

O SEGUNDO CICLO DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS: A IMPORTÂNCIA DE PROCESSOS DE INOVAÇÃO EM REDE PARA A DESTINAÇÃO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO DE FERRO. O CASO DA PLATAFORMA R3.

Ottavio Raul Domenico Riberti Carmignano, UFMG.

ottaviocarmignano@gmail.com

Rochel Montero Lago, UFMG.

Ulisses Pereira dos Santos, UFMG.

RESUMO

Minas Gerais tem um enorme desafio que é o Segundo Ciclo da Mineração relacionado com a destinação de rejeitos da mineração de ferro que existem atualmente e que ficarão no estado pelos próximos séculos. Neste contexto, a inovação é elemento fundamental para encontrar-se alternativas técnica e economicamente viáveis. Neste trabalho, avalia-se o atual sistema setorial de inovação da mineração em Minas Gerais e a importância de redes colaborativas para gerar as inovações necessárias para a destinação do rejeito. Descreve uma iniciativa única envolvendo governo-universidade-indústria que foi a criação da Plataforma R3 Mineral, uma rede para o desenvolvimento de soluções para a destinação dos rejeitos após o acidente ocorrido em Mariana, em 2015. Apresenta uma comparação com outras duas redes, AMIRA e CEMI.

Palavras chave: Inovação; Mineração; Rejeitos de Minério de Ferro.

ABSTRACT

Minas Gerais has a huge challenge, which is the Second Mining Cycle related to the destination of iron ore mining tailings that currently exists and that will remain in the state for the next centuries. In this context, innovation is a fundamental element in finding technically and economically viable alternatives. In this work, the current sectorial system of mining innovation in Minas Gerais is evaluated, and the importance of networks to generate the necessary innovations for the disposal of tailings. The work describes a unique initiative involving government-university-industry that was the creation of the R3 Mineral Platform, a network for iron ore mining to develop solutions for the disposal of tailings after the accident that occurred in Mariana in 2015. It presents a comparison with two other platform, AMIRA and CEMI.

Key words: Innovation, mining, iron ore tailings.

INTRODUÇÃO

Um dos setores produtivos mais estratégicos para o Estado de Minas Gerais é a cadeia produtiva da mineração que junto com a atividade da metalurgia forma um grande complexo mineiro-metalúrgico. Em 2011, esse complexo respondeu por 46% de toda a extração de minerais metálicos do Brasil, e 28% de toda a produção metalúrgica [1]. Em Minas Gerais a mineração é responsável por cerca de 42 mil empregos diretos, e 344 mil empregos indiretos; 51,9% do total de empregos diretos gerados pela mineração no Brasil são neste Estado. E em relação à compensação financeira pela exploração mineral, a contraprestação paga à União pelo aproveitamento dos recursos minerais, em 2017, alcançou uma arrecadação de cerca de R\$ 1.4 bilhões, o que corresponde à 43,2% de toda a arrecadação deste tributo no Brasil: dos quinze municípios nacionais que mais arrecadam esta compensação, 11 são mineiros [2]. O quadrilátero ferrífero é uma área de aproximadamente 7.000 km², localizada na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais, possuidora de grande riqueza mineral, destacando-se minério de ferro, manganês, ouro, esteatito, topázio e esmeraldas. Integra total ou parcialmente 35 municípios, com população estimada em 4.135.951 habitantes [3].

Na atividade de mineração de ferro, grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados. Nesta atividade, existem dois tipos de resíduos sólidos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados, gerados pelas atividades de extração no decapeamento da mina, não possuem valor econômico e geralmente ficam dispostos em pilhas. Já os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento a que são submetidas as substâncias minerais. Com o passar dos anos é normal que haja um empobrecimento das minas, o que faz aumentar a geração de rejeitos e o minério de ferro é o produto que mais contribuiu para na geração deste resíduo no Estado de Minas Gerais; durante o período de 2010 a 2030, projeta-se que um volume de 11 bilhões de toneladas de rejeitos seja gerado pela atividade de mineração, sendo o minério de ferro responsável por quase 5 bilhões de toneladas [4]. Em 05 de novembro de 2015 houve o rompimento da barragem de Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, no município de Mariana, Minas Gerais. Este fato trouxe consequências ambientais e sociais graves e onerosas, em escala regional [5]. Chamada de Tragédia de Mariana, é considerada por alguns autores como o maior desastre ambiental da história do Brasil [6]. Podem ser citados como impactos econômicos diretos a redução de atividades econômicas de mineração, comércio, prestação de serviços, agricultura, pecuária, pesca e turismo na região afetada, que causaram o aumento do desemprego e a redução da base tributária [7]. No dia 25 de janeiro de 2019 houve o rompimento de barragem na Mina

Córrego do Feijão, na cidade de Brumadinho, Minas Gerais. Apesar de o impacto ambiental tender a ser menor se comparado ao acidente de Mariana, seu impacto social e econômico será superior, pela maior perda de vidas humanas e pelos impactos causados por mudanças regulatórias para o setor de mineração, com a adoção de tecnologias de processamento à seco, que não dependem de barragem de rejeitos [8].

No dia 25 de fevereiro de 2019 foi sancionada a Lei 23.291/19, que instituiu uma nova política estadual de segurança de barragens. Dentre várias modificações na legislação anterior, esta lei determina a proibição da concessão de licenças para barragens que utilizem o método de alteamento à montante, e estabelece um prazo de três anos para descaracterização de todas as barragens alteadas por estes métodos, com a mudança para tecnologias alternativas de gestão de rejeitos e resíduos. Seguindo esta linha, a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais aponta para a chamada “nova mineração”, que tem como um dos objetivos o reaproveitamento dos rejeitos dispostos em barragens como matéria prima para a fabricação de novos produtos [2].

Os acidentes recentes mostram a importância do aproveitamento econômico dos rejeitos gerados pela atividade de mineração, e a eliminação do uso de barragens, através da adoção de técnicas de processamento à seco facilitará a sua inserção em novas cadeias produtivas, além de reduzir significativamente a possibilidade da ocorrência de novos acidentes relacionados à rompimentos de barragens. Deve se destacar ainda os grandes volumes de rejeitos gerados pela atividade desde o chamado ciclo do minério de ferro e que se encontram dispostos em barragens e em pilhas de estéril. O aproveitamento deste material, atualmente considerado como material descartado, pode dar origem a um novo ciclo da mineração, que iria converter este passivo ambiental em um ativo, com sua introdução em novas cadeias produtivas, como a cadeia da construção civil, por exemplo.

O setor de mineração tem trabalhado vários aspectos de inovação, porem seu principal foco é a busca de ganhos em processos produtivos através de aumento da produtividade e da redução de custos. O grupo de fornecedores de equipamentos e serviços desempenha um papel decisivo, como o agente identificador de demandas das empresas e desenvolvedor de soluções [9]. Grande parte dos gestores das empresas de mineração demonstram aversão à riscos, e muitas operações são baseadas no planejamento e nas práticas de gestão. Esta situação cria um ambiente focado em ações corretivas de curto prazo, em vez de permitir um contexto inovador e criativo nas empresas de mineração [10]. Desta forma, melhorias no processo de

produção e de manutenção de equipamentos têm sido priorizadas pelas empresas mineradoras, considerando que, em setores de produção intensiva, o papel desempenhado pela manutenção no aumento da eficiência e confiabilidade dos ativos é fundamental para o sucesso competitivo [11]. Reforçando este direcionamento, Chaves (2018) [12] narra que em Minas Gerais, em 1970, a então Cia Vale do Rio Doce, atual Vale, iniciou a operação de concentração de minérios itabiríticos, usando pela primeira vez separador magnético a úmido de alta intensidade; em 1972 a mesma empresa adotou uma tecnologia nova, a flotação reversa. Em 1977 a Samarco implementou um projeto de lavra, beneficiamento e produção de minério de ferro para a produção de pelotas, usando um mineroduto como forma de transporte de sua produção entre as cidades de Mariana, em Minas Gerais, até Anchieta, no Espírito Santo.

O setor de mineração possui uma reputação de ser relutante à inovação e, por possuírem uma visão de médio prazo, apresentam uma aversão a riscos, e tendem a buscar nas empresas fornecedoras de produtos e serviços as soluções e tecnologias para seus problemas. As empresas mineradoras podem aumentar sua capacidade de inovar por duas formas: a primeira, trabalhar a sua capacidade de absorção, ou seja, de implementar as inovações geradas. A segunda, através de um relacionamento colaborativo com a cadeia de fornecedores, com incentivos a inovação e com acordos de suporte e compartilhamento de riscos [13].

No entanto, o processo de inovação quando se trata da destinação de grandes quantidades de rejeito é de grande complexidade, devido aos seguintes fatores: não existe até o momento interesse das empresas mineradoras no desenvolvimento de aplicações comerciais para os rejeitos gerados em seu processo produtivo. Desta forma, os fornecedores de equipamentos e serviços não tem foco na pesquisa por inovações em rejeitos; não existe uma demanda de mercado para os rejeitos gerados pelas empresas de mineração; outras cadeias produtivas, como a da construção civil, já são estruturadas e possuem uma cadeia de fornecedores estabelecida; o volume de rejeitos gerados pela mineração é muito grande, e as possíveis aplicações exigiriam uma interação com outras cadeias produtivas, que mesmo somadas, não teriam capacidade de absorver todos os rejeitos produzidos; ainda não existe uma política pública que estimule o uso de rejeitos de mineração em outras cadeias produtivas, como matéria prima.

Dentro deste contexto extremamente complexo de inovação para a destinação de enormes quantidades de rejeitos da mineração o trabalho em redes colaborativas parece ser a alternativa mais eficiente.

Nos sistemas de inovação, diversos agentes estão conectados por meio de redes, que incluem relações de mercado e relações fora do mercado. Essas relações não estão limitadas a agentes que trocam, competem e comandam, mas também concerne relações formais e informais entre empresas, organizações e governo [14].

Podemos entender as redes como uma estrutura formada por nódulos ocupados por indivíduos, empresas, universidades, governos, clientes, fornecedores entre outros atores. Elas surgem para garantir: (a) eficiência coletiva; (b) aprendizado coletivo; (c) enfrentamento coletivo de risco e (d) interseção de diferentes conjuntos de conhecimentos. As pesquisas sugerem que os desafios enfrentados pelas empresas na construção de novas redes concentram-se em duas atividades: (1) a identificação de parceiros relevantes e (2) o aprendizado para trabalhar com eles [15].

A partir de vocações locais, ocorre a aproximação entre as organizações produtivas com atividades de pesquisa e desenvolvimento. Redes de trabalho e de conexões internas e externas às organizações são formadas, fomentando o surgimento, aperfeiçoamento e a difusão de ganhos de produtividade e de competitividade. Nesta estrutura os governos contribuem com políticas que orientam e direcionam o sistema de inovação [16].

A infraestrutura local compreende competências públicas, privadas e financeiras; a superestrutura compreende a mentalidade cultural local. Ambas têm papel fundamental em potencializar os sistemas regionais de inovação. O fomento público é importante para a mobilização de potenciais inovações regionais, porém espera-se uma evolução do sistema de suporte à inovação, com maior apoio organizacional, institucional e de fomento do setor privado [17].

REDES COLABORATIVAS NA MINERAÇÃO

Na mineração, existem alguns exemplos de redes de inovação bem-sucedidas em todo o mundo, com diferentes arranjos e propósitos, mas com um mesmo fim, tais como: a Australian Mineral Industries Research Association – AMIRA [18] e o Centre of Excellence in Mining Innovation – CEMI [19]. Estas duas redes inspiraram a criação da Plataforma R3 Mineral, em Minas Gerais, em 2016.

A Plataforma R3 Mineral

A Plataforma R3 Mineral surgiu como uma iniciativa da FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) por ocasião do rompimento da barragem de fundão em Mariana, Minas Gerais, no ano de 2015, com a ideia inicial de ser uma arena de articulação entre diversas organizações, científicas, tecnológicas e industriais. O objetivo original dessa arena foi discutir e atuar na gestão de resíduos e rejeitos da mineração em Minas Gerais gerando aplicações em larga escala [20].

A missão da Plataforma R3 Mineral é promover negócios por meio da integração do setor mineral na cadeia de valor de outros segmentos, pelo engajamento do Governo na formatação de novas políticas públicas, pela indução de linhas de pesquisa nas instituições de ciência e tecnologia, tendo como objetivo o fortalecimento da economia regional nas áreas de influência da mineração, além da redução dos impactos ambientais.

A Plataforma não possui espaço físico próprio: os encontros entre os grupos são realizados nas dependências das instituições participantes. Do ponto de vista financeiro, a Plataforma não possui um sistema de arrecadação de recursos: as instituições participantes são responsáveis pelos custos relacionados a participação de seus colaboradores nos grupos focais. A Plataforma R3 atua sem um modelo claro de governança: os trabalhos são conduzidos por um coordenador geral, que atua como a peça unificadora entre os participantes e os grupos focais de trabalho. E a Plataforma ainda não possui um estatuto formal, que determine as regras para o ingresso de participantes, questões relativas à governança e formas de atuação.

A Plataforma R3 é constituída por 33 instituições, sendo 17 empresas mineradoras, 7 centros de pesquisa, 6 associações de empresas e 3 órgãos públicos, que decidiram voluntariamente participar desta rede, por adesão. A Plataforma atua identificando demandas para o desenvolvimento tecnológico utilizando rejeitos de minério de ferro gerado na região do Quadrilátero Ferrífero do Estado de Minas Gerais, e opera através de grupos focais, como mostra a Figura 1.

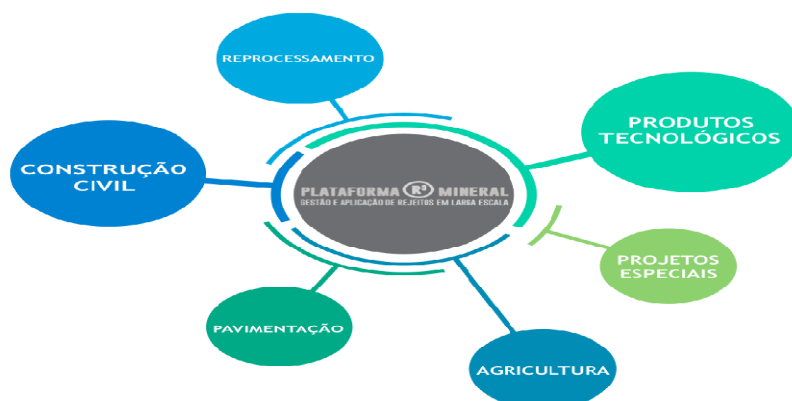


Figura 1: grupos focais da Plataforma R3
(Adaptado de Plataforma R3 Mineral, 2016 [20]).

Outras redes colaborativas de mineração no mundo

AMIRA

A *Australian Mineral Industries Research Association* (AMIRA) é uma organização formada para o desenvolvimento de pesquisas e novas tecnologias específicas para a mineração. Tem como principal objetivo o aumento da competitividade global do setor de mineração australiano. Possui cerca de 75 instituições participantes, divididas entre empresas membros, instituições públicas de fomento e centros de pesquisa e foi fundada em 1959 [18].

Através da plataforma, as empresas podem, por meio de parcerias, compartilhar os custos e interesses pelo desenvolvimento de tecnologias e pesquisa, para também em conjunto dividir os frutos.

A AMIRA possui três formas de desenvolver projetos para seus membros: formação de consórcios para a resolução de problemas específicos dos membros através do engajamento de profissionais ou organizações específicas; identificação de tecnologias e soluções já existentes para as empresas membros da plataforma; identificação e engajamento de pesquisadores que sejam referências nas áreas com maior contingência de problemas identificados pelas empresas. A plataforma pode mediar o gerenciamento dos projetos com parceiros externos à rede.

Já foram executados cerca de 700 projetos com quase 600 milhões de dólares pagos pelas próprias empresas participantes, sem incluir aporte de recursos públicos. A rede e seus 75 membros utilizam o funil da inovação para a captação de projetos (através da aba “*Suggest a challenge*” no site) para a seleção e caracterização dos melhores projetos que serão desenvolvidos e geridos pela plataforma.

Após a identificação de desafios da indústria da mineração por meio da captação via site da plataforma ou através de reuniões, workshops, conferências, os projetos passam por uma etapa interna de seleção pelo grupo de avaliação estratégica de negócios ou *Strategic Business Development Group* (SBDG). Caso a avaliação prévia resulte em um potencial problema no mercado da mineração a ser resolvido, a mesma equipe é responsável por alocar recursos para a execução do projeto.

Feita a avaliação inicial, um documento ainda mais detalhado chamado *Expressions of Interest* (EOI) é emitido a todos os membros da AMIRA sobre o projeto. Caso o número de interessados seja o suficiente, é alcançada a etapa de captação de recursos internos e externos à plataforma. A captação de recursos e a existência de interessados não solução do problema são os pré-requisitos necessários para iniciar um projeto.

A primeira etapa para a pesquisa e desenvolvimento está no envolvimento dos interessados em assinar um acordo com os pesquisadores. Reuniões são feitas com os participantes para determinar as contrapartidas e benefícios do projeto e só então o projeto é iniciado.

De uma forma geral, esta é uma das plataformas de colaboração em mineração mais bem-sucedidas do mundo, utilizada como referência em projetos de rede e gestão de inovação tecnológica.

CEMI

O CEMI, *Centre of Excellence in Mining Innovation*, é uma organização sem fins lucrativos, com o objetivo de desenvolver alternativas inovadoras para o mercado da mineração, proporcionando um aumento na segurança, produtividade e performance ambiental da atividade mineradora no Canadá [19].

Criada em 2007, a iniciativa visa desenvolver inovações para aumentar o custo benefício da mineração; aumentar a taxa de descobrimento de minérios e minas; conseguir que o balanço de impactos da mineração seja cada vez benigno para a sociedade, tornando a atividade mineradora mais sustentável.

A plataforma mostrar ter um grande foco na viabilização das tecnologias desenvolvidas. A inovação tecnológica é garantida através da aplicação de quatro elementos em todo o processo da CEMI: (1) a pesquisa e desenvolvimento, com grande envolvimento de profissionais da academia para a identificação de novas ideias, (2) as provas de conceito e testes da tecnologia em problemas reais, (3) a implementação e viabilidade operacional da tecnologia e, (4) estratégias de comercialização das soluções desenvolvidas.

Nesta plataforma percebe-se a criação de uma estratégia de negociação da tecnologia para parceiros, através de um núcleo específico para este fim: o *BizMine*.

O *BizMine* é responsável por mitigar diversos riscos associados às tecnologias nascentes de uma forma generalizada, como a necessidade de escalonamento,

aceitação de mercado e até plano de negócios. Esta área estratégica foi criada em 2015 e tem como objetivo ajudar seus parceiros a ultrapassar barreiras da comercialização de tecnologias e acelerar a inserção da inovação da plataforma no mercado.

Assim como a AMIRA, a CEMI é constituída pelos principais *stakeholders* da cadeia produtiva da mineração, entre eles 37 universidades, nas quais a Plataforma foi responsável por investir cerca de 10 milhões de dólares, em projetos para o avanço da tecnologia na mineração. A governança da CEMI possui pessoas de diferentes instituições, desde empresas de mineração até pesquisadores de universidades e centros de pesquisa, órgãos públicos (Ministério de Minas) e especialistas em mineração.

A captação ou execução de projetos pode se dar por meio de programas criados pela própria CEMI, funcionando como uma “extensão do departamento interno” de pesquisa e desenvolvimento da empresa que desejar para a resolução de problemas específicos. Assim são formados consórcios entre empresas parceiras, fornecedores, universidades, governo, entre outros atores do sistema de produção. Alguns exemplos citados em seu próprio site estão o “*Clean Mining Program*”, no desenvolvimento de novas utilizações de rejeitos de barragem e redução dos níveis de contaminação de metais, ou o “*Lean Mining Program*”, na otimização generalizada do processo de mineração, desde diminuição dos gastos energéticos até a utilização inteligente de dados obtidos em análises subterrâneas.

Comparação entre a Plataforma R3 Mineral e as outras redes.

A Tabela 1 tem o objetivo de comparar a Plataforma R3 Mineral com as redes de inovação em mineração, Amira e Cemi, abordando fatores como, foco, governança, membros e *modus operandi*.

Tabela 1: comparação entre a Plataforma R3 e outras redes de mineração.
(Baseado em AMIRA, 2016 [18], CEMI, 2016 [19] e Plataforma R3 Mineral, 2016 [20]).

	AMIRA	CEMI	Plataforma R3
Foco	- Aumento da competitividade global do setor de mineração australiano; - Colaboração e busca de soluções para problemas comuns entre os membros da rede; - Formação de consórcios e parcerias com Centros de Pesquisa e Consultores.	- Desenvolvimento de novas tecnologias para a mineração no Canadá; - Colaborações e cooperações entre as empresas da cadeia de valor da mineração e Centros de Pesquisa; - Implementação para a geração de Inovação Tecnológica	- Desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem o rejeito de barragem; - Viabilização do consumo dos rejeitos de barragem na produção destas tecnologias.
Membros	Cerca de 61 instituições, divididas em: 38 empresas de mineração, 23 prestadoras de serviço e fornecedores, instituições públicas de fomento e Centros de Pesquisa.	- 37 Universidades, - 30 empresas de mineração, - 12 associações de empresas, em maior parte do setor de mineração, - 72 prestadoras de serviço à mineração, e - Vários Órgãos Governamentais.	São 33 instituições, divididas em: - 17 empresas de mineração; - 7 instituições de pesquisa; - 6 associações empresariais, e - 3 órgãos públicos.
Governança	- Principalmente por representantes de empresas de mineração e da cadeia de valor; - Consultores em mineração.	- Representantes de empresas; - Pesquisadores e Representantes de Centros de Pesquisa.	- Sem forma clara de governança, - Coordenação Geral de Pesquisadores divididos em Grupos Focais de Trabalho.
Modus Operandi	- Através de parcerias compartilham os custos e interesses pelo desenvolvimento de tecnologias e pesquisas que solucionem problemas comuns dos membros da rede. - Os problemas podem ser depositados no site da Plataforma, ou através de Workshops e Eventos. - Uma equipe gerida pela própria rede busca encontrar profissionais, dentro e fora da rede, que possam solucionar os problemas escolhidos.	Desenvolvimento de Novas Tecnologias em 4 grandes áreas: - Localização de minérios; - Extração; - Beneficiamento, e - Sustentabilidade do processo. Após o desenvolvimento inicial das tecnologias e seu escalonamento, uma equipe da CEMI é dedicada ao estudo da viabilidade econômica e mercadológica das tecnologias até a procura de interessados.	- Demandas para o desenvolvimento tecnológico utilizando rejeitos de mineração são levantadas em reuniões presenciais. - Grupos com foco em utilizações específicas de rejeitos trabalham para o desenvolvimento de produtos e sua implementação.
Alguns Resultados	- 700 projetos com quase 600 Milhões de Dólares Australianos captados entre os membros da rede para sua execução.	- 153 projetos nas 4 grandes áreas; - 12 Milhões de Dólares em colaboração das empresas; - Investimento de mais de 100 Milhões de Dólares por parte da CEMI, nas Inovações desenvolvidas.	- Troca de informações entre as mineradoras relativo à utilização dos rejeitos; - Projetos de P&D da academia relacionados com a utilização de rejeitos; - Tecnologia em etapa de escalonamento e análise de viabilidade técnica e econômica
A Criação da Rede	- Em 1959, seis empresas australianas da cadeia de valor de mineração se uniram em prol do aumento da competitividade das mineradoras e dessa união surgiu o que é hoje a AMIRA.	- Fundada em 2007 através da colaboração entre os setores público e privado na área de mineração; - Os primeiros movimentos para a formação da rede surgiram em 2003. Já em 2006, houve a abertura de um Centro de Pesquisa, através de investimentos do Governo (50%) e da Iniciativa Privada (50%).	- A formação da rede se deu em 2016, por iniciativa da Agência de Fomento de Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).
Espaço Físico	A Plataforma possui 5 escritórios: - 2 na Austrália; - 1 na África; - 1 na América do Norte, e - 1 na América do Sul.	A CEMI possui estrutura para reuniões e cursos no Willet Green Miller Center, em Sudbury, no Canadá.	- Não possui. - As reuniões são feitas em locais combinados pelos grupos de atuação.

Quanto ao foco, as plataformas apresentam como ponto comum a colaboração entre as instituições participantes de temas pertinentes a atividade de mineração e sua cadeia; a Plataforma R3 Mineral, porém, possui foco específico na destinação dos rejeitos gerados pela mineração de minério de ferro, o que causa uma redução do número de instituições participantes da rede. As redes internacionais possuem um modelo claro de governança, um orçamento definido e um modus operandi que visa a implementação das inovações desenvolvidas pela rede. Uma diferença sutil entre as redes apresentadas é que tanto a AMIRA quanto a CEMI possuem entre seus participantes empresas fornecedoras de equipamentos e serviços para a cadeia da mineração; na Plataforma R3 Mineral, não há a participação de nenhuma empresa fornecedora.

Objetivos e desafios levantados para o funcionamento de uma rede colaborativa para a destinação de rejeitos da mineração de ferro no quadrilátero ferrífero

A partir de entrevistas com alguns participantes da rede, foi possível identificar, de forma estruturada, uma percepção mais detalhada com relação aos objetivos da Plataforma R3 Mineral. Esses objetivos percebidos são relatados a seguir:

Objetivo 1: Conectar atores e ser um fórum de discussão

A diversidade de atores que compõem a plataforma, representando as principais instituições relacionadas ao rejeito, é uma evidência do sucesso em relação ao objetivo de criar um ambiente de conexão e troca de informações. Para alguns dos participantes, essa foi a principal conquista da plataforma – reunir grandes, médias e pequenas empresas concorrentes, instituições com dinâmicas muito distintas entre si, sindicatos, instituições de ensino e pesquisa e governo.

Objetivo 2: Gerar colaboração/articulação entre os atores

O principal resultado da plataforma é a geração de colaboração entre os atores, o que foi realizado através da geração de grupos específicos de trabalhos e de projetos de colaborações.

Objetivo 3: Gerar projetos-piloto visando a destinação dos rejeitos em larga escala

As interações entre os participantes da Plataforma favoreceram o desenvolvimento de alguns projetos pré-existentes que utilizam rejeitos transformando-os em novos produtos e/ou processos, principalmente na área de construção civil.

Objetivo 4: Gerar ações de modernização da legislação e normatização

Há uma mobilização para adequação de aspectos regulatórios, normativos e tributários que propiciem a utilização do rejeito em diversas aplicações e a consolidação dos novos produtos gerados no mercado. Alguns aspectos importantes mencionados nas entrevistas foram: legislação mais moderna que incentive o uso de rejeitos, tributação diferenciada para produtos feitos com rejeitos e adequação das normas técnicas para o uso de rejeito. Uma iniciativa mencionada foi a necessidade de criação de uma NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) oficial para o rejeito de forma que ele possa ser comercializado entre instituições e rastreado fiscalmente - todos os produtos em comercialização possuem uma classificação NCM. Essa nova classificação permitirá que o rejeito possa ser objeto de isenções ou benefícios fiscais a serem pleiteados perante os órgãos fiscais.

Objetivo 5: Desenvolver e implementar soluções em larga escala para o reuso do rejeito gerando impacto ambiental, social e econômico.

Esse é o objetivo final da Plataforma, que atende as expectativas que a comunidade tem para com os envolvidos na questão do rejeito - ou seja, reduzir de forma significativa o volume de rejeito gerado, ou destiná-lo de forma mais sustentável do que a disposição que é feita hoje pela indústria extrativa.

A seguir são descritos alguns dos desafios da Plataforma R3 Mineral de acordo com as percepções de alguns de seus participantes captados através das entrevistas realizadas.

Desafio 1: Formalização/Institucionalização da Plataforma

A necessidade de formalização das relações nas redes de inovação tem sido amplamente abordada pelos estudos de inovação aberta [21].

Um dos maiores desafios atuais da Plataforma é sua formalização, ou institucionalização. Hoje, a Plataforma é uma rede de pessoas conectadas, mas não há personalidade jurídica nem infraestrutura próprias.

Nesse contexto, foi relatada a necessidade premente do estabelecimento de regras de governança. Essa reestruturação deve permitir a busca por investimentos em projetos, recursos em editais ou outras instituições. Foram mencionadas também as questões de Propriedade Intelectual, contratuais, entre outras práticas que seriam importantes para a consolidação da plataforma.

Diante da necessidade de institucionalização, e do alinhamento com os objetivos da FAPEMIG, a Plataforma busca se tornar um Projeto Especial desta, que após sua formalização se habilite a receber recursos financeiros. Os Projetos Especiais são pesquisas temáticas que têm como principal característica a transversalidade, ou seja, eles englobam diversas áreas do conhecimento e a relevância científica e/ou social. Estes Projetos Especiais podem receber recursos de até 500 mil reais.

Desafio 2: Definição clara dos objetivos de cada participante na Plataforma R3 Mineral

Outro desafio relatado por participantes da rede é a coordenação dos objetivos de cada instituição envolvida. Foram relatadas divergências entre participantes em relação às reais motivações para a participação na Plataforma. Essa ambiguidade de motivações é um entrave para a geração de projetos e iniciativas mais ambiciosas em

relação ao cumprimento dos objetivos específicos da Plataforma, pois pode comprometer o nível de confiança e de esforço que os agentes terão perante a rede.

Barreiras institucionais são comuns devido aos diferentes objetivos entre os parceiros de uma rede [22].

Desafio 3: Comunicação

Além dos desafios citados anteriormente, foram relatadas dificuldades de comunicação em diferentes níveis na rede que compõe a Plataforma, desde falhas na comunicação entre pessoas de uma mesma instituição participante, até os desafios de participar das reuniões da plataforma e de outros momentos de alinhamento e troca de informações.

Alguns outros aspectos importantes que apareceram ao longo das entrevistas foram confiança entre os participantes da Plataforma; motivação para o envolvimento na Plataforma; aspectos legais e estruturais (processos e atividades bem construídos/metodologia); cultura de Open Innovation/interlocutores.

CONCLUSÃO

Como a mineração pode obter bons resultados através da participação em redes colaborativas como a Plataforma R3.

A atividade de mineração de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero possui como principal característica a geração de rejeitos em grande escala. Os acidentes ocorridos nos anos de 2015 e 2019 mostram que o modelo até então adotado, de disposição destes rejeitos em barragens, está superado. Devido aos grandes volumes de rejeitos, a busca por soluções tecnológicas e inovadoras não deve ser feita de forma isolada pelas empresas mineradoras, mas através de redes colaborativas, que ultrapassem inclusive a cadeia produtiva da mineração, e integrem possíveis cadeias consumidoras para os produtos gerados a partir dos rejeitos.

As redes colaborativas internacionais apresentadas – AMIRA e CEMI – mostram que é possível as empresas mineradoras trabalharem em conjunto; a grande diferença entre estas redes e a Plataforma R3 é o foco desta última na destinação de rejeitos.

A participação de fornecedores de equipamentos e serviços é fundamental nas redes colaborativas de mineração: nas redes internacionais apresentadas, este grupo se mostra presente. Segundo WIPO (2019) [9], estes são os principais agentes da inovação na atividade de mineração. No entanto, eles não estão presentes na Plataforma R3 Mineral.

Questões como governança da rede, formas de ingresso e de participação – a serem definidas a partir da criação de um estatuto – são primordiais para que a Plataforma R3 obtenha sucesso em seus objetivos. A comunicação interna também possui grande relevância.

Para criar maior integração entre as empresas, o Estado de Minas Gerais deve implementar políticas públicas de incentivo à colaboração entre empresas mineradoras, assim como estimular o consumo de produtos elaborados a partir de rejeitos de mineração, com a isenção e/ou dedução de impostos. A valorização de fornecedores e parceiros locais também seria uma medida importante para aumentar a prática de colaboração entre as empresas e os demais atores que formam o setor de mineração do quadrilátero ferrífero de Minas Gerais. Para Mazucatto (2005) [23], o Estado deve criar políticas públicas a partir de suas vocações naturais, de modo a estimular os atores locais a obter seus objetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 De Souza Júnior, C. C. (2014) - O Sistema Regional de Inovação no Estado de Minas Gerais: uma análise a partir de suas organizações e interações. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- 2 FIEMG (2019) - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - A mineração em Minas. Disponível em <https://www.emfrenteminas.com.br/>. Acesso em 02/05/2019.
- 3 Nunes M.A.J.; Costa, Silvine G.; Da Silva, Rosiane G. O (2012) - Quadrilátero Ferrífero e o norte de Minas Gerais: análise da história e importância econômica. Artigo apresentado para a disciplina de Geografia do Comércio e Circulação. Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.
- 4 Da Silva, A. P. M.; Viana, J. P.; Cavalcante, A. L. B. (2012) - IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Diagnóstico dos resíduos sólidos das atividades de mineração de substâncias não energéticas.
- 5 Roeser, H. M. P.; Roeser, P. A. (2010) - O quadrilátero ferrífero – MG, Brasil: aspectos sobre a sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. Geonomos 18, vol. 1; pp.33-37, IGC – UFMG.
- 6 Lopes, L.M.N. (2016) - O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. Sinapse Múltipla, vol.5, número 1, jun, pp. 1-14.

- 7 Simonato, T.C. (2017) - Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG. Dissertação, CEDEPLAR-UFMG, Belo Horizonte.
- 8 BV (2019) – Blog de Valor - Dossiê Vale: entenda a tragédia em Brumadinho(MG) e suas consequências. Disponível em <https://andrebona.com.br/dossie-vale-entenda-a-tragedia-em-brumadinho-mg-e-suas-consequencias/> Acesso em 22/04/2019.
- 9 WIPO (2019) – World Intellectual Property Organization. Economic Research Working Paper no. 53. Technology appropriation and technology transfer in the Brazilian Mining Sector. Blundi, B.; Loureiro, A. C. N. S.; Carvalho, S. N. P.; Jorge, N. F.; Silva, G. T. P.; Orind, V. - May 2019.
- 10 De Tomi, G.; Passos, A. O.; Marín, T.; Caranassios, A. (2010) - Innovation challenges and oportunities within the Brazilian Mining Industry. Triple Helix 8.
- 11 Pimenta, A. S. (2011) – A dinâmica da Inovação: como a manutenção industrial cria conhecimento e contribui para a inovação em uma empresa de mineração. Dissertação de Mestrado, PUC-MG, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- 12 Chaves, A.P. (2018) - Inovação tecnológica na mineração. Disponível em <https://geokrigagem.com.br/inovacao-tecnologica-na-mineracao/>, acesso em 23/05/2019.
- 13 Steen, J.; Macaulay, S.; Kunz, N.; Jackson, J. (2018) - Understanding the Innovation Ecosystem In Mining and what the digital revolution means for it. June 2018. Doi 10.13140/RG.2.2.23122.66248.
- 14 De Castro, N.; La Rovere, R. L.; Lima, A. P.; Moszkowicz, M. (2018) - Redes de Inovação: uma abordagem teórica. TDSE.
- 15 Tidd, J. e Bessant, J. (2015) - Gestão da Inovação – 5ª ed. – Porto Alegre – Bookman.
- 16 Freeman, C. (1995) - The national system of innovation in a historical perspective. Cambridge Journal of Economics, vol.19, pp.5-24.
- 17 Cooke, P. (2001) - Regional Innovation Systems, Clusters and the Knowledge Economy. Industrial and Corporate Change, vol. 10 n.4, pp.44-45.
- 18 AMIRA (2020) – Australia Mineral Industries Research Association - <https://amira.global/>
- 19 CEMI (2020) - Centre for Excellence in Mining Innovation - <https://www.cemi.ca/>

20 R3 Mineral (2016) – Plataforma R3 Mineral -

<https://pt.slideshare.net/R3Mineral/plataforma-r-mineral-gesto-e-aplicao-de-rejeitos-em-larga-escala-fernando-lameiras>

21 Hällbrant, M. e Ingvarsson, J. (2012) - Creating Open Innovation Arenas - Towards a Framework for the Hot Pots of Open Innovation; Department of Technology Management and Economics; CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden.

22 Birkinshaw, J. Bessant J.; Delbridge, R. (2007) - Finding, Forming and Performing: Creating network form discountinuos innovation. California Management Review, 49(3) 67 – 83.

23 Mazzucato, M. (2005) - O Estado Empreendedor. Desmascarando o mito do setor publico vs. setor privado. Portfolio Penguin.