

The main results of industry 4.0 on the mineral processing scenery.

Os principais resultados da indústria 4.0 no cenário de processamento mineral.

Diego Rabelo¹, Gabriel Ocreniano², Rodrigo Maciel³, Luana Cardoso⁴,
Hiliane Vitória⁵, Zulmaria Virgínia⁶

¹Universidade Federal do Rio Grande Norte, Natal, Brasil.

ABSTRACT

Industry 4.0 provides major challenges for various productive sectors, combining technology with sustainable factors. In the mineral processing area there are large companies operating in several countries developing patents and concepts within the pillars of industry 4.0. Therefore, this work carried out surveys of patents created in the mineral processing sector and a survey on the behavior of the main global players operating in the national market. Companies like the Brazilian VALE, the Finnish METSO, the German Thyssenkrupp and the Swedish SANDVIK are the players with the highest number of patents at the National Institute of Industrial Property (INPI) in Brazil. The area of Industry 4.0 in which patents are most developed, according to spacenet data, is simulation, artificial intelligence and robotic automation.

Keywords: Mineral Processing, Industry 4.0, patents, players.

RESUMO

A indústria 4.0 proporciona grandes desafios para diversos setores produtivos, aliando tecnologia a fatores sustentáveis. Na área de processamento mineral existem grandes empresas atuantes em diversos países desenvolvendo patentes e conceitos dentro dos pilares da indústria 4.0. Portanto, neste trabalho foram feitos levantamentos das patentes criadas no setor de processamento mineral e uma pesquisa sobre o comportamento dos principais players globais e atuantes no mercado nacional. Empresas como a brasileira VALE, a finlandesa METSO, a alemã Thyssenkrupp e a sueca SANDVIK são os players que com maiores números de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) no Brasil. A área da indústria 4.0 em que mais se desenvolve patentes, segundo dados da spacenet, é a simulação, inteligência artificial e automação robótica.

Keywords: Processamento Mineral, Indústria 4.0, patentes, players.

1. INTRODUÇÃO

A busca incessante pelo bem-estar social, conforto e lucratividade definem bem a caminhada da humanidade nesses últimos anos. Desde a primeira revolução industrial quando surge uma grande demanda por expansão da produção e o transporte em massa da população com as máquinas a vapor, passando depois pela eletricidade, o uso de combustível fóssil e o crescimento em massa do setor automobilístico, após isso com o uso da automação industrial, uso dos robôs em substituição ao homem e por último a indústria 4.0 com seus 9 pilares de destaque, podemos observar a filosofia cíclica da economia global tão destacada por Kondratiev (Prosperidade, Recessão, Depressão e Melhoria).

A indústria mineral acompanha esse comportamento e sempre se destacou na economia nacional sendo responsável, em 2020, por um faturamento de R\$ 209 Bilhões (fonte: Ministério de Minas e Energia), sendo R\$ 72,3 Bilhões em tributos. Possuindo grandes e diversas reservas minerais, o Brasil é linha de frente na produção de matéria prima e desenvolvimento de tecnologias.

O processamento mineral é responsável por transformar a matéria prima crua, natural em um produto comercial que deverá seguir padrões de qualidade, requisitos legais para que seja entregue ao consumidor que irá transformar em produto final (Seja chapas metálicas, para o caso do ferro, manganês, cobre, seja em tinta, gesso, cimento, para o caso de calcitas entre outros). Durante esse processo ocorre a transformação físico-química do mineral-minério a fim de transformá-lo em valor comercial.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tecnologias Habilitadoras 4.0

Se torna necessária e real a implantação dos conceitos da chamada nova revolução 4.0 e seus avanços tecnológicos. Com o mundo cada vez mais conectado e o aumento da demanda por consumo cria-se um novo modelo de relação comercial e de dinâmica econômica.

O setor industrial de processamento mineral tornou-se pioneiro na utilização e desenvolvimento de controles inteligentes, automatizados e sustentável, fazendo parte do conceito da nova revolução.

- BIG DATA: Transportando grandes conteúdos de dados entre continentes.
- REALIDADE AUMENTADA: Construindo protótipos, equipamentos e simulando cenários.
- IMPRESSÃO 3D: Desenvolvimento de peças e acessórios de máquinas.
- NUVEM: Agilizando o processo de compartilhamento da informação e tomadas de ação.
- ROBÔS: Automatização de processos (Principal área de criação de patentes).
- IA: Conceito de dispositivos inteligentes que processam dados e geram informações.

- INTERNET DAS COISAS: Criação de sensores e máquinas que se comunicam.
- CIBERSEGURANÇA: Construção de software, processo de segurança da informação e sistema.
- INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS: Criação de redes de relação entre a operação e a produção.

2.2 O Setor mineral e a economia brasileira

O trabalho de extração de minério está presente no Brasil desde a época dos colonizadores, esse processo tem um papel muito importante de estabilizar os índices de crescimento nacional, tendo por meio disso o investimento e qualificações neste mercado. Contudo, existe uma alta nos preços dos minérios entre janeiro e outubro, as exportações da indústria extrativa registraram alta de 73% em relação a 2020. e com mais demanda que oferta os valores estão aumentando nesses últimos anos.

Além disso, nesse ramo tem atraído muitos investimentos pois tem um bom retorno financeiro. esse setor é um dos mais explorados de todo mundo, portanto os estrangeiros tem um olhar afiado para nosso território, houveram várias expedições exploradoras no nosso país. portanto a mineração tem 5% de participação do PIB do nacional. A receita com negociações de produção e exportação atingiu 70 bilhões de reais (excluindo óleo e gás). Isso significa que o primeiro trimestre de 2021 crescerá 95%. Minério de ferro responde por 70% da receita, ouro por 11%, cobre por 5% e bauxita por 2%. (LEO,2021)

A mineração além de atrair investimento interno e externo, contribui gerando empregos direto e indiretamente, O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), estima que a produção teve dobro de tributos e criou mais de 11 mil novos empregos diretos, 6% a mais do que no 1º trimestre de 2020. essa relação com outra área faz com que a extração de minério seja fonte de empregos, justamente porque fornece matéria-prima para diversos tipos de indústrias. Afinal, o que aconteceria com a indústria de montagem de automóveis se não houvesse materiais como aço, vidro e derivados de petróleo vindos diretamente da indústria de mineração? É essa relação indireta com outras indústrias que faz da mineração uma das principais fontes de geração de empregos. De acordo com um estudo realizado pela empresa de consultoria Pricewaterhouse Coopers sobre fornecedores de equipamentos de mineração em Ontário, Canadá, esta indústria sozinha criou 40,09 milhões de empregos diretos e 27,471 milhões de empregos indiretos, e pagou US \$4,6 bilhões em salários. (RODRIGO,2021)

O presidente do conselho diretor do Ibram, fala que existem três fatores que explicam o avanço do setor, “As principais razões desse aumento substancial no faturamento são o crescimento da China, a alta dos preços no mercado internacional, de uma maneira geral, e a desvalorização do real.”. o brasil é um dos maiores produtores de matéria prima de minério de ferro no mundo.

Nos estados do Pará e Minas Gerais, existe uma grande concentração de produção do produto. O faturamento em Minas Gerais alcançou R\$ 28 bilhões em 2019, isso representa que teve um aumento de 118% em relação ao ano anterior e no Pará teve de R\$ 31 bilhões, representando 94% em 2021. (LEO,2021).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa inclui mapeamento técnico, mapa de mercado e análise do Brasil no contexto do Mercado de tecnologia mapeado no setor de tecnologia relacionada aos Processos de mineração Promotor da indústria 4.0. O mapa técnico é realizado por prospecção na plataforma. O Instituto Europeu de Patentes disponibiliza através do site “espacenet.com” os números de patentes registradas em todo o mundo ao longo do tempo. Essa foi a principal ferramenta utilizada para a realização deste trabalho. Em seguida, usamos os recursos de filtragem da plataforma para verificar quantos registros existem relacionados à habilitação da tecnologia 4.0. Veja a Tabela 1 para as condições utilizadas para a prospecção.

Tabela 1

Setor Produtivo, objeto de análise.	Tecnologias 4.0
Mineral Processing	AND ("Big Data" OR "Big Data Analytics")
	AND "Augmented Reality"
	AND ("3D Printing" OR "Additive Manufacturing")
	AND "Cloud Computing"
	AND ("Advanced Robotics" OR "Autonomous Robots" OR "Robot")
	AND ("Simulation" OR "Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Cognitive Computing")
	AND ("Internet of Things" OR "IoT" OR "RFID" OR "Smart SensOR" OR "Machine to Machine")
	AND ("Cybersecurity" OR "Computer security" OR "Information Technology Security")

Por sua vez, foi criado um mapa de marketing incluindo pesquisas de relatório de mercado:

(1) Identificar os participantes top 10 de marketing na indústria tecnologias processos de mineração.

- (2) Levantar quantos deles estão entre os participantes top 10 Patentes descobertos na exploração tecnológica.
- (3) Qual o valor de Mercado e a movimentação financeira destes participantes.
- (4) Conhecer as principais inovações tecnológicas e suas aplicações promovidas por entidades de marketing.
- (5) Analisar a situação mercadológica no Brasil, levantamentos quantitativos realizados no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).
- (6) Verificar os contratos de transferência de patentes e tecnologia registrados com esta instituição identificando-os se são participantes de mercado e/ou participantes de patentes.

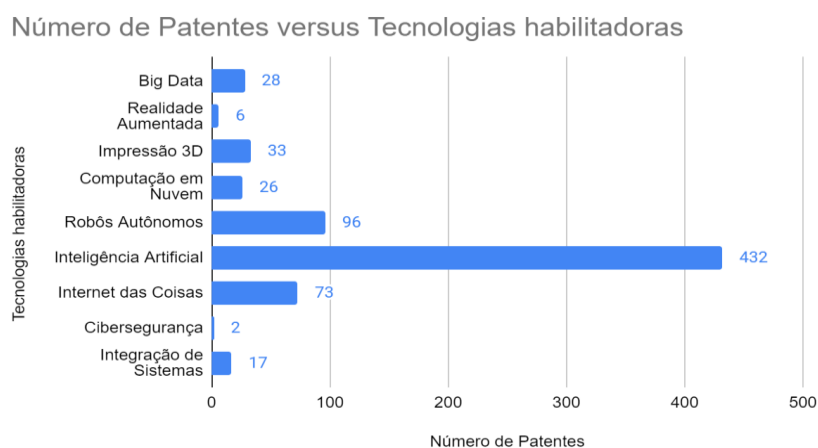
4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Mapeamento Tecnológico:

O mapeamento tecnológico fez um levantamento sobre a quantidade de patentes na área de “mineral processing” (processos de mineração) que existem na plataforma espacenet. A pesquisa foi realizada dia 17/11/2021 e retornou 36.049 patentes registradas entre os anos de 1923 a 2020. Posteriormente, tentamos entender o número de patentes relacionadas à habilitação da tecnologia 4.0, fizemos a análise por país, inventores, ano e requerentes.

Os resultados da ativação da dispersão de patentes de tecnologia são mostrados na Figura 1. Pode-se verificar que nos registros da Espacenet, a inteligência artificial é a tecnologia dominante, com 432 registros. Depois, vem os robôs autônomos com 96 registros, internet das coisas com 73 registros e impressão 3D tendo 33 registros. Outras tecnologias têm 28 ou menos registros.

Gráfico 1 - de patentes por tecnologia habilitadora 4.0

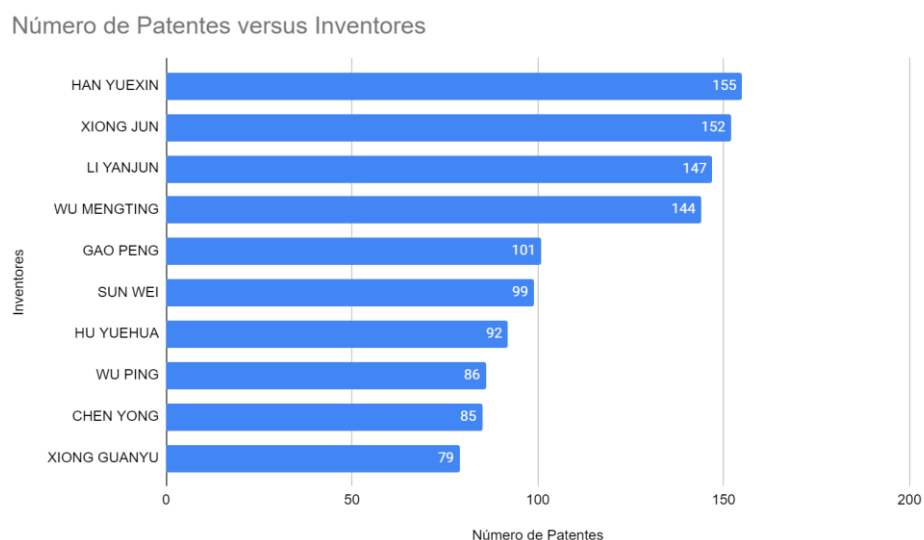


Fonte: Espacenet (2021)

A grande diferença entre o número de patentes relacionadas à inteligência artificial e outras tecnologias pode ser devido a possibilidade que máquinas aprendam com experiências, se ajustem a novas entradas de dados e performar tarefas como seres humanos. A flexibilidade desta tecnologia de suporte permite que a empresa se adapte melhor ao mercado atual.

O número de invenções relacionadas à segurança cibernética é digno de nota. A plataforma Espacenet possui apenas uma patente registrada relacionada a esta tecnologia habilitadora 4.0. Espera-se que haja mais registros, pois as informações geralmente precisam ser protegidas, o que requer recursos da área de segurança de redes na era da tecnologia digital.

Gráfico 2 - Número de patentes por inventores.



Fonte: Espacenet (2021)

A área de Inteligência Artificial já era esperada, pois a tecnologia lidera em número de pedidos de patentes. A presença dos dez maiores inventores sem patentes relacionadas às tecnologias assistivas deve-se a outras tecnologias amplamente utilizadas na área mineração e também à nova Quarta Revolução Industrial, juntamente com inovações relacionadas ao suporte à tecnologia.

Gráfico 3 - Número de patentes vs tempo.

Número de Patentes versus Tempo

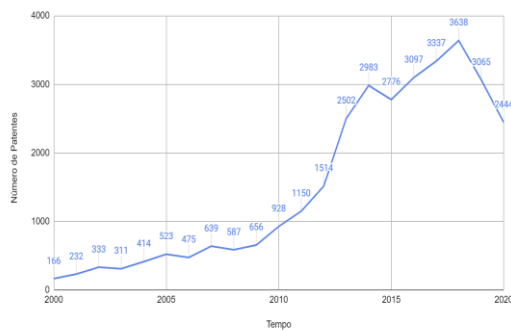
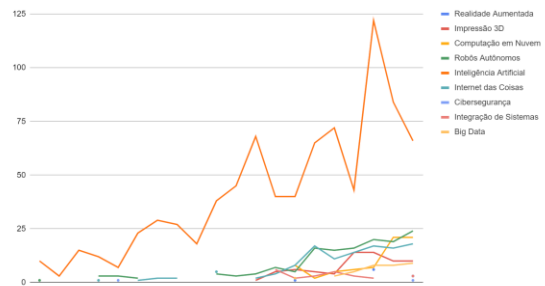


Gráfico 4 - Número de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 vs tempo.

Realidade Aumentada, Impressão 3D, Computação em Nuvem, Robôs Autônomos, Inteligência Artificial...



Fonte: Espacenet (2021)

4.2 Mapeamento Mercadológico:

Em relação ao mapeamento mercadológico no território brasileiro foi identificado, a efeito de estudo, os 10 principais players mercadológicos.

A mineradora de minério de ferro do Brasil com maior representatividade é a Vale. Seu poder de atuação representa 77,79% do mercado nacional de produtores deste bem. Seu papel na inovação é muito importante, em razão de seu tamanho, e da atuação como depositante de patentes e habilitador de tecnologias. Aliado ao fato de ser a maior empresa nesse ramo no mercado nacional, a Vale também emprega sua produção na criação de pelotas, sendo assim, também é consumidora de minério de ferro. Sua atuação passa por seis continentes, estando assim, como maior produtor de pelotas e também entre as maiores produtoras de minério de ferro do mundo. Empresa brasileira, privada, com atuação em mais de 30 países.

A Cia Siderúrgica Nacional (CSN), figura na segunda colocação como maior mineradora de ferro do país, com 5,84% de participação no mercado nacional. A atividade siderúrgica desempenhada por esta empresa, passa também pelo uso de parte da sua produção para uso próprio, com isso, tem o restante destinado ao mercado restante. Como fator diretamente proporcional à sua grandeza, ela fica inserida como segunda maior geradora de rejeitos de minério do Brasil. De maneira parecida à Vale, a CSN possui parcela importante no que tange a inovação, por ser ao mesmo tempo usuária de minério de ferro e fornecedora.

A estação de pesquisa forneceu primeiro os nomes dos dez principais participantes do mercado, os players: BHP Billiton, VALE S.A, Rio tinto, METSO, SANDVIK, Weir Group, Terex, Astec, China Shenhua Energy Company, Thyssenkrupp. Portanto abaixo está descrito graficamente os valores de mercado e as movimentações financeiras no último semestre de 2020.

Tabela 2

Player Mercadológico	Valor de Mercado	Movimentação Financeira
BHP Billiton	US\$ 137,92B	US\$ 29.587B
VALE S.A	US\$ 78,69 B	US\$ 11,239 B
Rio tinto	US\$ 143 B	US\$ 30,93 B
METSO	US\$ 7,129 B	US\$ 1,01 B
SANDVIK	US\$ 271,571B	US\$ 24,72B
Weir Group	US\$ 444 B	US\$ 9,41 B
Terex	US\$ 3,325 B	US\$ 335,80 M
Astec	US\$ 27,124 B	US\$ 172,60 M
China Shenhua Energy Company	US\$ 63,50 B	US\$ 22,69 B
Thyssenkrupp	US\$ 6,58 B	US\$ 1,88 B

Fonte: br.tradingview.com

A análise aplicada foi buscar os players que são top 10 na área, fazendo uma detalhamento do valor e movimento por um período de tempo. podemos ver no gráfico que esse setor tem um grande movimento de dinheiro e investimentos as grandes empresas conseguem movimentar grande parte do capital sendo responsável por 11% do país.

4.3 Perspectivas para a mineração e seus processos no Brasil

Um dos grandes desafios da atividade de mineração no Brasil é sem dúvida aliar o processo produtivo a um sistema sustentável que respeite o meio ambiente e a sociedade. Apesar de todo crescimento já destacado nesses últimos anos tivemos grandes desastres envolvendo a atividade e que acarreta, além do impacto humanitário e ambiental, a desvalorização do produto final.

Outro grande desafio é a implantação de tecnologias 4.0 em seus processos. Será bastante decisivo a utilização de recursos cada vez mais sofisticados para que se tenha sucesso em sua operação. Muitas mineradoras no Brasil ainda não contam com recursos automatizados ou com um bom processamento de dados.

O número de patentes criadas na área de Inteligência Artificial, destacada na tabela 3, demonstra um foco maior no desenvolvimento de sistemas automatizados e que possam tratar dados e gerar informações importantes para a gestão de seus recursos, saber o momento exato em que uma máquina precisará de manutenção e

corrigir certas falhas operacionais através de sensores com certeza é um diferencial entre os players atuantes nesse mercado.

Em dezembro de 2017 foi criado no Brasil a ANM (Agência Nacional de Mineração), após várias discussões sobre o marco regulatório da mineração, a fim de criar mecanismos legais, tributários e normativos para a organização da atividade. Essas ações geram mais confiança ao investidor e qualidade de vida para a sociedade.

Para entender a situação da tecnologia em processos de mineração no Brasil, foi realizada uma pesquisa sobre o número de patentes e contratos de transferência de tecnologia registrados no INPI por participantes do mercado e participantes de patentes. Veja na tabela a seguir.

Tabela 3

Player Mercadológico	Número de Patentes depositadas no INPI	Número de Contratos de Transferência de Tecnologia Averbados pelo INPI
BHP Billiton	64	2
VALE S.A	406	403
Rio tinto	65	1
METSO	501	30
SANDVIK	534	55
Weir Group	13	0
Terex	27	0
Astec	8	0
China Shenhua Energy Company	0	0
Thyssenkrupp	638	108

Fonte: br.tradingview.com

Os dados que foram encontrados mostram quantidade pequena de registro feito no país, sendo que a Thyssenkrupp com o maior número de patentes registrada na última década, e Astec em contra partida é a que tem o menor número de patentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no mapeamento técnico mostram que uma grande quantidade de patentes registradas no setor de processamento mineral, registradas na plataforma Espacenet, estão ligadas às tecnologias habilitadoras “Inteligência Artificial”, “Robôs Autônomos” e “Internet das coisas”. Isso é resultado da migração entre os ciclos das revoluções industriais, saindo de um movimento de automação e entrando em sistemas inteligentes da indústria 4.0.

É importante destacar o forte crescimento do número de registros de patentes na última década, representando 76%. Ao lidar com a associação entre registros e habilitação de tecnologia 4.0, o mesmo comportamento: quase nenhum registro ou crescimento nos últimos dez anos.

Outro dado interessante é que a China representa 65% de todas patentes registradas no setor de processamento mineral. Em segundo lugar vem os EUA com 8%. A China vem se destacando mundialmente pelo crescimento econômico, produtivo e intelectual, tendo como responsável também desta pesquisa o maior número de inventores. As universidades Chinesas “Kunming Science & Tech”, “Central South”, “Northeastern”, “China Mining”, são requerentes de 25% das patentes, dentre diversos outros institutos Chineses. Quando analisamos de maneira geral todos indicadores desse país podemos concluir que o crescimento de uma sociedade se passa primordialmente pelo investimento em educação, ciência e tecnologia.

Apesar do Brasil estar atrás de outros países na corrida pelo avanço tecnológico, temos um grande potencial exploratório e somos promissores pela diversidade de recursos naturais, pelo tamanho e geografia. As Revoluções Industriais tiveram um grande significado no desenvolvimento e bem estar social da humanidade e mais do que nunca esse é o momento certo de revermos nossa cultura de consumo e de impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

ONDAS de Kondratiev, Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre. disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ondas_de_Kondratiev . Acesso: 07/12/2021

DESEMPENHO do setor mineral em 2020 supera expectativas, Ministério de Minas e Energia (MME), Publicado em 19/02/2021 as 19h06, disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/02/desempenho-do-setor-mineral-em-2020-supera-expectativas>
Acesso: 04/12/2021

DOS SANTOS, Rodrigo César de Vasconcelos. Contribuição do setor mineral no produto interno bruto Brasileiro, 2021. Disponível em : http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10606/1/Radar_65_contribuicao_setor_mineral.pdf#:~:text=setor%20mineral%20%28SM%29%20brasileiro%20%C3%A9%20um%20segmento%20importante,no%20PIB%20%C3%A9%20respectivamente%20de%203%2C190%25%20e%203%2C182%25. Acesso: 10/12/2021

INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) / Patentes
Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>. Acesso: 27/11/2021

NOVO Marco Regulatório de Mineração traz transparência e mais segurança jurídica para o segmento. Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB), 2018. Disponível em: <http://fieb.org.br/Noticia/6242/novo-marco-regulatorio-de-mineracao-traz-transparencia-e-mais-seguranca-juridica-para-o-segmento.aspx> . Acesso: 10/12/2021

CARMIGNANO, Ottavio Raul Domenico Riberti, UFMG, Principais empresas de mineração do Brasil. 2020. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/04/T-60-Ottavio-Raul-Domenico-Riberti-Carmignano.pdf>. Acesso em 09/12/2021.