

## MAPEAMENTO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO DA MINERAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO EM MINAS GERAIS

### MAPPING OF THE IRON ORE MINING INNOVATION SYSTEM IN MINAS GERAIS

**Ottavio Carmignano**

UFMG

[ottaviocarmignano@gmail.com](mailto:ottaviocarmignano@gmail.com)

**Ulisses Pereira dos Santos**

CEDEPLAR – UFMG

[ulisses@cedeplar.ufmg.br](mailto:ulisses@cedeplar.ufmg.br)

**Rochel Montero Lago**

Depto. Engenharia Química – UFMG

[rochel@qui.ufmg.br](mailto:rochel@qui.ufmg.br)

**Submissão:** 24-05-2023

**Aprovação:** 23-11-2024

#### RESUMO

Conforme a literatura aponta, a inovação no setor minerador ocorre principalmente em processos produtivos, com o objetivo de reduzir custos ou atender às exigências socioambientais, havendo em tal seguimento uma cultura de baixa propensão à inovação. Observa-se, ainda que, no caso de Minas Gerais, a mineração é pouco inserida na dinâmica do Sistema Regional de Inovação; uma vez que as empresas líderes tendem a buscar conhecimento junto a fornecedores tradicionais, na maioria das vezes localizados no exterior. Frente a tal contexto, adotando como metodologia a revisão bibliográfica sistemática, este trabalho pretende apresentar um mapeamento do sistema setorial de inovação na atividade de mineração de minério de ferro em Minas Gerais, com vistas a identificar possíveis trajetórias para o seu desenvolvimento tecnológico, bem como suas principais características e potencialidades.

**Palavras-chave:** Mineração, Siderurgia, Sistema de Inovação.

#### ABSTRACT

As the literature suggests, innovation in the mining sector primarily occurs in production processes, aiming to reduce costs or meet socio-environmental requirements, with a prevailing culture of low innovation propensity in this industry. It is also observed that, in the case of Minas Gerais, mining is poorly integrated into the dynamics of the Regional Innovation System, as leading companies tend to seek knowledge from traditional suppliers, most of which are located abroad. In this context, using a systematic literature review methodology, this study aims to map the innovation system in the iron ore mining sector in Minas Gerais, with the goal of identifying potential pathways for its technological development, as well as its main characteristics and potential.

**Keywords:** Mining, Steel Industry, Innovation System.

## 1. Introdução

Minas Gerais possui uma considerável diversidade produtiva, abrigando empresas de diferentes áreas da economia e de notório destaque nacional e internacional. Nesse contexto, a cadeia produtiva da mineração é um dos setores produtivos estratégicos do estado, demonstrando particularidades e vantagens estratégicas (CREA-MG, 2017). Em Minas Gerais a mineração é responsável por 41.929 empregos diretos, e 343.817 empregos indiretos; 51,9% do total de empregos diretos gerados pela mineração no Brasil são neste Estado (FIEMG, 2019). O minério de ferro representa 71% do valor total da produção das onze principais substâncias metálicas. Os Estados de Minas Gerais e do Pará possuem 90% da produção brasileira de substâncias metálicas, que em 2017 representaram 41,7 bilhões de dólares em exportações (ANM, 2018). Considerando tal cenário e adotando como metodologia a revisão bibliográfica sistemática, além de uma análise descritiva de dados, o objetivo deste trabalho é avaliar possíveis trajetórias tecnológicas na mineração de minério de ferro no Estado de Minas Gerais, através de um mapeamento de seu sistema setorial de inovação. Pretende-se, nesse sentido, avaliar por meio de dados de patentes o foco do desenvolvimento tecnológico do setor no estado, com especial atenção em relação aos rejeitos de mineração, cuja destinação tem gerado impactos econômicos, ambientais e humanos.

O trabalho foi realizado em duas etapas: inicialmente foi realizada busca de patentes através de palavras-chave, no período compreendido entre agosto de 2015 e agosto de 2019. Em uma segunda etapa, foi realizado um cruzamento entre as informações obtidas com resultados descritos no relatório 53 da *World Intellectual Property Organization* - WIPO, intitulado “Apropriação e transferência de tecnologia no setor de mineração brasileiro”, de 2019. Para identificar tendências tecnológicas neste setor, foi utilizada a metodologia de nuvem de palavras contemplando os títulos e resumos de patentes relacionadas ao setor registradas junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

## 2. Sistemas de inovação e desenvolvimento.

De acordo com Lundvall (1995), um sistema de inovação é constituído por elementos e por relações que interagem com a produção, a difusão e o uso de novos e economicamente úteis conhecimentos, localizados dentro das fronteiras de uma nação. Trata-se, portanto, de um sistema social, envolvendo interações entre as pessoas, tendo como atividade central o aprendizado. É também um sistema dinâmico, caracterizado por retornos positivos e por reprodução. De modo geral, os elementos de um sistema de inovação se reforçam na promoção de processos de aprendizagem e de inovação, ou se combinam para atingir aqueles fins. Círculos virtuosos e processos de causalidade cumulativa são características observáveis em sistemas de inovação, sendo o seu grau de amadurecimento um determinante da competitividade econômica (Freeman, 1995).

Partindo de vocações locais, os sistemas de inovação são formados, e a medida em que se fortalecem e que são bem-sucedidos, transbordam as fronteiras regionais e nacionais. As empresas podem evoluir para corporações multinacionais, inicialmente instalando centros de distribuições de produtos em países distantes. A seguir instalam centros de pesquisa e de desenvolvimento. A difusão de inovações passa a ocorrer de forma intensiva, já que estas empresas podem transferir equipamentos e habilidades para locais diferentes. As relações e conexões internacionais estão crescendo em importância, com a chamada economia interligada; as fronteiras nacionais vão se desintegrando.

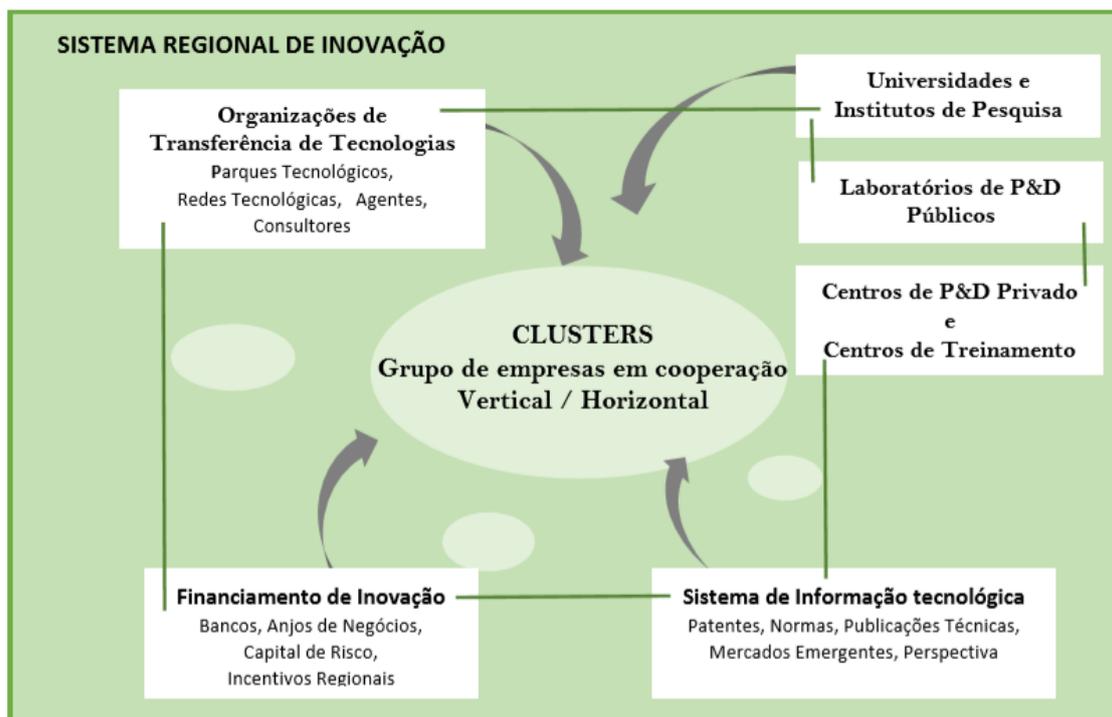
Sistemas regionais de inovação, por sua vez, são o produto da interação entre seus agentes, que compõem a estrutura da produção regional (Cooke, 2001). Estes seriam compostos por fatores infraestruturais regionalizados, que atuam no suporte ao potencial produtivo local. Estes

fatores incluiriam as competências financeiras, públicas e privadas, e a existência de orçamentos públicos para a mobilização de potenciais inovações regionais. Sistemas mais avançados possuiriam também fatores de superestrutura, que seriam relativos à mentalidade dos atores regionais e à cultura inovativa regional. Estes fatores de superestrutura são divididos nos níveis institucionais e organizacionais das empresas e da governança.

Asheim (2011) argumenta que compreender a variedade e as bases de conhecimento de uma região são cruciais para estabelecer um modelo regional de política efetivo. Nesse sentido, os sistemas regionais de inovação se caracterizariam pela capacidade em transformar tais bases de conhecimento locais em vantagens competitivas para a promoção de inovações tecnológicas. Parte-se do entendimento de que o processo de inovação é pautado na cumulatividade de conhecimentos e que as regiões, por diversas razões, tendem a desenvolver trajetórias tecnológicas próprias. Frente a isso, uma região como Minas Gerais, com um longo histórico de atuação em uma atividade econômica específica, pode se aproveitar das bases de conhecimento acumuladas para a promoção de inovações e ampliação da sua competitividade econômica, a partir do fortalecimento de seu sistema regional de inovação.

### 3. Mapeamento do Sistema de Inovação da Mineração de ferro em Minas Gerais

Uma das formas de se identificar os atores de um sistema de inovação é através da identificação dos seus componentes críticos (Komnimos, 2004). A Figura 1 apresenta de modo esquemático estes atores.



**Figura 1: Atores cruciais em um sistema de inovação.**  
(Adaptado de Komnimos, 2004).

Os atores principais de um sistema setorial são aqueles responsáveis pela produção, ou, neste caso, as empresas mineradoras. Essas empresas são o ponto de partida do sistema setorial, e a partir de sua atividade, demandam equipamentos e serviços de empresas fornecedoras. Este grupo de empresas – compradoras e fornecedoras – interage e inicia um trabalho de cooperação, identificando e apresentando soluções para as necessidades do sistema produtivo. A cooperação horizontal ocorre entre empresas que atuam no mesmo seguimento, sendo proporcionada pela

busca coletiva por melhores resultados, enquanto a cooperação vertical ocorre entre empresas líderes de uma cadeia, seus fornecedores e clientes.

O sistema possui outros atores, que desempenham papéis complementares; como é o caso das universidades e centros de pesquisa que capacitam e fornecem mão de obra especializada e prestam serviços de pesquisa e desenvolvimento de produtos, processos e serviços. Enquanto as universidades preparam mão de obra de forma mais abrangente, os centros de treinamento oferecem capacitação específica para determinados mercados. E laboratórios de pesquisa e desenvolvimento públicos, ligados a universidades públicas, da mesma forma, atuam de forma mais ampla, enquanto centros de pesquisa e desenvolvimento privados possuem um espectro de atuação bem direcionado. O conhecimento produzido deve ser gerenciado, assim como as atividades produtivas devem ser normatizadas; o chamado sistema de informação tecnológica é responsável por esta tarefa. E para que as inovações geradas a partir das interações entre os membros do sistema sejam viabilizadas é necessário suporte financeiro. Esse pode vir de bancos de varejo privados ou públicos, mas também de bancos públicos de fomento econômico e social. Investidores podem atuar isoladamente, atuando como anjos de negócios, ou em grupos, formando fundos de investimentos, que buscarão oportunidades para a devida remuneração do capital empregado.

A presença do Estado nesse processo é fundamental, identificando as vocações regionais e criando políticas de incentivos regionais (Cooke, 2001). Complementam o sistema as organizações de transferência de tecnologia, com a presença de parques e redes tecnológicas e agentes atuando como consultores entre os diversos membros do sistema. Contudo, há que se ressaltar que para além das organizações que o integram, segundo Lundvall (1995) e Freeman (1995), o elemento definidor do sistema de inovação são as interações entre os diversos agentes do sistema. Ou seja, a forma como esses atores trocam informações e conhecimentos é central para a ascensão do processo de inovação.

### 3.1. Empresas mineradoras, fornecedoras de equipamentos e prestadoras de serviços

O grupo de empresas, representado como ponto central da Figura 1, é formado por empresas produtoras de minério de ferro. Para a seleção das empresas produtoras de minério de ferro avaliadas neste trabalho, foi usado como critério de corte o porte da empresa, considerando a sua posição no ranking das maiores produtoras no Brasil, de acordo com ANM (2018). O valor mínimo considerado para a inclusão na pesquisa é referente a uma participação no mercado de 0,48%.

A Tabela 1 apresenta as principais mineradoras de minério de ferro instaladas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (QF-MG) e a sua representatividade quanto à produção nacional.

**Tabela 1: Principais empresas mineradoras instaladas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.**

Mineradora	Atuação	Participação
Vale S.A.	MG, PA	79,17
CSN Mineração	MG	5,84
Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A.	MG	5,01
Nacional Minérios S.A.	MG	1,93
Gerdau Açominas S.A.	MG	1,09
Mineração Usiminas S.A.	MG	0,96
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	MG	0,78
Vallourec Mineração Ltda	MG	0,76

Itaminas Comércio de Minérios S.A.	MG	0,59
Ferro+ Mineração S.A.	MG	0,48

Elaborado a partir de dados obtidos em ANM, 2018.

Conforme os dados, é possível observar que o setor de mineração de minério de ferro apresenta elevado grau de concentração no que diz respeito a produção. Por consequência, também há uma concentração nas empresas geradoras de rejeitos, sendo as empresas Vale, CSN e Anglo American Minério de Ferro S.A. responsáveis por mais de 80% dos rejeitos gerados no beneficiamento de minério de ferro em Minas Gerais.

Na condição de principal produtora de minério de ferro, a Vale possui em termos práticos o domínio do mercado produtor de minério de ferro no Brasil, além de ser a maior geradora de resíduos. Deve-se destacar ainda que a empresa foi uma das pioneiras do modelo mina – ferrovia – porto, sendo proprietária de ramais ferroviários e portos no Brasil e no exterior. As mineradoras CSN, Gerdau Mineração e Mineração Usiminas são empresas siderúrgicas, consumidoras-usuárias de minério de ferro, e que em determinado momento decidiram produzir, ainda que parcialmente, sua matéria prima.

Para a seleção das empresas fornecedoras a serem consideradas na presente análise, foi adotado como critério a menção no trabalho “Apropriação de tecnologia e transferência de tecnologia no setor mineral brasileiro”, publicado pela WIPO (2019). Trata-se de um estudo sobre a dinâmica tecnológica no setor mineral brasileiro, conduzido pela instituição que atua na promoção da propriedade intelectual em nível global<sup>1</sup>. No referido estudo, a organização aponta os principais indutores do desenvolvimento tecnológico na mineração, entre eles os fornecedores, que são objeto de interesse da presente pesquisa.

A Tabela 2 apresenta os principais fornecedores de equipamentos, tecnologias e serviços para as empresas mineradoras de minério de ferro.

**Tabela 2: Principais fornecedores das empresas mineradoras atuantes no Brasil**

Fornecedora	Origem	Participação
Metso	EUA	2,40
Elementos industriales y tecnológicos	Chile	2,26
Komatsu	EUA	1,84
SBVS Mining Engineering	Canada	1,84
David Tutton	Alemanha	1,41
Transportation Technology Center	EUA	1,27
Hegenscheidt MFD	Alemanha	1,27
SMS Semg	Alemanha	1,27
Sherrit	EUA	1,13
Itasca	Chile	1,13

Elaborado a partir de dados obtidos em WIPO, 2019.

Todas as principais empresas identificadas como fornecedoras de equipamentos, tecnologias e serviços para as empresas mineradoras são de origem internacional, tendo como origem América do Norte, Europa e América do Sul, e possuem atuação global. Nenhum destes fornecedores possuem instalações em Minas Gerais; apenas a Metso e a Komatsu possuem unidades fabris no Brasil. O grupo formado pelas empresas fornecedoras desempenha papel

<sup>1</sup> A WIPO – World Intellectual Property Organization – é uma instituição do sistema das Nações Unidas, fundada em 1967, que atua promovendo a cooperação entre Estados nacionais para a promoção da propriedade intelectual.

primordial na atividade tecnológica da mineração: a partir das demandas apresentadas pelas empresas mineradoras, apresenta as soluções, sendo responsável por mais de 95% dos depósitos de patentes relacionadas à mineração (WIPO, 2019).

### **3.2 Outras organizações que participam de forma decisiva do sistema de inovação relacionado à mineração de minério de ferro**

Diversas organizações participam de forma decisiva em um sistema de inovação; algumas são cruciais para que o sistema possua uma boa atuação (Kommimos, 2004). Nesse sentido, para além de fornecedores e produtores, é necessário considerar as instituições voltadas para a produção e difusão de conhecimentos.

Nesse contexto, o primeiro grupo de instituições considerado é composto por universidades. Para inserção neste grupo, foi adotado como critério a existência de cursos de Graduação e de Pós-graduação na área de Engenharia de Minas. Com isso, integram este grupo a Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP e a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, que são as mais importantes para a área de mineração – apesar de existirem diversas universidades e faculdades.

O segundo grupo é formado por centros de pesquisa dedicados à tecnologia Mineral no estado. Para inserção neste grupo, o critério adotado foi a participação no catálogo de centros de tecnologia mineral do Brasil (CETEM, 2020), e a presença física no Estado de Minas Gerais. Fazem parte deste grupo o Centro de Inovação e Tecnologia – CIT – SENAI / FIEMG; o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN-CNEN; o Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais; o Centro Tecnológico de Geotecnia Aplicada da Universidade Federal de Ouro Preto; todos estes centros de pesquisa são públicos. Já a SGS Geosol e a PCM – Processamento e Caracterização Mineral são centros de pesquisa privados.

O terceiro grupo de organizações fundamentais em sistemas de inovação na mineração é formado por instituições de fomento a inovação. Foi adotado como critério o histórico e a participação no sistema de inovação do Estado de Minas Gerais. Este grupo é formado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo Banco de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

## **4. A produção de tecnologia e inovação no Sistema Setorial de Inovação de Mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.**

O principal objetivo deste trabalho é apresentar e discutir dados relativos à produção de tecnologia e inovação dentro do Sistema de Inovação com foco na atividade de Mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.

### **4.1 Análise de patentes**

A produção de tecnologia e inovação no sistema de inovação da mineração no QF-MG foi estudada através de um levantamento de patentes através de pesquisa junto ao banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI, para identificar depositantes de pedidos de patentes, através de busca por palavra-chave – mineração, no título e no resumo da patente. O objetivo era identificar quais as empresas mineradoras depositantes e qual o número total de pedidos junto ao INPI. Adicionalmente, objetiva-se identificar e quais destas patentes se referem aos rejeitos de mineração. Esse esforço se justifica pela necessidade de definição de alternativas para a destinação dos rejeitos de mineração, em especial a partir dos rompimentos de barragens ocorridos no estado em 2015 e 2019. Estas informações têm como propósito

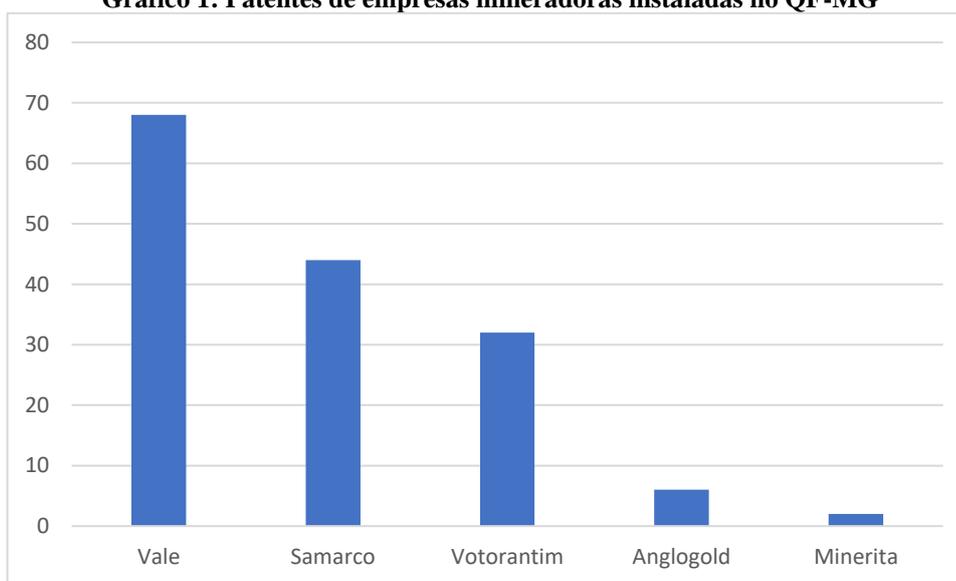
identificar quais os atores mais atuantes dentro do sistema, e quais são os assuntos que mais despertam seu interesse. Esta etapa teve algumas limitações: a primeira, de se identificar patentes que ainda estejam em período de sigilo; neste caso, não foi obtida a informação sobre a natureza do pedido de patente. E a segunda limitação foi o grande número de pedidos concentrados em apenas uma empresa mineradora; neste caso, optou-se pela limitação do tempo de pesquisa, entre agosto de 2015 e agosto de 2019.

Em uma segunda etapa usou-se como referência o documento de trabalho *Technology appropriation and technology transfer in the Brazilian mining sector*, (WIPO 53, 2019), e o documento de trabalho *Mining patent data: measuring innovation in the mining industry with patents*, (WIPO 56, 2019), como subsídios para a análise da dinâmica tecnológica do setor. Os dois estudos se mostraram complementares ao mapeamento de patentes realizado na primeira etapa, permitindo obter dados com maior abrangência sobre o assunto estudado.

Para o levantamento de dados foram usadas palavras-chave “mineração” e “rejeitos de mineração” nos títulos e nos resumos das patentes do INPI. A pesquisa foi limitada ao espaço de tempo de 2015 até 2019. E para o levantamento de patentes das mineradoras, foi adotada a sua razão social no campo depositante da patente.

O Gráfico 1 apresenta as empresas mineradoras instaladas no QF-MG que apresentaram pedidos de patentes junto o INPI, assim como o número total de pedidos de patentes apresentados.

**Gráfico 1: Patentes de empresas mineradoras instaladas no QF-MG**



**Elaborado a partir de dados obtidos em INPI, 2019.**

Ao fazer a busca usando como critério empresas mineradoras depositantes, foram identificados 152 pedidos de patentes para as empresas mineradoras; a Vale é a maior depositante de pedidos de patentes junto ao INPI, com 68 pedidos apresentados entre agosto de 2015 e agosto de 2019. Em segundo lugar, a Samarco apresentou 44 pedidos de patentes. Em terceiro lugar, a Votorantim, atual Nexa, apresentou 32 pedidos de patentes. Em quarto lugar, a AngloGold Ashanti apresentou 6 pedidos, e em quinto lugar, a Minerita apresentou 2 pedidos.

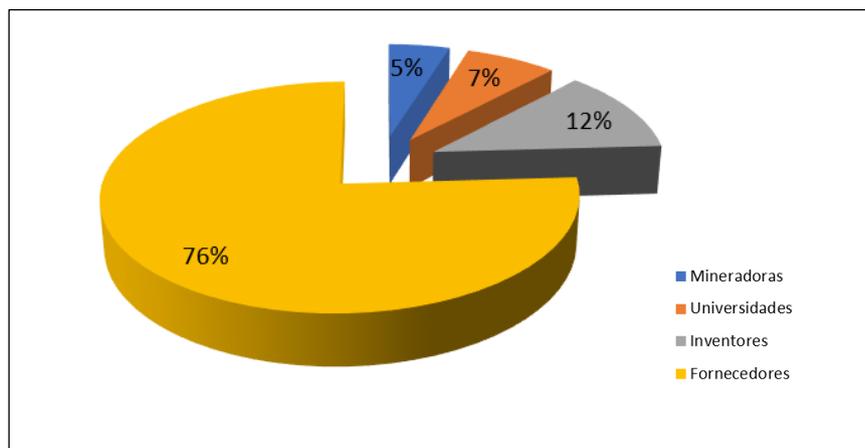
Levando em consideração a participação da Vale como acionista da Samarco, e se considerarmos estas empresas como de um mesmo grupo, teremos 112 pedidos de patentes em um universo de 152 pedidos. Este número representa 73,68% dos pedidos de patentes feitos no país. Este quadro é compatível com o trabalho realizado pela WIPO (2019) sobre os pedidos de patentes das empresas de mineração no Brasil: entre os anos de 2000 e 2015, a partir do qual se observa que a Vale foi a principal mineradora depositante, seguida pela Samarco. Destaca-

se, ainda, que em 2018, a Vale apresentou 24 pedidos de patentes ao INPI e, em 2019, até agosto, já havia apresentado 15 pedidos.

O número de pedidos de patentes sobre rejeitos de minério é pequeno: são apenas cinco pedidos identificados, em um universo de 152 patentes. Deve-se ressaltar uma limitação deste levantamento, que foi a não identificação dos objetos dos pedidos de patentes, que se encontram em período de sigilo.

Foi também realizada uma segunda pesquisa utilizando-se a palavra-chave mineração, no título e no resumo das patentes depositadas no banco de dados do INPI, entre os anos de 2004 e 2019. Foram identificadas 83 patentes contendo o termo mineração, e o gráfico dois apresenta os atores depositantes dessas patentes, assim como o seu percentual de participação.

**Gráfico 2. Atores depositantes de patentes que possuam a palavra mineração no título e no resumo**



**Elaborado a partir de dados obtidos junto ao INPI, 2019.**

Os dados obtidos confirmam a conclusão da WIPO (2019), de que os fornecedores são os principais depositantes de patentes relacionadas à mineração; a novidade foi a identificação do grupo de inventores, como o segundo grupo depositante. As universidades são o terceiro maior depositante, deixando as empresas mineradoras em último lugar.

## 4.2 Nuvem de palavras

A partir do levantamento de patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI que possuem a palavra-chave mineração em seu título e no seu resumo, foi criada uma nuvem de palavras, utilizando-se o software R com o objetivo de avançar na presente análise.

A nuvem de palavras é uma ferramenta usada para se obter uma representação visual da frequência e do valor das palavras relevantes, dentro de um banco de dados. Desta forma, pretende-se mostrar as palavras mais relevantes observadas em títulos e resumos de patentes depositadas no Brasil relacionadas à atividade de mineração.

A Figura 2 apresenta a primeira nuvem de palavras obtida, que foi criada utilizando os títulos das patentes depositadas no INPI.



As palavras materiais (com frequência de 61), invenção (com frequência de 55), sistema (com frequência de 54), processo (com frequência de 52) são as mais relevantes na nuvem. “Rejeito” aparece 41 vezes entre os resumos analisados. Assim como na análise anterior, a palavra “mineração” foi eliminada.

Na nuvem de palavras extraída dos resumos, podemos observar maior relevância da palavra “rejeito”, o que indica que este tema tem recebido alguma atenção de empresas mineradoras, universidades e centros de pesquisa, inventores e fornecedores de peças e equipamentos.

A expansão na geração de rejeitos nos últimos anos (IPEA, 2012), em parte pela elevação da produção das empresas e em parte pelo empobrecimento dos minérios de ferro disponíveis no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, também justifica um possível crescimento nos depósitos de patentes que envolvam este aspecto. Postula-se que o volume de resíduos gerados e que os recentes desastres ambientais e humanos tenham chamado a atenção de empresas mineradoras, empresas fornecedoras, universidades e centros de pesquisa a este respeito.

## 5. Conclusões

A atividade de mineração tem raízes históricas no Estado de Minas Gerais. Possuindo recursos minerais expressivos, este estado construiu um arranjo institucional favorável ao desenvolvimento de um sistema de inovação, gerando habilidades e conhecimentos que permitiram às empresas mineradoras um ganho expressivo de mercado. A presença de diversas organizações cruciais para um sistema de inovação, apresentada neste trabalho, reforça esta afirmação. Porém, o sistema ainda poderia obter avanços: apesar de sua importância econômica e considerando a vocação local para a atividade de mineração (Garcia; Santos; Suzigan, 2020). Nesse sentido, cabe considerar, por exemplo, que não existe um parque tecnológico no Estado de Minas Gerais, dedicado, ainda que parcialmente, para esta atividade econômica.

A apresentação dos atores críticos envolvidos no Sistema de Inovação da Mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais apresenta um panorama representativo da estrutura de C,T&I do setor e da cadeia de mineração instalada no estado. A identificação das empresas de mineração de minério de ferro, através dos critérios adotados, permite visualizar um elevado grau de concentração, dado que apenas uma empresa representa quase 80% do mercado produtor nacional. Se somadas as três maiores empresas, estas representam mais de 90% do mercado de minério de ferro no Brasil. Esta concentração proporciona a estas empresas um poder econômico e financeiro expressivo.

As empresas de mineração de ferro ultrapassaram as fronteiras nacionais, e passaram a atuar globalmente, havendo ainda a participação de empresas multinacionais, como é o caso da Anglo American Mineração de Ferro. Ademais, atores relevantes para o regime tecnológico do setor se encontram localizados majoritariamente em outros países, como é o caso dos principais fornecedores. Desta forma, a discussão sobre o sistema de inovação voltado para a mineração não deve ser limitar exclusivamente a um sistema setorial ou mesmo a um sistema regional de inovação. Sendo assim, um avanço nessa linha de pesquisa deve contemplar a identificação das conexões internacionais do setor e a sua importância para o progresso tecnológico na mineração.

Destaca-se, ainda, o fato de o estado de Minas Gerais não ter conseguido desenvolver e atrair empresas fornecedoras de equipamentos e serviços. Sendo assim, questões locais ficam de lado na agenda tecnológica desses atores que têm determinado a direção do progresso técnico no setor. Desta forma, questões como o aproveitamento de rejeitos gerados por empresas mineradoras de minério de ferro em Minas Gerais não são objeto de atenção dos principais fornecedores de equipamentos e serviços.

Em síntese, o sistema de inovação na atividade de mineração de minério de ferro em Minas Gerais é caracterizado por um grupo pequeno de empresas mineradoras, que atuam em escala

global. Os fornecedores de equipamentos e serviços também possuem estas características, sendo que daqueles selecionados dentro do critério adotado, nenhum está instalado em Minas Gerais.

As demais organizações relevantes para o sistema de inovação já apresentam uma variedade e diversidade, com universidades e centros de pesquisa públicos e privados e órgãos de fomento atuantes, além de associações técnicas, sindicatos e outras organizações. Uma ausência é um parque tecnológico que tenha como atribuição – ainda que de forma geral – prover as empresas mineradoras de inovações, mediante interações entre empresas de mineração, entre as empresas fornecedores de equipamentos e serviços e ainda com a participação de universidades e centros de pesquisa, em interações horizontais e verticais.

Quanto à análise das patentes do setor, observa-se uma concentração de pedidos provenientes de um pequeno grupo de empresas, apenas 11 em um período de 15 anos. A empresa líder Vale S.A. é a maior depositante de pedidos de patentes, com mais de 73% dos pedidos apresentados. No que diz respeito a patentes que envolvem rejeitos de mineração de minério de ferro, esta empresa também é a principal depositante de pedidos de patentes junto ao INPI.

O aproveitamento de rejeitos de mineração de ferro parece estar atraindo o interesse da maior produtora deste bem mineral, assim como de universidades e centros de pesquisa e de inventores. Mas na análise aqui realizada não foi possível identificar a atuação dos fornecedores de equipamentos e de serviços quanto a esse problema tecnológico do setor.

Concluindo, o presente trabalho constatou a presença de um sistema setorial de inovação na mineração em Minas Gerais composto por empresas mineradoras, universidades e centros de pesquisas e outras organizações, que vem ao longo de décadas interagindo e promovendo o desenvolvimento e a aplicação de inovações. Porém, não houve uma capacidade de atração de empresas fornecedoras globais para instalação dentro dos limites do estado de Minas Gerais, através de políticas públicas, no momento oportuno. Esta ausência de fornecedores instalados na região limita o desenvolvimento tecnológico localmente.

## REFERÊNCIAS

- ANM - Agência Nacional de Mineração - **Anuário Mineral Brasileiro – Principais substâncias metálicas, 2018.** versão 1, 35 p., março/2019.
- Asheim, B.; Smith, H. L. - **Regional Innovation Systems: theory, empirics and policy.** Regional Studies, vol.45.7, pp. 875-891, July 2011.
- Cooke, P. - **Regional Innovation Systems, Clusters and the Knowledge Economy.** Industrial and Corporate Change, vol. 10 n.4, pp.44-45, 2001.
- CETEM- Centro de Tecnologia Mineral - 2020. <https://www.cetem.gov.br/> Acesso em 19/04/2020.
- CREA-MG – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais. **Cartilha cadeias produtivas do estado de Minas Gerais.** Alfredo Costa *et al.*, 2017. Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.crea-mg.org.br/images/cartilhas/Cadeias-produtivas-do-estado-de-Minas-Gerais---Web.pdf> Acesso em 23/04/2019.
- FIEMG – 2019 - Federação da Indústrias do Estado de Minas Gerais. **A mineração em Minas.** Disponível em: <https://www.emfrenteminas.com.br/> Acesso em 02/05/2019.
- Freeman, C. - **The national system of innovation in a historical perspective.** Cambridge Journal of Economics, vol.19, pp.5-24, 1995.
- Garcia, R.; Santos, U. P.; Suzigan, W. – **Industrial upgrade, economic catch-up and industrial policy in Brasil: General trends and the specific case of the mining industry.** Nova Economia, v. 30, n. Special Issue. P. 1089-1114, 2020.
- INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial - 2019. <http://www.inpi.gov.br/> Acesso em 19/04/2020.
- Kommimos, N. - **Regional Intelligence: distributed localised information systems for innovation and development.** International Journal of Technology Management, vol. 28, nos3/4/5/6, 483-506, 2004.
- Lundvall, B. - **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning.** 2 ed., Pinter Publishers, London, p. 1-19, 1995.
- WIPO – World Intellectual Property Organization. **Economic Research Working Paper No. 53. Technology appropriation and technology transfer in the Brazilian mining sector.** Blundi, D.; Loureiro, A. C. N. S.; Jorge, M. F.; Lopes, F. V.; Orind, V., 30p., May 2019.
- WIPO – World Intellectual Property Organization. **Economic Research Working Paper No. 56. Mining patent data: Measuring innovation in the mining industry with patents.** Daly, A.; Valacchi, G.; Raffo, J. 62p., May 2019.