>Energia</i>	Eletricidade	185	3	16	55	111
	Óleo	23	0	2	6	15
	Carvão	7	1	1	2	3
	Gás	13	0	0	4	9
	Térmica	3	0	0	3	0
	Renovável	36	0	0	3	33
	Eficiência energética ou economia de energia	140	0	1	21	118
	Total (Energia)	407	4	20	94	289
<i>Meio Ambiente</i>	Meio Ambiente ou Sustentabilidade	270	1	6	41	222
<i>Outros</i>	Outros	16	0	0	3	13
Total		693	5	26	138	524

Fonte - A Literature Study for DEA Applied to Energy and Environment, Energy Economics (2016).

O desenvolvimento deste estudo, acompanhado da proposta do modelo DEA, contribui para o embasamento dos conceitos relativos à sustentabilidade, para a afirmação da DEA como ferramenta de mensuração de desempenho de iniciativas sustentáveis e para o desenvolvimento do referido campo de pesquisa, com notório crescimento.

1.1 Justificativa

Segundo Cowel *et al.* (1999), a mineração é uma das áreas da atividade humana em que processos baseados em conceitos de sustentabilidade são críticos, e sua implantação deve ocorrer de forma a integrá-los na tomada de decisões estratégicas.

Ao longo dos últimos anos, a percepção sobre a sustentabilidade das empresas ganhou contornos mais aprofundados ao extrapolar a dinâmica ambiental, passando a incluir os desenvolvimentos econômico e social e houve, no Brasil e no mundo, um movimento

específico para o tratamento da questão ambiental por políticas públicas, fortemente vinculadas à gestão de impactos (IBRAM, 2012). Apesar de reconhecido avanço, cabe a análise da efetividade das ações das empresas, assim como da seriedade, de como a gestão de riscos críticos é tratada nas pautas de discussões de governos, agentes e indivíduos diretamente afetados pelas mineradoras (IIED, 2002). Nesse processo, é crítico o acesso, pelas partes interessadas, ao escopo de atividades voltadas à sustentabilidade das empresas. Para a identificação desses fatores, são necessários mecanismos e maneiras que apontem, indiquem, anunciem ou estimem os níveis e impactos das atividades, bem como suas possíveis tendências de ocorrência: índices e indicadores de sustentabilidade (BELLEN, 2007).

Segundo Chamaret, O'Connor e Reâcocheâ (2007), o escopo global de questões de desenvolvimento sustentável leva a solicitações de indicadores que são transferíveis, genéricos e cientificamente válidos, para fornecer informações relevantes e permitir comparações entre entidades (por exemplo, entre locais de mineração, regiões e estados).

1.2 Objetivo da pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é estabelecer um modelo de eficiência relativo à sustentabilidade das mineradoras em análise em três dimensões: econômica, ambiental e social.

1.2.2 Objetivos específicos

Para a viabilização do estudo e atingimento do objetivo geral proposto anteriormente, a pesquisa deve:

- (1) explicitar um cenário de análise do contexto atual do setor mineral, juntamente com a dada relevância dos aspectos voltados à sustentabilidade;
- (2) propor um modelo DEA para análise, com uma lista representativa de variáveis (*inputs* e *outputs*) que possam alimentá-lo. Essas variáveis devem ser validadas após uma análise detalhada de demais estudos dentro desta temática;
- (3) verificar a consistência dos resultados a partir das variáveis selecionadas, definindo a empresa eficiente;

(4) comparar os resultados de DEA com a margem EBITDA das empresas, procurando identificar se as eficientes em DEA (dimensões ambiental e social) também apresentam margens EBITDAs positivas e crescentes (dimensão financeira).

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi estruturado sob o tema central da sustentabilidade na indústria da mineração. A leitura inicial, com a motivação e a temática da pesquisa, teve a finalidade de voltar a atenção para a importância do tema, assim como para a necessidade de se criarem técnicas, métodos ou conceitos de medidas de desempenho que norteiem as ações ou iniciativas da pauta de desenvolvimento sustentável no meio organizacional.

O referencial teórico foi composto e explorado de forma a embasar os conceitos de desenvolvimento sustentável e, de forma convergente, da responsabilidade social corporativa, da sustentabilidade na mineração, da metodologia *Data Envelopment Analysis* e do indicador financeiro EBITDA.

A definição dos procedimentos metodológicos, assim como do modelo DEA proposto, detalharam o procedimento de análise, explicitando as premissas e variáveis utilizadas na avaliação, o que pode permitir a utilização do mesmo método para demais abordagens de mensuração de eficiência de empresas, setores ou demais unidades de análise. A utilização dos cálculos de eficiência cruzada foi essencial na melhor discriminação dos resultados e na definição das empresas eficientes. É importante ressaltar a utilização de dados secundários na pesquisa, retirados dos relatórios anuais das empresas selecionadas para o estudo.

O resultado da pesquisa foi retratado pela análise dos dados e resultados do modelo DEA. A avaliação dos escores de eficiência e das margens EBITDAs dos respectivos anos, um dos objetivos do estudo, de forma a validar ou não a ligação entre ambos, foi descrita qualitativamente e, de maneira adicional, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson. Coube, por fim, uma análise crítica dos resultados, restrições, limitações e recomendações para demais estudos na mesma temática e com objetivos similares.

O trabalho conta ainda com os apêndices, em que maiores detalhes dos resultados do modelo DEA podem ser vistos, além dos anexos, que contêm um detalhamento dos indicadores do GRI utilizados, considerados como variáveis na composição dos modelos DEA.

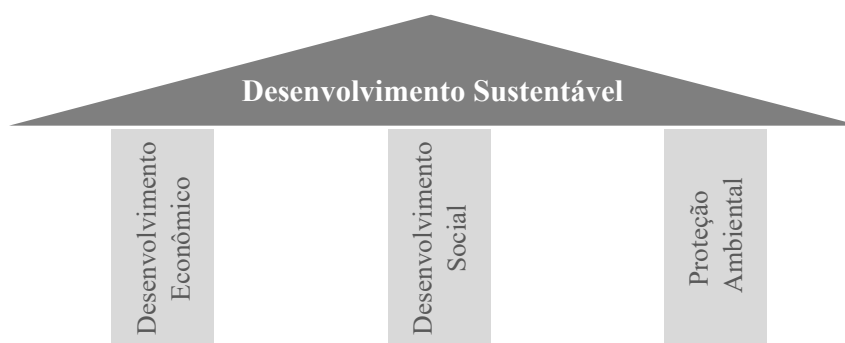
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sustentabilidade

2.1.1 O tripé da sustentabilidade

Tendo por base uma perspectiva antropocêntrica, o desenvolvimento sustentável pode ser definido como um conjunto de ações e iniciativas que atendam às gerações atuais e futuras (LASZLO, 2003). Para Silva *et al.* (2015), o objetivo base das organizações é o sucesso refletido em geração de lucros e participação no mercado e, para atingir esse objetivo, a atuação na área socioambiental é necessária. Com isso, diversos autores tentaram aprofundar os conceitos e as questões concernentes ao tema. Elkington (1994) ressalta que, para uma organização ser reconhecidamente sustentável, é preciso trabalhar os três pilares da sustentabilidade: econômico, ambiental e social, também referido pelo autor pela expressão *Triple Bottom Line* (TBL), atribuindo a cada um deles o mesmo nível de relevância. Sobretudo, é necessário entender a forma com que seus elementos interagem.

Figura 2 - Os pilares do desenvolvimento sustentável



Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Segundo Silva *et al.* (2015),

[...] a inclusão desses dois aspectos na medição e avaliação do desempenho organizacional pode ser entendida pelo fato de que a responsabilidade da empresa não é apenas para gerar bem-estar econômico (ou seja, lucro), mas também para cuidar da sociedade (pessoas) e do meio ambiente (planeta) (FAUZI *et al.*, 2010). Neste sentido, construir valor sustentável por meio do TBL cria um valor duradouro para os acionistas e partes interessadas com base em critérios econômicos, ambientais e sociais (LASZLO, 2003, p. 744).

De forma sucinta, é pertinente acrescentar os seguintes conceitos a cada uma das dimensões da sustentabilidade.

(1) A sustentabilidade econômica. Segundo Lorenzetti, Cruz e Ricioli (2008), esta dimensão diz respeito à atuação da empresa e sua capacidade de influenciar as condições do sistema econômico em vários níveis: a geração de riquezas para a sociedade, bem como a disponibilização de bens e serviços. Para Autio *et al.*, (2014), a dimensão central do desenvolvimento sustentável é a econômica, já que a circulação de riquezas é o gatilho para melhorias que sejam contempladas em outras esferas.

(2) A sustentabilidade ambiental. Dimensão que estabelece o uso racional e a preservação de recursos naturais, contemplando ações para compensação de potenciais prejuízos causados (KUZMA; DOLIVEIRA; SILVA, 2017). Para Petrini e Pozzebon (2010), é indispensável que as empresas, cientes dos impactos de suas operações, tracem estratégias de operações capazes de mitigar seus efeitos negativos e criar ou maximizar consequências positivas. Não obstante, o conceito voltado para a redução de impactos ambientais define atividades que repercutem além das questões legais, de forma a criar uma identidade empresarial predisposta a agir de maneira incremental e proativa.

(3) A sustentabilidade social. Promulga o ideal de igualdade e interação de todas as partes da sociedade na construção e manutenção de um sistema equilibrado, com o compartilhamento de direitos e responsabilidades (GREENWOOD, 2007). Sob a ótica das organizações, diz respeito às iniciativas das mesmas em relação aos indivíduos que a compõem, além de tantos outros pertencentes ao ambiente externo em que estão inseridas. Segundo Kuzma, Doliveira e Silva (2017), os aspectos sociais referem-se ao impacto das empresas em seus ambientes interno e externo, e o desempenho social é fruto de uma análise em que se consideram os níveis de alcance como local, nacional e global.

2.1.2 O conceito de responsabilidade social corporativa

É difícil conceber ou integralizar as dimensões do desenvolvimento sustentável sem conceituar a Responsabilidade Social Corporativa (RSC). Para Wade (2015), o desenvolvimento sustentável não pode ser viabilizado sem que o setor corporativo se mobilize na busca de progressos significativos. As empresas têm as finanças, a tecnologia e a gestão para que isso aconteça. Permeiam esse cenário os desafios relativos à governança necessária e

efetiva para que os esforços de diferentes agentes tenham sentidos convergentes (AZAPAGIC 2004).

Segundo Moon (2007), a recente relevância da RSC é explicada referenciando-se quatro principais fatores: mercado, social, governamental e globalização. Como resultado, ela pode ser entendida como um componente de novos sistemas de governança social que se aplica à agenda de desenvolvimento sustentável por meio de um modelo teórico de estratégia de negócios, com base na visão baseada em recursos naturais da empresa e via exemplos de políticas de negócios. O autor ressalta possíveis fraquezas, limitações e desafios à RSC como veículo de desenvolvimento sustentável. Para ele, tanto a RSC, quanto o desenvolvimento sustentável são conceitos essencialmente contestados, pois seu significado é sempre parte do debate sobre sua aplicação.

A RSC e o desenvolvimento sustentável são ambos "apreensivos" na medida em que são considerados como valorizados e não são simplesmente conceitos empíricos. Assim, ninguém cobiça a reputação de ser "socialmente irresponsável" ou "insustentável". É considerada uma coisa boa para uma organização ou uma atividade ser estimada como socialmente responsável ou uma manifestação de desenvolvimento sustentável. Como resultado, existe o perigo de que organizações ou atividades sejam descritas nestes termos simplesmente para fins de criação de imagens (MOON, 2007, p. 297).

2.1.3 Indicadores de sustentabilidade corporativa

A avaliação e a medida de desempenho podem ser definidas como o processo de determinação de valor de uma atividade, em que a mensuração é o processo de quantificação e a atividade aquilo que provoca o desempenho (NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995). A categorização de atividades, assim como a padronização do formato da medida, é essencial para a correta avaliação dos elementos apropriados.

Segundo Campos *et al.* (2013), nos últimos anos, a forma e o conteúdo dos relatórios de sustentabilidade de grandes empresas passaram por uma evolução que traduz as expectativas de mercado e, nesse contexto, soluções foram propostas na busca pela uniformidade do conteúdo da informação e por um conjunto de indicadores de desempenho que possam caracterizar a efetividade de suas ações e intervenções, mensurando o grau de alcance das dimensões avaliadas de cada entidade quanto ao seu compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Um estudo desenvolvido por Zamcopé, Ensslinb e Ensslinb (2012) listou algumas das mais relevantes abordagens de mensuração de ações sustentáveis com base nos três pilares do

desenvolvimento sustentável utilizadas internacional e nacionalmente. Utilizando informações adicionais da pesquisa conduzida por Morioka e Carvalho (2017), podem ser destacadas as abordagens do quadro 1. As autoras ressaltam que essas distintas iniciativas de avaliação de ações da pauta da sustentabilidade têm diferentes áreas de ênfase e pode ser dado mais ou menos foco em cada dimensão: econômica, ambiental e social. As inúmeras abordagens representam também a complexidade da definição de medidas de desempenho que sejam representativas das questões de sustentabilidade.

Quadro 1 - Relevantes abordagens de mensuração de sustentabilidade

Internacional	Nacional
<ul style="list-style-type: none"> • Global Reporting Initiative - GRI • Dow Jones Sustainability Indexes - DJSI • FTSE4Good Index • ISO 14031 • World Business Council for Sustainable Development - WBCSD • Center for Waste Reduction Technologies - CWRT • Consultative Group on Sustainable Development Indicators - CGSDI • World Conservation Union - UCA (responsável pelo Índice Wellbeing) • World Economic Forum (responsável pelo Environmental Sustainability Index) • Global Scenario Group, U.S. Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators - IWGSDI • Boston Indicators Project 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Sustentabilidade Empresarial - ISE • Indicadores Ethos de responsabilidade social • Ibase

Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

Uma das abordagens mais frequentemente usadas é a do *Global Reporting Initiative* (PARRIS; KATES, 2003). Ela define conjuntos de indicadores que devem ou podem constar nos relatórios. Como afirmam Morioka e Carvalho (2017), trata-se de uma organização sem fins lucrativos, criada em 1997, como uma iniciativa conjunta da *Coalition for Environmentally Responsible Economies* e do *United Nations Environmental Program*. A

GRI desenvolveu o modelo mais usado no mundo como uma referência para o desenvolvimento dos procedimentos de elaboração de relatórios de sustentabilidade. Seu padrão tem por base duas diferentes variáveis: (1) comparabilidade, que tem por finalidade desenvolver uma estrutura paralela aos relatórios de finanças; (2) exibibilidade, por levar em conta as distinções legítimas e intrínsecas entre organizações e setores econômicos.

2.2 Sustentabilidade na mineração

A indústria de extração está no foco das definições e discussões em torno da sustentabilidade (CRAGG, 1998).

Para Cowell *et al.* (1999, p. 277),

[...] a gestão adequada dos recursos não renováveis extraídos por este setor da economia tem sido uma das questões-chave nos debates sobre sustentabilidade. Os motivos incluem a natureza finita dos não-renováveis, o que inevitavelmente levanta a questão do acesso inter e intrageracional a esses recursos; os diversos impactos ambientais associados à sua extração e uso; a importância econômica das indústrias primárias de extração em alguns países; e os impactos sociais (positivos e negativos) nas comunidades locais associadas às atividades de mineração.

Segundo o *International Institute for Environmental Development* (2002), por meio de um projeto independente, que contou com duração de mais de dois anos de pesquisas, com o apoio de mais de 40 das principais empresas do setor de mineração no mundo, há uma orientação quanto aos rumos do desenvolvimento sustentável no setor. Na visão dos grupos de trabalho estabelecidos em quatro continentes, as principais restrições e expectativas de ações que permeiam as dimensões da sustentabilidade podem ser sumarizadas como mostra o quadro 2.

Quadro 2 - Restrições e expectativas de ações sustentáveis

<i>Dimensão Econômica</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maximizar o bem-estar da humanidade - Assegurar o uso eficiente de todos os recursos, naturais ou outros, via maximização de rendas - Procurar identificar e assimilar custos ambientais e sociais - Manter e melhorar as condições para a existência de empresas viáveis
<i>Dimensão Social</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir uma distribuição justa dos custos e benefícios do desenvolvimento para todas as pessoas que vivem no planeta - Respeitar e reforçar os direitos fundamentais dos seres humanos, incluindo liberdades civis e políticas, autonomia cultural, liberdades sociais e econômicas e segurança pessoal - Procurar sustentar as melhorias no tempo - Assegurar que a diminuição dos recursos naturais não irá privar as gerações futuras, por meio de sua substituição por outras formas de capital
<i>Dimensão Ambiental</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Promover o manejo responsável dos recursos naturais e do meio ambiente, incluindo a reparação de danos anteriores - Minimizar a quantidade de resíduos e danos ambientais em toda a cadeia de abastecimento - Ser prudente nos locais em que os impactos são desconhecidos ou incertos - Operar dentro dos limites ecológicos e proteger o capital natural crítico

Fonte - Adaptado de Breaking New Ground. Mining, minerals and sustainable development. Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (2002).

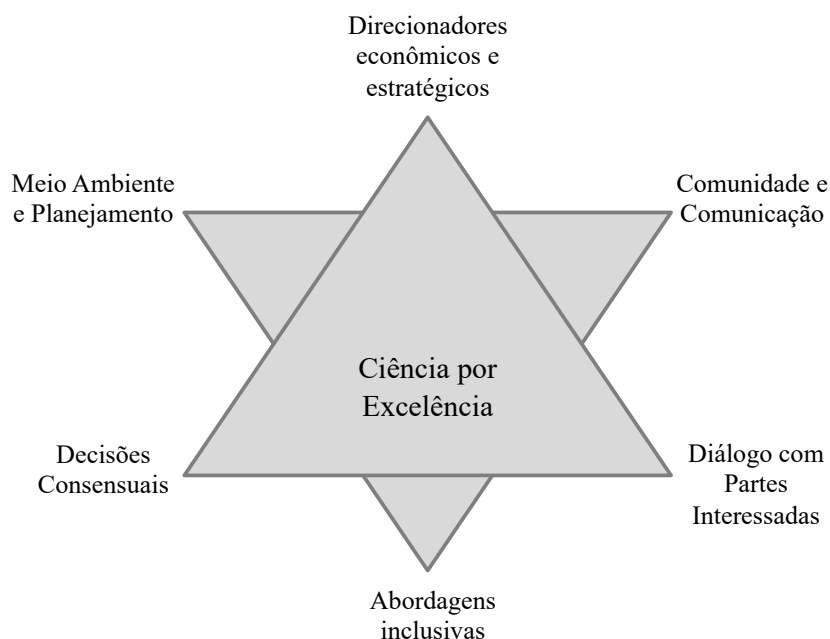
Para Oberholzer e Prinsloo (2017, p. 180),

[...] existe o lado obscuro da mineração, já que a extração de minerais de hoje, que não é renovável, reduzirá a disponibilidade desses minerais amanhã e, além disso, aspectos como poluição e impactos ambientais podem levar a inquietações comunitárias e políticas. No outro extremo da escala, ou seja, a face mais clara da mineração, observa-se o desenvolvimento de abastecimento de água, escolas, igrejas, instalações médicas e edifícios, programas de saúde, esporte, bolsas de estudo, treinamento e desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho.

Petterson (2007) abordou a questão da sustentabilidade na indústria mineral sob a ótica de geocientistas, avaliando princípios e aplicações do que foram chamados *minerais sustentáveis*. Em adição aos três pilares componentes do TBL, o autor destacou a importância das considerações políticas acerca do tema, o equilíbrio necessário entre essas dimensões e ainda a utilização do conceito do ciclo de vida de determinado mineral ou mina, cabível a cada projeto ou empreendimento. Na visão do autor, os princípios fundamentais da

sustentabilidade real, com referência a uma *ciência por excelência*, passam por um processo dinâmico que envolve gerenciamento e engajamento inclusivo, identificação de partes interessadas, tomada de decisões, comunidade, economia e meio ambiente. Esse processo pode ser visualizado resumidamente na figura 3.

Figura 3 - Abordagem ou modelo conceitual de minerais sustentáveis



Fonte - Adaptado de Minerals sustainability, emerging economies, the developing world, and the truth behind the rhetoric (2007).

A análise dos relatórios anuais de sustentabilidade das grandes mineradoras reflete esse direcionamento. É comum as sessões de dados serem estratificadas de forma que se acentuem as informações sobre tópicos importantes como: gestão da água, energia, emissão de gases, emissão de poeira, segurança do trabalho, projetos sociais, investimentos para desenvolvimento social e demais contrapartidas aos impactos ambientais causados.

2.3 Data Envelopment Analysis e aplicações

2.3.1 O desenvolvimento da metodologia DEA

A *Data Envelopment Analysis* (DEA), conforme Banker *et al.* (2004), representa uma das mais adequadas formas para avaliação de eficiência com potencial de gerar resultados detalhados e com bom embasamento para recomendações de natureza gerencial. Nos termos deste trabalho, procura-se verificar qual mineradora é eficiente na capacidade de conversão de

recursos ambientais, econômicos e sociais em benefícios que permeiam essas mesmas três esferas.

Um modelo DEA foi proposto pela primeira vez por Charnes *et al.* (1978) e se configurava como uma abordagem não paramétrica para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (DMUs) – sigla em inglês - que continham múltiplos insumos e múltiplos produtos. Esse modelo, conhecido como CCR, proporcionou uma linha alternativa para medição de eficiência de unidades produtivas, em especial, programas (entidades) públicos que continham variáveis (insumos e produtos) múltiplos e comuns.

Por definição, a medida proposta da eficiência de uma DMU é obtida como o máximo de uma razão de saídas ponderadas para insumos ponderados sujeitos à condição de que qualquer razão similar para cada DMU seja menor ou igual à unidade. Os resultados são obtidos por meio da definição ótima das constantes ou pesos atribuídos a cada variável e do valor da variável em si, que pode ser obtido por observação, histórico ou modelo teórico. A eficiência de uma DMU é dada por sua comparação às outras DMUs (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

A primeira referência ao método, mesmo que não tenha trazido o nome pelo qual ganhou notoriedade, foi feita por Farrel (1957) que levantou a importância da medição de eficiência para a indústria, considerando que, apesar de haver certa contestação teórica quanto à viabilidade e à efetividade da comparação de diferentes setores, era preciso explorar formas de aumentar a eficiência de uma indústria sem que, para isso, houvesse um incremento da utilização de seus recursos. Os métodos, até então considerados para o autor, eram falhos na apresentação de um resultado satisfatório de medida de eficiência que fosse uma combinação de insumos e produtos. Sua proposta refletia então uma maneira de considerar todas as entradas utilizadas em determinada atividade (desde uma simples empresa até um setor), evitando também o uso de indicadores, apontados anteriormente como fonte de problemas para tais análises.

Uma contribuição marcante veio de Banker, Charnes, Cooper e Rhodes (1984), com a introdução de análises em que os retornos de escala são variáveis, ou seja, a formulação sugerida leva em conta a possibilidade de que a produtividade média na escala de produção mais produtiva pode não ser atingida por escalas de produção menores ou maiores. Dessa forma, determina-se que retornos de escala podem ser crescentes, constantes ou decrescentes para todos os casos em que a margem de produção é menor, maior ou igual à produção média. Esse modelo ficou conhecido como modelo BCC.

Muitos estudiosos têm trabalhado nessa área com inúmeros resultados significativos, como o modelo de ecoeficiência (EGILMEZ; GUMUS; KUCUKVAR 2016) e o modelo de

eficiência cruzada (ORAL *et al.*, 2015). A DEA inversa, proposta pela primeira vez por Wei, Zhang e Zhang (2000), também tem se mostrado uma importante direção de pesquisa.

2.3.2 Os conceitos de produtividade e eficiência

A produtividade pode ser descrita como uma medida da razão do que foi produzido pelo que foi gasto para produzir em uma unidade produtiva. Como se trata de um quociente, do resultado da divisão de duas quantidades diferentes, a produtividade tem unidades de medida, que são diferentes para cada caso estudado. Dessa análise isolada de uma unidade, com intenção de se verificar o quão produtiva a mesma pode ter sido em sua função transformação, uma análise que engloba outras unidades produtivas pode ser realizada, resultando em uma comparação de produtividades. A eficiência se mostra, então, como um conceito relativo. Compara-se o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido (MELLO *et al.*, 2005).

2.3.3 Um problema de programação linear não paramétrico

Um problema de programação linear é uma abordagem desenvolvida para auxílio no processo decisório. Segundo Cook e Zhu (2008), nesse tipo de problema, o objetivo é a maximização ou minimização de alguma quantidade, mediante restrições impostas, que limitam a capacidade de se alcançar o objetivo desejado. Outra consideração importante é retratada em termos da natureza dos dados a serem trabalhados. Os chamados métodos paramétricos determinam uma relação funcional preestabelecida entre recursos e produtos, enquanto os não-paramétricos não fazem a suposição funcional; consideram que o potencial máximo de produção é obtido por meio dos próprios dados sob análise, pela observação das unidades produtivas (MELLO *et al.*, 2005).

2.3.4 O conceito de benchmarking

De acordo com Coelli, Rao e Baitese (1998), DEA se propõe a avaliar o desempenho de unidades organizacionais. Assim, segundo Macedo e Cípola (2009), um dos maiores benefícios de seu uso é o conjunto de unidades de referência que pode ser usado como *benchmarking* na melhoria do desempenho das unidades menos eficientes. Esses *benchmarks*

indicam o que e como *inputs* e/ou *outputs* precisam ser modificados para transformar unidades eficientes.

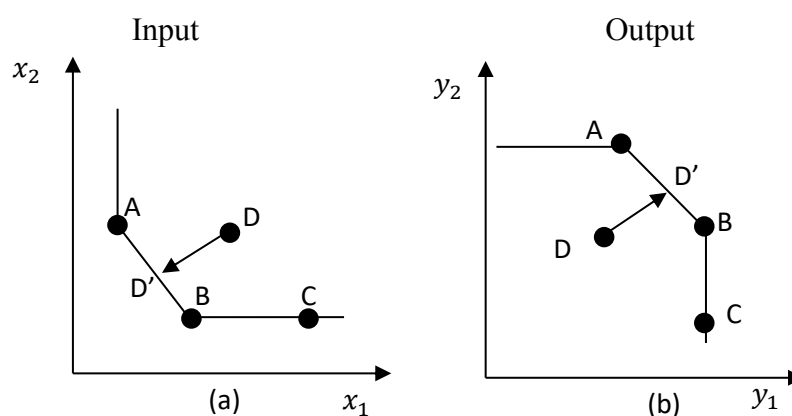
Para Lopes, Lorenzetti e Pereira (2013, p. 82),

[...] de maneira objetiva, pode-se dizer que os modelos DEA determinam as melhores condições de operação para cada unidade produtiva (empresa, unidade organizacional dentro de uma empresa, entre outros) separadamente, de modo a maximizar a sua eficiência. Estas condições (pesos) são aplicadas também às demais unidades do grupo sob análise. Aquelas unidades produtivas para as quais o escore de eficiência relativa calculado, a partir de pesos obtidos pelo próprio modelo de programação linear, é igual a 100%, são consideradas eficientes.

2.3.5 O Modelo CCR ou CRS

O modelo CCR de Charnes e Cooper (1978), também conhecido como modelo *Constant Returns to Scale (CRS)*, traz o conceito de que uma determinada variação de insumos que alimentam o modelo resulta em uma variação proporcional de produtos, em outras palavras, trabalha com retornos constantes de escala. O modelo constrói uma fronteira ou superfície linear não paramétrica envolvendo os dados que variam segundo sua orientação: para insumos (*inputs*) ou produtos (*outputs*).

Gráfico 1 - Fronteira de eficiência para modelos orientados a insumos ou produtos



Fonte - BRUNETTA, 2004, adaptado pelo autor da dissertação.

Num modelo orientado a insumos, a solução ótima é função da divisão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos, permitindo que cada DMU determine os pesos dessas variáveis atribuídas da melhor forma possível, com objetivo de maximização das saídas, desde que esses mesmos pesos, quando aplicados a outras DMUs,

não resultem numa razão superior a 1. Esses termos podem ser visualizados no modelo [1] a seguir, em que:

- Eff_o é a eficiência da DMU_o em análise;
- v_i e u_j são os pesos de *inputs* i , $i = 1, \dots, r$, e *outputs* j , $j = 1, \dots, s$ respectivamente;
- x_{ik} e y_{jk} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU_k, $k=1, \dots, n$;
- x_{io} e y_{jo} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU_o

$$\text{Max } Eff_o = \left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \right)$$

sujeito a [1]

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

O problema exposto, de programação fracionária, pode ser transformado em um problema de programação linear, fazendo com que o denominador da função objetivo seja igual a uma constante. Sua formulação é então apresentada em [2], cujas variáveis de decisão são os pesos v_i e u_j .

$$\text{Max } Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo}$$

sujeito a [2]

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

A base conceitual do modelo permite a consideração de uma combinação ou conjuntos de pesos que fazem com que uma DMU seja eficiente. Esse modelo é conhecido como modelo dos multiplicadores, com orientação a insumos, ou seja, a eficiência é atingida a partir da otimização dos insumos, com vistas a gerar os mesmos produtos. Outra forma de

representação existente é advinda de seu dual, ou modelo do envelopamento [3]. Como são duais, esses modelos apresentam o mesmo valor para a função objetivo.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } h_o \\
 & \text{sujeito a} \\
 & h_o x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned} \tag{3}$$

A eficiência é representada pela função objetivo, ou valor pelos quais os insumos devem ser multiplicados para que a DMU seja posicionada na fronteira eficiente. A primeira linha de restrições condiciona esse ajuste, de forma que a redução dos insumos não ultrapasse a fronteira, parâmetro das DMUs eficientes. A segunda linha de restrições visa garantir que a adequação dos insumos não reduza os valores dos produtos da DMU. Nos modelos dos multiplicadores, os pesos são as variáveis de decisões, nos modelos do envelopamento são h_o e λ_k .

Se a otimização do problema é guiada pela maximização dos produtos, com a manutenção dos valores dos insumos, esse modelo é, em contraste com a determinação anterior, orientado a produtos, em que as variáveis de decisão são as mesmas do modelo orientado a insumos e h_o representa o valor pelo qual todos os produtos devem ser multiplicados, com vistas a manter constantes os insumos e de forma que a DMU atinja a fronteira eficiente. Nesse caso, h_o é um valor maior que 1 (MELLO *et al.*, 2005).

A formulação do modelo do envelopamento orientado a produtos é então representada no modelo [4].

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_o \\
 & \text{sujeito a} \\
 & x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned} \tag{4}$$

A formulação do modelo dos multiplicadores orientado a produtos é representada em [5].

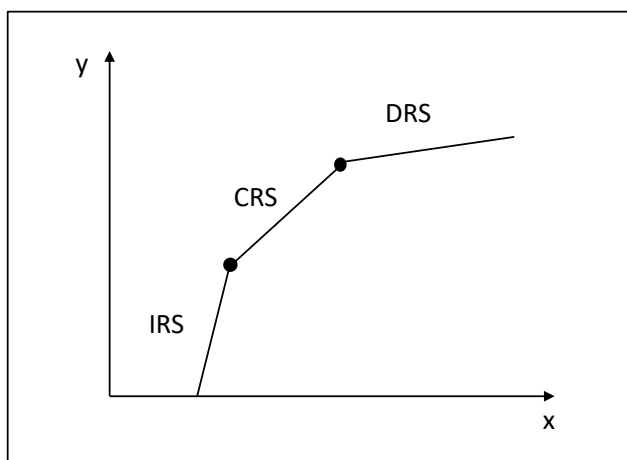
$$\begin{aligned} \text{Min } h_o &= \sum_{i=1}^r v_i x_{io} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \quad \forall k \\ u_j, v_i &\geq 0, \quad \forall j, i \end{aligned} \quad [5]$$

2.3.6 O Modelo BCC ou VRS

O modelo BCC de Banker, Charnes e Cooper (1984) trabalha com retornos variáveis de escala, ou seja, considera que alterações nos insumos não produzem alterações proporcionais nos produtos e vice-versa, logo, a denominação *Variable Returns to Scale (VRS)*. Os retornos variáveis de escala podem ser sumarizados da seguinte forma:

- (1) constante (ou CRS): insumos e produtos crescem ou decrescem na mesma escala ou proporção;
- (2) crescente (IRS – *Increasing returns to scale*): produtos são incrementados numa escala maior que a escala de incrementos em insumos;
- (3) decrescente (DRS – *Decreasing returns to scale*): produtos são incrementados numa escala menor que a escala de incrementos em insumos.

Gráfico 2 - Diferentes tipos de retornos de escala



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

Matematicamente, a desproporcionalidade da escala é representada pela convexidade da fronteira e equivale a uma restrição adicional [6] ao modelo do envelopamento, conforme representação dos modelos [7] orientados a insumos e [8], orientados a produtos.

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad [6]$$

Min h_o
sujeito a

$$h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad [7]$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

Max h_o
sujeito a

$$x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad [8]$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

Em seus duais, ou modelos dos multiplicadores, u e v , são as variáveis duais interpretados como fatores de escala.

Os modelos orientados a insumos e a produtos estão representados em [9] e [10], respectivamente.

$$\begin{aligned}
& \text{Max } Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} + u_* \\
& \text{sujeito a} \\
& \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\
& - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k \\
& v_i, u_j \geq 0, u_* \in \mathfrak{R}
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Min } Eff_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_* \\
& \text{sujeito a} \\
& \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \\
& - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k \\
& v_i, u_j \geq 0, u_* \in \mathfrak{R}
\end{aligned} \tag{10}$$

2.4 Eficiência cruzada

O cálculo da avaliação cruzada foi proposto, a princípio, por Sexton *et al.* (1986) e tinha como objetivo a solução de duas limitações comuns na utilização de modelos DEA: (1) ocorrência de pesos zerados e (2) pouca capacidade de discriminação dos resultados. Essa questão foi corroborada por Lopes (1998), na afirmação de que uma das críticas mais frequentes à abordagem DEA refere-se à questão da extrema flexibilidade da escolha de pesos, da possibilidade de uma DMU vir a se tornar eficiente pelo fato de conseguir encontrar uma estrutura de pesos que a leve à fronteira de eficiência e não por sua *real* eficiência. Meza e Cunha (2006) questionam também a fraca discriminação entre DMUs, com possibilidade de haver várias delas identificadas como eficientes.

Para a avaliação cruzada, Meza e Cunha (2006, p. 212) apontam que

[...] esta técnica tem como ideia principal utilizar DEA para realizar uma avaliação feita por todas as DMUs da análise ao invés de fazer a autoavaliação, que é calculada pelos modelos DEA padrão. Assim, cada DMU é avaliada usando o

conjunto de pesos ótimo obtido por cada uma das outras DMUs, sendo a média de todas essas eficiências a eficiência cruzada da DMU em análise. Esta avaliação pode ser vista como uma média das eficiências de uma DMU calculadas sob o "ponto de vista" das outras DMUs.

Sexton (1986) também esclarece essa abordagem da eficiência do processo, sujeitando cada DMU a uma faixa restrita de pesos, válidos para insumos e produtos, não a qualquer intervalo, mas, sim, à faixa de pesos escolhidos pelas outras DMUs na análise, ou seja, o cálculo da eficiência de determinada DMU ao ser avaliada por outra DMU. Define-se, então, a eficiência cruzada de uma DMU_j, como uma medida pela DMU_k, da razão entre a saída ponderada e a entrada ponderada obtida quando se usam os níveis de entrada e saída de DMU_j e os pesos de entrada e saída derivados da DMU_k. Matematicamente [11], a eficiência cruzada é a razão entre as somas do lado esquerdo da restrição j no cálculo de eficiência da DMU_k.

$$E_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} \quad [11]$$

2.5 DEA para medição de sustentabilidade

Para aprofundamento no cenário atual das pesquisas que vêm se desenvolvendo acerca da eficiência das iniciativas sustentáveis com utilização de DEA, foi feita uma avaliação de variáveis (*inputs* e *outputs*) comuns na construção desses modelos, para melhor entendimento quanto à forma como esse tema vem sendo tratado na literatura. Os resultados podem ser visualizados no quadro 3.

Quadro 3 - Variáveis de modelos DEA para cálculo de eficiência em sustentabilidade

Autor	Objeto de Estudo	Inputs	Outputs
OBERHOLZER, & PRINSLOO (2017)	Sustentabilidade de mineradoras sul-africanas	Ambiental: emissão de gases, uso de água e uso de energia	Social / econômico: número de empregados, impostos arrecadados, doações, dividendos pagos e reinvestimentos
OLFAT et al. (2016)	Performance de aeroportos	Orçamento	Nível de poluição Satisfação (questionário) Reputação (questionário)
WU et al. (2016)	Indústria siderúrgica chinesa	Mão de obra (número de trabalhadores) Consumo de energia	Produção de: ferro gusa aço bruto

Autor	Objeto de Estudo	Inputs	Outputs
		Consumo de água Consumo de minério Tamanho do time de sustentabilidade	aço acabado água descartada
YOUSEFI et al. (2017)	Shoa-Panjere Company (sustentabilidade de cadeias de suprimentos)	Custo de segurança Custo de matéria-prima Custo de eco-design	Produto acabado Faturamento
CHEN et al. (2016)	Análise de investimentos em desenvolvimento sustentável na China	Número de funcionários Capital Consumo de energia	Produto Emissão de gases
GALÁN-MARTÍN et al. (2016)	Tecnologias de geração de energia	Econômico: custo de capital, de operação, de manutenção e de combustíveis Ambiental: toxicidade da água, ocupação de terras, emissões de gases Social: número de empregados, número de lesões, exposição a radiação	Kwh (relação de todos os inputs necessários para produção de uma unidade de output ou kwh)
SUEYOSHI e YUAN (2017) (2015)	Comparação setores industriais americanos	Número de empregados Capital investido e ativos totais Investimentos para redução de emissão de CO2 Despesas com P&D	Receita líquida Crédito de CO2 Emissão de CO2
MACEDO et al. (2009)	Indústria siderúrgica nacional	Receita líquida Receita operacional	Indicador social interno: investimento em bem-estar dos funcionários Indicador social externo: investimento em projetos sociais Indicador ambiental: investimento em projetos ambientais
BELU (2009)	Ranking de corporações baseado em práticas sustentáveis e socialmente responsáveis	ROE (Returns on equity) ROA (Returns on assets) ASR (Average stock returns)	Governança corporativa Desempenho ambiental Desenvolvimento humano Indicadores de práticas de trabalho Ações sociais

Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

2.6 O Indicador EBITDA

O indicador EBITDA (*earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*) é um misto de indicador de desempenho econômico e financeiro. Por se caracterizar como uma medida operacional por essência, pois não são inclusos os resultados financeiros da entidade sob análise, tem grande importância na avaliação de negócios e empresas (VASCONCELOS, 2002).

Segundo Assaf Neto (2002), quanto maior o EBITDA, maior a capacidade de uma entidade ter de gerar caixa por suas atividades e operações, assim como de honrar pagamentos a proprietários de capital e de reinvestir em seus ativos e áreas de atuação.

Segundo Klent e Gewehr (2002), o EBITDA ganhou notoriedade nos Estados Unidos, nos anos 70, quando analistas passaram a utilizá-lo como referência da capacidade de retorno de investimento que uma empresa teria em um período específico de desembolsos. Ao excluir os juros de um montante capitalizado, somada à depreciação de seus ativos, era possível ter uma medida de desempenho futuro com base apenas na variável operacional.

Nos anos subsequentes, o EBITDA tornou-se popular em indústrias nas quais os ativos de maior valor tiveram que ser registrados por períodos longos. Desde então, o EBITDA é freqüentemente utilizado tanto dentro de uma empresa quanto em sua comunicação com os acionistas como uma medida alternativa de desempenho para o lucro líquido, lucro operacional, fluxo de caixa operacional e fluxo de caixa livre (VERRIEST et al., 2018).

Ritta *et. al* (2017) elencou algumas limitações do EBITDA, podendo ser destacadas:

- (1) o fato do indicador ignorar variações de capital de giro;
- (2) não considerar as necessidades de reinvestimentos em bens operacionais;
- (3) poder dar falsa ideia sobre a efetiva liquidez do negócio;
- (4) o fato de excluir as despesas financeiras das empresas, o que pode não refletir exatamente suas condições econômico-financeiras.

2.6.1 A margem EBITDA

Indicadores elaborados com base na sua relação com o EBITDA demonstram a relação do desempenho operacional com demais informações financeiras, por exemplo: a margem EBITDA, ou o retorno operacional obtido pela receita líquida de vendas. Esses indicadores mostram para cada unidade monetária, como por exemplo, de receita líquida, o quanto se

consegue de retorno operacional (RITTA *et. al*, 2017). A fórmula que representa o cálculo da margem EBITDA pode ser representada pela fórmula [1]:

$$\frac{\textit{Margem}}{\textit{EBITDA}} = \frac{\textit{EBITDA}}{\textit{Receita Líquida}} \quad [1]$$

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Características da pesquisa

Esta pesquisa pode ser caracterizada como descritiva e quantitativa, pois se procura, por meio da aplicação da *Data Envolpment Analysis* às informações dos Relatórios Anuais de Sustentabilidade das empresas que fazem parte da amostra, expor resultados a respeito de seu desempenho econômico e socioambiental.

Quanto à classificação da pesquisa como quantitativa, Fonseca (2002, p. 20) esclarece que

[...] os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc.

Quanto à análise procedimental baseada no argumento de Gerhardt e Silveira (2009), pode-se embasar o presente estudo como uma pesquisa documental, já que o mesmo recorre a fontes diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas e vídeos de programas de televisão entre outros.

Por fim, o enquadramento da pesquisa quanto ao objeto de estudo, como descritiva, é justificado por exigir uma série de informações sobre o que se deseja pesquisar. Esse formato de estudo tem em vista descrever fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987). Ainda, segundo o autor, as pesquisas descritivas podem ser questionadas, pois pode não haver uma descrição correta dos fatos e fenômenos. Estes, por sua vez, impossibilitam sua verificação por meio da observação.

A metodologia pode ser resumida, então, da seguinte forma:

- (1) quanto à abordagem: quantitativa;
- (2) quanto ao objeto: descritiva;
- (3) quanto ao procedimento: documental.

3.2 A pesquisa

Foram avaliadas algumas das maiores mineradoras em âmbito global. Como a base foi elaborada por meio de um painel de dados, além de uma referência de desempenho dentre as unidades de decisão, o resultado do estudo visou proporcionar uma análise do comportamento e das tendências de cada organização no referido período.

O passo a passo na execução das atividades compreendeu:

- (1) traçar um panorama sobre o cenário atual e ambiente macroeconômico em que as mineradoras em análise atuam;
- (2) desenvolver uma análise a respeito da evolução dos conceitos de sustentabilidade e sua importância nos dias atuais;
- (3) fazer um levantamento do histórico da utilização de modelos DEA para cálculo de eficiência relativa à sustentabilidade;
- (4) selecionar as empresas participantes, com atenção a seu perfil de atuação, de modo que a análise comparativa não ficasse distorcida;
- (5) elaborar uma lista representativa de variáveis (*inputs* e *outputs*) que pudessem alimentar o modelo DEA. Estas variáveis foram validadas após uma análise detalhada de demais estudos dentro dessa temática;
- (6) selecionar e interpretar corretamente os dados oriundos dos relatórios anuais de sustentabilidade das empresas pesquisadas;
- (7) escolher o modelo DEA;
- (8) verificar a consistência dos resultados a partir das variáveis selecionadas;
- (9) identificar a(s) DMU(s) eficiente(s);
- (10) realizar o cálculo de eficiência cruzada para maior discriminação dos resultados;
- (11) realizar a análise cruzada da dimensão econômica (“Eficiência x Margem EBITDA”) por meio do indicador financeiro EBITDA.

Como a pesquisa foi realizada a partir de dados secundários, parte-se do pressuposto de que as fontes são representativas e seguem padrões de elaboração e reporte.

O *software* para construção do modelo DEA, assim como para cálculo da eficiência cruzada foi o PIM-DEA. Os relatórios ou informações geradas e utilizadas após a construção do modelo foram: *Efficiency*, *Cross Efficiencies*, *Lambdas*, *Weights*, *Slacks*.

3.3 A seleção das empresas

A sugestão dos participantes foi feita com base nos seguintes critérios:

- (1) acesso aos dados: emissão anual do relatório de sustentabilidade;
- (2) qualidade dos relatórios anuais de sustentabilidade: atendimento aos padrões do GRI;
- (3) área de atuação / diversificação: a escolha de empresas que exploram mais de um mineral foi preferencial e tem o intuito de homogeneizar a amostra. A concentração de atividades em torno de um tipo específico de mineral pode distorcer a análise ao considerar que sua extração e produção podem ou não trazer maiores implicações socioambientais perante outros;
- (4) representatividade em termos de valor de mercado: dimensão de impacto econômico de suas atividades. Dentre as cinco sugeridas, quatro estão entre as dez maiores mineradoras em valor de mercado. É o que mostra a tabela 2.

Tabela 2
As 10 maiores mineradoras em valor de mercado

Empresa	Base	Operações	Valor de mercado (bilhões USD)
BHP Billiton	Austrália	Diversificada	90,67
Rio Tinto	Austrália	Diversificada	74,04
Glencore	Suíça	Diversificada	55,98
Shenhua	China	Carvão	54,96
Vale	Brasil	Matérias-primas para siderurgia	48,31
Coal India	Índia	Carvão	28,18
Southern Copper	Estados Unidos	Metais básicos	28,04
Norilsk Nickel	Rússia	Metais básicos	25,30
Barrick Gold	Canadá	Metais preciosos	22,67
Anglo American	Reino Unido	Diversificada	21,28
Vedanta	India	Diversificada	18,69

Fonte - MINING.COM, 2017, adaptado pelo autor da dissertação.

Como se vê na figura 4, as mineradoras escolhidas para a análise são: Anglo American, BHP Billiton, Rio Tinto, Vale e Vedanta. Maiores detalhes sobre a forma de atuação de cada uma delas são descritos em seguida.

Figura 4 - Mineradoras objeto da pesquisa



Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Os dados da tabela 3 embasam a escolha feita em função da atuação variada das mineradoras que atende ao conceito e ao requisito de comparar unidades semelhantes e que contenham os mesmos insumos e mesmos produtos. De forma geral, todas as empresas listadas produzem minério de ferro e algum metal básico como níquel ou cobre. Sua especialidade, assim, é marcada por seu principal ou principais produtos, seja pela concentração e volume de comercialização de um mineral específico, ou pelo percentual de receita ou lucratividade deles oriundas.

Tabela 3
Portfólio das mineradoras

% de Receitas por mineral / área (2017)	Anglo American	BHP	Rio Tinto	Vale	Vedanta
Ferro (e demais produtos da cadeia, i.e. pelotas, ferroligas etc)	15,7%	39,2%	50,0%	74,0%	5,3%
Carvão (vegetal e metalúrgico)	25,2%	20,4%	7,0%	4,6%	-
Metais básicos (níquel, cobre e outros)	16,9%	19,5%	4,4%	20,2%	34,8%

Alumínio	-	-	27,1%	-	17,7%
Ouro	-	-	0,9%	-	-
Diamantes	20,4%	-	1,8%	-	-
Platina	8,6%	-	-	-	-
Zinco	-	-	-	-	24,8%
Petróleo	-	18,5%	-	-	10,6%
Outros	13,3%	2,3%	8,7%	1,2%	6,7%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

A Anglo American, de origem sul-africana, fundada no ano de 1917 e, hoje, com sede no Reino Unido, tem atuação global, com um portfólio que inclui a produção de diamantes (seu principal negócio), platina e outros metais preciosos, cobre, níquel, minério de ferro e carvão. No Brasil, a mineradora está presente com dois produtos: minério de ferro, com o Minas-Rio, localizado nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, e níquel, com operações nos municípios de Barro Alto e Niquelândia, em Goiás. Nos últimos anos, a mineradora tem figurado entre as empresas parte do Índice de Sustentabilidade Dow Jones².

Constituída pela fusão entre a BHP e a Billiton, de origens australiana e indonésia, respectivamente, a BHP Billiton atua globalmente na produção e comercialização de minério de ferro, cobre, petróleo e gás, diamantes, prata, chumbo e zinco dentre outros de menor importância. É considerada a maior empresa de mineração do mundo em valor de mercado. Atua no Brasil, via Samarco, de cujo capital detém 50% .

Rio Tinto é o nome de um rio na província de Huelva na Espanha, onde uma mina de níquel foi implantada em 1873, dando origem à empresa de mesmo nome. A Rio Tinto é a maior produtora de alumínio do mundo e também atua na produção de cobre, diamante, carvão, urânio, minerais industriais e ouro. No Brasil, atua na produção de bauxita e alumina por meio das subsidiárias Alcan e Mineração Rio do Norte.

De origem brasileira, a Vale, teve sua fundação no ano de 1942, com o objetivo de explorar minério de ferro na região de Itabira, Minas Gerais. Sofreu mudanças significativas no fim dos anos 90, quando deixou de ser estatal e passou a conter, majoritariamente, capital

² Os Índices de Sustentabilidade Dow Jones (DJSI) são uma família de índices ou *benchmarks* para investidores que reconhecem que práticas de negócios sustentáveis são essenciais para gerar valor de longo prazo e que desejam refletir suas convicções de sustentabilidade em seus portfólios de investimento. Criados em conjunto pela S&P e pela RobecoSAM, o DJSI seleciona as empresas mais sustentáveis de 60 setores. Os índices servem como referência para investidores e incentivam as empresas a melhorar suas práticas de sustentabilidade corporativa.

privado em sua constituição. A empresa, hoje com atuação global, atua na produção de minério de ferro de que é a líder do mercado além de manganês, ferroligas, cobre, bauxita, potássio, caulim, alumina e alumínio. A empresa conta com a maior malha ferroviária do Brasil, além de nove terminais portuários próprios. Em junho de 2018, a empresa atingiu seu maior valor de mercado da história, próximo de 300 bilhões de reais. A Vale também é acionista da Samarco Mineração.

A última empresa considerada na análise foi a Vedanta Resources, uma empresa que também conta com atuação global e com recursos naturais diversificados, fato impulsionador de sua inclusão na análise, apesar de não pertencer ao grupo das maiores empresas do setor, seja qual for o critério de avaliação: valor de mercado, volume de produção de minérios, número de funcionários ou demais. A empresa produz, entre outros minérios e metais, zinco, chumbo, prata, minério de ferro, aço, cobre, alumínio, energia, petróleo e gás. Com 30 anos de existência, concentra suas atividades na Ásia e África e tem sua sede no Reino Unido.

3.4 A escolha do Modelo DEA

3.4.1 A seleção das variáveis

Com base na pesquisa acerca de estudos recentes que utilizam DEA para avaliação de sustentabilidade e na análise das variáveis comumente neles utilizadas, buscou-se a construção de um modelo próprio de avaliação, que possa contemplar as dimensões ambiental e social atribuídas à sustentabilidade.

A premissa para definição dos *inputs* relativos a esses dois pilares, sendo o social com o foco no ambiente interno, traz, intrinsecamente, o conceito de racionalização de recursos para a produção de determinado resultado, ou seja, orientação a insumos o que permite otimização do processo de transformação.

Foi considerada a possibilidade de obter ganhos ou perdas variáveis de escala, ou escolha pelo modelo *Variable Returns to Scale* (VRS), em função da complexidade da medição proposta. A suposição de um retorno constante à escala só pode ser aceita se as DMUs operarem sob a condição de seu tamanho ótimo, fator que o torna demasiadamente restritivo na abstração da realidade avaliada e que não pode ser atribuído a esse caso.

Uma avaliação prévia dos relatórios de sustentabilidade foi realizada de forma a garantir que os insumos e produtos necessários para inclusão no modelo de análise estariam disponíveis e seriam tratados com o mesmo critério, com base na escolha de empresas que reportam seus indicadores nos moldes e requisitos do *Global Reporting Initiative* (GRI),

garantindo que os escopos avaliados e comparados de cada DMU são os mesmos. As variáveis de análise se encontram no quadro 4.

Quadro 4 - Variáveis do modelo DEA proposto

<i>Objeto de Estudo</i>	Insumos	Produto
<i>Sustentabilidade de mineradoras</i>	AMBIENTAL: Consumo de água Consumo de energia Emissão equivalente de CO ₂ SOCIAL INTERNO (SEGURANÇA): Fatalidades	SOCIAL EXTERNO: Valor econômico gerado e distribuído

Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

3.4.2 Relação com o padrão GRI

As variáveis selecionadas seguem o padrão de reporte do GRI, ou seja, são refletidas em indicadores a eles pertencentes. Os Anexos A a F trazem uma relação completa de requisitos, informações e escopo de cada indicador do GRI selecionado que corresponde às variáveis do modelo. O quadro 5 torna mais clara essa referência.

Quadro 5 – Relação das Variáveis do Modelo com os Indicadores do GRI

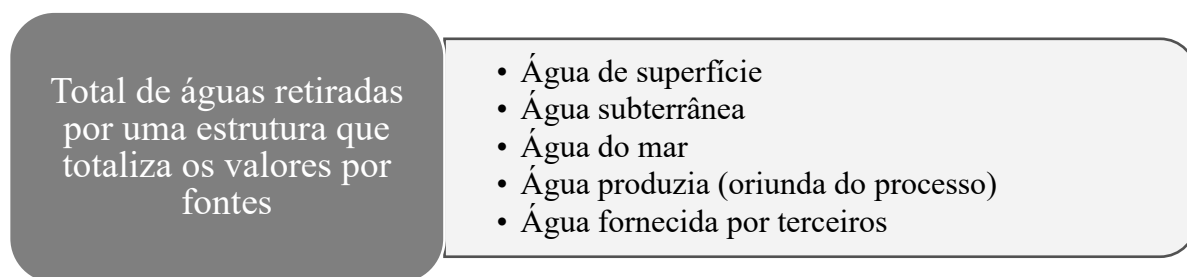
Variável do Modelo	Indicador do GRI (número e descrição)
Consumo de água	303-3: retirada de água por fonte
Consumo de energia	302-1: consumo de energia via organização
Fatalidades	403-9b: tipos de lesões e taxas de lesões, doenças ocupacionais, dias perdidos, absenteísmo e número de fatalidades relacionadas ao trabalho
Emissão equivalente de CO ₂	305-1: emissão direta de GEE (escopo 1) 305-2: emissão indireta de GEE (escopo 2)
Valor econômico gerado e distribuído	201-1: valor econômico gerado e distribuído

Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

De forma resumida, os indicadores selecionados são constituídos pelos seguintes requisitos, além de informações gerais e explicativas.

- **Consumo de água** (indicador 303-3): o volume de retirada de água de áreas com estresse hídrico pode indicar os impactos de uma organização em locais sensíveis. É importante avaliar a criticidade desses locais para determinar onde os impactos relacionados à água podem ser significativos, além de determinar e implantar ações para mitigação de tais riscos, o que pode dar às partes interessadas mais confiança nos esforços e nas práticas da administração de recursos hídricos da organização. Essas informações estão representadas pela figura 5.

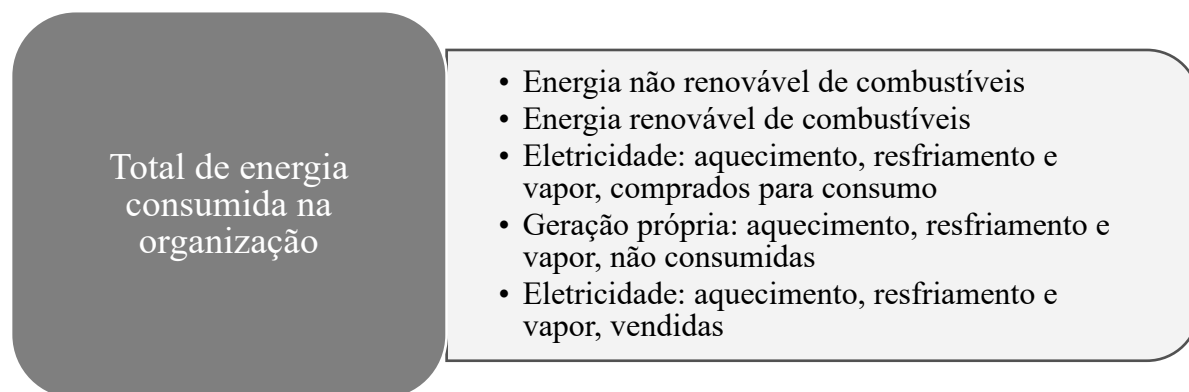
Figura 5 - Retiradas de Água por Fonte



Fonte - GRI STANDARDS, 2018, adaptada pelo da dissertação.

- **Consumo de energia** (indicador 302-1 - consumo de energia via organização): para algumas organizações, a eletricidade é a única forma significativa de energia que consomem. Para outras, as fontes de energia, como vapor ou água, fornecidas por uma central de aquecimento ou por uma estação de água fria, também podem ser importantes. A energia pode ser comprada de fontes externas à organização ou produzidas pela própria organização (autogerada). Fontes de combustível não renováveis podem incluir combustível para combustão em caldeiras, fornos, aquecedores, turbinas, foguetes, incineradores, geradores e veículos que são de propriedade ou controlados pela organização. Fontes de combustível não renováveis cobrem os combustíveis comprados pela organização. Eles também incluem o combustível gerado pelas atividades da organização como o carvão extraído ou o gás da extração de petróleo e gás. A figura 6 traz um resumo dos requisitos desse indicador.

Figura 6 - Energia total consumida



Fonte: GRI STANDARDS, 2018, adaptada pelo da dissertação.

- **Fatalidades** (indicador 403-9b - tipos de lesões e taxas de lesões, doenças ocupacionais, dias perdidos, absenteísmo e número de fatalidades relacionadas ao trabalho): essa divulgação abrange lesões relacionadas ao trabalho. Os dados sobre lesões relacionadas ao trabalho são uma medida da extensão do dano sofrido pelos trabalhadores; eles não são uma medida de segurança. Um aumento no número ou na taxa de incidentes relatados não significa necessariamente que houve um número maior de incidentes do que antes; pode indicar uma melhora na gravação e no relato de incidentes. Para aprimorar o relato e registro de mortes, ferimentos e doenças, ou suas ações para expandir o escopo de seu sistema de gestão para cobrir mais trabalhadores ou locais de trabalho, a organização relatora pode explicar isso e relatar essas ações e seus resultados. Tipos de lesões relacionadas ao trabalho podem incluir morte, amputação de um membro, laceração, fratura, hérnia, queimaduras, perda de consciência e paralisia entre outros;

- **Emissão equivalente de CO₂** (indicadores 305-1/2: escopos 1 e 2): as emissões diretas de Gases de Efeito Estufa (GEE) - (Escopo 1) incluem, mas não estão limitadas às emissões de CO₂ do consumo de combustível, conforme relatado na Divulgação 302-1 do GRI 302. As emissões diretas de GEE (Escopo 1) podem vir das seguintes fontes pertencentes ou controladas por uma organização: (1) geração de eletricidade, aquecimento, resfriamento e vapor: essas emissões resultam da combustão de combustíveis em fontes estacionárias, como caldeiras, fornos e turbinas e de outros processos de combustão como a queima; (2) processamento físico ou químico: a maioria dessas emissões resulta da fabricação ou do processamento de produtos químicos e materiais como cimento, aço, alumínio, amônia e processamento de resíduos; (3) transporte de materiais, produtos, resíduos, trabalhadores e passageiros: essas emissões resultam da combustão de combustíveis em fontes de combustão móveis pertencentes ou controladas pela organização como caminhões, trens, navios, aviões,

ônibus e carros; (4) emissões fugitivas são emissões que não são controladas fisicamente, mas resultam de liberações intencionais ou não intencionais de GEE. Elas podem incluir vazamentos de juntas de equipamentos, vedações, embalagens, emissões de metano (por exemplo, de minas de carvão), sistemas de ventilação, equipamentos de refrigeração e ar condicionado, vazamentos de metano (por exemplo, de transporte de gás). As emissões indiretas de GEE (escopo 2) incluem, mas não estão limitados às emissões de CO₂ provenientes da geração de eletricidade adquirida ou por aquecimento, resfriamento e vapor consumidos por uma organização. Para muitas organizações, a energia indireta das emissões de GEE, que resultam da geração de eletricidade comprada, pode ser muito maior do que suas emissões diretas (escopo 1) de GEE. A orientação quanto ao escopo 2 exige que as organizações forneçam dois valores distintos: (1) um valor baseado em localização; (2) um baseado em mercado;

- **Valor econômico gerado e distribuído** (indicador 201-1 Valor Econômico Direto Gerado e Distribuído (VEGD): informações sobre a criação e distribuição de valor econômico fornecem uma indicação básica de como uma organização criou riqueza para as partes interessadas. Diversos componentes do valor econômico gerado têm o potencial de fornecer um perfil econômico de uma organização, o que pode ser útil para normalizar outros números de desempenho. Se apresentada em detalhes ao nível de um país, o VEGD pode fornecer uma imagem útil do valor monetário direto adicionado às economias locais. Os investimentos totais da comunidade referem-se a despesas reais no período coberto pelo relatório, não a compromissos. Uma organização pode calcular investimentos na comunidade como doações voluntárias, para a comunidade em geral, em que os beneficiários-alvo são externos à organização. As doações voluntárias e o investimento de fundos na comunidade em geral, em que os beneficiários-alvo são externos à organização, podem incluir: (1) contribuições para instituições de caridade, ONGs e institutos de pesquisa (não relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento comercial da organização); (2) fundos para apoiar a infraestrutura da comunidade; (3) custos diretos de programas sociais, incluindo artes e eventos educacionais. Se reportar investimentos em infraestrutura, a organização pode incluir custos de bens e mão de obra, além dos custos de capital, bem como os custos operacionais para suporte de instalações ou programas em andamento. Um exemplo de apoio para instalações ou programas em andamento pode incluir a organização que financia as operações diárias de uma instalação pública. Os investimentos comunitários excluem atividades legais e comerciais ou quando o objetivo do investimento é exclusivamente comercial (doações para partidos políticos podem ser incluídas, mas também são abordadas separadamente em mais detalhes no GRI 415: Políticas Públicas). Os investimentos na comunidade também excluem

qualquer investimento em infraestrutura que seja direcionado principalmente pelas necessidades básicas do negócio ou para facilitar as operações comerciais de uma organização. Investimentos em infraestrutura impulsionados, principalmente pelas principais necessidades de negócios, podem incluir, por exemplo, a construção de uma estrada para uma mina ou uma fábrica. O cálculo do investimento pode incluir a infraestrutura construída fora das principais atividades de negócios da organização como uma escola ou hospital para os trabalhadores e suas famílias.

3.4.3 Utilização de eficiência cruzada

O cálculo da avaliação ou eficiência cruzada foi utilizado para eliminação dos problemas com ocorrência de pesos zerados e para aumentar a capacidade de diferenciação dos resultados. Os resultados da matriz de eficiência cruzada foram obtidos diretamente do software PIM-DEA.

3.5 A análise da Margem EBITDA

A análise do indicador financeiro margem EBITDA, no mesmo período de análise do modelo DEA, foi realizada de forma a:

- (1) determinar a saúde financeira das empresas e sua capacidade de investimento no referido período;
- (2) validar a análise da dimensão econômica da sustentabilidade;
- (3) comparar com os resultados do modelo DEA.

4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1 Análise de dados

Uma análise estatística dos dados parece indicar que diferenças de características operacionais das empresas contribuem para os resultados das medidas de dispersão, como observado nos valores da variância e amplitude para todas as variáveis selecionadas, conforme tabela 4.

Tabela 4
Análise estatística dos dados

	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Consumo de água (m ³ milhões)	362,05	322,46	121,59	195,00	584,00
Consumo de energia (milhões PJ)	263,88	200,00	140,03	97,40	454,00
Fatalidades (nº de pessoas)	4,94	5,00	3,57	0,00	12,00
Emissão equivalente de CO ₂ (Mt)	26,36	18,15	12,17	14,60	53,33
Valor econômico gerado e distribuído (US\$ milhões)	157,32	157,24	77,51	17,63	280,12

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Na tabela 5 se encontra o painel de dados da pesquisa realizada pela avaliação dos relatórios anuais das empresas selecionadas relativas ao quadriênio 2014-2017, com exceção da Vedanta, cujos dados avaliados foram retirados apenas dos relatórios anuais de 2017 e 2016. Os valores foram transferidos integralmente, com exceção da variável do modelo nomeada valor econômico gerado e distribuído (ou indicador 201-1 do GRI), cujas observações anteriores ao ano de 2017 foram corrigidas pela inflação americana (CPI-*Consumer Price Index*) no período correspondente.

Tabela 5
Painel de dados

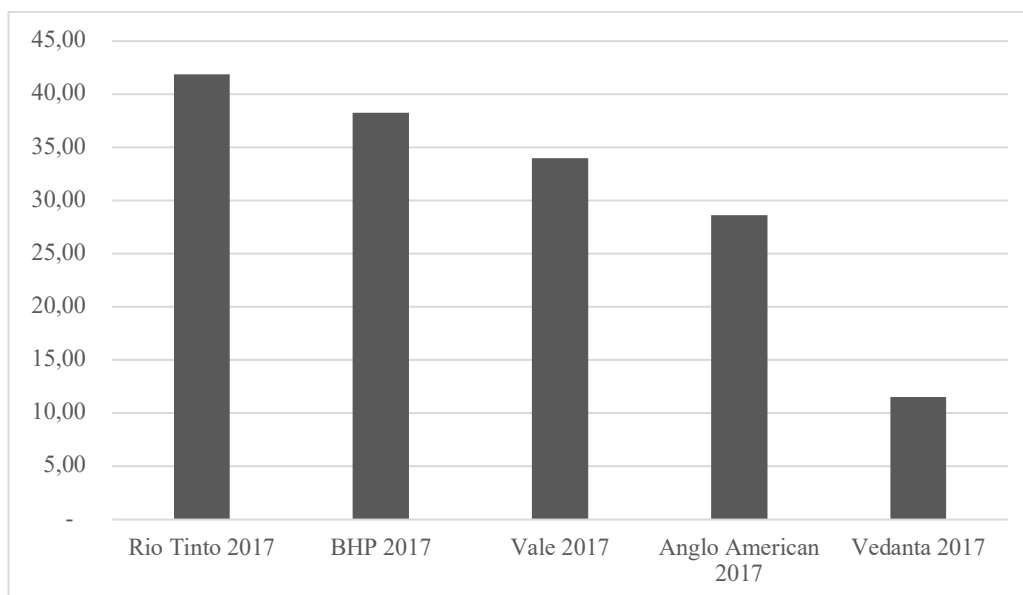
PAINEL DE DADOS		MODELO DEA					AVALIAÇÃO DA MARGEM EBITDA
		INSUMOS			PRODUTO		
		Ambiental	Social	Social	Social	Econômico	
Descrição da DMU	Código da DMU	Consumo de água (m ³ milhões)	Consumo de energia (milhões PJ)	Emissão equivalente de CO ₂ (Mt)	Fatalidades (n° de pessoas)	Valor Econômico Gerado e Distribuído (US\$ milhões)	Margem EBITDA (%)
Anglo American 2017	AA_17	306,28	97,40	17,95	9,00	87,95	31%
BHP 2017	BHP_17	283,90	140,00	16,30	1,00	80,10	53%
Rio Tinto 2017	RT_17	584,00	439,00	30,60	2,00	176,00	44%
Vale 2017	VL_17	306,10	197,00	15,10	5,00	125,50	45%
Vedanta 2017	VD_17	277,61	428,00	53,33	7,00	17,63	28%
Anglo American 2016	AA_16	295,78	105,50	17,90	11,00	85,74	26%
BHP 2016	BHP_16	282,80	146,00	18,00	-	182,40	40%
Rio Tinto 2016	RT_16	573,00	454,00	32,40	1,00	169,44	38%
Vale 2016	VL_16	341,60	197,00	14,60	5,00	145,04	44%
Vedanta 2016	VD_16	236,83	405,00	41,15	12,00	37,77	22%
Anglo American 2015	AA_15	338,65	106,30	18,30	6,00	127,59	21%
BHP 2015	BHP_15	340,20	303,00	38,30	5,00	231,33	49%
Rio Tinto 2015	RT_15	564,00	433,00	32,10	4,00	189,18	34%
Vale 2015	VL_15	300,30	203,00	16,20	5,00	234,52	30%
Anglo American 2014	AA_14	195,00	107,70	17,40	6,00	140,68	25%
BHP 2014	BHP_14	347,70	343,00	45,00	-	250,39	53%
Rio Tinto 2014	RT_14	554,00	450,00	33,90	2,00	270,39	39%
Vale 2014	VL_14	389,10	195,00	15,90	8,00	280,12	38%

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Ao analisar os dados pela variável *consumo de água*, a Rio Tinto se mostra a maior consumidora em quaisquer dados do quadriênio. Diferentemente das demais, nesses valores estão consideradas as captações referentes à geração de energia elétrica por centrais hidrelétricas e não apenas o uso da água inerente às atividades de mineração. No ano de 2017, por exemplo, dos 584 milhões de metros cúbicos utilizados, cerca de 153 milhões foram direcionados para a geração de energia. Quanto ao consumo de energia, constata-se que, em todos os períodos avaliados, ela também tem os piores resultados, fato que pode ser explicado pelo fato de a empresa concentrar cerca de 27% de sua receita na produção de alumínio, minérios e ligas. Este último compreende um processo que demanda vultuosas quantidades de energia, podendo chegar a até 40% do custo total da produção da referida liga. Esse fator também coloca a Vedanta, nos dois anos analisados, em posição desfavorável frente às demais unidades estudadas.

A Vedanta foi inserida no estudo por sua atuação variada. Entretanto, a distinção quanto ao porte, se comparada às demais empresas parte do escopo, pode influenciar negativamente seus resultados. O gráfico 3 relaciona as receitas operacionais das cinco empresas avaliadas no ano de 2017.

Gráfico 3 - Receitas operacionais das empresas avaliadas em 2017



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

Tais diferenças de características operacionais podem distorcer a análise, os resultados obtidos e a homogeneidade das unidades tomadoras de decisões. Entretanto, um dos objetivos traçados do estudo, mesmo que ele tenha se limitado à avaliação e comparação de mineradoras, é posicionar as atividades das empresas quanto à sua aderência a padrões

sustentáveis, sugerindo que a contrapartida e a atuação em prol de benefícios que concedam direitos iguais a gerações futuras sejam maiores. Se uma indústria utiliza, por exemplo, grandes quantidades de água e causa impactos significativos nas áreas em que atua, onde comunidades e demais partes impactadas tenham que racionar o uso da água ou, até mesmo, gerenciar sua escassez, espera-se que maiores investimentos sejam feitos para minimização desses impactos.

4.2 Resultados

Das 18 DMUs analisadas, 11 alcançaram escore de eficiência igual a 100%, conforme resultado do modelo DEA VRS orientado a insumo. No outro extremo da análise, três DMUs se destacaram negativamente. Os piores resultados foram apresentados pela Rio Tinto no triênio 15-17. A tabela 6 demonstra os resultados dos escores de eficiência quando calculados utilizando-se os pesos ótimos de cada empresa.

Tabela 6
Escore de eficiência

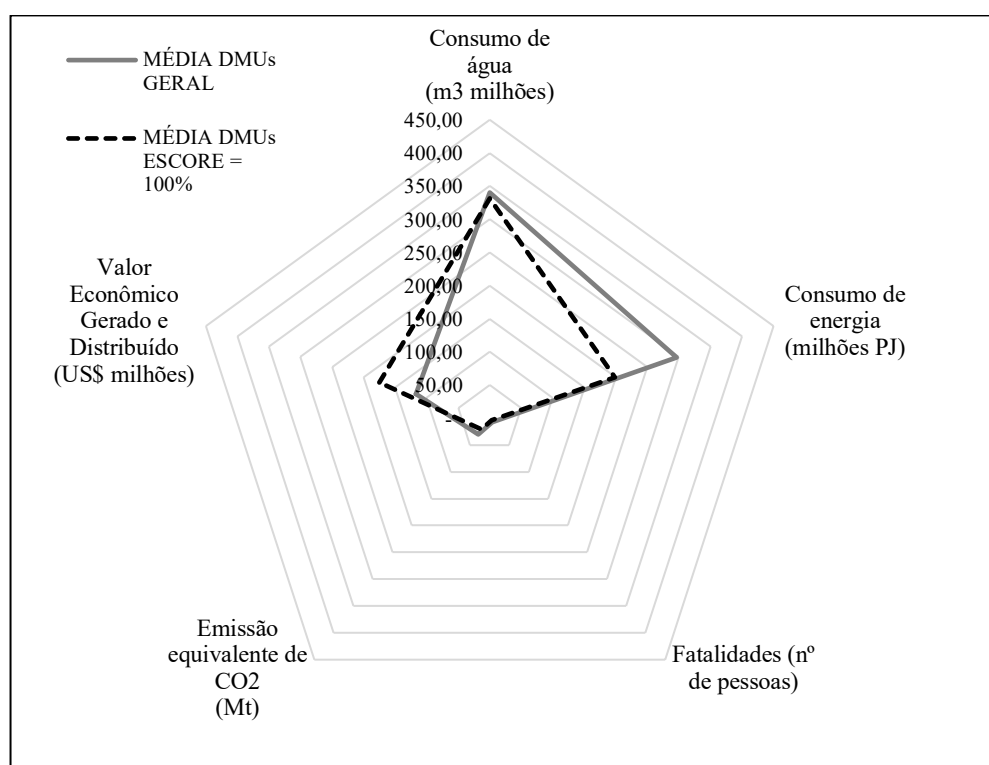
Código da DMU	Escore de Eficiência
AA_17	100,00%
BHP_17	100,00%
RT_17	56,43%
VL_17	100,00%
VD_17	74,41%
AA_16	98,37%
BHP_16	100,00%
RT_16	54,12%
VL_16	100,00%
VD_16	82,34%
AA_15	100,00%
BHP_15	88,33%
RT_15	52,85%
VL_15	100,00%
AA_14	100,00%
BHP_14	100,00%
RT_14	100,00%
VL_14	100,00%

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Demais resultados do modelo DEA são encontrados nos Apêndices A a C, que detalham, respectivamente, seus lambdas, folgas e pesos.

Para melhor compreensão dos resultados e para levantamento de possibilidades que os determinaram, pode ser feita uma ilustração com uma análise comparativa das variáveis que alimentaram o modelo comopode ser visto no gráfico 4. Para tanto, foi calculada uma média dos valores das DMUs que obtiveram escore igual a 100%, das DMUs que obtiveram escore menor que 100% e uma média geral das 18 DMUs.

Gráfico 4 - Comparação da média geral e da média das DMUs com escore de eficiência igual a 100%



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

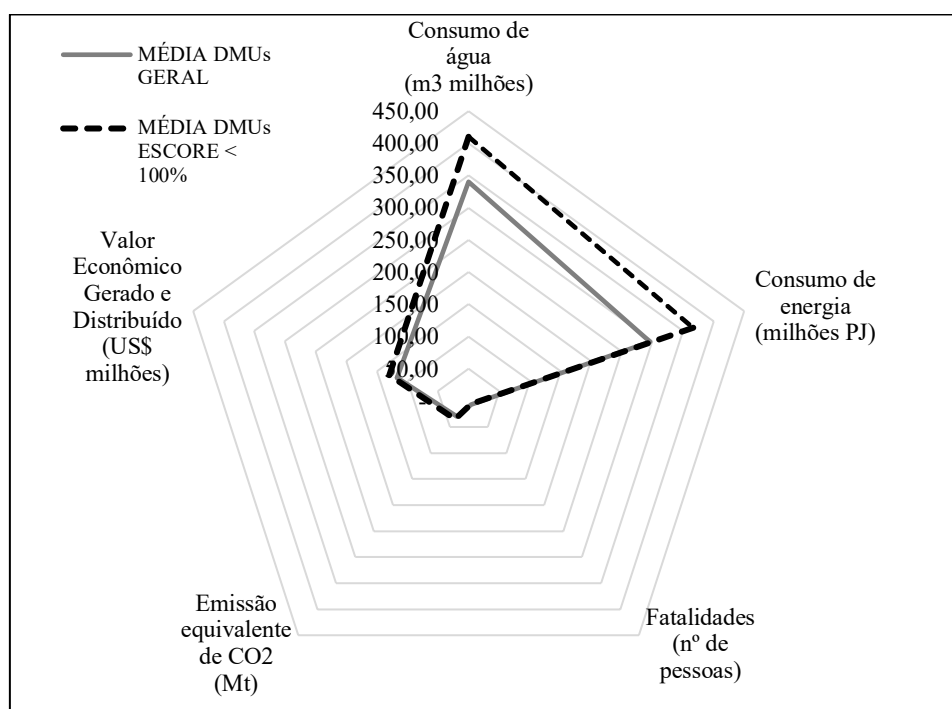
Do gráfico 4 pode-se destacar:

- (1) a média da variável “consumo de energia” é menor para as empresas que tem escore de eficiência igual a 100%;
- (2) A média da variável “valor econômico gerado e distribuído” é maior para as empresas que eficientes;

(3) os valores médios das demais variáveis das empresas com escore de eficiência igual a 100%, insumos do modelo (com o objetivo de se minimizar), são próximos ou inferiores às médias gerais das mesmas.

De forma análoga, se se comparar a média geral das DMUs com a média das DMUs ineficientes ou aquelas que obtiveram eficiência menor que 100%, as variáveis que influenciam positiva (produto) ou negativamente (insumos) o modelo de análise tendem, respectivamente, a se mostrarem melhores e piores que os valores médios de todas as DMUs para a mesma variável como mostra o gráfico 5.

Gráfico 5 - Comparação da média geral e da média das DMUs com escore de eficiência menor que 100%



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

Dado o objetivo do estudo de determinar e diferenciar empresas que possam ser rotuladas como sustentáveis em função das variáveis sugeridas, o modelo utilizado foi falho na sua capacidade de discriminação das unidades eficientes, com mais de 60% delas contendo um escore de eficiência máximo, ou de 100%, além de ter atribuído peso com valor igual a zero para variáveis importantes e que, se avaliadas de forma gerencial, podem comprometer a fidelidade dos resultados às reais condições e características das DMUs. Com isso, foi

realizado o cálculo de eficiência cruzada para tentativa de eliminar esses dois problemas. Os resultados podem ser visualizados na tabela 7.

Tabela 7
Eficiência Cruzada

DMU	AA_17	BHP_17	RT_17	VL_17	VD_17	AA_16	BHP_16	RT_16	VL_16	VD_16	AA_15	BHP_15	RT_15	VL_15	AA_14	BHP_14	RT_14	VL_14
AA_17	100,0	97,4	42,8	90,4	30,4	98,4	89,7	40,9	92,2	36,9	96,6	42,5	41,9	85,6	100,0	36,6	40,0	88,0
BHP_17	73,8	100,0	50,2	86,3	50,5	71,4	100,0	50,7	81,6	55,5	75,1	57,8	48,8	85,5	100,0	58,2	50,1	68,6
RT_17	71,3	96,0	56,4	95,2	26,3	68,1	100,0	53,9	100,0	32,3	78,9	46,0	52,9	100,0	83,4	42,7	55,9	97,4
VL_17	84,2	100,0	53,8	100,0	36,3	83,2	98,0	52,2	99,5	45,2	84,8	51,2	52,2	100,0	100,0	46,2	52,6	92,2
VD_17	64,6	94,7	46,1	74,6	74,4	61,9	100,0	48,1	68,2	68,6	66,3	68,4	45,4	75,7	100,0	81,3	48,5	55,9
AA_16	100,0	97,4	42,8	90,4	30,4	98,4	89,7	40,9	92,2	36,9	96,6	42,5	41,9	85,6	100,0	36,6	40,0	88,0
BHP_16	49,5	59,8	45,6	64,6	31,4	48,3	100,0	45,8	64,2	38,3	59,3	87,7	48,4	100,0	100,0	100,0	65,4	86,7
RT_16	72,7	100,0	56,4	96,1	28,2	69,2	100,0	54,1	100,0	34,0	79,5	44,9	52,4	96,7	83,6	41,6	54,0	92,0
VL_16	85,2	100,0	53,4	100,0	35,4	84,3	97,9	51,6	100,0	44,1	85,9	50,7	51,8	100,0	100,0	45,5	52,1	93,4
VD_16	63,7	68,7	33,4	63,7	70,2	65,9	69,0	34,0	57,1	82,3	57,6	57,3	34,6	64,9	100,0	56,1	35,2	50,1
AA_15	94,1	100,0	34,4	67,7	30,7	84,2	100,0	33,7	68,1	31,2	100,0	44,3	33,9	66,5	100,0	42,5	33,7	64,1
BHP_15	48,7	57,8	45,1	64,1	31,7	47,8	97,5	45,3	63,5	39,6	58,0	88,3	48,1	100,0	100,0	100,0	65,1	86,5
RT_15	71,3	96,0	56,4	95,2	26,3	68,1	100,0	53,9	100,0	32,3	78,9	46,0	52,9	100,0	83,4	42,7	55,9	97,4
VL_15	35,5	42,5	42,7	53,0	6,5	33,5	100,0	42,2	56,5	13,6	51,6	84,8	45,8	100,0	84,4	100,0	68,1	92,4
AA_14	49,5	59,8	45,6	64,6	31,4	48,3	100,0	45,8	64,2	38,3	59,3	87,7	48,4	100,0	100,0	100,0	65,4	86,7
BHP_14	35,5	42,5	42,7	53,0	6,5	33,5	100,0	42,2	56,5	13,6	51,6	84,8	45,8	100,0	84,4	100,0	68,1	92,4
RT_14	-13,2	-39,4	41,8	11,6	-40,7	-12,9	100,0	39,8	26,7	-28,8	11,2	66,7	43,6	98,0	23,0	100,0	100,0	100,0
VL_14	16,5	16,7	38,9	38,0	-17,3	14,3	100,0	37,5	46,2	-8,2	40,4	81,3	42,5	100,0	65,0	100,0	71,7	100,0
MÉDIA	61,3	71,7	46,0	72,7	27,2	59,2	96,8	45,1	74,3	33,6	68,4	62,9	46,2	92,1	89,3	68,3	56,8	85,1
MEDIANA	59,1	70,2	46,2	71,7	27,0	57,0	97,2	45,4	73,3	33,5	66,8	64,1	46,4	92,5	88,7	70,1	57,7	85,0

De acordo com essa etapa adicional de análise proposta, o escore de eficiência final, após o cálculo da eficiência cruzada, foi dado pela mediana dos escores calculados. A escolha da mediana, em detrimento da média, se deu pela tentativa de utilização de uma medida estatística que pudesse minimizar o impacto de *outliers* ou de valores extremos que contribuem para a descaracterização dos resultados. Dessa forma, apenas uma empresa foi considerada eficiente, aquela que obteve o maior escore de eficiência: BHP_16. A tabela 8 mostra a empresa eficiente seguida pelos maiores escores, assim como uma comparação do escore de eficiências anterior e posterior ao cálculo da eficiência cruzada.

Tabela 8
Escore de eficiência após cálculo de eficiência cruzada

Código da DMU	Escore de Eficiência Inicial	Escore de Eficiência Final
BHP_16	100,00%	97,16%
VL_15	100,00%	92,51%
AA_14	100,00%	88,69%
VL_14	100,00%	84,95%
VL_16	100,00%	73,26%
VL_17	100,00%	71,71%
BHP_17	100,00%	70,22%
BHP_14	100,00%	70,10%
AA_15	100,00%	66,85%
BHP_15	88,33%	64,07%
AA_17	100,00%	59,13%
RT_14	100,00%	57,70%
AA_16	98,37%	57,04%
RT_15	52,85%	46,41%
RT_17	56,43%	46,22%
RT_16	54,12%	45,38%
VD_16	82,34%	33,46%
VD_17	74,41%	26,98%

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

É possível observar que praticamente todas as DMUs que anteriormente apresentavam escore de eficiência de 100% continuam, em ordem classificatória, com os maiores escores, com exceção da BHP_15, cujo escore de eficiência era 88,33% e ficou à frente das até então eficientes DMUs AA_17 e RT_14. As maiores discrepâncias podem ser notadas nas DMUs

VD_16 e VD_17, que tiveram seus escores reduzidos drasticamente. O fator “porte” pode ter contribuído para tanto. As DMUs que representam a empresa Rio Tinto no triênio 15-17 obtiveram os piores resultados.

4.3 Comparação com a Margem EBITDA

A comparação dos escores de eficiência dos modelos compostos pelas variáveis socioambientais tem a finalidade de acrescentar à análise a dimensão econômica e, assim, abordar o tema sustentabilidade de forma integral nas três esferas que o compõem.

O objetivo da comparação é confirmar, ou não, que as maiores margens EBITDAs estão correlacionadas com maiores escores de eficiência, já que esse indicador pode apontar, dentre outras medidas de desempenho financeiras, maiores condições das empresas em alinharem suas atividades, por meio de investimentos direcionados a ações pautadas em sustentabilidade, com processos que possibilitem menor dispêndio de energia, maior aproveitamento ou menor utilização de água, menores emissões de gases causadores de efeito estufa, além de maiores aportes no desenvolvimento de comunidades e áreas afetadas.

Em uma avaliação preliminar, conforme tabela 9, os resultados já não demonstram relação direta entre as maiores margens EBITDAs e os maiores escores de eficiência tampouco com os menores resultados. A DMU eficiente BHP_16 se encontra na parte central da tabela que lista, em ordem decrescente, as maiores margens EBITDAs. As DMUs que obtiveram os piores escores de eficiência se posicionam na parte intermediária ou central da tabela 9.

Tabela 9
Escore de eficiência e EBITDAs

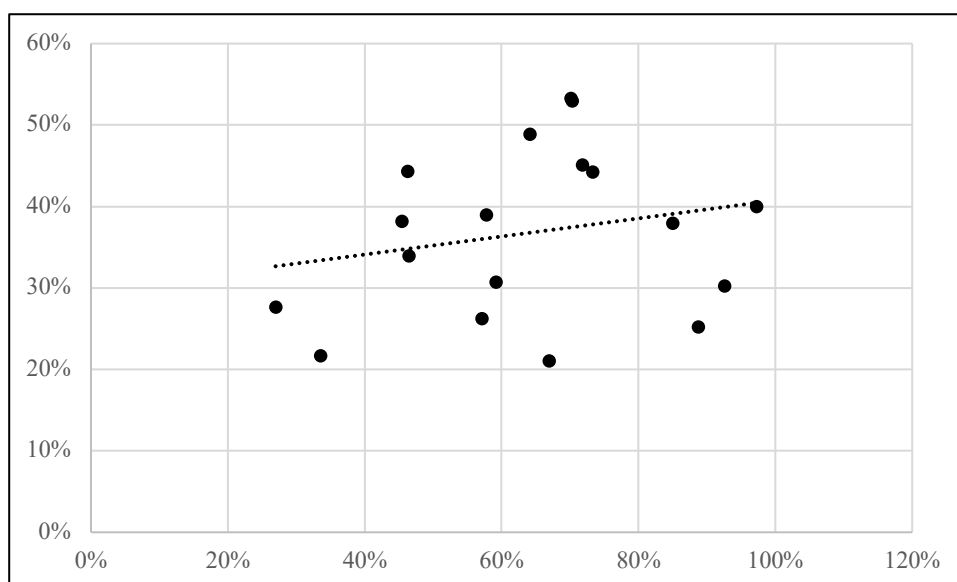
Código da DMU	Escore de Eficiência	Margem EBITDA
BHP_14	70,10%	53%
BHP_17	70,22%	53%
BHP_15	64,07%	49%
VL_17	71,71%	45%
RT_17	46,22%	44%
VL_16	73,26%	44%
BHP_16	97,16%	40%
RT_14	57,70%	39%

RT_16	45,38%	38%
VL_14	84,95%	38%
RT_15	46,41%	34%
AA_17	59,13%	31%
VL_15	92,51%	30%
VD_17	26,98%	28%
AA_16	57,04%	26%
AA_14	88,69%	25%
VD_16	33,46%	22%
AA_15	66,85%	21%

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

Com fins de se embasar uma conclusão, quanto à não relação das duas variáveis, foi efetuado o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, cujo resultado foi de 0,21, aproximando-se de uma *correlação nula* ou próxima de zero³. O gráfico 6 ilustra a correlação das duas variáveis.

Gráfico 6 - Correlação entre os escores de eficiência e as margens EBITDAs



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

³ O valor do coeficiente é compreendido entre -1 e 1, valores que determinam as máximas correlações negativa e positiva, respectivamente.

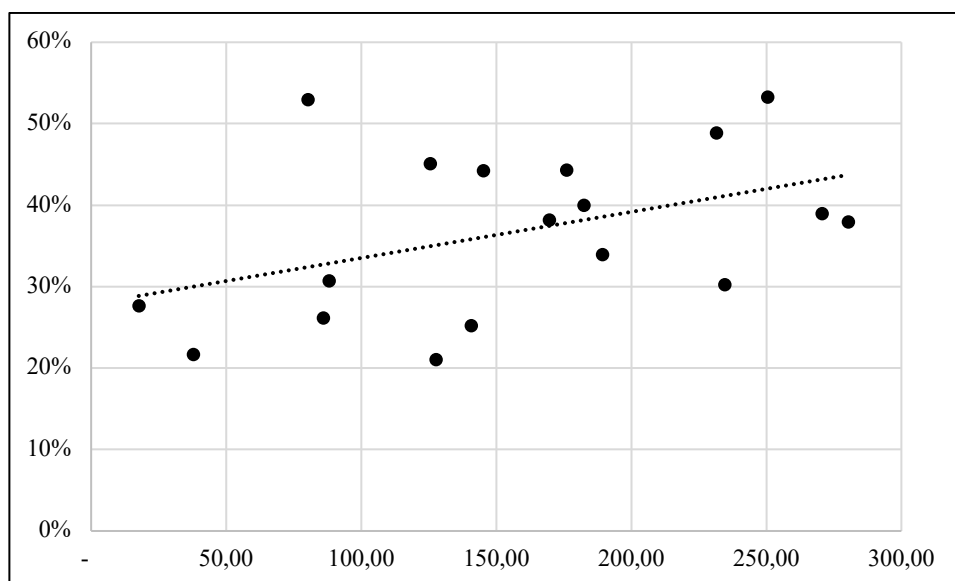
A análise cruzada com a margem EBITDA pode ser estruturada também na tentativa da correlação direta das variáveis ambientais e das sociais, insumos do modelo DEA, com o pilar econômico, isoladamente, como segue:

(1) quanto às variáveis ambientais (como consumo de água, de energia e geração de gases de efeito estufa). Pode-se questionar a capacidade que as empresas têm de definir limites ou metas para utilização ou racionamento desses insumos. A análise dos dados não mostra nem mesmo uma relação inversa entre os escores de sustentabilidade e as margens EBITDAs que corroborariam o conceito ou a hipótese de que melhores resultados operacionais são atingidos às custas de maiores dispêndios de insumos, de recursos naturais ou em detrimento das variáveis ambientais;

(2) quanto à variável social *fatalidades*. Não foi possível fazer uma correlação direta com a margem EBITDA, ou seja, não cabe a conclusão de que as empresas aumentam ou reduzem a exposição a riscos de seus empregados para que melhores resultados operacionais sejam alcançados;

(3) quanto à variável social *valor econômico gerado e distribuído*. Pode ser feita, de maneira incremental, uma comparação direta com a margem EBITDA, pois, apesar de ter sido caracterizada como de cunho social, é representada por valores financeiros, o que permite tal comparação. A análise sugere uma correlação positiva entre a geração de valor, ou propensão das empresas em investir, aplicar a contrapartida a atividades não sustentáveis, com seu resultado operacional. Portanto, assim como no exercício anterior, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, cujo resultado foi de 0,43, apontando uma correlação positiva. O gráfico 7 aponta essa correlação.

Gráfico 7 - Correlação entre os VEGDs e as margens EBITDAs



Fonte - Elaborado pelo autor da dissertação.

Em suma, a falta de informações que levem a uma correlação direta entre os escores de eficiência e as margens EBITDAs pode ser explicada pela consideração de fatores externos e pela complexidade do ambiente em que as atividades mineradoras são exercidas ou, sob outra perspectiva, sugerir que a margem EBITDA não tem ligação direta com as variáveis selecionadas e modeladas para cálculo do escore de eficiência.

Pode-se concluir que não existe uma relação direta entre os escores de eficiência em sustentabilidade e as margens EBITDAs, ou seja, bons resultados operacionais, em termos financeiros, não estão diretamente ligados à propensão das empresas em proporcionar maiores contrapartidas socioambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Resumo do trabalho

Esta pesquisa partiu da necessidade de avaliar ações voltadas à sustentabilidade de grandes empresas do setor de mineração. O método de análise, composto pelo modelo DEA e pela análise da margem EBITDA, teve o objetivo de avaliar diferentes dimensões da sustentabilidade das mineradoras: econômica, ambiental e social. O grupo formado por cinco empresas, com observações em anos subsequentes, efetuou uma análise em um total de 18 DMUs. Características das empresas como porte, área de atuação e diversificação foram chave para a essa escolha.

A seleção das variáveis de análise foi pautada na disponibilidade dos dados, assim como na sua qualidade e capacidade de comparação, por isso a escolha e referência dos relatórios anuais que seguem as normas de reporte e comunicação do GRI. Todas as variáveis utilizadas (ou indicadores) têm um número de identificação com características e padrões que as compõem.

Quando utilizado o modelo DEA original, 11 DMUs apresentaram escores de eficiência igual a 100%: a Anglo American, nos anos de 2014, 2015 e 2017; a BHP, nos anos de 2014, 2016 e 2017; a Vale, em todo o quadriênio e a Rio Tinto, em 2014. O cálculo da eficiência cruzada foi capaz de aumentar a discriminação dos resultados em que uma DMU obteve o melhor escore de eficiência: a empresa BHP no ano de 2016. Segundo as variáveis que alimentaram o modelo, essa DMU foi eficiente na minimização dos impactos ambientais e sociais causados e na geração de valor para o ambiente onde atua ou opera. A avaliação das margens EBITDAs das mineradoras nos respectivos anos teve a finalidade de investigar uma possível correlação entre eles e as demais dimensões da sustentabilidade. Não foi possível estabelecer qualquer relação entre os escores de eficiência e as margens EBITDAs.

5.2 Conclusões

A metodologia DEA, por meio da escolha de um modelo que não limita a análise ao escopo deste trabalho, tem grande potencial para ser utilizada em estudos semelhantes com o objetivo de mensurar iniciativas que se voltem ao desenvolvimento sustentável.

Não foi possível estabelecer uma ligação direta ou correlação entre o resultado do modelo DEA e a medida operacional escolhida para caracterização da dimensão econômica

da sustentabilidade: margem EBITDA. Além da análise qualitativa que comprova a afirmação acima, o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson revelou uma correlação próxima de zero ou nula.

5.3 Limitações e recomendações para trabalhos futuros

Espera-se do modelo proposto um escore de eficiência que reflita os esforços voltados à sustentabilidade das empresas nas práticas de suas atividades. Apesar de a análise englobar apenas mineradoras, a medição da sustentabilidade foi voltada para variáveis genéricas passíveis de análises em qualquer setor, indústria ou segmento.

A importância que a pauta da sustentabilidade vem ganhando é de fato crucial na manutenção de um ambiente que permita ao ser humano a oportunidade de uma vida sem grandes restrições, seja pelo atendimento de suas necessidades básicas, seja pela sua autorrealização. As ações de hoje refletirão em benefícios aos médio e longo prazos, pois a utilização de recursos finitos, não renováveis, exige, além de esforços sustentáveis, o investimento em pesquisa e desenvolvimento, aplicação de tecnologias e oferta de soluções alternativas capazes de atender as demandas de uma população em crescimento. A indústria da mineração, por se configurar como uma atividade primária, tem importante papel nesse processo, com potencial de influenciar todo o restante da cadeia produtiva. Pode-se observar certa evolução, mesmo que não na velocidade e dimensão necessárias, de iniciativas como: métodos alternativos de extração, que reduzem a necessidade ou dimensão da frota responsável pela movimentação dos materiais das minas, desenvolvimento de processos de cominuição com melhor aproveitamento de energia, secagem de rejeitos de processo de forma a eliminar ou reduzir os volumes de lamas armazenadas em barragens dentre outras iniciativas.

Nessa ótica, existe a possibilidade e oportunidade de estudos futuros, mais aprofundados, com a utilização de modelos DEA que possam incluir dados técnicos de produção, assim como considerar a peculiaridade de cada tipo de extração, beneficiamento e processamento mineral, nos termos das variáveis técnicas e específicas da indústria de mineração.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanço**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

AUTIO, E.; KENNEY, M; MUSTAR, P.; SIEGEL, D. WRIGHT, M. Entrepreneurial innovation: the importance of context. **Research Policy**, v. 43, p. 1.097-108, 2014.

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 639-62, 2004.

BANKER, R. D.; COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; THRALL, R. M.; ZHU, J. Returns to scale in different DEA models. **European Journal of Operational Research**, v. 154, p. 345–62, 2004.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science** v. 30, p. 1.078-92, 1984.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

CAMPOS, L. M. S.; SEHNEM, S.; OLIVEIRA, M. A. S.; ROSSETTO, A. M.; COELHO, A. L. A. L.; DALFOVO, M. M. S. Relatório de sustentabilidade: perfil das organizações brasileiras e estrangeiras segundo o padrão da Global Reporting Initiative. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 913-26, 2013.

CHAMARET, A.; O'CONNOR, M.; REÂCOCHEÂ, G. Top-down/bottom-up approach for developing sustainable development indicators for mining: application to the Arlit uranium mines (Niger)'. **International Journal of Sustainable Development**, v. 10., ns 1/2, p.161-74, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. et al. Measuring the efficiency of DMUs. **European, Journal of Operational Research** v. 2, n. 6, p. 429-44, 1978

CHEN, L.; WANG, Y.; LAI, F.; FENG, F. An investment analysis for China's sustainable development based on inverse data envelopment analysis, **Journal of Cleaner Production** (2016), doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.129.

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BAITESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: KAP, 1998.

COOK, W.D.; ZHU, J. **Data Envelopment Analysis: modeling and operational processes measuring productivity**. Kluwer: Academic Publishers, 2003.

COWELL S. J.; WEHRMEYER, A. ARGUST, P. W.; ROBERTSON, G. S. Sustainability and the primary extraction industries: theories and practice. **Resources Policy**, v. 25, p. 277–86, 1999.

CRAGG, A.W. Sustainable development and mining: opportunity or threat to the industry. **CIM Bulletin**, v. 91, n. 1.023, p. 45–50, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, **Sumário Mineral**, 2015. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015/view>>, Acesso em 26/abr/2017.

EGILMEZ, G.; GUMUS, S.; KUCUKVAR, M.; et al. A fuzzy data envelopment analysis framework for dealing with uncertainty impacts of input–output life cycle assessment models on eco-efficiency assessment. **Journal of Cleaner Production** v. 129, p. 622–36, 2016.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win- win-win business strategies for sustainable corporation development. **California Management Review**, v. 36, n. 2, p. 90–100, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2307/41165746>>, Acesso em: 26 abr 2017.

FARREL, M.J. **The Measurement of Productive Efficiency**. Journal of the Royal Statistical Society, vol. 120, 1957.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GALÁN-MARTÍN, A.; GUILLÉN-GOSÁLBEZA, G.; STAMFORD, L. AZAPAGIC, A. Enhanced data envelopment analysis for sustainability assessment: A novel methodology and application to electricity technologies. **Computers and Chemical Engineering**, v. 90, p. 188-200, 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Org. e Coord. pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards**, 2016. Disponível em: < <https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards/>>, Acesso em: 13 mar 2018.

GREENWOOD, M. Stakeholder engagement: beyond the myth of corporate responsibility. **Journal of Business Ethics**, v. 74, p. 315-27, 2007.

HART, L. S.; MILSTEIN, M. B. Creating Sustainable Value. *Academy of Management Executive*, v. 17, n. 2, 2003.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT (IIED) and WBCSD. **Breaking new ground**: Mining, minerals and sustainable development. Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). International Institute for Environment and Development and World Business Council for Sustainable Development 2002. Disponível em: <<http://www.iied.org/mmsd>> Acesso em: 30 out 2002).

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Gestão para a sustentabilidade na mineração**: 20 anos de história, Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável Rio+20, Brasil, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Relatório anual de atividades: junho de 2016 a julho de 2017, 2017. Disponível em: <http://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2017/08/WEB_REL_IBRAM_2017.pdf> Acesso em: 26 abr 2017.

KLEMT, C; GEWEHR, D. EBITDA: uma medida confiável? *SolidusS.A*, 18 set. 2002.

KUZMA, E. L.; DOLIVEIRA, S. L. D.; SILVA, A. Q. Competências para a sustentabilidade organizacional: uma revisão sistemática. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 15, ed. sp., art. 3, set. 2017.

LASZLO, C. **Sustainable company**: how to create lasting value through social and environmental performance. Washington: Island Press, 2003.

LOPES, A. L. M.; LORENZETT, J. R.; PEREIRA, M. F. Data Envelopment Analysis (DEA) como ferramenta para a avaliação do desempenho da gestão estratégica. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 7, n. 3, p. 77-94, jul./set., 2011.

LOPES, A. L. M. **Um modelo de análise envoltória de dados e conjuntos difusos para avaliação cruzada da produtividade e qualidade de departamentos acadêmicos**: uma aplicação na UFSC. 1998, 160p. Tese (Doutorado em Engenharia) – UFSC. Florianópolis.

LORENZETTI, D. H.; CRUZ, R. M.; RICIOLI, S. Estratégia empresarial e sustentabilidade: um modelo integrador. **Revista da Pós-Graduação: Administração**, v. 2, n. 3, p. 33-57, 2008.

MACEDO, M. A. S.; CÍPOLA, F. C. Análise do desempenho socioambiental no setor siderúrgico brasileiro, RCO – **Revista de Contabilidade e Organizações – FEA-RP/USP**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 60-77, set.-dez. 2009.

MELLO, J.; MEZA, L.; GOMES, E.; NETO, L. Curso de análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37, 2005, Gramado. **Anais ...Gramado**: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2005.

MEZA, L. A.; CUNHA, B. A avaliação cruzada: uma revisão bibliográfica e implementação computacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 38, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006.

MOON, J. The contribution of corporate social responsibility to sustainable development. *Sustainable Development*, v. 15, p. 296–306 2007. Disponível em: www.interscience.wiley.com, Acesso em: 26 abr 2017.

MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. Discutindo sustentabilidade no contexto de negócios e em relatórios de desempenho: análise de estudos de caso brasileiros. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 3, p. 514-525, 2017.

MINING.COM, Top 50 biggest mining companies, 2017. Disponível em: <<http://www.mining.com/top-50-biggest-mining-companies/>> Acesso em 26 abr 2017.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15 n. 4, p. 80-116, 1995.

OBERHOLZER, M.; PRINSLOO, T. F. Estimating the efficiency of sustainable development by South African Mining Companies. **Journal of Human Ecology**, v. 36, n. 3, p. 179-84, 2011.

OLFAT, L.; AMIRI, M.; SOUFI, J. B.; PISHDAR, M. A dynamic network efficiency measurement of airports performance considering sustainable development concept: a fuzzy dynamic network-DEA approach. **Journal of Air Transport Management**, v. 57 p. 272-90, 2016.

OLIVEIRA, M. A. S.; CAMPOS, L. M. S. C.; SEHNEMC, S.; ROSSETTOD, A. M. Relatórios de sustentabilidade segundo a Global Reporting Initiative (GRI): uma análise de correspondências entre os setores econômicos brasileiros. **Production**, v. 24, n. 2, p. 392-404, Apr./June 2014.

ORAL, M.; AMIN, G.R.; et al. Cross-efficiency in DEA: a maximum resonated appreciative model. **Measurement** v. 63, p. 159-67, 2015.

PARRIS, T. M.; KATES, R. W. Characterizing and measuring sustainable development. **Annu. Rev. Environ. Resour**, v. 28, p.559–86, 2003.

PETTERSON, M. G. Minerals sustainability, emerging economies, the developing world, and the ‘truth’ behind rhetoric. **Estonian Journal of Earth Sciences**, v. 57, p. 57-74, 2007.

PETRINI, M.; POZZEBON, M. Integrating sustainability into business practices: learning from Brazilian firms. **Brazilian Administration Review**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 362-78, 2010.

PORTAL STATISTA, Number of active mineral exploration sites worldwide in 2017 by region. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/584445/number-of-active-mineral-exploration-sites-worldwide-by-region/>> Acesso em 13 de março de 2018.

RITTA, C. O.; JACOMOSSI, F. A.; FABRIS, T. R.; KAN, R. C. **Um estudo sobre causalidade entre EBITDA e retorno das ações de empresas brasileiras**. Enfoque: Reflexão Contábil, 2017. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307150906008>> Acesso em 11 de fevereiro de 2019.

SEXTON, T.R. The Methodology of DEA. In: SILKMAN, R.H. (Ed.) **Measuring efficiency: an assessment of DEA**. San Francisco: Jossey Bass, p. 7-29, 1986.

SILVA, E. H. D. R.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G.; SANT'ANNA, A. M. O. Análise comparativa de rentabilidade: um estudo sobre o índice de sustentabilidade empresarial. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 743-54, 2015.

SUEYOSHU, T.; YUAN, Y. **Social sustainability measured by intermediate approach for DEA environmental assessment**. Chinese regional planning for economic development and pollution prevention. **Energy Economics**, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNITED NATIONS, **Report of the world summit on sustainable development**. Johannesburg, South Africa, 26 August-4 September 2002 (A/CONF.199/20).

VASCONCELOS, Y. L; VIANA, A. L. **Evidenciação: forma e qualidade**. Revista Brasileira de Contabilidade, Brasília, v. 31, n. 136, p. 38-47, jul./ago. 2002.

VERRIEST, A.;BOUWENS, J.; KOK, T. **The Prevalence and Validity of EBITDA as a Performance Measure**, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3171131>> Acesso em 11 de fevereiro de 2019.

WADE, M. **Good company citizenship**. In: PETSCHOW U, ROSENAU J, von WEIZSACKER E (Eds). **Governance and sustainability: new challenges for states, companies and societies**, Greenleaf: Sheffield , 2005, p.186–99.

WEI, Q.L.; ZHANG, J.; ZHANG, X. An inverse DEA model for input/output estimate. **European Journal of Operation Research**, v. 121, n. 1, p. 151-63, 2000.

WU, H.; LV, K.; LIANG, L.; HU, H. Measuring performance of sustainable manufacturing with recyclable wastes: a case from China's iron and steel industry. **Omega**, v. 66, p. 38-47, 2016.

YOUSEFI, S.; SOLTANI, R.; FARZIPOOR, R.; PISHVAEE, MS. A robust fuzzy possibilistic programming for a new network GP: DEA model to evaluate sustainable supply chains. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

ZAMCOPÉA, C.; ENSSLINB, L. ENSSLINB, S. R. Desenvolvimento de um modelo para avaliar a sustentabilidade corporativa. **Produção**, v. 22, n. 3, p. 477-89, maio/ago. 2012.

APÊNDICES
APÊNDICE A
LAMBDA DO MODELO DEA VRS ORIENTADO A INSUMOS

Tabela 10 - Lambdas

DMU	AA_17	BHP_17	VL_17	BHP_16	VL_16	AA_15	VL_15	AA_14	BHP_14	RT_14	VL_14
AA_17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHP_17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RT_17	0	0	0	0,7742632	0,2030065	0	0,0227303	0	0	0	0
VL_17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
VD_17	0	0	0	0,1318511	0	0	0	0,8681489	0	0	0
AA_16	0,3800821	0	0	0	0	0	0	0,6199179	0	0	0
BHP_16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
RT_16	0	0,0940553	0	0,8165087	0,089436	0	0	0	0	0	0
VL_16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
VD_16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AA_15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
BHP_15	0	0	0	0	0	0	0,8166205	0,0555815	0,127798	0	0
RT_15	0	0	0	0,5771695	0,1705204	0	0,2523101	0	0	0	0
VL_15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AA_14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
BHP_14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RT_14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
VL_14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

APÊNDICE B
FOLGAS DO MODELO DEA VRS ORIENTADO A INSUMOS

Tabela 11 - Folgas

DMU	Consumo de água (m3 milhões)	Consumo de energia (milhões PJ)	Fatalidades (nº de pessoas)	Emissão equivalente de CO2 (Mt)	Valor Econômico Gerado e Distribuído (US\$ milhões)
AA_17	0	0	0	0	0
BHP_17	0	0	0	0	0
RT_17	34,44113022	90,09715464	0	0	0
VL_17	0	0	0	0	0
VD_17	0	205,7367276	0	22,20372748	128,5542282
AA_16	53,67665274	0	3,68095464	0	34,90122457
BHP_16	0	0	0	0	0
RT_16	21,9655269	95,72392032	0	0	0
VL_16	0	0	0	0	0
VD_16	0	225,7628198	3,88037985	16,47982249	102,9181549
AA_15	0	0	0	0	0
BHP_15	0	52,05065087	0	13,8838122	0
RT_15	0,85345422	59,77877644	0	0	0
VL_15	0	0	0	0	0
AA_14	0	0	0	0	0
BHP_14	0	0	0	0	0
RT_14	0	0	0	0	0
VL_14	0	0	0	0	0

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

APÊNDICE C
PESOS DOS INSUMOS E PRODUTOS DO MODELO DEA VRS ORIENTADO A INSUMOS

Tabela 12 - Pesos

DMU	Consumo de água (m3 milhões)	Consumo de energia (milhões PJ)	Fatalidades (nº de pessoas)	Emissão equivalente de CO2 (Mt)	Valor Econômico Gerado e Distribuído (US\$ milhões)
AA_17	0	0,00230651	0	0,04319473	0
BHP_17	0,00217486	0	0,03396404	0,02138611	0
RT_17	0	0	0,01724053	0,03155291	0,00056420
VL_17	0,00094692	0	0,01201794	0,0430502	0,00038399
VD_17	0,00263129	0	0,03850448	0	0
AA_16	0	0,00226902	0	0,04249263	0
BHP_16	0,00345142	0,00016397	0,02534523	0	0,00376946
RT_16	0	0	0,01817092	0,03030337	0,00032595
VL_16	0,00083215	0,00013749	0,01099674	0,04340201	0,00040121
VD_16	0,00422238	0	0	0	0
AA_15	0	0,00593895	0,03794788	0,00770503	0,00010542
BHP_15	0,00269668	0	0,01651758	0	0,00285008
RT_15	0	0	0,01593674	0,02916676	0,00052153
VL_15	0,00239829	0,00068161	0,02828553	0	0,00426401
AA_14	0,00409539	0,00019456	0,03007418	0	0,00447277
BHP_14	0,00224627	0,00063840	0,02649261	0	0,00399373
RT_14	0,00067942	0	0,07141214	0,01418218	0,00628019
VL_14	0,00141377	0,00109126	0,02963806	0	0,00451120

Fonte - Elaborada pelo autor da dissertação.

ANEXOS
ANEXO A
GRI 303-1: INTERACTIONS WITH WATER AS A SHARED RESOURCE

Disclosure 303-1 - Interactions with water as a shared resource

The reporting organization shall report the following information:

- a. A description of how the organization interacts with water, including how and where water is withdrawn, consumed, and discharged, and the water-related impacts caused or contributed to, or directly linked to the organization's activities, products or services by a business relationship (e.g., impacts caused by runoff).
- b. A description of the approach used to identify water-related impacts, including the scope of assessments, their timeframe, and any tools or methodologies used.
- c. A description of how water-related impacts are addressed, including how the organization works with stakeholders to steward water as a shared resource, and how it engages with suppliers or customers with significant water-related impacts.
- d. An explanation of the process for setting any water-related goals and targets that are part of the organization's management approach, and how they relate to public policy and the local context of each area with water stress.

Reporting recommendations

1.2 The reporting organization should report the following additional information:

- 1.2.1 An overview of water use across the organization's value chain;
- 1.2.2 A list of specific catchments where the organization causes significant water-related impacts.

Guidance for Disclosure 303-1

Through its value chain, an organization can affect both the quality as well as the availability of water. If the reporting organization has identified significant water-related impacts in the value chain, which includes entities with which the organization has a direct or indirect business relationship and which either: (a) supply products or services that contribute to the organization's own products or services, or (b) receive products or services from the organization, it is required to report information about these impacts. For describing where the impacts occur (i.e., topic Boundary), see Guidance for Disclosure 103-1-b.

The description of how the organization interacts with water can include information on specific catchments where water is withdrawn, consumed, and discharged, and information on what the water is used for in direct operations and elsewhere in the value chain (e.g., for cooling, storage, incorporating in products, growing crops).

In the context of this Standard, suppliers with significant water-related impacts may include suppliers of water-intensive commodities or services, suppliers located in areas with water stress, and/or suppliers with significant impacts on the local water environment and the related local communities.

If applicable, the organization can describe its environmental impacts caused by runoff, and how they are addressed. For example, runoff can carry high-nutrient and pollution loads due

to the organization's activities, leading to eutrophication and other negative impacts on local waterbodies.

Guidance for Disclosure 303-1-b

When assessing impacts, it is important that the organization consider its future impacts on water quality and availability, as these factors can change over time.

Tools and methodologies for identifying impacts can include life cycle assessments, environmental impact assessments, water footprint assessments, scenario analysis, and stakeholder engagement. If information is estimated or modeled, rather than sourced from direct measurements, the organization can explain its estimation or modeling methods.

Guidance for Disclosure 303-1-c

Working with stakeholders is critical for an organization to steward water as a shared resource and account for the needs of other water users of the catchment. An organization's stakeholders can include:

- suppliers with significant water-related impacts;
- users of its products and services;
- local communities and action groups;
- employees and other workers;
- other water users in its sector or industry;
- governments, regulators, and civil society organizations;
- global initiatives, trade associations, and partnerships.

The organization can describe how it participates in discussions with stakeholders, the frequency of this engagement, and its role in these discussions. Outcomes of working with stakeholders can include, for example, collective target-setting for water use, increased investment in infrastructure, policy advocacy, and capacity building and awareness raising.

When reporting on its engagement with suppliers, the organization can describe:

- how the organization engages with its suppliers to help them improve their water management practices;
- the number of suppliers engaged;
- the outcomes of this engagement;
- the amount of procurement that the proportion of engaged suppliers represents;
- why information is not requested from suppliers with significant water-related impacts;
- future plans and goals for working with suppliers to reduce water-related impacts.

Water impacts related to products and services might be addressed by, for example, improving product design, providing information and advice on the responsible use of products and services, and holding regular consultations with users.

Guidance for Disclosure 303-1-d

Meaningful targets for managing water-related impacts:

- account for the local context where water is withdrawn and discharged;
- are scientifically informed by sustainable thresholds and the social context of a given catchment;
- align with public sector efforts, such as the water-related targets of the UN Sustainable Development Goals, in particular Goal 6, or targets set by national and local government institutions;

- are informed by the advocacy of other stakeholders, such as civil society organizations, trade associations, and action groups.

See references 2 and 4 in the References section.

The organization can report its progress against goals and targets using clause 1.5 in GRI 103: Management Approach.

Guidance for clause 1.2.1

The organization can present the overview of water use across its value chain as a breakdown, in graphic or written form, showing, for example, parts of the value chain where water consumption is significant and the commodities to which it is related, or the percentage of commodity sourcing that comes from catchments located in areas with water stress. The organization is encouraged to include information about upstream as well as downstream water use (e.g., use of water for consumer products, such as soaps, shampoos, and cleaning solutions).

Guidance for clause 1.2.2

To identify catchments where it causes water-related impacts, the organization can use global catchment data sets. These include the CEO Water Mandate 'Interactive Database of the World's River Basins'¹, and the WWF 'HydroSHEDS'².

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>

ANEXO B
GRI 302-1: ENERGY CONSUMPTION WITHIN THE ORGANIZATION

Disclosure 302-1 - Energy consumption within the organization

The reporting organization shall report the following information:

- a. Total fuel consumption within the organization from non-renewable sources, in joules or multiples, and including fuel types used.
- b. Total fuel consumption within the organization from renewable sources, in joules or multiples, and including fuel types used.
- c. In joules, watt-hours or multiples, the total:
 - i. electricity consumption
 - ii. heating consumption
 - iii. cooling consumption
 - iv. steam consumption
- d. In joules, watt-hours or multiples, the total:
 - i. electricity sold
 - ii. heating sold
 - iii. cooling sold
 - iv. steam sold
- e. Total energy consumption within the organization, in joules or multiples.
- f. Standards, methodologies, assumptions, and/or calculation tools used.
- g. Source of the conversion factors used.

2.1 When compiling the information specified in Disclosure 302-1, the reporting organization shall:

- 2.1.1 avoid the double-counting of fuel consumption, when reporting self-generated energy consumption. If the organization generates electricity from a non-renewable or renewable fuel source and then consumes the generated electricity, the energy consumption shall be counted once under fuel consumption;
- 2.1.2 report fuel consumption separately for non-renewable and renewable fuel sources;
- 2.1.3 only report energy consumed by entities owned or controlled by the organization;
- 2.1.4 calculate the total energy consumption within the organization in joules or multiples using the following formula:

$$\begin{array}{r}
 \text{Total energy consumption within the organization} \\
 = \\
 \text{Non-renewable fuel consumed} \\
 + \\
 \text{Renewable fuel consumed} \\
 + \\
 \text{Electricity, heating, cooling, and steam purchased for consumption +} \\
 \text{Self-generated electricity, heating, cooling, and steam, which are not consumed (see clause} \\
 \text{2.1.1)} \\
 - \\
 \text{Electricity, heating, cooling, and steam sold}
 \end{array}$$

2.2 When compiling the information specified in Disclosure 302-1, the reporting organization should:

- 2.2.1 apply conversion factors consistently for the data disclosed;
- 2.2.2 use local conversion factors to convert fuel to joules, or multiples, when possible;
- 2.2.3 use the generic conversion factors, when local conversion factors are unavailable;
- 2.2.4 if subject to different standards and methodologies, describe the approach to selecting them;
- 2.2.5 select a consistent topic Boundary for energy consumption. When possible, the Boundary should be consistent with that used in Disclosures 305-1 and 305-2 of GRI 305: Emissions;
- 2.2.6 where it aids transparency or comparability over time, provide a breakdown of energy consumption data by:
 - 2.2.6.1 business unit or facility;
 - 2.2.6.2 country;
 - 2.2.6.3 type of source (see definitions for the listing of non-renewable sources and renewable sources);
 - 2.2.6.4 type of activity.

Guidance

For some organizations, electricity is the only significant form of energy they consume. For others, energy sources such as steam or water provided from a district heating plant or chilled water plant can also be important.

Energy can be purchased from sources external to the organization or produced by the organization itself (self-generated).

Non-renewable fuel sources can include fuel for combustion in boilers, furnaces, heaters, turbines, flares, incinerators, generators and vehicles that are owned or controlled by the organization. Non-renewable fuel sources cover fuels purchased by the organization. They also include fuel generated by the organization's activities – such as mined coal, or gas from oil and gas extraction.

Renewable fuel sources can include biofuels, when purchased for direct use, and biomass in sources owned or controlled by the organization.

Consuming non-renewable fuels is usually the main contributor to direct (Scope 1) GHG emissions, which are reported in Disclosure 305-1 of GRI 305: Emissions. Consuming purchased electricity, heating, cooling, and steam contributes to the organization's energy indirect (Scope 2) GHG emissions, which are reported in Disclosure 305-2 of GRI 305: Emissions.

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <
<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>

ANEXO C
GRI 403-9: WORK-RELATED INJURIES

Disclosure 403-9 - Work-related injuries

The reporting organization shall report the following information:

- a. For all employees:
 - i. The number and rate of fatalities as a result of work-related injury;
 - ii. The number and rate of high-consequence work-related injuries (excluding fatalities);
 - iii. The number and rate of recordable work-related injuries;
 - iv. The main types of work-related injury;
 - v. The number of hours worked.
- b. For all workers who are not employees but whose work and/or workplace is controlled by the organization:
 - i. The number and rate of fatalities as a result of work-related injury;
 - ii. The number and rate of high-consequence work-related injuries (excluding fatalities);
 - iii. The number and rate of recordable work-related injuries;
 - iv. The main types of work-related injury;
 - v. The number of hours worked.
- c. The work-related hazards that pose a risk of high-consequence injury, including:
 - i. how these hazards have been determined;
 - ii. which of these hazards have caused or contributed to high-consequence injuries during the reporting period;
 - iii. actions taken or underway to eliminate these hazards and minimize risks using the hierarchy of controls.
- d. Any actions taken or underway to eliminate other work-related hazards and minimize risks using the hierarchy of controls.
- e. Whether the rates have been calculated based on 200,000 or 1,000,000 hours worked.
- f. Whether and, if so, why any workers have been excluded from this disclosure, including the types of worker excluded.
- g. Any contextual information necessary to understand how the data have been compiled, such as any standards, methodologies, and assumptions used.

2.1 When compiling the information specified in Disclosure 403-9, the reporting organization shall:

- 2.1.1 exclude fatalities in the calculation of the number and rate of high-consequence work-related injuries;
- 2.1.2 include fatalities as a result of work-related injury in the calculation of the number and rate of recordable work-related injuries;
- 2.1.3 include injuries as a result of commuting incidents only where the transport has been organized by the organization;
- 2.1.4 calculate the rates based on either 200,000 or 1,000,000 hours worked, using the following formulas:

Rate of fatalities as a result of work-related injury = Number of fatalities as a result of work-related injury / Number of hours worked x [200,000 or 1,000,000]

Rate of high-consequence work-related injuries (excluding fatalities) = Number of high-consequence work-related injuries (excluding fatalities) / Number of hours worked x [200,000 or 1,000,000]

Rate of recordable work-related injuries = Number of recordable work-related injuries / Number of hours worked x [200,000 or 1,000,000]

Reporting recommendations

2.2 The reporting organization should report the following additional information:

- 2.2.1 If the numbers and rates reported are significantly higher for certain types of injury, countries, business lines, or workers' demographics (e.g., sex, gender, migrant status, age, or worker type), a breakdown of these data;
- 2.2.2 A breakdown of the number of recordable work-related injuries by type of incident;
- 2.2.3 If chemical hazards have been identified in Disclosure 403-9-c, a list of the chemicals;
- 2.2.4 The number of high-potential work-related incidents identified;
- 2.2.5 The number of close calls identified.

Guidance

Guidance for Disclosure 403-9

This disclosure covers work-related injuries. Data on work-related injuries are a measure of the extent of harm suffered by workers; they are not a measure of safety.

An increase in the number or rate of reported incidents does not necessarily mean that there have been a greater number of incidents than before; it can indicate an improvement in the recording and reporting of incidents.

If an increase in the number or rate of reported incidents is the result of the organization's actions to improve the reporting and recording of fatalities, injuries, and ill health, or its actions to expand the scope of its management system to cover more workers or workplaces, the reporting organization can explain this and report on these actions and their results.

Types of work-related injury can include death, amputation of a limb, laceration, fracture, hernia, burns, loss of consciousness, and paralysis, among others.

In the context of this Standard, work-related musculoskeletal disorders are covered under ill health (and not injuries) and are to be reported using Disclosure 403-10. If the organization operates in a jurisdiction where worker compensation systems classify musculoskeletal disorders as injuries, the organization can explain this and report these disorders using Disclosure 403-9. See references 5 and 16 in the References section for a list of musculoskeletal disorders.

Injuries involving members of the public as a result of a work-related incident are not included in this disclosure, but the organization can report this information separately. For example, the organization can report incidents where a vehicle driven by a worker causes the deaths of other road users or incidents where visitors are injured during their visit to the organization's workplace.

Guidance for reporting on high-consequence work-related injuries

As per the definition of recordable work-related injury, the organization is required to report all work-related injuries as part of the 'number and rate of recordable work-related injuries'. In addition, the organization is required to separately report high-consequence work-related injuries, with a breakdown by:

- fatalities, to be reported using Disclosures 403-9-a-i and 403-9-b-i.
- other injuries from which the worker cannot recover (e.g., amputation of a limb), or does not or is not expected to recover fully to pre-injury health status within 6 months (e.g., fracture with complications), to be reported using Disclosures 403-9-a-ii and 403-9-b-ii.

The definition of 'high-consequence work-related injury' uses 'recovery time', instead of 'lost time', as the criterion for determining the severity of an injury. Lost time is an indicator of the loss of productivity for an organization as a result of a work-related injury; it does not necessarily indicate the extent of harm suffered by a worker.

'Recovery time', in contrast, refers to the time needed for a worker to recover fully to pre-injury health status; it does not refer to the time needed for a worker to return to work. In some cases, a worker might return to work before full recovery.

In addition to reporting information on high-consequence work-related injuries based on recovery time as required by this disclosure, the organization can also report the number and rate of work-related injuries that resulted in lost-workday cases, the average number of lost days per lost-workday case, the number of lost workdays, and the absentee rate.

Guidance for Disclosure 403-9-c

This disclosure covers work-related hazards that pose a risk of high-consequence injury if not controlled, even when there are control measures in place. The hazards might have been identified proactively through risk assessment, or reactively as a result of either a high-potential incident or a high-consequence injury.

Examples of work-related hazards causing or contributing to high-consequence injuries include excessive workload demands, tripping hazards, or exposure to flammable materials.

If the identified work-related hazards vary significantly across different locations, the organization may group or disaggregate these by relevant categories, such as by geographical area or business line. Similarly, if there are a high number of hazards, the organization may group or categorize them to facilitate reporting.

When reporting how it has determined which work-related hazards pose a risk of high-consequence injury using Disclosure 403-9-c-i, the organization can describe the criteria or threshold used to determine which hazards pose such a risk and which do not. The processes to identify hazards and assess risks, and to apply the hierarchy of controls, are reported using Disclosure 403-2-a.

Disclosure 403-9-c-ii does not require reporting which work-related hazards have caused or contributed to which high-consequence injuries during the reporting period; it requires the aggregate analysis of all work-related hazards that resulted in high-consequence injuries.

If a work-related incident resulting in a high-consequence injury is still under investigation at the end of the reporting period, the organization can state this in the report. The organization can report on actions taken during the reporting period to eliminate hazards and minimize risks that were identified, or to address work-related incidents that took place, in prior reporting periods.

Guidance for Disclosure 403-9-d

This disclosure covers any actions taken or underway to eliminate other work-related hazards and minimize risks (i.e., not covered in Disclosure 403-9-c) using the hierarchy of controls. This disclosure can include actions taken in response to non-high-consequence work-related injuries, and work-related incidents with low probability of causing high-consequence injuries.

Guidance for Disclosure 403-9-f

Types of worker can be based on criteria such as employment type (full-time or part-time), employment contract (permanent or temporary), type or degree of control (e.g., control of work or workplace, sole or shared control), and location, among others.

Guidance for Disclosure 403-9-g

If the organization follows the ILO code of practice on Recording and notification of occupational accidents and diseases, it can state this in response to Disclosure 403-9-g.

If the organization does not follow the ILO code of practice, it can indicate which system of rules it applies in recording and reporting work-related injuries and its relationship to the ILO code of practice.

If the organization cannot directly calculate the number of hours worked, it may estimate this on the basis of normal or standard hours of work, taking into account entitlements to periods of paid leave of absence from work (e.g., paid vacations, paid sick leave, public holidays) and explain this in the report.

When the organization cannot directly calculate or estimate the number of hours worked (e.g., because the workers performed non-routine work during an emergency situation, or because the performed work was not paid for by the hour), it is required to provide a reason for this omission as set out in GRI 101: Foundation. See clause 3.2 in GRI 101 for requirements on reasons for omission.

Guidance for clause 2.1.3

Clause 2.1.3 requires the organization to include injuries as a result of commuting incidents in cases where the transport has been organized by the organization (e.g., company or contracted bus or vehicle). The organization can report other commuting incidents separately; for example if this information is to be reported under local law.

Guidance for clause 2.1.4

Clause 2.1.4 requires the organization to calculate the rates based on either 200,000 or 1,000,000 hours worked.

Standardized rates allow for meaningful comparisons of statistics, for example between different periods or organizations, or help account for differences in the number of workers in the reference group and the number of hours worked by them.

A rate based on 200,000 hours worked indicates the number of work-related injuries per 100 full-time workers over a one-year timeframe, based on the assumption that one full-time worker works 2,000 hours per year. For example, a rate of 1.0 means that, on average, there is one work-related injury for every group of 100 full-time workers over a one-year timeframe.

A rate based on 1,000,000 hours worked indicates the number of work-related injuries per 500 full-time workers over a one-year timeframe.

A rate based on 200,000 hours worked might be more suitable for small organizations. In addition to standardized rates, this disclosure requires the organization to report absolute data (i.e., numbers), to allow information users to calculate the rates themselves using other methodologies if needed.

Guidance for clauses 2.2.1 and 2.2.2

Target 8.8 of the UN Sustainable Development Goals aims to ‘protect labor rights and promote safe and secure working environments for all workers, including migrant workers, in particular women migrants, and those in precarious employment’. Some groups might be at increased risk of work-related injury due to demographic factors such as sex, gender, migrant status, or age; it can thus be beneficial to break down data on work-related injuries by these demographic criteria. See reference 14 in the References section.

ILO Convention 143 ‘Migrant Workers (Supplementary Provisions) Convention’ defines ‘migrant worker’ as ‘a person who migrates or who has migrated from one country to another with a view to being employed otherwise than on his own account and includes any person regularly admitted as a migrant worker’. See ILO Convention 143 for more guidance.

If the data on work-related injuries are driven primarily by certain types of injury (e.g., amputation, paralysis) or incident (e.g., explosion, road accident), the organization can provide a breakdown of this information.

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>

ANEXO D

GRI 305-1: DIRECT (SCOPE 1) GHG EMISSIONS

Disclosure 305-1 - Direct (Scope 1) GHG emissions

The reporting organization shall report the following information:

- a. Gross direct (Scope 1) GHG emissions in metric tons of CO₂ equivalent.
- b. Gases included in the calculation; whether CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃, or all.
- c. Biogenic CO₂ emissions in metric tons of CO₂ equivalent.
- d. Base year for the calculation, if applicable, including:
 - i. the rationale for choosing it;
 - ii. emissions in the base year;
 - iii. the context for any significant changes in emissions that triggered recalculations of base year emissions.
- e. Source of the emission factors and the global warming potential (GWP) rates used, or a reference to the GWP source.
- f. Consolidation approach for emissions; whether equity share, financial control, or operational control.
- g. Standards, methodologies, assumptions, and/or calculation tools used.

2.1 When compiling the information specified in Disclosure 305-1, the reporting organization shall:

- 2.1.1 exclude any GHG trades from the calculation of gross direct (Scope 1) GHG emissions;
- 2.1.2 report biogenic emissions of CO₂ from the combustion or biodegradation of biomass separately from the gross direct (Scope 1) GHG emissions. Exclude biogenic emissions of other types of GHG (such as CH₄ and N₂O), and biogenic emissions of CO₂ that occur in the life cycle of biomass other than from combustion or biodegradation (such as GHG emissions from processing or transporting biomass).

Reporting recommendations

2.2 When compiling the information specified in Disclosure 305-1, the reporting organization should:

- 2.2.1 apply emission factors and GWP rates consistently for the data disclosed;
- 2.2.2 use the GWP rates from the IPCC assessment reports based on a 100-year timeframe;
- 2.2.3 select a consistent approach for consolidating direct (Scope 1) and energy indirect (Scope 2) GHG emissions; choosing from the equity share, financial control, or operational control methods outlined in the 'GHG Protocol Corporate Standard';
- 2.2.4 if subject to different standards and methodologies, describe the approach to selecting them;
- 2.2.5 where it aids transparency or comparability over time, provide a breakdown of the direct (Scope 1) GHG emissions by:
 - 2.2.5.1 business unit or facility;
 - 2.2.5.2 country;
 - 2.2.5.3 type of source (stationary combustion, process, fugitive);
 - 2.2.5.4 type of activity.

Guidance

Guidance for Disclosure 305-1

Direct (Scope 1) GHG emissions include, but are not limited to, the CO₂ emissions from the fuel consumption as reported in Disclosure 302-1 of GRI 302: Energy.

Direct (Scope 1) GHG emissions can come from the following sources owned or controlled by an organization:

- Generation of electricity, heating, cooling and steam: these emissions result from combustion of fuels in stationary sources, such as boilers, furnaces, and turbines – and from other combustion processes such as flaring;
- Physical or chemical processing: most of these emissions result from the manufacturing or processing of chemicals and materials, such as cement, steel, aluminum, ammonia, and waste processing;
- Transportation of materials, products, waste, workers, and passengers: these emissions result from the combustion of fuels in mobile combustion sources owned or controlled by the organization, such as trucks, trains, ships, airplanes, buses, and cars;
- Fugitive emissions: these are emissions that are not physically controlled but result from intentional or unintentional releases of GHGs. These can include equipment leaks from joints, seals, packing, and gaskets; methane emissions (e.g., from coal mines) and venting; HFC emissions from refrigeration and air conditioning equipment; and methane leakages (e.g., from gas transport).

Methodologies used to calculate the direct (Scope I) GHG emissions can include:

- direct measurement of energy source consumed (coal, gas) or losses (refills) of cooling systems and conversion to GHG (CO₂ equivalents);
- mass balance calculations;
- calculations based on site-specific data, such as for fuel composition analysis;
- calculations based on published criteria, such as emission factors and GWP rates;
- direct measurements of GHG emissions, such as continuous online analyzers;
- estimations.

If estimations are used due to a lack of default figures, the reporting organization can indicate the basis and assumptions on which figures were estimated.

For recalculations of prior year emissions, the organization can follow the approach in the ‘GHG Protocol Corporate Standard’.

The chosen emission factors can originate from mandatory reporting requirements, voluntary reporting frameworks, or industry groups.

Estimates of GWP rates change over time as scientific research develops. GWP rates from the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) are used as the basis for international negotiations under the ‘Kyoto Protocol’. Thus, such rates can be used for disclosing GHG emissions where it does not conflict with national or regional reporting requirements. The organization can also use the latest GWP rates from the most recent IPCC assessment report.

The organization can combine Disclosure 305-1 with Disclosures 305-2 (energy indirect/Scope 2 GHG emissions) and 305-3 (other indirect/Scope 3 GHG emissions) to disclose total GHG emissions.

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <
<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>

ANEXO E

GRI 305-2: ENERGY INDIRECT (SCOPE 2) GHG EMISSIONS

Disclosure 305-2 - Energy indirect (Scope 2) GHG emissions

The reporting organization shall report the following information:

- a. Gross location-based energy indirect (Scope 2) GHG emissions in metric tons of CO₂ equivalent.
- b. If applicable, gross market-based energy indirect (Scope 2) GHG emissions in metric tons of CO₂ equivalent.
- c. If available, the gases included in the calculation; whether CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃, or all.
- d. Base year for the calculation, if applicable, including:
 - i. the rationale for choosing it;
 - ii. emissions in the base year;
 - iii. the context for any significant changes in emissions that triggered recalculations of base year emissions.
- e. Source of the emission factors and the global warming potential (GWP) rates used, or a reference to the GWP source.
- f. Consolidation approach for emissions; whether equity share, financial control, or operational control.
- g. Standards, methodologies, assumptions, and/or calculation tools used.

2.3 When compiling the information specified in Disclosure 305-2, the reporting organization shall:

- 2.3.1 exclude any GHG trades from the calculation of gross energy indirect (Scope 2) GHG emissions;
- 2.3.2 exclude other indirect (Scope 3) GHG emissions that are disclosed as specified in Disclosure 305-3;
- 2.3.3 account and report energy indirect (Scope 2) GHG emissions based on the location-based method, if it has operations in markets without product or supplier-specific data;
- 2.3.4 account and report energy indirect (Scope 2) GHG emissions based on both the location-based and market-based methods, if it has any operations in markets providing product or supplier-specific data in the form of contractual instruments.

Reporting recommendations

2.4 When compiling the information specified in Disclosure 305-2, the reporting organization should:

- 2.4.1 apply emission factors and GWP rates consistently for the data disclosed;
- 2.4.2 use the GWP rates from the IPCC assessment reports based on a 100-year timeframe;
- 2.4.3 select a consistent approach for consolidating direct (Scope 1) and energy indirect (Scope 2) GHG emissions, choosing from the equity share, financial control, or operational control methods outlined in the 'GHG Protocol Corporate Standard';
- 2.4.4 if subject to different standards and methodologies, describe the approach to selecting them;

2.4.5 where it aids transparency or comparability over time, provide a breakdown of the energy indirect (Scope 2) GHG emissions by:

- 2.4.5.1 business unit or facility;
- 2.4.5.2 country;
- 2.4.5.3 type of source (electricity, heating, cooling, and steam);
- 2.4.5.4 type of activity.

Guidance

Guidance for Disclosure 305-2

Energy indirect (Scope 2) GHG emissions include, but are not limited to, the CO₂ emissions from the generation of purchased or acquired electricity, heating, cooling, and steam consumed by an organization – disclosed as specified in Disclosure 302-1 of GRI 302: Energy. For many organizations, the energy indirect (Scope 2) GHG emissions that result from the generation of purchased electricity can be much greater than their direct (Scope 1) GHG emissions.

The ‘GHG Protocol Scope 2 Guidance’ requires organizations to provide two distinct Scope 2 values: a location-based and a market-based value. A location-based method reflects the average GHG emissions intensity of grids on which energy consumption occurs, using mostly grid-average emission factor data. A market-based method reflects emissions from electricity that an organization has purposefully chosen (or its lack of choice). It derives emission factors from contractual instruments, which include any type of contract between two parties for the sale and purchase of energy bundled with attributes about the energy generation, or for unbundled attribute claims.

The market-based method calculation also includes the use of a residual mix, if the organization does not have specified emissions-intensity from its contractual instruments. This helps prevent double counting between consumers’ market-based method figures. If a residual mix is unavailable, the organization can disclose this and use grid-average emission factors as a proxy (which can mean that the location-based and market-based are the same number until information on the residual mix is available).

The reporting organization can apply the Quality Criteria in the ‘GHG Protocol Scope 2 Guidance’ so that contractual instruments convey GHG emission rate claims and to prevent double counting. See reference 18 in the References section.

For recalculations of prior year emissions, the organization can follow the approach in the ‘GHG Protocol Corporate Standard’.

The chosen emission factors can originate from mandatory reporting requirements, voluntary reporting frameworks, or industry groups.

Estimates of GWP rates change over time as scientific research develops. GWP rates from the Second Assessment Report of the IPCC are used as the basis for international negotiations under the ‘Kyoto Protocol’. Thus, such rates can be used for disclosing GHG emissions where it does not conflict with national or regional reporting requirements. The organization can also use the latest GWP rates from the most recent IPCC assessment report.

The organization can combine Disclosure 305-2 with Disclosures 305-1 (direct/Scope 1 GHG emissions) and 305-3 (other indirect/Scope 3 GHG emissions) to disclose total GHG emissions.

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <
<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>

ANEXO F

GRI 201-1: DIRECT ECONOMIC VALUE GENERATED AND DISTRIBUTED

The reporting organization shall report the following information:

a. Direct economic value generated and distributed (EVG&D) on an accruals basis, including the basic components for the organization's global operations as listed below. If data are presented on a cash basis, report the justification for this decision in addition to reporting the following basic components:

- i. Direct economic value generated: revenues;
- ii. Economic value distributed: operating costs, employee wages and benefits, payments to providers of capital, payments to government by country, and community investments;
- iii. Economic value retained: 'direct economic value generated' less 'economic value distributed'.

b. Where significant, report EVG&D separately at country, regional, or market levels, and the criteria used for defining significance.

2.1 When compiling the information specified in Disclosure 201-1, the reporting organization shall, if applicable, compile the EVG&D from data in the organization's audited financial or profit and loss (P&L) statement, or its internally audited management accounts.

Guidance

Background

Information on the creation and distribution of economic value provides a basic indication of how an organization has created wealth for stakeholders. Several components of the economic value generated and distributed (EVG&D) also provide an economic profile of an organization, which can be useful for normalizing other performance figures.

If presented in country-level detail, EVG&D can provide a useful picture of the direct monetary value added to local economies.

Guidance for Disclosure 201-1

Revenues

An organization can calculate revenues as net sales plus revenues from financial investments and sales of assets. Net sales can be calculated as gross sales from products and services minus returns, discounts, and allowances.

Revenues from financial investments can include cash received as:

- interest on financial loans;
- dividends from shareholdings;
- royalties;
- direct income generated from assets, such as property rental.

Revenues from sale of assets can include:

- physical assets, such as property, infrastructure, and equipment;
- intangibles, such as intellectual property rights, designs, and brand names.

Operating costs

An organization can calculate operating costs as cash payments made outside the organization for materials, product components, facilities, and services purchased.

Services purchased can include payments to self-employed persons, temporary placement agencies and other organizations providing services. Costs related to workers who are not employees working in an operational role are included as part of services purchased, rather than under employee wages and benefits.

Operating costs can include:

- property rental;
- license fees;
- facilitation payments (since these have a clear commercial objective);
- royalties;
- payments for contract workers;
- training costs, if outside trainers are used;
- personal protective clothing.

The use of facilitation payments is also addressed in GRI 205: Anti-corruption.

Employee wages and benefits

An organization can calculate employee wages and benefits as total payroll (including employee salaries and amounts paid to government institutions on behalf of employees) plus total benefits (excluding training, costs of protective equipment or other cost items directly related to the employee's job function).

Amounts paid to government institutions on behalf of employees can include employee taxes, levies, and unemployment funds. Total benefits can include:

- regular contributions, such as to pensions, insurance, company vehicles, and private health;
- other employee support, such as housing, interest-free loans, public transport assistance, educational grants, and redundancy payments.

Payments to providers of capital

An organization can calculate payments to providers of capital as dividends to all shareholders, plus interest payments made to providers of loans. Interest payments made to providers of loans can include:

- interest on all forms of debt and borrowings (not only long-term debt);
- arrears of dividends due to preferred shareholders.

Payments to government

An organization can calculate payments to governments as all of the organization's taxes plus related penalties paid at the international, national, and local levels. Organization taxes can include corporate, income, and property.

Payments to government exclude deferred taxes, because they may not be paid.

If operating in more than one country, the organization can report taxes paid by country, including the definition of segmentation used.

Community investments

Total community investments refer to actual expenditures in the reporting period, not commitments. An organization can calculate community investments as voluntary donations plus investment of funds in the broader community where the target beneficiaries are external to the organization. Voluntary donations and investment of funds in the broader community where the target beneficiaries are external to the organization can include:

- contributions to charities, NGOs and research institutes (unrelated to the organization's commercial research and development);
- funds to support community infrastructure, such as recreational facilities;
- direct costs of social programs, including arts and educational events.

If reporting infrastructure investments, an organization can include costs of goods and labor, in addition to capital costs, as well as operating costs for support of ongoing facilities or programs.

An example of support for ongoing facilities or programs can include the organization funding the daily operations of a public facility.

Community investments exclude legal and commercial activities or where the purpose of the investment is exclusively commercial (donations to political parties can be included, but are also addressed separately in more detail in GRI 415: Public Policy).

Community investments also exclude any infrastructure investment that is driven primarily by core business needs, or to facilitate the business operations of an organization. Infrastructure investments driven primarily by core business needs can include, for example, building a road to a mine or a factory. The calculation of investment can include infrastructure built outside the main business activities of the organization, such as a school or hospital for workers and their families.

Fonte - Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards, 2016. Disponível em: <
<https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/consolidated-set-of-gri-standards>