

## **INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE MINERAÇÃO : UM ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA BRASILEIRA**

DOI: 10.19177/rgsa.v6e32017679-695

**Barbara Maria Meneses Gomes<sup>1</sup>**

### **RESUMO**

O presente artigo propõe apresentar a importância da abordagem da inovação sustentável que apresenta elementos que ampliam o escopo de atuação da capacidade produtiva para além do pilar econômico, contemplando os pilares ambiental e social como meio para alavancar a competitividade e sustentabilidade empresarial na indústria de mineração. A fundamentação teórica analisará a relação entre sustentabilidade e inovação, tendo como referencial o *triple bottom line* (dimensões econômica, ambiental e social). Para tanto, o artigo inicialmente analisará a questão do desenvolvimento sustentável, em seguida o conceito de organizações inovadoras sustentáveis e abordagem da inovação sustentável. A metodologia utilizada foi a qualitativa através do estudo de caso do projeto S11D de uma das maiores empresas de mineração brasileira com um inovador sistema de lavras com uso de correias transportadoras, reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> em cerca de 50%, além da redução do consumo de diesel e redução de 93% do consumo de água em relação ao processo convencional de extração de minerais e inédito do Brasil. O resultado desse estudo é destacar a importância da inovação nos processos ao longo da cadeia de Mineração, funcionando como um direcionador estratégico para incorporar práticas do desenvolvimento sustentável e influenciador na mudança dos processos desse segmento.

**Palavras-chave:** Inovação Sustentável, Sustentabilidade e Inovação; Organizações Inovadoras; Empresas de Mineração Brasileira.

<sup>1</sup> ICBS – UFRRJ. E-mail: barbara.m.m.gomes@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria mineral enfrenta alguns dos desafios mais difíceis de todo o setor industrial, em se tratando de desenvolvimento sustentável. Os minerais são essenciais para a vida cotidiana, pois se transformam em numerosos produtos utilizados pela população e constituem matérias-primas essenciais em um grande número de indústrias. Por outro lado, a extração e o processamento, de minerais estão associados a uma série de impactos socioambientais, que precisam ser gerenciados a fim de que o setor se desenvolva de forma sustentável (AZAPAGIC, 2006).

Desse entendimento surge um desafio para toda a sociedade que consiste na “dissociação entre qualidade de vida e a qualidade de consumo” (VARADAJAN, 2015). Especialmente o mundo empresarial que tem sido pressionado por um forte movimento em prol da sustentabilidade (CMMAD, 1991; ONU, 2000; PNUD, 2010), que, por sua vez, fomenta a criação de leis e novas regulamentações que se preocupam com o meio ambiente, resultando na criação de oportunidades de negócio que resultem alinhadas com políticas sustentáveis (HART, 2005; PRAHALAD, 2005; OPPEN, BRUGMAN, 2011).

Os recursos minerais são à base do setor econômico conhecido como Setor Mineral, que possui a maior participação entre os produtos na balança comercial brasileira (IBRAM, 2015). A mineração representa de 3% a 5% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. O setor mineral é um dos que mais investem no País (cerca de US\$ 15 bilhões por ano, segundo o IBRAM, 2012). Estes investimentos contemplam diversos minérios, sendo que o minério de ferro é o principal, com 63% dos US\$ 75 bilhões previstos para serem investidos no setor até 2016.

Dessa forma, a inovação torna-se necessária no contexto da sustentabilidade empresarial, pois pode renovar os produtos e os serviços que a organização oferece ao mercado, e ainda alterar a forma como esses são fabricados ou executados proporcionando benefícios econômicos, ambientais e sociais (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

A demanda externa por sustentabilidade é uma oportunidade para gerar inovações organizacionais e tecnológicas. Diante disso, segundo estes autores, “ao tratar da sustentabilidade como objetivo, por meio da inovação, as organizações pioneiras irão desenvolver capacidades que os concorrentes serão pressionados a corresponder” (NIDUMOLU, PRAHALAD, RANGASWAMI, 2009).

Por outro lado há uma demanda interna por desenvolvimento da indústria de mineração e a sua competitividade passam pelo desenvolvimento da PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) com novos padrões produtivos, novas tecnologias/processos e implementação de uma gestão orientada para a excelência e sustentabilidade (HELDER, MATHEUS, 2015).

Diante dessas duas forças, o setor mineral busca desenvolver sua cultura de inovação, de forma que o processo de mudança seja bem-sucedido, sustentável e com resultados desejáveis e como consequência gera o aumento da produtividade que torna a indústria mais competitiva através de mão de obra mais eficiente e/ou através de novas tecnologias.

A atividade de mineração articula alguns pontos a serem considerados nesse trabalho e que dizem respeito à sustentabilidade, inovação, produção e capacidades (VARADAJAN, 2014). Trata-se de uma atividade produtiva em constante estado de monitoramento, pois não só depende estritamente da natureza como a modifica, seguindo o curso histórico que incorpora, concreta e simbolicamente, o meio ambiente natural à sociedade.

Na indústria mineral a incorporação de práticas de gestão para a sustentabilidade visa minimizar os impactos ambientais inerentes a esta atividade produtiva. Para Hilson e Murck (2000), o desenvolvimento sustentável no setor de mineração requer um compromisso de melhoria contínua ambiental e socioeconômica, nas fases de exploração, operação e encerramento das atividades.

Além dos instrumentos legais, há também mecanismos indutores de mercado que têm contribuído favoravelmente para que as grandes companhias mineradoras assumam maior compromisso com o desenvolvimento sustentável, tais como ações das companhias mineradoras em bolsas de valores, instrumentos voluntários e de comunicação como a adesão aos programas e certificações ambientais (ENRIQUEZ E DRUMMOND, 2009).

Mas apesar dessas empresas contribuírem para o desenvolvimento sustentável como alicerce quanto como um catalisador do desenvolvimento econômico e social (UNCTAD, 2013), através de acompanhamento e apresentação periódica de relatórios de sustentabilidade, participação relevante em ações de preservação do meio ambiente e auxílio às comunidades locais e programas sociais, não inviabiliza que haja impactos ambientais e sociais devido à natureza de sua atividade fim.

Frente a esse cenário desafiador de exploração versus preservação ambiental, as empresas de extrativismo mineral, apresentam sua marca com símbolo na “excelência operacional” e na “crença do desenvolvimento sustentável” em suas atividades de extração mineral e investem em inovação sustentável a fim de alavancar as operações no viés econômico, social e ambiental.

## **2 GESTÃO PARA A SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE MINERAÇÃO**

A noção de sustentabilidade se disseminou a partir da expressão “desenvolvimento sustentável”, conceituado como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 46).

Barbieri *et al.* (2010) afirma que a adesão das empresas ao movimento pelo desenvolvimento sustentável ocorreu inicialmente em virtude de pressões externas, como resposta às críticas e às objeções das entidades governamentais e da sociedade civil organizada que responsabilizavam as empresas pelos processos de degradação social e ambiental que atingiam o planeta, além disso, recentemente representa fator de competitividade empresarial, podendo ser fonte de diferenciação ou de qualificação para continuar no mercado

A gestão sustentável é normatizada por alguns instrumentos que facilitam e contribuem para a inserção da sustentabilidade na estratégia empresarial, de modo a orientar a implementação e a manutenção de sistemas de gestão, programas e atividades e garantir a transparência da comunicação com as partes interessadas e a compatibilidade entre os sistemas de gestão (Barbieri, 2007).

Segundo o ‘International Council on Mining and Metals’ (2010), o Conselho desenvolveu, em 2003, um modelo para o desenvolvimento sustentável, denominado Sustainable Development Framework, a fim de assegurar uma padronização entre seus integrantes por meio da adoção e do cumprimento das políticas estipuladas pelo modelo.

O framework é composto por dez princípios, relatórios públicos e auditoria independente, estando entre as mais avançadas iniciativas voluntárias em sua categoria, de forma a contribuir para melhorar a performance da indústria de mineração. Para o International Council on Mining and Metals (2010), a adoção do instrumento representa o compromisso da companhia mineradora com as boas práticas internacionais do setor, a saber:

1. Implementar e manter práticas comerciais éticas e sistemas íntegros de governança corporativa.
2. Integrar as considerações sobre o desenvolvimento sustentável ao processo de tomada de decisões corporativas.
3. Defender os direitos humanos fundamentais e respeitar a cultura, os costumes e os valores dos funcionários e de outras pessoas afetadas pelas atividades da empresa.
4. Implementar estratégias de gestão de riscos baseadas em dados válidos e na ciência bem fundamentada.
5. Buscar a melhoria contínua de nossa atuação nas áreas de saúde e segurança.
6. Buscar a melhoria contínua de nossa atuação na área ambiental.
7. Contribuir para a conservação da biodiversidade e das abordagens integradas ao planejamento do uso da terra.
8. Facilitar e incentivar o desenvolvimento, a utilização, a reutilização, a reciclagem e o descarte de nossos produtos de maneira responsável.
9. Contribuir para o desenvolvimento social, econômico e institucional das comunidades do entorno.

10. Estabelecer acordos efetivos e transparentes com as partes interessadas para o comprometimento, a comunicação e a verificação independente das informações.

A sustentabilidade é mais do que um mecanismo de auditoria, é uma excelente fonte de inspiração para inovação e crescimento (SIMANTOB, 2007; GOBBLE, 2012). É necessário desenvolver a capacidade de inovação, pois essa abordagem, ao mesmo tempo, enfatiza aspectos estratégicos e possibilita a sistematização de rotinas, apresentando-se, inicialmente, como uma possibilidade para operacionalização do conceito de sustentabilidade.

### **3 INOVAÇÃO**

A palavra inovadora pode significar novidades, mesmo sendo demandadas de fora para dentro, ou seja, a demanda por novidades vem do cliente, fornecedor, entre outros (BARBIERI e SIMANTOB, 2007). Pode-se concluir assim que, de acordo com os autores, o processo inovador é externo à organização. Eles comentam, ainda, que as inovações são meios para obter vantagens competitivas sustentáveis para as empresas, num mundo cada vez mais globalizado.

Segundo a OCDE (2005, p. 47), inovação é a implementação de um produto (bens ou serviços) novo, ou de um produto significativamente melhorado, ou de um processo, um novo método de marketing, um novo método organizacional para as práticas de negócios, na organização do ambiente de trabalho ou nas relações externas.

A inovação é imprescindível, uma vez que pode renovar os serviços ou produtos que a empresa oferece ou, então, renovar a forma como são fabricados ou executados seus serviços ou produtos (TIDD, 2008) e afirma que a capacidade de mudança de uma empresa, bem como o tipo de inovação que pode enfrentar, tem a ver com três fatores: seus recursos, seus processos e seus valores (CHRISTENSEN, 2001).

O autor defende, ainda, que a avaliação dos recursos não é o bastante para se iniciar um processo inovador, é necessário, também, analisar os processos, ou seja, os padrões de interação, coordenação e tomada de decisão que os funcionários usam para transformar os recursos em produtos e serviços de grande valor. Percebe-se, a partir da análise do texto acima, que a demanda da sociedade para que as organizações busquem alternativas para as questões ambientais pode de certa forma, atuar como uma influência externa nos processos inovadores, inspirando as organizações a buscarem inovações sustentáveis.

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) sinalizam que embora a inovação seja cada vez mais percebida como uma forma de construir e sustentar a vantagem competitiva,

de maneira isolada, não garante essa vantagem. Sendo assim, a inovação depende da maneira como todo esse processo é conduzido, ou seja, depende dos seus recursos, das rotinas e da capacidade de gerenciamento.

Assim, a capacidade de inovação é considerada central para alavancar a sustentabilidade empresarial, ou seja, a capacidade de inovação é importante para as organizações atenderem a necessidade da sustentabilidade demandada pelo ambiente externo.

Oppen e Brugman (2011) reforçam que há necessidade de pesquisas que discutam como as organizações podem inovar de modo a contribuir com a sustentabilidade. As pesquisas que relacionam a intersecção entre as abordagens de inovação e sustentabilidade no sentido de “como” e não apenas apontar a relevância entre elas, ainda necessitam um maior aprofundamento.

Administrar a inovação envolve um processo de alocação de recursos e que, a razão principal da dificuldade em administrá-la deve-se à complexidade em administrar o processo de alocação de recursos (CHRISTENSEN, 2001). De acordo com o autor, outro ponto importante é combinar o mercado à tecnologia. O autor afirma, ainda, que as empresas que direcionam seus produtos para as situações nas quais seus clientes se encontram, são as que estão em melhores condições de lançar produtos que podem vir a ser bem-sucedidos.

#### **4 INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL**

A denominação inovação sustentável começou a ser utilizada no Brasil nas pesquisas acadêmicas a partir de 2000. A inovação sustentável origina-se da abordagem da ecoinovação introduzida em 1996, pelos autores Claude Fussler e Peter James, que apresentaram o conceito de ecoinovação a partir da perspectiva da sustentabilidade. Entretanto, com foco nos pilares econômico e ambiental.

Essa pesquisa adota o termo inovação sustentável e corrobora com o conceito proposto por Bos-Brouwers (2010). Desse modo, a inovação sustentável é entendida como uma inovação que gera renovação ou melhoria de produtos, serviços, processos tecnológicos ou organizacionais, estruturas e modelos de negócios em curto e longo prazo, que melhora o desempenho econômico, ambiental e social, o triple bottom line (ELKINGTON, 1998; 2001).

Sendo assim, a integração dos três pilares nas estratégias e nas ações das organizações distingue as inovações sustentáveis das inovações convencionais e amplia essa abordagem. Porém, Barbieri (2010) ressaltam que inovar seguindo as três dimensões da sustentabilidade ainda não é a regra, até porque a inclusão dos

pilares ambiental e social requer novos instrumentos e modelos de gestão, que só recentemente começaram a ser desenvolvidos, mas não estão consolidados.

A Pesquisa literária sobre inovação sustentável permitiu identificar das diferentes terminologias para definir o que vem a ser uma inovação sustentável. De maneira geral, a literatura pesquisada é centrada na inovação que possibilita a redução do impacto negativo sobre o meio ambiente, utilizando terminologias como 'verde', 'eco', 'ambiental' e 'sustentável' (SCHIEDERIG, TIETZE & HERSTATT, 2012).

Por seu lado, Chen, Lai e Wen (2006) consideram inovação verde em produtos e processos que envolvem inovação tecnológica com foco em eficiência energética, prevenção de poluição, reciclagem de resíduos, eco design e gestão ambiental corporativa. Já para Chen (2008) deve-se também levar em consideração que a competência principal verde de uma empresa está correlacionada positivamente com seu desempenho em inovação e imagem verde

Para Kemp e Pearson (2007), autores do Measuring Eco-Innovation (MEI Report), um dos importantes referencias na temática, a base da definição de eco inovação é centrada no desempenho ambiental em detrimento das metas ambientais de uma empresa, pois o que interessa não são os objetivos e intenções corporativas, e sim os resultados ambientais positivos trazidos pela ecoinovação. Os autores propõem uma classificação para os tipos de eco inovação, a saber: a) Tecnologias ambientais, incluindo tecnologias para tratamento de água e resíduos, monitoramento ambiental, produção limpa, etc.; b) Inovação organizacional para o meio ambiente, incluindo a introdução de novos métodos e sistema de gestão ambiental; c) Inovação de produtos e serviços com uma proposta focada em benefícios ambientais; d) Inovação de sistema verde (sustentável), incluindo sistemas alternativos de produção e consumo, e novos materiais.

Hansen, Grosse-Dunker e Reichwald (2009) criaram o modelo do cubo da inovação sustentável que trata de um framework para a inovação que mostra os efeitos da sustentabilidade em diferentes áreas da organização. O modelo apresenta alguns elementos que os autores consideram importantes para inovação sustentável, destacados na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Inovação Sustentável

Elementos	Descrição
Integração dos critérios de sustentabilidade	Refere-se à necessidade de considerar os impactos econômicos, ambientais e sociais no desenvolvimento de inovações para o mercado. Sugere-se equilibrar as três dimensões, prestando maior atenção aos pilares ambiental e social.
Integração dos <i>stakeholders</i>	A empresa deve fomentar a participação dos <i>stakeholders</i> nos processos de criação de inovações, pois os envolvidos no processo podem avaliar os possíveis impactos sobre a sociedade ou o meio ambiente antes mesmo que as novidades sejam lançadas no mercado, e essa integração pode favorecer o compartilhamento de conhecimentos e inspirar inovações.
Incorporação de ferramentas e processos	Permite a implantação da inovação sustentável e desenvolvem novos mecanismos de acesso ao conhecimento, a especialização, a aquisição de novos recursos e as capacidades para responder às novas exigências de conhecimento.
Investigação do ciclo dos produtos	Verifica-se a origem da matéria-prima, as consequências ambientais e sociais de produção e consumo e o destino dos produtos no final de sua vida útil.
Incremento do sistema de produto e serviço	A empresa deve pensar no desenvolvimento de inovações que deslocam o foco empresarial de vender apenas produtos físicos, de modo que os consumidores comprem a utilidade ou serviço oferecido pelo produto. As empresas podem agregar uma maior quantidade de serviços ao longo do ciclo de vida dos produtos, produzir de forma customizada, evitar desperdícios de recursos, e construir relações de longo prazo com os clientes.
Marketing direcionado à inovação sustentável	Refere-se ao desafio de criar e projetar novas necessidades sustentáveis e mudar o estilo de vida atual.
Sensibilização no contexto da sustentabilidade	Significa integrar a sustentabilidade nos processos organizacionais e nos comportamentos por meio das lideranças para formação de uma cultura favorável à mudança. Ou seja, sensibilizar os tomadores de decisão envolvidos nos processos de inovação para as questões da sustentabilidade para que eles possam identificar oportunidades demandadas por <i>stakeholders</i> e assim diminuir os riscos das inovações.

Fonte: Adaptado: Hansen, Grosse-Dunker e Reichwald (2009)

Para finalizar, é importante destacar a nova abordagem *Strategic Niche Management* (SNM) (CANIELSA; ROMIJNB, 2008; SCHOT; GEELS, 2008), delineada para facilitar a introdução e difusão de tecnologias sustentáveis por meio de nichos tecnológicos, isto é, espaços protegidos que permitem uma série de experimentos relacionados com a evolução da tecnologia, práticas de uso e estruturas regulatórias. Exemplos de setores que se enquadrariam nessa abordagem: energia, biogás, mineração, sistemas de transporte públicos, produção de alimentos ecologicamente amigáveis.

## 5 METODOLOGIA

A abordagem utilizada nessa pesquisa foi a qualitativa, no qual é caracterizada como sendo exploratória e os pesquisadores a utilizam com a

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 679-695, out./dez. 2017.

finalidade de explorar um tópico, quando suas variáveis e bases teóricas são desconhecidas.

O projeto qualitativo é o momento em que o autor irá descrever um problema de pesquisa, visando à compreensão e exploração de um conceito ou fenômeno, ou seja, compreende e interpreta e não se atém apenas à análise de quantitativos estatísticos dos fenômenos observados na realidade social que se reconhece complexa (CRESWELL, 2014; VERGARA, 2012).

O método adotado nessa pesquisa foi o estudo de caso, que é o mais adequado quando se procura entender temas complexos dentro do contexto da vida real. Questões como de “como” e “por que” estimulam o uso de estudo de caso, experimentos ou pesquisas históricas. O método ainda apresenta características como a não exigência de controle sobre eventos comportamentais e o foco primordial sobre acontecimentos contemporâneos.

As informações utilizadas nesse estudo de caso são de domínio público e estão disponíveis no site da empresa, dessa forma não sendo necessário aprovação da empresa para divulgação do conteúdo em discussão.

Todas estas premissas se aplicam ao objeto do presente estudo, projeto S11D com um inovador sistema de extração de minerais, oriundo de um tema atual, que é a gestão ambiental. Ainda atendendo à classificação de Yin (2004), optou-se por um caso único, frente ao fato de que este caso pode ser considerado como relevante e grande oportunidade de observar o processo de incorporação da inovação no segmento de mineração.

## **6 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO**

Com o intuito de entender como questões sociais, econômicas e ambientais são inseridas pelas empresas em sua estratégia e como essa preocupação é traduzida em suas atividades, objetivou-se com este estudo apresentar as iniciativas de inovação sustentável em desenvolvimento por uma empresa brasileira do segmento de mineração, no projeto S11D localizado no estado do Pará em Carajás. A empresa em questão foi selecionada para o estudo visto sua relevância geográfica no Brasil, ou seja, é a maior empresa de mineração brasileira e por estar envolvida em pesquisas e projetos voltados para a inovação tecnológica ao longo de sua cadeia produtiva.

A inovação está suportando novos processos e rotinas, a fim de reduzir os impactos causados pelo processo produtivo e de otimizar a utilização dos recursos naturais existentes. A indústria mineradora sofre grande desafio de demonstrar sua

capacidade de agregar valor à sociedade, preservando a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas necessidades.

No entanto, considerando os impactos ambientais causados por essa atividade, como a supressão de vegetação, exposição do solo aos processos erosivos, excessivo uso de recursos hídricos e poluição do ar, sua execução demanda um planejamento minucioso que considere essas questões (MECHI; SANCHES, 2010).

Isso se deve a atividade em si da indústria que gera ações naturalmente não sustentáveis ao meio ambiente. Nesse contexto, o desenvolvimento de inovações tecnológicas tem como objetivo buscar a otimização dos recursos naturais, minimização dos impactos ambientais, recuperação das áreas degradadas por esse segmento. No próximo tópico serão apresentadas detalhadamente as inovações tecnológicas geradas no projeto S11D.

## **6.1 Contextualização do Projeto S11D**

Localizado no município de Canaã dos Carajás, no sudeste do Pará, o S11D é o maior projeto de minério de ferro da história com capacidade de produção estimada de 90 milhões de toneladas por ano. Todo o empreendimento, que inclui mina, usina e logística ferroviária e portuária, está com 60% de suas obras físicas finalizadas e entrará em operação no segundo semestre de 2017 (VALE, 2016).

O complexo é o maior produtor de minério de ferro no planeta, além de possuir um produto com alto teor de ferro (cerca de 66%) e baixa concentração de impurezas. O projeto S11D fornecerá 90 milhões de toneladas métricas de minério de ferro por ano (Relatório de Produção Vale, 2016). Quando estiver em plena capacidade, a produção total de minério deverá alcançar 230 milhões de toneladas por ano, conforme ilustrado da figura abaixo.

A seguir, são demonstradas algumas de suas principais inovações ao longo do processo produtivo e os impactos sustentáveis que serão gerados com o projeto S11D.

Implantação da planta de processamento e de todas as instalações industriais em áreas já antropizada (com interferência do ser humano) e fora da Floresta Nacional de Carajás, evitando o desmatamento. Em torno de 70% do ramal ferroviário que levará a produção até a Estrada de Ferro Carajás também serão construídos em área de pastagem e no trecho que passa dentro dos limites da unidade de conservação, serão construídos um túnel e uma ponte para evitar impactos diretos na vegetação e na fauna.

Uma vez extraído do subsolo, o minério de ferro será coletado por escavadeiras e depositado em britadores móveis. Na sequência, esses equipamentos alimentam as correias transportadoras, que levam o produto até a

usina de processamento. No total, serão 37 quilômetros de correias distribuídas no espaço ocupado pela mina, incluindo ramais que vão se conectar ao tronco principal, a ser estendido por 9,5 quilômetros até a usina, com o uso desta tecnologia, o sistema proporcionará significativa redução no consumo de óleo diesel, na emissão de particulados e na geração de resíduos, como pneus, filtros e lubrificantes. Além disso, permitirá que a usina seja construída em uma área de pastagem, fora da área ocupada por floresta.

O projeto reduzirá em 5% as emissões de gases de efeito estufa projetadas para 2020. Devido a adoção do sistema *Truckless* (sistema que utiliza tecnologia *In-Pit Crushing and Conveying*) no transporte do minério da mina para a usina. No lugar de caminhões, 37 quilômetros de correias transportadoras cumprirão essa função. A substituição, além de diminuir a quantidade de resíduos, como pneus, filtros e lubrificantes, permitirá a redução de 77% do consumo de diesel.

Além disso, o processo de beneficiamento usará a umidade natural, possibilitando a redução de 93% do consumo de água em relação ao processo convencional, que requer uso intensivo do recurso. Além disso, 86% da água captada nas instalações dessa empresa serão reutilizados ao longo do processo produtivo. Além disso, 18 mil MW de eletricidade são economizados, por ano, em Carajás, com a aplicação dessa nova tecnologia de beneficiamento de minério.

Se comparados aos sistemas convencionais, o *Truckless* (sem caminhão) e o processamento do minério a umidade natural possibilitarão reduzir em 50% as emissões de gases de efeito estufa ou 118 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano.

Outro diferencial é a ausência de barragem de rejeitos, o que minimiza a intervenção em ambientes nativos e acidentes como o de Mariana. Através do reaproveitamento de sobras do processo da mineração, antes depositadas em pilhas de estéril (substâncias minerais que não têm valor econômico) ou em barragens de rejeito (lagos artificiais).

A nova tecnologia permite o reprocessamento desse material, aproveitando o teor de ferro ainda existente e incorporando-o à produção mineral. Com isso, a empresa desmistifica a crença de que só é possível lavar minério uma vez. Além do ganho econômico, a técnica diminui o impacto ao meio ambiente, pois reduz a área destinada a barragens e pilhas.

Adicionalmente a esses pontos, o projeto também incorpora práticas modernas em automação e controle, com ganhos significativos no uso de seus ativos. Entre eles, pode-se destacar a gestão mais eficiente dos recursos energéticos, com o uso de dispositivos inteligentes que adequam o suprimento de matéria-prima de acordo com as demandas do processo. A rede de automação controla todas as variáveis envolvidas, desativando equipamentos e pontos de consumo não necessários em situações de pouca demanda ou carga. Além disso,

utiliza inversores de frequência, em substituição aos acoplamentos convencionais, o que aumenta ainda mais o rendimento energético.

Tratar a questão socioambiental de forma séria exige das empresas investimentos em tecnologia e inovação, também, novas abordagens em termos de negócios, estratégias e relacionamento. As iniciativas retratadas neste estudo evidenciam esses desafios. O foco no desenvolvimento de contínuas inovações tecnológicas e na implementação de efetivos programas sociais são exemplos dessas ações.

## **7 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Diante do estudo de caso apresentado, é notório que a empresa em questão busca incorporar novas tecnologias ao longo de sua cadeia produtiva, mesmo sendo uma ação propulsionada recentemente, a mesma incentiva ações com menos impactos socioambientais, através da automatização de processos e redução de consumo energético e hídrico.

Em linha com as pesquisas de Tidd, Bessant e Pavitt (2008) e Oppen e Brugman (2011), sinalizam a inovação depende da maneira como todo esse processo é conduzido, ou seja, depende dos seus recursos, das rotinas e da capacidade de gerenciamento e reforçam que há necessidade de pesquisas que discutam como as organizações podem inovar de modo a contribuir com a sustentabilidade.

Dessa forma, a empresa demonstra interesse em incluir o quesito inovação juntamente ao tema de sustentabilidade empresarial, a fim de desenvolver novas tecnologias para o setor de mineração como base de uma atividade operacional com menor impacto socioambiental e que mitigue os riscos de saúde e segurança, mas para que isso seja tangível e realizado de forma assertiva é necessário que seja realizado investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a organização.

Adicionalmente a esse ponto, “ao tratar da sustentabilidade como objetivo, por meio da inovação, as organizações pioneiras irão desenvolver capacidades que os concorrentes serão pressionados a corresponder” (NIDUMOLU, PRAHALAD, RANGASWAMI, 2009). A inovação sustentável é um desafio constante desse setor, visto a criticidade de sua operação, é considerado um diferencial competitivo nesse mercado, e que abre oportunidades no quesito não só socioambiental, mas também relacionado a sua produtividade e redução de custos.

Hoje a inovação sustentável já é considerada como nova tendência desse mercado a nível global e como diferencial estratégico das maiores empresas do setor de mineração. Diante disso para que esse setor se destaque é necessário o

incentivo não só da organização, mas do Estado e centro de pesquisas voltados para mineração.

## **8 CONCLUSÃO**

Esse artigo apresenta a incorporação da abordagem da inovação sustentável na indústria de mineração. Os recursos minerais são à base do setor econômico e crescimento da sociedade, no entanto, enfrenta alguns dos desafios mais difíceis de todo o setor industrial, em se tratando de desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, a inovação torna-se necessária no contexto da sustentabilidade empresarial, pois pode renovar os produtos e os serviços que a organização oferece ao mercado, e ainda alterar a forma como esses são fabricados ou executados proporcionando benefícios econômicos, ambientais e sociais (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

Diante disso é apresentado estudo de caso do projeto S11D de uma das empresas de mineração brasileira, que está trabalhando em um inovador sistema de lavras com uso de correias transportadoras, reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> em cerca de 50%, além da redução do consumo de diesel e redução de 93% do consumo de água em relação ao processo convencional de extração de minerais.

O interesse em incorporar o modelo de inovação sustentável, descrito ao longo do estudo de caso, mostra a preocupação da empresa, sociedade e Estado com essas questões visto a natureza de sua atividade e como ela vem se estruturando para ter uma abordagem diante dessas questões, colocando essa estrutura de sustentabilidade proposta pela companhia em direção a uma estrutura de negócios com foco em sustentabilidade e inovação.

Esse estudo contribuiu para a realização de revisão da literatura sobre inovação sustentável que ainda é incipiente, mas gradativamente vem aumentando nos últimos anos e recomendação para pesquisas futuras relacionadas à inovação e sustentabilidade como diferencial competitivo no setor de mineração.

## **INNOVATION AND SUSTAINABILITY IN THE MINING SECTOR: A CASE STUDY OF A BRAZILIAN COMPANY**

### **ABSTRACT**

The present article proposes to present the importance of the sustainable innovation approach that presents elements that extend the scope of performance of productive capacity beyond the economic pillar, contemplating the environmental and social pillars as a means to leverage competitiveness and business sustainability in the mining industry. The theoretical basis will analyze the relationship between sustainability and innovation, having as reference the triple bottom line (economic, environmental and social dimensions). To do so, the article will initially analyze the issue of sustainable development, then the concept of sustainable innovative organizations and approach to sustainable innovation. The methodology used was qualitative through the case study of the S11D project of one of the largest Brazilian mining companies with an innovative mining system using conveyor belts, reducing CO2 emissions by around 50%, as well as reducing consumption of diesel and a reduction of 93% of the water consumption in relation to the conventional process of extraction of minerals and unpublished of Brazil. The result of this study is to highlight the importance of innovation in the processes along the Mining chain, functioning as a strategic driver to incorporate sustainable development practices and influencers in the change processes of this segment.

**Keywords:** Sustainable Innovation, Sustainability and Innovation; Innovative Organizations; Brazilian Mining Companies.

## REFERÊNCIAS

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 6, p. 639-662, ago. 2006.

BARBIERI, J. C.; SIMANTOB, M. Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações. São Paulo: Atlas, 2007.

BARBIERI, J. C. Organizações inovadoras sustentáveis. In: BARBIERI, J. C.; SIMANTOB, M. Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações. São Paulo: Atlas, 2010.

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. de. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. São Paulo: RAE – Revista Administração Eletrônica, v. 50, n. 2, p. 146-154, abr./jun. 2010.

BOS-BROUWERS, H. Sustainable innovation processes within small and medium-size enterprises. Amsterdam: Vrije Universiteit, 2010.

CANIELSA, M. C. J; ROMIJNB, H. A. Strategic niche management: towards a policy tool for sustainable development. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 20, n. 2, p. 245-266, 2008.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 679-695, out./dez. 2017.

CHEN, Y., Lai, S., & Wen, C. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, v. 67 (4), p. 331-339, 2016.

CHRISTENSEN, Clayton M. O Dilema da Inovação, quando novas tecnologias levam empresas ao fracasso. São Paulo: Makron Books, 2001.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRESWELL, J.W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens. 3ª Ed. – Porto Alegre: Penso, 2014

ENRÍQUEZ, M. A. R. da S.; DRUMMOND, J. Social-environmental certification: 15 sustainable development and competitiveness in the mineral industry of the Brazilian Amazon. *Natural Resources Forum*, v. 31, p. 71–86, 2007.

FAVIO A. T, JORGE F. S, ANGELA R. Inovação em organizações de ensino: fatores contribuintes e desempenho. *R. Adm. FACES Journal Belo Horizonte* v. 14 n. 2 p. 113-129 abr./jun. 2015

HART, S. *Capitalism at the Crossroads: the unlimited business opportunities in solving the world's most difficult problems*. Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing, 2005.

HANSEN, E. G.; GROSSE-DUNKER, F.; REICHWALD, R. Sustainability innovation cube: a framework to evaluate sustainability-oriented innovations. *International Journal of Innovation Management*, v. 13, n. 4, p. 683-713, 2009.

HART, S.; MISLSTEIN, M. B. Criando valor sustentável. *RAE Executivo*, v. 3, n. 2, p. 65-79 maio/julho 2004.

HELDER, MATHEUS. PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na Mineração. *Revista Inthemine*, ed 66, p. 60-70, 2015.

HILSON, G., MURCK, B. Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*, v. 26, n. 4, p. 227–238, 2000.

IBRAM. *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 7ª Ed. – São Paulo, 2012.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS. Os dez princípios para o desempenho no campo do desenvolvimento sustentável. Recuperado em 10 de dezembro de 2010 de <http://www.icmm.com/document/1323>, 2008.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS. Sobre o ICMM. Disponível em < <http://www.icmm.com/portuguese>>, acessado em 20 de novembro de 2010.

*R. gest. sust. ambient.*, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 679-695, out./dez. 2017.

KEMP, R., & PEARSON, P. Final report of the MEI project measuring eco innovation. UM Merit. Disponível em: <http://www.merit.unu.edu/MEI/deliverables/MEI%20D15%20Final%20report%20about%20measuring%20eco-innovation.pdf>. Acessado em: 25 de junho de 2016.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MOREIRA, H. F. O desenvolvimento sustentável no contexto do setor mineral brasileiro. Monografia de Especialização, Curso de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

NIDUMOLU, R.; PRAHALAD, C. K.; RANGASWAMI, M. R. Why sustainability is now the key driver of innovation. Harvard Business Review, p. 1-9, september 2009.

OCDE. Oslo Manual – guidelines for collecting and interpreting innovation data. Paris: OCDE, 2005.

OCDE. Measuring innovation in education and training. Discussion Paper n. 14. Paris: OCDE, 2009.

OPPEN, C. V.; BRUGMAN, L. Organizational capabilities as the key to sustainable innovation. XXII ISPIM Conference Held in Hamburg-Germany, 12-15 June de 2011. Disponível em: [www.ispin.org/members/proceedings/ISPIM2011/commonfiles/files/320710409\\_Paper.pdf](http://www.ispin.org/members/proceedings/ISPIM2011/commonfiles/files/320710409_Paper.pdf)

PRAHALAD, C. K. A Riqueza na Base da Pirâmide: como erradicar a pobreza com o lucro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

RELATÓRIO DE PRODUÇÃO VALE. Disponível em <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/information-market/quarterly-results/Paginas/default.aspx>, acessado em 21/03/2016.

SCHIEDERIG T, TIETZE F & HERSTATT C. Green innovation in technology and innovation management – an exploratory literature review. R&D Management, v. 42 (2), pp. 180-192, 2012.

SCHOT, J; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda and policy. Technology Analysis & Strategic Management, v. 20, n. 5, p. 537-554, 2008.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. Gestão da Inovação, 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 679-695, out./dez. 2017.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT – UNCED.Rio 92. June 1992. <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>. Acesso em: jan. de 2013.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT – UNCED.Rio+20. June 2012. <http://www.uncsd2012.org/rio20/about.html>. Acesso em: jan. de 2013.

VALE. Disponível em <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation>, acessado em 08/03/ 2016.

VARADARAJAN, R. Toward sustainability: public policy, global social innovations for base-of-the-pyramid markets, and demarketing for a better world. *Journal of International Marketing*, 22(2), 1–20, 2014.

VARADARAJAN, R. Innovating for sustainability: a framework for sustainable innovations and a model of sustainable innovations orientation. *Journal of Academy of Marketing Science* 2015.

VERGARA, Sylvia Constant. *Métodos de coleta de dados no campo*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.