

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

HANNA LOBO LEITE BHERING SILVEIRA

**A INTERAÇÃO DAS EMPRESAS MINERO-METALÚRGICAS COM AS
UNIVERSIDADES NO BRASIL**

Belo Horizonte

2019

Hanna Lobo Leite Bhering Silveira

**A INTERAÇÃO DAS EMPRESAS MINERO-METALÚRGICAS COM AS
UNIVERSIDADES NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Márcia Siqueira Rapini

Co-Orientador: Prof. Dr. Ulisses Pereira dos Santos

Belo Horizonte

2019

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter me colocado em uma família e pessoas tão fantásticas nessa minha trajetória.

Aos meus pais, Rúbia e Wilmar, por não medirem esforços para qualquer coisa que proponho em minha vida. Por não só me apoiarem em todos os momentos, mas irem junto comigo, caminhando sempre juntos, com a “família unida”. O meu agradecimento e admiração são eternos.

À toda a minha família e às segundas famílias, Calado e Pena, por estarem sempre torcendo por mim, me auxiliando a superar os obstáculos, me orgulho por ter vocês ao meu lado. Em especial às minhas vovós, por serem inspiração para mim.

Ao João, por acompanhar de perto e me ajudar nas lutas diárias, nas ansiedades e ser companheiro em todas as horas.

Agradeço à professora Márcia Rapini pela orientação e por ter me apoiado, mesmo com todos os obstáculos, nessa dissertação. Ao professor Ulisses dos Santos, por ter sido incansável e feito desse projeto realidade. Muito obrigada por terem compartilhado o conhecimento, contribuindo para a realização deste trabalho.

Aos professores do Cedeplar por me proporcionar um alto nível acadêmico e por terem contribuído no meu crescimento como economista. E aos colegas que me auxiliaram na concretização desta dissertação.

Aos amigos, que estiveram comigo, por terem aturado minhas reclamações, minhas ausências, pela torcida e por terem ajudado de inúmeras formas a não desistir. Em especial à Aline, por me ajudar na vida em BH; à Aline e Ju, por serem meu trio nas aulas; Bianca, por compartilhar as loucuras do dia-a-dia; aos “CarnaPrincess”, pelos momentos; ao Lucas, pela presença constante; à Lu, por até ter virado noites e me ajudado em mil correções; ao Marco, por ter dividido sua família comigo e os dilemas do mestrado; ao Michel e Raquel, por vivenciar esse processo comigo e pelas inúmeras dicas; ao Trio de Quatro, por estarem a vida toda ao meu lado.

A Cáritas por me possibilitar concluir essa etapa, pelo auxílio e carinho nos últimos meses.

Para vovó Lygia e vovó Inhazinha

RESUMO

A presente dissertação apresenta o setor minero-metalúrgico, bem como sua interação com as universidades brasileiras. Este setor é muito importante para a economia brasileira, representando, em 2015, cerca de 10,95% do PIB industrial (IBGE, 2017). Para compreendê-lo de forma mais eficaz é feita uma análise do Sistema Setorial de Inovação, abordando o conhecimento e domínio tecnológico, atores e redes e legislação e políticas para alavancar o setor. Assim, a partir dos anos de 1990, mudanças setoriais significativas aconteceram, com a privatização das principais empresas e com o fortalecimento da China como parceiro comercial brasileiro. Em consequência disso, houve um enfraquecimento do setor de metalurgia, pela concorrência, e um impulso na mineração, pela demanda externa. O objetivo do trabalho é observar como as características da firma influenciam as interações com a universidade. Para alcançá-lo, primeiramente, foi feita uma análise descritiva dos dados do Diretório dos Grupos Pesquisas (DGP) do CNPq e dos microdados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), referentes aos anos de 2006 e 2016. Com isso, verificou-se que o perfil das interações das minero-metalúrgicas com as universidades foi de ter maior relacionamento com os grupos de engenharia, além de utilizarem mais frequentemente as formas de remuneração de transferência de recursos financeiros, insumos materiais e fornecimento de bolsas. Além disso, as minero-metalúrgicas estão contratando mais profissionais com mestrado e doutorado. Ao longo do tempo, as empresas passam a interagir mais com as universidades e aquelas que possuem funcionários com grau de escolaridade mais elevado são mais interativas. Posteriormente, é utilizada a metodologia de análise de correlação canônica para compreender a relação entre as características das empresas, como o grau de escolaridade de seus funcionários e o tamanho da firma, e os tipos de interação, assim como a magnitude e a representatividade dessas variáveis dentro desses grupos. Dessa forma, observa-se que os objetivos iniciais dos principais institutos de pesquisa estão sendo atingidos, pois estes têm contribuído com mão de obra qualificada, pesquisa, aprimoramento e adaptação de tecnologias, projetos e o fomento do setor, como um todo. Então, a pesquisa de longo prazo passou a ser mais significativa, no decorrer do tempo, uma vez que houve um aumento da concorrência externa e as empresas são voltadas para exportação. Através disso, cria-se uma maior interdependência entre os grupos de variáveis, por haver a necessidade de mais funcionários qualificados, que consigam estabelecer um fluxo entre as empresas e seus parceiros.

Palavras Chave: Interação universidade-empresa; Sistema Setorial de Inovação; Minero-metalurgia; Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq.

ABSTRACT

The present dissertation presents the mining-metallurgical sector, as well as its interaction with Brazilian universities. This sector is very important for the Brazilian economy, representing in 2015, about 10.95% of the industrial GDP (IBGE, 2017). To understand it more effectively, an analysis of the Sectorial System of Innovation is made; approaching the technological knowledge and realm, actors and networks, and legislation and policies to leverage the sector. Therefore, from the 1990s, significant sectoral changes happened, with the privatization of the main companies and the strengthening of China as a trading partner to Brazil. As a result, there was a decline in the metallurgy sector, due to competition, and a boost in the mining sector, due to external demand. The aim of this work is to observe how the firm characteristics have influence in the interactions with the university. In order to reach it, a descriptive analysis of the CNPq Research Group Directory (DGP) and the Annual Social Information Relation (RAIS) microdata was made, referring to the years 2006 and 2016. Consequently, it was verified that the profile of mining-metallurgical interactions with the universities was having a greater relationship with engineering groups, as well as the use of forms of remuneration of financial resources transference, material inputs and the supply of scholarships. Furthermore, the mining-metallurgists are hiring more professionals who have masters and doctorates. Over time, companies begin to interact more often with universities and those with a higher level of employee education are more interactive. Subsequently, the methodology of canonical correlation analysis is used to understand the relationship between the company's characteristics, like the degree of education of its employees and the size of the firm, and the interaction types, as well as the magnitude and representativeness of these variables within these groups. In this way, it is observed that the initial objectives of the main research institutes are being reached, as they contribute to qualified workforce, research, improvement and adaptation of technologies, projects and the promotion of the sector as a whole. Then, the long-term research became more significant over time, once there was an increase in the external competition and the companies are export-oriented. Through this, a greater interdependence between groups of variables is created, since there is a need for more qualified collaborators, who can establish a flow between the companies and their partners.

Keywords: University-company interaction; Sectorial System of Innovation; Mining-metallurgy; Research Groups Directory of CNPq.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2.SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO NO SETOR MINERO-METALÚRGICO	16
2.1- Conhecimento e Domínio Tecnológico	19
2.1.1- Mineração.....	19
2.1.2- Metalurgia	22
2.2- Atores e Redes	24
2.2.1- Instituições de ensino e pesquisa.....	25
2.2.2- Outras instituições	31
2.3- Legislação e Política	33
2.3.1- Legislação mineraria	33
2.3.2- Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e Política Brasil Maior (PMB) ..	34
3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO SETOR MINERO-METALÚRGICO	35
3.1-Início da atividade minero-metalúrgica até o século XX	36
3.1.1- Primeiros movimentos da cadeia minero-metalúrgica	36
3.1.2- Avanço da cadeia durante a substituição de importações	38
3.2 – A Privatização das Empresas Minero-Metalúrgicas	43
3.3- Inovações no Setor de Metalurgia	51
3.4- O setor minero-siderúrgico atualmente no Brasil	59
3.5- O Efeito China Sobre o Setor Minero-Metalúrgico	64
4- BASE DE DADOS: UMA ANÁLISE DOS DADOS DE 2006 E 2016	70
4.1- O Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq	71
4.1.1- DGP: evolução histórica	71
4.1.2- DGP: Censos 2006 e 2016	73
4.1.3- Análise da base de dados.....	76
4.2 – Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)	85
4.2.1- Uma análise dos dados da RAIS em 2006 e 2016.....	85
5-ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA NA INTERAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA.....	92
5.1- Interação Universidade-Empresa	92
5.2- Correlação Canônica	94
5.3- Testes	97
5.4- Variáveis Utilizadas	98
5.5- Correlação Simples	100

5.6- Testes de Inferência de Correlação Canônica	103
5.7- Carga Canônica	104
5.8- Medidas de Redundância	111
6- CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE I	123

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Preço do minério de ferro, em dólares americanos por tonelada métrica, durante o período de 2006 e 2016.....	68
--	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto e suas principais contribuições para o setor minero-metalúrgico, séculos XIX e XX	25
QUADRO 2- Demais instituições do setor minero-metalúrgico.....	29
QUADRO 3 - Privatização das empresas do setor minero-metalúrgica	43
QUADRO 4 - Classificação das dez maiores indústrias minero-metalúrgicas em 2016.....	47
QUADRO 5- Tipos de Relacionamento.....	73
QUADRO 6- Tipos de remuneração	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Taxa de inovação das empresas metalúrgicas e das indústrias brasileiras, entre 2006 e 2014.....	51
TABELA 2- Principal responsável pelo desenvolvimento de produto e/ou processo nas metalúrgicas que implementaram inovação, entre 2006 e 2014.....	52
TABELA 3- Porcentagem do valor do dispêndio relacionado à atividade inovativa sobre o valor da receita líquida das vendas das metalúrgicas, entre 2006 e 2014.....	53
TABELA 4- Porcentagem de metalúrgicas que implementaram inovações no Brasil, por fontes de informação empregadas, sobre o total entre 2008 e 2014.....	55
TABELA 5- Porcentagem das metalúrgicas que implementaram inovações com relações de cooperação com outras organizações, de 2008 a 2014.....	56
TABELA 6- Porcentagem das metalúrgicas que implementaram inovações com importância alta do impacto causado, de 2008 a 2014.....	58
TABELA 7- Produção, em valores de R\$1000, dos setores de mineração (07 e 08 da CNAE) e metalurgia (24 da CNAE) referentes aos anos de 2006 a 2015, deflacionados com deflator implícito do PIB, ano base 2006.....	59
TABELA 8 - Número de vínculos empregatícios dos setores de mineração (07 e 08 da CNAE) e metalurgia (24 da CNAE) referentes aos anos de 2006 a 2016	60
TABELA 9 - Valor da Transformação Industrial, em mil reais, nos setores de mineração e metalurgia, no período de 2007 a 2015, deflacionados com deflator implícito do PIB, ano base 2006.....	61
TABELA 10 - Valor (em US\$ FOB) e volume líquido (em toneladas) das exportações, de produtos da mineração e metalurgia, entre 2006 e 2016, deflacionados com CPI, ano base 2006.....	62

TABELA 11 - Participação do mercado chinês na pauta de exportações brasileiras, nos setores de mineração e metalurgia, durante os anos de 2006 e 2016.....	66
TABELA 12 – Balança comercial brasileira com a China, em US\$ FOB, nos setores de mineração e metalurgia, durante os anos de 2006 e 2016, deflacionados com CPI, ano base 2006.....	67
TABELA 13- Série histórica do número de instituições, de grupos e linhas de pesquisa do DGP.....	71
TABELA 14- Número de interações, grupos de pesquisa e empresas do setor minero-metalúrgico do DGP, Censos 2006 e 2016.....	76
TABELA 15- Número de grupos de pesquisa que cooperaram com e as empresas do setor minero-metalúrgico por grande área do conhecimento, em 2006 e 2016.....	77
TABELA 16- Número de relacionamentos por tipo entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico, em 2006 e 2016.....	79
TABELA 17- Frequência das formas de remuneração entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico, em 2006 e 2016.....	83
Tabela 18 – Número de empresas minero-metalúrgicas com funcionários doutores, mestres e com educação superior completa, que interagiram com universidades, em 2006 e 2016.....	86
Tabela 19 – Número de funcionários doutores, mestres e com educação superior completa, nas empresas minero-metalúrgicas que interagiram com universidades, em 2006 e 2016.....	88
Tabela 20 –Empresas no setor minero-metalúrgico que interagiram com universidades, distribuição por porte, em 2006 e 2016.....	89
TABELA 21- Média de interações por empresa minero-metalúrgico, de acordo com porte, no setor, em 2006 e 2016	90
TABELA 22: Correlação entre as variáveis padronizadas do grupo 1 e do grupo 2, base 2006.....	100
TABELA 23: Correlação entre as variáveis padronizadas do grupo 1 e do grupo 2, base 2016.....	102
TABELA 24- Testes de correlação canônica, base de dados de 2006 e 2016.....	103
TABELA 25- Cargas canônicas, base 2006	104
TABELA 26- Cargas canônicas , base 2016.....	107
TABELA 27- Medidas de Redundância.....	110

LISTA DE SIGLAS

ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, de Materiais e Mineração
ACESITA - Aços Especiais Itabira
AÇOMINAS - Aço Minas Gerais
ADTEN - Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional
ALBRAS - Alumínio Brasileiro S. A.
ALCAN - Aluminium Limited of Canada
ALUNORTE - Alumina do Norte do Brasil S. A.
BOVESPA - Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEA -Fundo de Participação Acionária dos Empregados da Açominas
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
CNAE - Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas)
CNPJ – Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COSIM - Companhia Siderúrgica de Mogi das Cruzes
COSIPA - Companhia Siderúrgica Paulista
CPGEM - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSN- Companhia Siderúrgica Nacional
CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão
DGP - Diretório dos Grupos Pesquisas
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
EBAPE- Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas
FGV - Fundação Getúlio Vargas
FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração
IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços
ICOMI - Indústria e Comércio de Minérios S. A.
IUM - Imposto Único sobre Minerais
MME - Ministério de Minas e Energia

NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul)
P&D- Pesquisa e Desenvolvimento
PDP - Política de Desenvolvimento Produtivo
PINTEC - Pesquisa de Inovação
PMB - Política Brasil Maior
PMI- Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo
PMT - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
RAIS - Relação Anual de Informações Sociais
SIDERBRÁS - Siderurgia Brasileira
SME - Sociedade Mineira de Engenheiros
SSI- sistema Setorial de Inovação
UFMG- Universidade Federal de Minas Gerais
UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFV -Universidade Federal de Viçosa
USIBA - Usina Siderúrgica da Bahia
USIMINAS- Usinas Siderurgicas de Minas Gerais S.A
VTI -Valor da Transformação Industrial

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação apresenta o setor minero-metalúrgico, bem como sua interação com as universidades brasileiras. É importante destacar que este setor é muito importante para a economia brasileira, prova disso é que em 2015, a mineração representou R\$117,9 bilhões da produção brasileira e a metalurgia R\$165,07 bilhões (IBGE, 2017). Eles representam juntos cerca de 10,95% do PIB industrial.

Assim, Katz (2014) considerou o Brasil como um dos principais participantes do mercado minerador, pois o país possui reservas, produções crescentes e uma grande demanda mundial. O país ainda ocupa uma posição estratégica no setor, sendo o maior exportador global de nióbio e minério de ferro, o segundo maior em bauxita e manganês, e terceiro em grafite (IBRAM, 2010).

Bravo-Ortega e De-Gregorio (2007) destacam que a comercialização desses recursos naturais gera crescimento econômico nos países que possuem um nível acima de um patamar e que a quantidade desses recursos tem correlação positiva com a renda, o que significa um ganho de bem-estar, demonstrando a importância econômica dessa atividade para o país.

Além disso, a indústria metalúrgica tem alta relevância para o Brasil, uma vez que torna o país o 5º maior exportador líquido de aço do mundo. Assim, está sendo uma empresa fornecedora de insumos básicos e estando no início da cadeia produtiva, seu desempenho reflete nas demais indústrias e com isso, uma inovação nesse setor reflete na economia (SILVA, 2011).

Com a entrada da China e o estreitamento dos laços comerciais com o mercado brasileiro, principalmente a partir de 2009, o setor de metalurgia foi afetado pela concorrência, uma vez que foram criados planos como o “*China’s 2005 Steel and Iron Industry Development Policy*”, para fomentar os setores de aço e ferro. De outra forma, a mineração teve incentivo ao crescimento pela demanda externa.

Para se tornarem mais competitivos e atenderem às expectativas do mercado, várias medidas deveriam e foram tomadas no âmbito da pesquisa e do desenvolvimento (P&D). Então, para a implementação destas inovações e aquisições de conhecimentos, a empresa, normalmente, não realiza esses processos isoladamente. Assim, há interações

com consumidores, fornecedores, institutos de pesquisa, universidades e outras instituições, públicas ou privadas (CASTRO et al., 2010).

Dessa forma, surge o conceito de sistema setorial de inovação, em que as instituições têm como objetivo desenvolver, produzir bens de consumo, gerar e utilizar tecnologias setoriais, além de construir elementos para o fomento do setor (CÂNDIDO, 2013). Para melhor compreender este sistema, é importante entender como se deu a trajetória tecnológica e das instituições, pois estes aspectos influenciarão a forma com que o sistema se comportará em um período futuro (NELSON, 2006).

Assim, esse sistema pode relacionar de duas maneiras: “através de processos interativos e de cooperação no desenvolvimento de tecnologia em nível do setor de atuação e através de processos de concorrência de atividades inovadoras mercadológicas.” (CÂNDIDO, 2013, p.7). Então, a pesquisa acadêmica auxilia na obtenção de novos conhecimentos para as empresas, representando insumos importantes para esforços inovativos empresariais (GARCIA; RAPINI; CÁRIO, 2018).

Nesse sentido, a literatura vem avançando no sentido de aprimorar e fortalecer esse tipo de interação. Em um estudo feito por Rapini et al. (2017) ilustra que uma das barreiras para a interação universidade-empresa é a escassez de funcionários com alta qualificação. Além disso, Lazonick (2005) afirma que essas condições sociais determinam, ademais de outros fatores, como o aprendizado é sustentado e a forma com que os atores interagem.

Assim, o principal objetivo deste trabalho é observar como as características da firma influenciam as interações com a universidade. Para isso, será feita uma análise descritiva dos dados do Diretório dos Grupos Pesquisas (DGP) do CNPq e dos microdados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), referentes aos anos de 2006 e 2016, com o objetivo de analisar mudanças que teriam ocorrido em uma década.

O Censo dispõe de informações sobre as interações realizadas entre o setor produtivo e os grupos de pesquisa, no que diz respeito ao tipo de relacionamento, remunerações e qual é a área desses grupos. Já a RAIS, apresenta os dados sobre a atividade trabalhista no Brasil, como a quantidade de funcionários das empresas bem como o grau de escolaridade destes.

Além disso, será feita uma correlação canônica. Este é um método que auxiliará na compreensão de qual a magnitude e quais os tipos de interação estão associados às características das empresas e como essas características influenciam a interação das empresas minero-metalúrgicas com as universidades. Para isso, são feitas combinações lineares, para cada grupo de variáveis, com a finalidade de maximizar as correlações possíveis entre os grupos.

Portanto, este trabalho é dividido em seis capítulos ademais desta introdução. O segundo capítulo descreve o sistema setorial de inovação da mineração e da metalurgia no Brasil. Assim, o estudo é realizado através de três principais eixos: conhecimento e domínio tecnológico, atores e redes e políticas e legislação. No terceiro capítulo é apresentado o contexto histórico e a trajetória do setor minero-metalúrgico, do século XVI até atualmente. Além disso, ilustra o efeito da China sobre essas atividades. Já no capítulo 4 é feita uma análise descritiva a respeito das duas bases de dados utilizadas: DGP do CNPq e a RAIS. No capítulo 5 é utilizada a análise de correlação canônica. Com isso são analisados os principais resultados do modelo através das correlações, cargas canônicas e o índice de redundância. No sexto capítulo é feita uma conclusão sobre os principais resultados alcançados na pesquisa.

2. SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO NO SETOR MINERO-METALÚRGICO

O Sistema Setorial de Inovação (SSI) é formado por um conjunto de agentes heterogêneos que realizam interações de mercado e não mercado. Estes indivíduos e instituições têm como objetivo criar e empregar tecnologias (novas e estabelecidas) para gerar, produzir e utilizar produtos (novos e estabelecidos) pertencentes a um setor (MALERBA, 2002). Entretanto, estes produtos não são o foco principal do Sistema, uma vez que no processo de inovação está em constante transformação e co-evolui ao longo do tempo, buscando exercer diversas atividades para atender uma demanda existente ou emergente (MALERBA, 2004).

Esses processos de transformação podem ser classificados como: quebra de paradigma, em que há a criação de diversas tecnologias, produtos, firmas e organizações, ou seja, algo totalmente novo; e replicação, que dá continuidade ao processo ou há uma seleção, em que só continuam os melhores para o mercado, desestimulando a ineficiência dos recursos (MALERBA 2002, 2003).

Esse conceito de SSI pode ser utilizado para diversas finalidades, dentre elas a de analisar as diferenças e as semelhanças entre os setores no âmbito da estrutura, da organização e dos limites. Além disso, a partir dessa noção, há uma melhor compreensão do trabalho, da dinâmica e da transformação desses setores. O SSI ajuda a reconhecer as características que influenciam na inovação, no desempenho comercial, na competitividade internacional de empresas e nos diferentes setores. Com isso, o SSI também contribui para o desenvolvimento e novas indicações de políticas públicas (MALERBA, 2003).

Para analisar e comparar a dinâmica e as fronteiras de um SSI é preciso, em um primeiro momento, identificar as diferentes dimensões, que podem ser divididas em três eixos. Assim, eles são: a base de conhecimento e os processos de aprendizado, os atores, suas redes e as instituições e as políticas e demais normas relativas ao setor (MALERBA, 2004).

O primeiro eixo está relacionado à transformação no setor, ao longo do tempo, na qual as alterações do conhecimento e da aprendizagem geram importantes mudanças nas organizações e nas características de P&D. Dessa forma, analisa-se também a questão do limite setorial, que geralmente mudam com o tempo.

Então, as fronteiras (limites) dos SSIs não são definidas por sua localização geográfica, mas sim por características econômicas e estruturais semelhantes na área em que as empresas atuam. Elas são determinadas através de *links*, *inputs* e demandas, que podem sofrer constantes mudanças e tem em comum o mercado, a cadeia produtiva, dentre outros atributos que as fazem ter vínculos inovativos intra e intersetoriais.

Além disso, Malerba entende que os padrões da evolução industrial são ditos a partir de características impostas pelos processos de aprendizado, mas que ainda dependem da natureza da base de conhecimento, que é base para a tecnologia de determinado setor.

O segundo eixo engloba os grupos de atores e seus papéis nos SSIs, bem como as instituições que fomentam o setor (PFITZNER, 2014). Elas objetivam a criação de leis, políticas, procedimentos e normas para permitir o melhor relacionamento entre os atores e as redes, garantindo a integração via mercado ou não.

Os atores são indivíduos e organizações heterogêneas em vários níveis de agregação, com processos de aprendizagem específicos, competências, estrutura organizacional,

crenças, objetivos e comportamentos. Eles interagem através de processos de mercado, que são de troca e competição, e extramercado, sendo caracterizado por cooperações formais e interações informais, entre firmas ou entre firmas e organizações. São exemplos de atores: os consumidores, empreendedores, cientistas, produtores e universidades (MALERBA, 2002).

O terceiro eixo expõe as principais políticas e diplomas legais relacionados ao setor. As instituições moldam essas normas, assim como as interações, rotinas, hábitos comuns e práticas. Estas são capazes de influenciar a geração e aquisição de novas tecnologias, a organização da inovação e a produção no nível setorial (MALERBA 2004).

Portanto, o sistema setorial de inovação possui base de conhecimento, tecnologias, insumos e demandas que podem ser utilizados para descrever a dinâmica, os limites, a estrutura, as principais características e a transformação dos setores. Tal sistema também é capaz de identificar os fatores que afetam a inovação nos âmbitos nacionais e internacionais e que fazem com que aquele produto seja diferenciado no mercado (MALERBA, 2003).

Os SSIs dos setores de mineração e metalurgia, no Brasil, foram estudados por Pfitzner (2014) e Silva (2011), sendo que o primeiro trabalho faz uma comparação do SSI brasileiro com o do Canadá, da Alemanha e da Austrália, por meio de uma análise dos três eixos instruídos por Malerba (2003). A autora avalia o macroambiente a respeito do conjunto de estruturas, processos e ferramentas de gestão da inovação, em relação ao microambiente.

Pfitzner (2014) ilustra que o SSI brasileiro de mineração produz poucas patentes se comparado aos demais países. Apesar do Brasil ser um grande exportador, ele não gera capacidade tecnológica. No entanto, o país ainda investe pouco quando comparado a outros países de menor tamanho. Por isso, a autora propõe um sistema mais denso, sendo que essa proposta deveria ser incluída em um projeto de Estado. Dessa forma, haveria uma melhor articulação entre os grupos de atores, apresentariam uma base produtiva e C, T & I internalizada na cadeia de valor do país, entre outros fatores.

Já Silva (2011) se propõe a descrever o perfil inovativo da indústria de metalurgia básica, que se caracteriza como uma indústria de baixa intensidade tecnológica. De

acordo com a autora, o setor apresentou grande interatividade com os grupos de pesquisa do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, no Censo de 2008.

Silva (2011) observa que, pela concentração do mercado metalúrgico, esse setor apresenta elevados esforços inovativos e desempenho inovador. Em relação às interações com universidades e institutos de pesquisa, essas empresas são sempre inovadoras e mantêm atividades contínuas de P&D. Contudo, esse tipo de cooperação não substitui as atividades internas, mas tendem a complementá-las.

Ademais desta introdução o capítulo está dividido da seguinte maneira de forma a caracterizar o SSI minero-metalúrgico no Brasil. A seção 1.1 é relativa ao conhecimento e ao domínio tecnológico e por isso foi feita uma descrição das cadeias produtivas, uma análise de onde e como acontecem as inovações tecnológicas, o porquê de estarem inovando e como se apresentou o desempenho daquele setor. Já na seção 1.2, foram estudados os atores e as redes, ou seja, houve uma pesquisa e caracterização das principais instituições de ensino e pesquisa e dos organismos governamentais e associações. Por último, na seção 1.3, foi levantada a legislação mineraria e as Políticas Industriais recentes, sendo a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e o Plano Brasil Maior (PMB).

2.1- Conhecimento e Domínio Tecnológico

2.1.1- Mineração

A mineradora é uma indústria de extrativismo mineral que extrai e beneficia os minerais que estão em seu estado natural. Essa atividade modifica os minérios com o objetivo de torná-los comercializáveis, sem que haja alterações irreversíveis em sua condição primária (MESQUITA ET AL., 2016). Esse setor pode ser dividido em duas principais áreas.

De acordo com a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE), a extração de minerais metálicos (CNAE 07) pode ser realizada no subterrâneo e a céu aberto, além de serem feitas “atividades de beneficiamento associadas e em continuação à extração”. Estas são subdivididas em dois grupos: extração de minério de ferro e extração de minerais metálicos não ferrosos. No entanto, a extração de minerais não-metálicos (CNAE 08) “compreende as atividades de extração em pedreiras, em depósitos aluviais, rochas e terras sedimentares.” (IBGE, 2018, s/p).

Segundo o IBGE (2019), em 2015, o número de empresas referentes a esse setor, com mais de 10 funcionários, eram 1.977, sendo 161 referentes à extração de minerais metálicos e 1.816, da extração de minerais não metálicos. Estas empresas juntas empregavam 156.890 pessoas.

A empresa do setor de mineração assume características de uma empresa oligopolista, ou seja, são mercados concentrados, onde há um alto grau de competição e o produto é difícil de ser diferenciado. As principais empresas líderes desse setor são pertencentes aos grandes grupos que possuem um grande volume de capital e de jazidas. Assim, elas são mais aptas a enfrentar a concorrência externa e a superar as oscilações cíclicas dos preços de mercado (CARVALHO et al., 2017)..

A atividade mineradora exige altos investimentos iniciais, não só na etapa de exploração mineral, mas também em infraestrutura e logística, como por exemplo: portos, ferrovias e até mesmo estradas. Então, a entrada nesse mercado é extremamente difícil visto a existência de barreiras à entrada (PFITZNER, 2014).

A concorrência na indústria minerária se dá via preços, controlados internacionalmente. Dessa forma, essa competitividade é determinada através da qualidade das jazidas minerais e dos processos produtivos, que resultam em baixos custos (CARVALHO et al., 2017).

Como a indústria mineradora é voltada para a exportação, ela têm buscado o aprimoramento de tecnologias, especialmente para a redução dos custos e sustentabilidade. “Em geral, os empreendimentos mineiros adotam tecnologias desenvolvidas por empresas de engenharia e fabricantes de máquinas e equipamentos.” (CARVALHO et al., 2017, p.45).

Em relação à tecnologia, houve um importante avanço, a partir da década de 1960, apesar de que já havia capacidade tecnológica doméstica. As empresas começaram a importá-las em maiores quantidades, além da mão de obra especializada. Dentre elas, pode-se citar: as técnicas para lavras¹ de subníveis nas minas do Grupo Penarroya de Boquira, utilizadas na Bahia; a técnica de Plumbum, em Panelas, no Paraná, com resultado de recuperação na lavra; as técnicas trazidas pelos japoneses para as minas de

¹ Lavra é o conjunto de operações que visam a extração do minério ou massa mineral de forma mais completa, econômica e rápida, ou seja, é a exploração das jazidas minerais (CAVALCANTI, 2005).

Camaquã, no Rio Grande do Sul; a implantação pelos finlandeses do projeto da lavra subterrânea de calcário da mina de Santa Helena, em Sorocaba, São Paulo; e as técnicas de câmaras e pilares, na mina de Taquari-Vassouras, implantada pela Petrobrás e por técnicos franceses (GERMANI, 2002).

Nos anos 90, em Barão de Cocais, a mina subterrânea de São Bento de Ouro foi reaberta por técnicos sul-africanos e com isso, foram utilizadas técnicas canadenses na sua expansão, implantadas pela primeira vez no Brasil. Além disso, na mesma época, equipamentos modernos foram trazidos por técnicos italianos, portugueses e espanhóis, principalmente para grandes projetos no Espírito Santo, com o objetivo do aprimoramento das lavras de rochas ornamentais de mármore e granitos (GERMANI, 2002).

Portanto, esses exemplos ilustram a importância das tecnologias utilizadas na mineração trazidas do exterior. Assim, grande parte delas foi oriunda de empresas multinacionais, por meio de técnicos e de consultores que vieram de fora do país. No início, o principal modo de inserção dessas técnicas era através de cópia, porém, com o tempo, tornou-se evidente que as técnicas deveriam ser adaptadas à realidade brasileira ou até mesmo descartadas quando não demonstravam utilidade.

Além disso, para o fomento das mineradoras, foram utilizadas parcerias com diversas universidades brasileiras, como no caso da Escola de Minas de Ouro Preto, que foi criada com esse propósito (CARVALHO, 2010). Um dos métodos utilizados para aprimoramento do conhecimento foi e continua sendo o estágio, uma vez que os alunos podem aprender o que de novo há nessas empresas, propor melhorias e aperfeiçoar seu estudo. Ademais, também são oferecidos seminários, cursos e palestras para discussão e apresentação de novas técnicas.

A cadeia produtiva do setor de mineração contém os processos de pesquisa e exploração mineral, processamento, logística e fechamento de minas. Para tanto, na primeira fase, pelo montante de incertezas, é fundamental que algumas pesquisas sejam realizadas. De acordo com Katz (2014), para que o estudo seja realizado, é importante ter sólidos conhecimentos científicos e ter acumulado experiência ao longo dos anos. Assim, para que a exploração efetivamente ocorra, é necessário que as jazidas sejam encontradas, que haja uma caracterização da composição química e das propriedades físicas dos minérios e que seja feito um estudo sobre a viabilidade econômica daquela exploração.

O segundo processo consiste no desenvolvimento e implantação dos projetos de lavra, ou seja, a retirada efetiva do minério. Nele, os maiores investimentos são realizados e podem ser utilizadas as técnicas de perfuração, explosão e escavação, sendo aplicáveis em minas subterrâneas ou em céu aberto. Dessa forma, tornam-se necessários vários estudos que vão desde a otimização do processo até a redução do impacto ambiental das atividades.

Além disso, as fases de processamento e logística também utilizam pesquisa e inovação para garantir que os projetos sejam mais competitivos, precisos e que haja excelência na implantação e custos em menor escala, oriundos do preço e da qualidade do frete (KATZ, 2014). Já o fechamento da mina é realizado quando a empresa não tem uma atividade economicamente viável para exercer no local. Então, ela corresponde a “reabilitação do ecossistema do entorno após sua parcial ou total degradação” (PFITZNER, 2014, p. 63), o que exige bastante esforço nesse tipo de estudo.

Assim, existem alguns fatores que podem contribuir para que haja um maior investimento em pesquisa no setor de mineração em um determinado local, como os atributos naturais, a infraestrutura, a mão de obra, as políticas públicas, os preços dos bens minerais, os estoques, a demanda e a liquidez do mercado de capitais. Porém, segundo Caeat (2011), as pesquisas na área de mineração ainda são vistas como uma especulação e como consequência, os prazos e os custos se tornam mais altos. Então, as mineradoras preferem que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro das suas próprias minas.

Apesar de, a partir de 2003, ter havido um aumento da terceirização da pesquisa mineral, principalmente em relação ao crescimento das empresas juniores, o número de investidores ainda é limitado (CAEAT, 2011). Com isso, a parceria com as universidades se torna uma possibilidade da ampliação das fontes de pesquisa, se mostrando uma alternativa externa para o desenvolvimento da inovação (KAFT, 2014).

2.1.2- Metalurgia

A metalurgia consiste em uma atividade de transformação mineral que realiza diversos processos alterando a natureza química do minério beneficiado para obter seu produto final (MESQUITA ET AL., 2016). De acordo com a CNAE, a metalurgia é uma indústria de transformação que converte os “minérios ferrosos e não ferrosos em

produtos metalúrgicos por meios térmicos, eletrometalúrgicos ou não e outras técnicas metalúrgicas de processamento para obtenção de produtos intermediários do processamento de minérios metálicos” (IBGE, 2018, s/p).

Em 2015, o setor contava com 1.410 empresas, com mais de 10 funcionários, e empregava 216.429 pessoas. A indústria de metalurgia básica é dividida em cinco setores: produção de ferro-gusa e de ferroligas, siderurgia, produção de tubos de aço, metalurgia dos metais não-ferrosos e fundição. De acordo com Carvalho et al. (2017), cerca de 90% da produção total desse setor é referente a indústria de aço.

Segundo Silva (2011), a metalúrgica apresenta um mercado consumidor regular, ou seja, não há muitas oscilações em relação ao crescimento das vendas e ao desempenho dos concorrentes, sendo caracterizada como uma indústria madura. Ademais, ela possui um “padrão tecnológico homogêneo e consolidado, código técnico simplificado e comum aos concorrentes, do que resulta que as inovações mais frequentes na área são incrementais e de processo” (p. 135). Contudo, não há uma produção contínua, apesar da vasta gama de produtos, a indústria metalúrgica realiza a sua produção conforme a demanda encomendada (SILVA, 2011).

Por apresentar esse perfil, a indústria metalúrgica brasileira tem baixas oportunidades tecnológicas, os investimentos do setor em P&D são parcialmente baixos, resultando uma indústria de média-baixa densidade tecnológica, com uma tendência de pouca inovação (SILVA, 2011). Apesar do baixo investimento em inovação, a metalúrgica tem alta produtividade. Silva (2011) e Mesquita et. al (2016) mostram que esse fato é devido, principalmente, às exigências do mercado externo.

Como visto, as metalúrgicas são indústrias voltadas para exportação e com isso, em algumas áreas, possuem uma capacidade instalada superior ao consumo brasileiro. Por exemplo, a indústria de aço bruto é capaz de produzir 51,7 milhões de toneladas, sendo que o consumo de produtos siderúrgicos acabados foi, no Brasil, em 2016, de 18,2 milhões de toneladas (CARVALHO et al. 2017).

Esse setor da indústria também é considerado concentrado, pois há necessidade de alto investimento, sendo praticamente formado por grandes empresas. Para tanto, Silva (2011), em seus estudos, aponta que apenas nove grupos empresariais eram responsáveis por 95% da demanda interna. Além disso, em 2015, as quatro principais

siderúrgicas brasileiras eram responsáveis por 92% da produção total, devido às economias de escala e ao tamanho do mercado no país.

A cadeia produtiva da metalurgia é organizada em grupos de processos distintos, sendo eles: a cadeia a montante, a cadeia principal e a cadeia a jusante. A primeira delas é responsável pelo fornecimento de matérias-primas e insumos, advindos principalmente da mineração. Vale ressaltar que muitas metalúrgicas também atuam na mineração, ou seja, elas extraem o minério que será utilizado no processo para obtenção do produto final, como a CSN, Votorantim, Vallourec, entre outras.

A última etapa é formada pelos clientes da empresa. Normalmente, esse bloco é constituído pelas indústrias de máquinas e equipamentos, metal-mecânica, eletrodomésticos, construção civil, automobilística e equipamentos de transporte, e embalagens (SEBRAE, 2008).

Já a cadeia principal é aquela formada pelas atividades de metalurgia e pela distribuição e comercialização do produto final. Os principais processos estão ligados ao “do ferro-gusa e da alumina, materiais básicos de atuação da siderurgia e da metalurgia de alumínio, que alimentam a indústria de laminados e suas ligas e a indústria de semi-acabados e laminados de aço” (p.11).

Apesar de não realizar grandes investimentos em tecnologia, a indústria metalúrgica consome energia de forma intensiva, tanto elétrica como oriundas de outras fontes energéticas. Com isso, as empresas buscam novas tecnologias e formas alternativas de energia como o coque de petróleo, semi-coque, carvão ou a fusão de carga metálica como sucatas, ferro-gusa e cavacos de usinagem, que apresentam um custo menor (SEBRAE, 2008).

2.2- Atores e Redes

Nessa seção serão descritos os principais atores do Sistema Setorial de Inovação minero-metalúrgico brasileiro. Assim, serão expostas as instituições de ensino superior, os principais organismos governamentais e associações que estão ligados ao setor. No capítulo seguinte, as empresas, que são importantes atores desse sistema, serão apresentadas.

2.2.1- Instituições de ensino e pesquisa

Nessa subseção serão apresentadas as principais instituições de ensino superior e suas contribuições para o desenvolvimento do ensino e da pesquisa, principalmente nas áreas relacionadas ao setor minero-metalúrgico. De acordo com Pfitzner (2014), as universidades são os “agentes responsáveis pelas atividades de educação superior, ensino, pesquisa, extensão e empreendedorismo” (p. 130).

2.2.1.1- A Escola de Minas de Ouro Preto

Em 1876, foi criada a primeira instituição voltada à pesquisa do setor minero-metalúrgico, em Ouro Preto, Minas Gerais, a qual se destaca por sua enorme importância. A Escola de Minas propicia a formação de engenheiros, tornando-os aptos a trabalhar em diversos ramos, como pesquisa, setor público e privado, empreendedorismo, entre outros. Ela foi peça fundamental para a extensão do ensino superior, bem como a inserção da cultura de pesquisa nas áreas de mineralogia, geologia e metalurgia no país inteiro (CARVALHO, 2002).

Na época de sua criação, D. Pedro II viu necessidades econômicas e políticas de desenvolver a exploração das riquezas nacionais. Como as atividades minero-metalúrgicas estavam vinculadas às pequenas forjas, o Brasil não possuía profissionais capacitados, como engenheiros e pesquisadores, para prosperar essa indústria. Foi nesse contexto e com esse objetivo que foi criada a Escola de Minas de Ouro Preto, com o auxílio do jovem pesquisador francês Claude Henri Gorceix (UFOP, 2018). Ouro Preto foi a cidade escolhida como sede, porque ali seria um local que proporcionaria a união da pesquisa com a prática; assim os alunos poderiam provir de espírito de investigação e de capacidade criativa (CARVALHO, 2002).

A Escola de Minas, no começo, não obteve o sucesso esperado, dado que em sua primeira inscrição para as novas turmas nenhum aluno se apresentou, na segunda apenas sete e mesmo depois, continuou com um número baixo de alunos. Durante os vinte primeiros anos, várias foram as tentativas de se fechar a instituição. Também houve problemas com a rigidez, centralização administrativa e dificuldades de renovação dos docentes. É importante destacar que esse tipo de ensino superior não era comum, sendo, dessa forma, necessário introduzir a ciência à cultura da população (CARVALHO, 2002).

Os problemas relativos aos métodos de ensino e a forma com que o aluno chegaria preparado para os cursos eram preocupantes. Os docentes, muitas vezes, não tinham preparação, nem conhecimento suficientes e, em sua maioria, apenas repassavam o que sabiam, sem a preocupação em desenvolver novas pesquisas (CARVALHO, 2002).

Deve-se ressaltar que, apesar de essa ser uma proposta voltada às empresas, pois poderiam desenvolver suas atividades, inicialmente, elas não deram apoio. Quase que exclusivamente, era o governo que arcava com os gastos e com a demanda dessa instituição. Somado a essas dificuldades, destacava-se ainda a alocação após a formação desses novos profissionais, visto que, como a maioria das mineradoras e metalúrgicas era de origem estrangeira, a mão de obra empregada também era.

Apesar do setor minero-metalúrgico apresentar uma baixa produção científica, até 1909, 87 dos 452 alunos que se formaram, começaram a escrever. Segundo Carvalho (2002), a maior parte das bibliografias da época, relacionada a essa temática, foi escrita por ex-alunos da Escola de Minas, como Joaquim Cândido da Costa Sena e Francisco de Paula Oliveira. A partir da criação de órgãos como o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (1934), Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais (1944), entre outros, os pesquisadores tiveram maior facilidade em compartilhar e produzir esse tipo de conhecimento.

Em 1885, passaram a ser publicados os “Anais da Escola de Minas”, uma revista científica, em que os principais estudos de pesquisadores e professores eram divulgados. Naquela época, esses anais foram, em conjunto com os “Anais do Museu Nacional”, as principais formas com que o conhecimento técnico e científico da área era difundido (DUTRA, 2002).

Desde a criação da Escola, os docentes e os alunos influenciaram a política federal e estadual, uma vez que, antes disso, quase não havia aquelas voltadas para o setor minero-metalúrgico. Assim, algumas leis que começaram a modificar esse cenário. A primeira delas foi a lei de concessão de verba para o setor, uma ideia de Gorceix tida como primeiro passo para a modernização da siderurgia. A outra modificava a lei de propriedade das terras das minas, separando-a da propriedade do solo e foi redigida por João Pandiá Calógeras, um ex-aluno da Escola de Minas. E por último, foi publicado o Código de Minas e o Código das Águas, em 1934 (CARVALHO, 2010).

Já na indústria, o impacto da Escola foi menor do que na pesquisa. Apesar dos esforços, os grandes projetos de mineração e das metalúrgicas mais representativas do Brasil, só surgiram na década de 1940. Assim, a Escola dava assessoria aos pequenos mineradores e produtores de ferro para que pudessem introduzir novas técnicas e melhorar a produtividade.

O QUADRO 1 traz as principais contribuições dos ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto para o setor minero-metalúrgico, da sua origem até 1970.

QUADRO 1- Ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto e suas principais contribuições para o setor minero-metalúrgico, séculos XIX e XX

Ex-aluno	Principal contribuição
Fleury da Rocha	Código de Minas e Código das Águas
Augusto Barbosa da Silva	Projetar e construir um forno elétrico para a produção de ferro manganês
Alceu Soares de Lelis Ferreira	Explorar as possibilidades da eletrossiderurgia
Alberto Augusto Magalhães Gomes	Montar o primeiro par de aparelhos Cowper no Brasil
Francisco de Paula Oliveira	Montar uma forja catalã
Amaro Lanari, Cristiano Guimarães e Gil Guatimosin	Criar a Companhia Siderúrgica Mineira
Mário Álvaro Rache e José Jorge da Silva	Construir um auto-forno para 50 toneladas
Euvaldo Lodi e José da Silva Brandão	Criar a Companhia Ferro Brasileiro
Mário Rache	Gerente de uma empresa de mineração de Carlos Wigg e da usina Queiroz Júnior
Euvaldo Lodi	Industrial de grande projeção e presidente de várias empresas de mineração e siderurgia
Américo Renné Giannetti	Criar a Alumínio Minas Gerais S/A
Armand de Bovet e Arthur Thiré	Diretores da Societé des Mines d'Or de Faria
Israel Pinheiro	Primeiro diretor da Companhia Vale do Rio Doce

Fonte: Carvalho (2010). Elaboração própria

Em 28 de novembro de 1968, foi criada a lei número 5.540 em que todos os institutos federais de ensino superior deveriam ser incorporados às universidades já existentes. Como os integrantes da Escola de Minas não queriam que ela se integrasse à Universidade Federal de Minas Gerais ou à Universidade Federal de Viçosa, foi elaborada uma proposta para que fosse criada a Universidade Federal de Ouro Preto. Assim, com o apoio de Rondon Pacheco, chefe da Casa Civil do governo de Costa e Silva (1967-1969), a instituição de ensino superior (Universidade Federal de Ouro Preto) foi criada em 1972 (CARVALHO, 2010).

2.2.1.2- Universidade Federal de Minas Gerais

O grande destaque da Universidade Federal de Minas para o setor de minero-metalúrgico foi a implantação de um dos primeiros cursos de pós-graduação em engenharia, criado no início da década de 1970. A criação desse curso foi uma conquista de pesquisadores brasileiros, que tinham acabado de voltar do exterior, após terem concluído suas teses de doutorado, como Evando Mirra de Paula e Silva.

A necessidade de um curso de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais era grande e relevante para a região, dado o grande número de mineradoras e metalúrgicas. Nessa época, a importação de tecnologias crescia, porém, sem atingir resultados efetivos, uma vez que havia dificuldade na adaptação dessas técnicas e dos instrumentos importados (DE PAULA, 2007). Com esse propósito, esses pesquisadores sugeriram uma parceria entre a UFMG e as empresas, para que as tecnologias importadas fossem moldadas para a realidade brasileira.

Dessa forma, a Acesita foi a primeira empresa com que a relação com a universidade se estreitou. Ela se deu através do financiamento advindo do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional (ADTEN) da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que possuía um bom prazo de carência e juros baixos.

Nessa mesma época, veio a ideia de criação de um curso de extensão tecnológica, com o apoio do CNPq e da Associação Brasileira de Metalurgia e de Materiais (ABM), que foi aberto ao Brasil inteiro. Assim, não só a empresa ganhava com um aperfeiçoamento profissional e técnico, mas a universidade passaria a conhecer mais profundamente, seus problemas, rotinas e necessidades (DE PAULA, 2007).

O curso teve início com a abertura de pacotes tecnológicos, ou seja, eram oferecidos cursos nas empresas sobre os princípios básicos em se fundavam as novas tecnologias. Depois, passaram a lecionar conteúdos de interesses gerais, oferecidos a engenheiros e técnicos de empresas do setor (DE PAULA, 2007).

O passo seguinte foi a criação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica (CPGEM), de mestrado acadêmico, cooperativo com a empresa. Assim, a Acesita foi, novamente, a primeira empresa a participar, dado o sucesso do curso de extensão, em 1975. Então, a ideia era pré-selecionar os candidatos e na UFMG eles fariam o curso, durante um ano, das disciplinas da pós-graduação. Dessa forma, o trabalho final seria uma pesquisa realizada com parceria universidade-empresa, em um tema de comum acordo (DE PAULA, 2007).

Então, a partir disso, o sucesso foi grande e inúmeras empresas do país passaram a participar do programa, como Usiminas, Belgo-Mineira, Cosipa, Vale do Rio Doce, Gerdau e outras do exterior. Dessa forma, criou-se um ambiente, não só voltado para as pesquisas, mas que favoreceu um *networking* maior entre os profissionais. Portanto, a partir da implantação desse programa, ocorreu uma aproximação das empresas desse setor e a comunicação entre elas pôde se tornar mais simples e comum.

Até o ano de 2006, 595 mestres haviam sido formados, sendo que 256 desses mestres pertenciam a 36 diferentes empresas. A Acesita foi a empresa que teve maior número de mestres formados, 65, seguido da Usiminas, com 47. Em relação ao doutorado, na mesma época, obtiveram o título 20 profissionais, de 10 empresas diferentes. A Usiminas teve o maior número de doutores formados pela CPGEM, 5, e em segundo lugar a Companhia Vale do Rio Doce, com 4 (DE PAULA, 2007). Hoje em dia, o instituto já formou 964 mestres e 304 doutores (PPGEM, 2018).

Ao se fazer uma pesquisa dos ganhos da interação entre a UFMG e as empresas, em dez anos, os resultados foram expressivos, mostrando uma melhora significativa principalmente nos ramos de matéria-prima e energia (DE PAULA, 2007). Ademais, há ganhos entre os acadêmicos da própria universidade, que englobam não só os cursos de mestrado e doutorado, mas também de graduação, com estágios e iniciação científica. O estreitamento da relação também colaborou com as empresas no sentido de fornecer profissionais aptos que já conhecem o ambiente empresarial.

2.2.1.3- Universidade de São Paulo

A Escola Politécnica de São Paulo foi fundada em 1894, por Antônio Francisco de Paula Souza², com o objetivo de fornecer conhecimentos práticos aos alunos de engenharia. Ela foi incorporada à Universidade de São Paulo 40 anos após a sua fundação e está dividida em quinze departamentos, dentre eles o Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT) e o Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo (PMI) (POLI, 2018).

O curso de Engenharia Metalúrgica foi criado em 1939 e tinha como moldes, as escolas de engenharia da Alemanha, Suíça e Estados Unidos. Em 1955, houve mudança e então, adotaram o ensino profissional de engenharia de longo prazo, um conceito já utilizado na Europa e nos EUA. Este modelo de ensino tinha duração de cinco anos e os alunos tinham acesso ao conhecimento de engenharia básica e específica de sua área, além de terem acesso a projetos, práticas e ciências socioeconômicas (POLI, 2018).

Em 1962, foi criado o Departamento de Engenharia de Minas e Geologia, que era composto pelas cadeiras de Mineralogia, Petrografia e Geologia, Geologia Econômica, Geofísica Aplicada e Lavra de Minas e Tratamento de Minérios. Posteriormente, em 1969, houve uma ampliação da Engenharia Metalúrgica, com a criação dos cursos de mestrado e doutorado. Por outro lado, nesse mesmo ano, em Engenharia de Minas, o mestrado na área de Engenharia Mineral foi instituído e o doutorado em 1982. Já em 1995, o curso de Engenharia de Materiais foi associado ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, com a finalidade de se estudar as modificações no ramo dos materiais (POLI, 2018).

Os profissionais da Escola Politécnica se destacaram em diversas atuações na área de pesquisa do setor mineral. Nas décadas de 1970 e 1980, os estudos tiveram como resultado a descoberta de reservas minerais, especialmente no norte do país, como o caulim no rio Jari, a bauxita, o minério de ferro, manganês e ouro no Pará.

² Antônio Francisco de Paula Souza foi um engenheiro, político e primeiro diretor da Escola Politécnica de São Paulo (1894 – 1917). Dentre suas maiores contribuições estão o incentivo ao fomento ferroviário do Brasil e à criação da Escola. Além disso, foi Ministro dos Transportes no governo de Floriano Peixoto (1891-1894). Fonte: <http://www.poli.usp.br/pt/a-poli/historia/galeria-de-diretores/196-prof-dr-antonio-francisco-de-paula-souza.html>.

Deve-se destacar que a partir da década de 1980, seus ex-alunos ajudaram a fomentar empresas estatais como a Companhia Vale do Rio Doce e indústrias privadas de construção civil brasileira e indústria química de fertilizantes (fosfatados) (POLI, 2018).

Em 1990, o Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo participou do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico na área de Geociências e Tecnologia Mineral do governo federal. Além disso, após 2010, houve uma internacionalização do programa acadêmico, dado que esse departamento passou a atuar em conjunto com centros de referência no assunto, situados na Europa, Ásia e Estados Unidos (POLI, 2018).

Hoje, o Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais conta com 25 professores e muitos destes são responsáveis por laboratórios de pesquisa. Ademais, possui convênios com diversas instituições privadas e estatais, com o objetivo de fornecer pesquisas, consultorias, cursos de educação continuada e atividades de treinamento (PMT, 2018).

Esses departamentos possuem professores que também são membros ativos de Sociedades Técnicas e Científicas internacionais, como a Sociedade Internacional de Mecânica de Rochas e Associação Internacional de Avaliação de Impactos; e de instituições nacionais como a Associação Paulista de Engenheiros de Minas, a Associação Brasileira de Metais, a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, o Comitê Brasileiro de Mecânica de Rochas da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e da Sociedade Brasileira de Engenharia de Minas (POLI, 2018).

2.2.2- Outras instituições

De acordo com Pfitzner (2014), os organismos governamentais são responsáveis pelo planejamento, regulação e normatização do setor. Eles têm responsabilidades de realizar estudos de mercado, mapeamento do potencial do setor, fiscalizações, além de definem normas e padrões de sistemas. Já as associações promovem as trocas de conhecimento entre seus integrantes, prestam serviços de assessoria técnico-gerencial e realizam a comunicação das empresas com órgãos governamentais, consumidores, organismos normatizadores e agentes de certificação.

QUADRO 2- Demais instituições do setor minero-metalúrgico

Instituição	Ano de criação	Descrição
Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM)	Outubro de 1944	Sua principal finalidade é de fomentar pessoas, a produção técnico-científica conjuntamente com a inovação em processos, produtos e gestão nas áreas de metalurgia, materiais e mineração. Para isso, investe em qualificação dos recursos humanos, através de eventos (congressos, seminários, simpósios e workshops), premiações e cursos de capacitação.
Ministério de Minas e Energia (MME)	Julho de 1960	É o órgão formulador de políticas públicas e supervisiona a implementação destas nas áreas de: geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia e petróleo, combustível e energia elétrica, inclusive nuclear.
Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS)	Maio de 1963	É uma associação das siderúrgicas brasileiras e com isso, foi criada para realizar estudos e pesquisas sobre produção, mercado, comércio exterior, suprimentos, questões ambientais e relações no trabalho. Além disso, ela representa o setor tanto nacional quanto internacionalmente, realiza atividades relacionadas com a imagem do setor e o desenvolvimento do uso do aço e mantém diálogo com instituições afins.
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)	Agosto de 1969	“Tem como missão gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil.” (CPRM, 2018, s/p).
Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)	Dezembro de 1976	É representante das demais instituições que exercem atividade mineral e com isso, buscam o fomento do setor nos âmbitos dos negócios, da competitividade e do desenvolvimento sustentável. Contudo, organiza debates, eventos, pesquisas para que a indústria mineradora seja incentivada à inovação.
Centro de Tecnologia Mineral	Abril de	Atua em projetos tecnológicos, amparando as empresas do setor minero-metalúrgico em petróleo,

(CETEM)	1978	química e materiais, e tem como objetivo “desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral” (CETEM, 2018, s/p).
Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)	Maio de 1994	O departamento assegura, controla e fiscaliza as atividades de mineração no Brasil, de acordo com o Código de Mineração (1967), o Código de Águas Minerais (1945) e toda a legislação mineraria. Além disso, é responsável por promover o planejamento e desenvolvimento da exploração mineral como um todo.

Fonte: ABM, MME, IBS, CPRM, IBRAM, CETEM, DNPM; 2018. Elaboração própria

2.3- Legislação e Política

2.3.1- Legislação mineraria

No Brasil, a legislação mineraria passou por diversas transformações desde o período colonial até os dias atuais. No princípio, o sistema de vigência era regaliano. Dessa forma, a Coroa Portuguesa poderia extrair os bens minerais ou disponibilizar a terceiros, sob pagamento de uma compensação (BARBOSA, 1994).

Já no Brasil Império, até 1981, vigorou o sistema domínial. Assim, as minas passaram a ser patrimônio da Nação, ou seja, a exploração deveria ocorrer de acordo com os interesses do Estado. Posteriormente, com a Constituição de 1891, prevaleceu o sistema fundiário. Nele, o proprietário do solo era quem tinha poder sobre as jazidas e as minas (BARBOSA, 1994).

A primeira grande transformação ocorreu com o “Código de Minas de 1934”, adotando o sistema de concessão. Então, as minas e jazidas conhecidas continuavam a pertencer aos seus proprietários e por outro lado, aquelas que eram desconhecidas não eram mais consideradas propriedades do solo, sendo assim, incorporadas ao patrimônio do Estado (PAIVA, 1967).

Em 1940, foi expedido um novo Código de Minas. Nele, as jazidas passaram a ser consideradas um bem imóvel e não integrante do solo. No seu artigo 6º, somente brasileiros, pessoas naturais ou jurídicas, passaram a ter o direito de pesquisar ou lavar. Afirmado mais ainda o cunho nacionalista, houve também a nacionalização das empresas que exerciam a mineração (BARBOSA, 1994).

Atualmente, o Código de mineração em vigor é o de 1967. Nele, o direito de preferência do proprietário do solo passou a não existir mais. Os donos que recebiam um valor referente a 10% do Imposto Único sobre Minerais (IUM) passaram a receber apenas uma compensação (BARBOSA, 1994). Além disso, o regime de preferência das jazidas foi substituído pelo de prioridade e assim, a jazida é pertencente a quem primeiro registra, exceto quando o governo as oferece para a população, mediante concorrência. Ademais, o governo passou a ter dois monopólios, o primeiro sobre o petróleo e o segundo sobre a pesquisa e lavra das jazidas de minérios nucleares (PAIVA, 1967).

Na Constituição de 1988, ficou determinado que a União deveria legislar sobre os recursos minerais, o sistema estatístico, o sistema cartográfico e a geologia nacionais. Por outro lado, os estados e municípios ficariam com a responsabilidade de registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios. Ambos legislarão a respeito das florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da população (BARBOSA, 1994).

Em relação aos *royalties*, os estados e municípios teriam participações sobre eles. Já no âmbito da tributação, passou a vigorar o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços (ICMS). Além disso, a mineração em terras indígenas somente pode ser realizada, caso o Congresso Nacional autorize (BARBOSA, 1994).

A Constituição também prevê os danos gerados ao meio ambiente pela mineração. Dessa forma, somente perante algumas condições é que a atividade pode ser realizada, como com um estudo prévio de impacto ambiental, de recuperação da degradação, entre outros (BARBOSA, 1994).

Dois novos aspectos advindos da Constituição foram o estabelecimento do prazo para pesquisas e a restrição à participação do capital estrangeiro na atividade mineral. Assim, o capital internacional pode participar da empresa que o explora, porém, de forma minoritária (BARBOSA, 1994).

2.3.2- Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e Política Brasil Maior (PMB)

Nessa subseção serão expostas duas políticas recentes que tiveram como objetivo fomentar da indústria brasileira. A primeira delas, a PDP, foi anunciada em 2008, no governo Lula e a segunda, PBM, foi criada no governo Dilma, em 2011.

A PDP tinha como principal objetivo "inovar e investir para sustentar o crescimento". Com isso, visava aumentar a capacidade da oferta na economia e de inovação das empresas, continuar com a robustez do balanço de pagamentos e fortalecer as micro e pequenas empresas. Portanto, tinham como meta a renúncia fiscal de R\$ 21,4 bilhões até 2011 e financiamentos, pelo BNDES, no valor de R\$ 210,4 bilhões. Isso seria utilizado para investimentos, principalmente em P&D e exportações na forma de projetos de ampliação, modernização e de inovação na indústria e no setor de serviços (ALMEIDA, 2009).

Para os setores de mineração e metalurgia, essa política tinha o principal foco de consolidar e expandir sua importância no cenário externo. Assim, tinha como objetivo que as empresas brasileiras estivessem entre as cinco maiores do mundo (DIEESE, 2008). Já o PBM tinha o objetivo de tornar a indústria nacional mais competitiva, além de gerar emprego e renda. Com isso, ele tem diretrizes que visam a substituição de importações, bem como ampliação dos produtos de exportação do país. Além disso, visa a ampliação e criação de novas competências tecnológicas, o desenvolvimento de energias sustentáveis e a ampliação do conteúdo científico e tecnológico dos setores intensivos em recursos naturais. Dessa forma, essa política, além de beneficiar grande parte dos setores, tem maior ênfase em dezenove deles, que recebem estímulos especiais. Com isso, o setor de mineração é beneficiado por 1,39% das medidas, enquanto o de metalurgia, por 1,05% (MATTOS, 2013).

3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO SETOR MINERO-METALÚRGICO

Nesse capítulo será apresentado o contexto histórico e a trajetória das atividades do setor minero-metalúrgico, desde o seu início, no século XVI até os dias atuais. Para isso, o capítulo está dividido em cinco seções: a primeira descreve dos primórdios até a fase de substituição de importações, a segunda faz um panorama da privatização, assim como das principais empresas do setor que sofreram desestatização, já a terceira apresenta os dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC), entre 2008 e 2014, a quarta, descreve o cenário atual e a última, mostra o efeito da China sobre o setor minero-metalúrgico.

3.1- Início da atividade minero-metalúrgica até o século XX

3.1.1- Primeiros movimentos da cadeia minero-metalúrgica

No século XVI, as primeiras reservas de minério de ferro foram encontradas em São Paulo e deram início aos primórdios das produções de ferro e de artigos metálicos no Brasil. Em 1590, foi instalada a primeira fábrica desse minério do país por Afonso Sardinha, ele e seu filho descobriram jazidas de magnetita e óxido natural de ferro e, assim, implantaram dois fornos e forjas para que pudessem fabricar ferro (GERDAU, 2018).

Contudo, o primeiro grande ciclo de mineração ocorreu no século XVIII, quando o Brasil se tornou o maior produtor de ouro do mundo. Nos primeiros 70 anos do século, o país produziu praticamente o mesmo que todo o resto da América. Além disso, entre 1493 e 1850, ele atingiu metade do que o mundo inteiro tinha produzido nos séculos XVI, XVII e XVIII (FIGUEIRÔA, 1994). O ouro era utilizado como objeto de troca e de matéria-prima para moedas e por causa dessa alta produção, ocorreu uma demanda importante por instrumentos para a mineração (SANTOS, 2009).

O século XIX foi importante para o desenvolvimento do setor minero-metalúrgico, através da construção de usinas metalúrgicas e da abertura de lavras para mineração. A Fábrica Real de Ipanema foi a primeira tentativa de produção industrial de artigos metálicos, em Sorocaba, interior do estado de São Paulo. Apesar de sua construção ter iniciado em 1801, ela iniciou sua produção 17 anos depois, com a reativação das forjas que tinham sido construídas quase 200 anos antes (SANTOS 2009).

Outra importante usina construída na época (1808) foi a Real Usina de Ferro do Morro do Pilar, ou Fábrica do Morro do Gaspar Soares, em Minas Gerais, em que foi implantado o primeiro alto-forno do Brasil. Porém, essa foi uma tentativa frustrada, pois operou por pouco tempo devido a excesso de problemas estruturais e econômicos (AÇO BRASIL, 2017).

Dentre as principais usinas, a de maior sucesso e mais importante foi a Fábrica de São Miguel de Piracicaba, que produzia diversos artefatos e ferramentas para a mineração e agricultura (SANTOS, 2009). Esta obteve bastante êxito na época devido ao mercado local, onde o transporte era pouco desenvolvido e havia dificuldade da chegada de produtos importados, resultando pouca concorrência para os produtos dessa fábrica. (CORREIA, 2006).

As lavras mais sofisticadas do século XIX, inicialmente, eram para a extração de ouro. A primeira mina a ser explorada foi em Mariana, Minas Gerais, no ano de 1819, onde o Barão de Echewege³ abriu a Mina da Passagem. Depois, em 1834, expandiram outra lavra, a mina Velha da Saint John Del Rey Mining Co. em Nova Lima (GERMANI, 2002).

Depois dessa época, houve um período de recessão no setor minero-metalúrgico decorrente da escassez de mão-de-obra e da redução das exportações do ouro. Como a força de trabalho estava mais concentrada nas lavouras cafeeiras, havia menos trabalhadores disponíveis para essas atividades. Além disso, o ouro apresentou um precoce esgotamento, pois houve uma redução abrupta daquele encontrado nas rochas matrizes, que era a forma mais simples de se encontrar esse minério em abundância. Isso foi somado a um baixo nível tecnológico, falta de investimentos em pesquisas, o que agravou a crise na mineração (LACERDA ET AL., 2017).

Outro agravador da crise foi o Tratado de Comércio e Navegação (1810), assinado entre o Brasil e a Inglaterra. Nele, os produtos ingleses teriam um imposto de importação reduzido, aumentando, conseqüentemente, a competitividade sobre os produtos brasileiros. Esses problemas, somados à dificuldade financeira e estrutural e a volta de D. João VI a Portugal, teve como consequência o declínio da atividade siderúrgica no país (SANTOS, 2009).

Em meio a recessão no setor minero-metalúrgico, foi construída a primeira instituição voltada à pesquisa no setor, a Escola de Minas de Ouro Preto, criada em 1876, para que o setor minero-metalúrgico fosse fomentado na região. Além disso, D. Pedro via nessa área um estímulo para o crescimento econômico brasileiro. Assim, seu principal objetivo era fornecer administradores e engenheiros que se encarregassem das explorações das minas, das empresas metalúrgicas e de mineração e da sua fiscalização (CARVALHO, 2002).

³ O Barão de Echewege foi um engenheiro, mineralogista, metalurgista, geólogo e militar alemão e estudioso que fez inúmeros trabalhos científicos que contribuíram com o setor. Dos seus trabalhos e obras científicas se destacam, o "*PlutoBrasiliensi*", primeira obra escrita sobre geologia brasileira, e a "Contribuições para a Orografia Brasileira". Ele veio para o Brasil a um convite de D. João VI, em 1809. Seu objetivo inicial era organizar as amostras de minerais na Academia Real Militar. Dentre as suas maiores contribuições estão: as aberturas das minas (Passagem e de chumbo em Abaeté), a fábrica de ferro, em Congonhas do Campo, Minas Gerais, além de ter sido o primeiro a registrar manganês no estado (CPRM, 2017).

A maior contribuição da Escola de Minas foi a criação da Companhia Siderúrgica Mineira, em 1917, em Sabará (CARVALHO, 2010). Fundada por Amaro Lanari, Christiano F. Teixeira Guimarães e Gil Guatimosin, ex-alunos da escola, foi palco da construção de um alto-forno a carvão vegetal, projetada por um ex-aluno, uma inovação para o país, em 1920 (BARROS, 2011; SANTOS, 2009; CARVALHO, 2010).

Após o final da Primeira Guerra Mundial, a Fábrica de Aço Paulista começou a operar em São Paulo (1919). Já no Rio de Janeiro, Flávio de Mendonça Uchôa fundou a Companhia Eletro-Metalúrgica Brasileira, em 1922. Outras inúmeras empresas foram criadas na década de 1920, entre as que foram bem sucedidas, estão a Companhia Ferro Brasileiro, em Juiz de Fora, a Companhia Eletro-Metalúrgica, em Ribeirão Preto. Esse cenário ilustra a grande expansão do setor minero-metalúrgico nessa época.

A próxima subseção mostrará o avanço do setor minero-metalúrgico durante a substituição de importações, em que a prioridade do Estado era fomentar a indústria interna para que pudesse depender menos do cenário exterior. Dessa forma, as empresas estatais passam a ganhar destaque tanto no mercado interno, quanto externo.

3.1.2- Avanço da cadeia durante a substituição de importações

Ainda durante o primeiro governo Vargas, havia muitos problemas no setor minero-metalúrgico nacional e não existia uma grande empresa que pudesse ser responsável pela fabricação e exportação de minérios de ferro. Assim, em 1919, Percival Farquhar, um empresário americano com experiência em países da América Latina, assumiu o controle da Itabira Iron, uma empresa situada em Itabira, Minas Gerais, que possuía grandes reservas de minério de ferro (BARROS, 2011).

Com isso, ele propôs um projeto para a criação de uma indústria siderúrgica, com capacidade de 150.000 t/ano de minério de ferro e de exportação de 4 milhões de toneladas. Apesar de o projeto ter sido aprovado no ano seguinte pelo Congresso, muitas controvérsias surgiram em relação ao assunto, principalmente sobre a localização da empresa. Uma ilustração dessa situação foi, em 1919, quando o estado de Minas Gerais criou uma lei estadual, nº 750, em que o imposto sobre as exportações reduziria dez vezes, caso a empresa, que realizasse pelo menos 5% do serviço, estivesse em território mineiro (DINIZ, 1981).

Em maio de 1920, foi proposta a construção de uma estrada de ferro, que ligaria Itabira ao porto de Santa Cruz, pelo vale do Rio Doce. Assim, essa siderúrgica ficaria

encarregada do melhoramento e manutenção da via e dessa forma, teria livre acesso a esse trecho para realizar fretes. Com isso, facilitaria a exportação de minério de ferro, fomentando a usina siderúrgica, que utilizaria coque importado para operar (SANTOS, 2009).

Porém, para a realização desse projeto, era necessária a aprovação dos governos federal e estadual de Minas Gerais, uma vez que o controle sobre o imposto de exportação do minério de ferro era do estado de Minas (BARROS, 2011).

Uma das maiores preocupações da concretização do projeto era em relação às empresas da região. Primeiramente, se elas seriam beneficiadas, se teriam vantagens de alguma forma e como seria a concorrência, pois o coque estrangeiro seria utilizado ao invés de produtos nacionais. Por exemplo, a Belgo-Mineira, a maior siderúrgica da época, poderia ser prejudicada pela concorrência europeia de minério de ferro no Brasil e sofrer graves consequências com a concorrência da nova empresa que pretendiam instalar. Por isso, essa empresa foi uma grande opositora ao Contrato de Itabira (BARROS, 2011).

Entre 1922 e 1926, Arthur Bernardes, na época presidente do Brasil, teve uma conduta, entre outras, em prol do desenvolvimento da indústria siderúrgica no país. Juntamente com outros políticos nacionalistas, ex-alunos da Escola de Minas, como Clodomiro de Oliveira, empresários das siderúrgicas e funcionários públicos, eram contrários ao Contrato de Itabira. Assim, eles acreditavam que as riquezas naturais brasileiras deveriam permanecer no país, uma vez que quase todos os ganhos de outras atividades no passado, como a extração de ouro, tinham ido para outros países (SANTOS, 2009).

Depois de várias discussões a respeito do Contrato de Itabira, o debate foi encerrado em 1939 e não obteve sucesso. No entanto, outras reações ligadas à siderurgia foram criadas durante esse tempo (SANTOS, 2009). Em 1931, a Comissão Siderúrgica Nacional foi fundada para fomentar o setor e também foi criada a Sociedade Mineira de Engenheiros (SME) que tinham como objetivo realizar pesquisas, dentre elas sobre a aplicabilidade do carvão vegetal (CARVALHO, 2002).

Um projeto que foi derivado dessas discussões foi o da construção da Companhia Siderúrgica Nacional, em 1941. Ele consistia em uma empresa que usasse tanto o coque nacional quanto o importado e que se localizasse em uma cidade próxima ao mar, que seria Volta Redonda. Utilizando a ideia de Janot Pacheco, o projeto obteve o

financiamento interno com as instituições de crédito oficial e do sistema de previdência social e o externo através do Import e Export Bank (DINIZ, 1981).

A criação da Companhia Vale do Rio Doce, em 1942, foi um marco do final do Contrato de Itabira. As reservas da Itabira Iron foram expropriadas e o projeto que viria a culminar na maior mineradora do Brasil foi implantado (CARVALHO, 2010). O projeto obteve o apoio do governo Vargas e dos Estados Unidos, por meio do acordo de Washington. Nele, os EUA apoiaria financeiramente a construção de um terminal marítimo, a modernização de uma ferrovia e a abertura de uma mina na bacia do Rio Doce; e em troca o Brasil deveria fornecer aos EUA alguns minérios importantes à indústria bélica (SILVA, 1995).

Nessa mesma época, em 1944, foi criada a siderúrgica ACESITA (Aços Especiais Itabira). A empresa foi um projeto feito por Farquhar conjuntamente com Athos de Lemos Rache e Aminthas Jacques de Moraes, ex-alunos da Escola de Minas. Situada na região do vale do Rio Doce, ela tinha como principal objetivo produzir aços de alta qualidade (SANTOS, 2009).

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o setor minero-metalúrgico começou a receber mais atenção do governo, porque havia escassez de alguns produtos. Assim, a lavra das piritas, em Ouro Preto, foi muito importante, pois era a única fonte de enxofre, que servia para abastecer a fábrica de explosivos do exército (GERMANI, 2002).

Após esse período, no governo Dutra (1946-1951), a política realizada em relação à mineração foi no âmbito do incentivo e da orientação das jazidas. Ele estimulou diversas análises, pesquisas em laboratórios, além de supervisionar se o Código das Minas (1940) estava sendo cumprido. O governo também priorizava alguns setores para o desenvolvimento industrial, dentre eles estava a metalurgia de primeira fusão (AYRES, 2013).

Foi nesse governo que ocorreu o primeiro processo industrial de recursos minerais da Amazônia, no Amapá, com a exploração de manganês na Serra do Navio. Em 1947, a Indústria e Comércio de Minérios S. A. (Icomi) obteve autorização do governo para valoração da jazida, podendo iniciar as pesquisas e efetivar a exploração de manganês na região. Para auxiliá-la com suporte técnico, financeiro e burocrático, a Icomi, que era uma empresa de médio porte, se uniu à Bethlehem Steel, uma empresa dos Estados Unidos produtora de aço (MONTEIRO, 2005).

A primeira empresa de capital totalmente estrangeiro, a operar no Brasil, no setor siderúrgico, a Mannesmann, foi inaugurada em 1954, no segundo governo de Vargas (1951-1954) (CARVALHO, 2010). A empresa veio para o Brasil com o objetivo de suprir a demanda da indústria petrolífera nacional. Assim, a indústria de origem alemã produzia tubos de aço sem costura, para transporte do petróleo (VALLOUREC, 2018).

Ademais, em 1955, a empresa criou um centro com o objetivo de melhoramento da qualidade, capacitação de seus funcionários e conseqüente melhoria do processo produtivo, o que levou mais tarde a uma cooperação com instituições de ensino superior como a UFOP e a UFMG (SANTOS, 2009).

Quando Juscelino Kubistchek, um mineiro, foi eleito presidente do Brasil (1956-1961), seus conterrâneos acreditaram que Minas Gerais poderia voltar a ganhar destaque no cenário nacional. Com isso, foi feito um projeto para a construção de uma grande siderúrgica no estado. Em contrapartida, a Companhia Siderúrgica Nacional apoiava a criação da Companhia Siderúrgica Paulista, uma siderúrgica com sede em São Paulo, onde estava localizado o maior polo industrial brasileiro, mas que atrapalharia a atividade produtiva mineira.

Assim, os paulistas queriam continuar com sua supremacia industrial, enquanto os mineiros não queriam que os benefícios adquiridos através dessa atividade fossem retirados deles. Com isso, o governo federal resolveu, de forma diplomática, apoiar as duas propostas, uma vez que o ajudaria a cumprir seus objetivos (SANTOS, 2009).

Além disso, nessa época, havia interesse do governo japonês em investimentos nesse setor, principalmente porque queriam mostrar ao mundo o quanto tinham evoluído após a Segunda Guerra Mundial. Então, depois de estreitarem a relação, os brasileiros e os japoneses resolveram criar a indústria, sendo 60% dos capitais, públicos, de origem do Brasil e 40% de origem do Japão. Como resultado desses processos, foi criada a USIMINAS, que iniciou suas operações em 1962, no estado de Minas Gerais (USIMINAS, 2018).

A Companhia Siderúrgica Paulista, a COSIPA, que também foi uma conseqüência do embate, foi inaugurada em 1963 e significava uma conquista para os paulistas, pois era uma siderúrgica integrada a coque. Nos anos de 1970 a 1980, a empresa teve planos de expansão, mas devido à recessão que o país enfrentava e às imposições das diretorias, eles não obtiveram sucesso e a COSIPA teve que ser vendida.

O período de maior crescimento da mineração foi no governo militar (1964-1985), pois acreditava-se que essa atividade era um fator de integração nacional. Dessa forma, em 1967, foi publicado o Código de Mineração, que serve como base até hoje para a legislação minerária. Com isso, conjuntamente com a estabilidade econômica e modernização das estruturas burocráticas, a mineração atraiu capitais de diversos ramos. Assim, grandes empresas de fora do Brasil passaram a investir no país aliando-se a outras que já permaneciam aqui. Da mesma forma, o empresário brasileiro encontrou boas oportunidades de investimento dentro do mercado da mineração nacional e os governos estaduais e federal disponibilizaram recursos para diversos segmentos do setor, desde a exploração geológica básica, até o empreendedorismo (SILVA, 1995).

A partir da década de 1970, houve um crescimento da metalurgia, principalmente no ramo da siderurgia e as empresas do setor passaram a ter benefícios de economias de escala enquanto a capacidade de produção de aço e a demanda por esse bem cresciam (ABM, 2017).

Em 1973, foi criada pelo governo federal a Siderurgia Brasileira (Siderbrás), que tinha como objetivos “promover e gerir os interesses da União em empreendimentos siderúrgicos e de atividades afins” (PLANALTO, 2018, s/p), além de fomentar as suas subsidiárias e associadas. Na mesma época, com o apoio dos militares, foram inauguradas as empresas: a Companhia Siderúrgica de Mogi das Cruzes (Cosim) (1968), a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) (1976), a Usina Siderúrgica da Bahia (Usiba) (1973) e a Aço Minas Gerais (Açominas) (1986), que foi construída unicamente com tecnologia nacional.

Uma das políticas do governo militar foi a criação, em 1974, de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia. De acordo com Monteiro (2005), o principal objetivo era desenvolver a região e a produção mineral tinha destaque nesse plano. Com isso, o governo incentivava no âmbito fiscal e creditício grandes empresas minero-metalúrgicas.

Vale a pena destacar que nos anos de 1970, a empresa *Aluminium Limited of Canada* (Alcan) começou a operar em Oriximiná, no Pará, explorando e comercializando as jazidas de bauxitas descobertas na década de 1960. O governo federal tinha como projeto, além de valorizar essas reservas, transformar a bauxita em alumina e alumínio, para isso, foram criadas a Alumínio Brasileiro S. A. (Albras) e Alumina do Norte do Brasil S. A. (Alunorte), em 1978 (MONTEIRO, 2005).

Através disso e dos altos investimentos realizados através do II PND (1975-1979), houve um avanço grande da mineração no país, o que possibilitou um desenvolvimento do mesmo e principalmente da região Norte. Assim, “o governo passou a enxergar a região amazônica como fundamental, apontando para a ampliação do aproveitamento das expressivas riquezas naturais, especialmente minerais e energéticas” (p.166, CUTER ET AL.,2008).

3.2 – A Privatização das Empresas Mineró-Metalúrgicas

A partir da década de 1980, o Brasil presenciou uma grave crise econômica, apresentando baixo crescimento, inflação alta e descontrole cambial. No entanto, como as empresas estatais controlavam grande parte da economia brasileira e também do setor mineró-metalúrgico, era necessário que estas se estabilizassem e apresentassem melhores resultados. Dessa forma, seus déficits teriam que ser eliminados ou reduzidos e as administrações deveriam estar focadas no desempenho, pois muitas tinham custos absurdos e excesso de funcionários (ANDRADE ET AL. 1994).

Durante o período de 1990 a 1992, o presidente Fernando Collor de Mello instituiu o Programa Nacional de Desestatização, que tinha como objetivo principal uma reestruturação da economia através da transferência à iniciativa privada das atividades de empresas estatais. Nesse sentido, haveria um aumento da receita fiscal e os problemas de dívidas públicas e de déficit fiscais seriam solucionados (PINHEIRO ET AL., 2000).

Dessa forma, a privatização contribuiria para a estabilização econômica e geraria uma perspectiva otimista para a retomada do crescimento. Além disso, os estados brasileiros conseguiriam saldar várias de suas dívidas com o capital de curto prazo. No âmbito externo, o Brasil também teria uma imagem mais confiável, ou seja, seria um país com um risco menor, pois o cenário favoreceria tanto o setor público quanto os investidores privados (PINHEIRO ET AL., 2000).

No setor siderúrgico, até 1991, mais de 75% da sua produção era referente às empresas estatais, dentre elas Acesita, Cosipa, Piratini, CSN, USIMINAS, Açominas, entre outras (ANDRADE ET AL, 1994). Porém os resultados não eram satisfatórios, uma vez que as empresas tinham dificuldades de se modernizar e competir externamente. Assim, várias foram desestatizadas.

Na época da privatização, os processos de compras e fusões se tornaram constantes, partindo de empresas nacionais e internacionais, o que gerou uma concentração produtiva. Por exemplo, a USIMINAS tinha uma significativa participação no capital da Cosipa, detendo cerca de 60% do mercado brasileiro de aços planos. A Companhia Vale do Rio Doce também obtinha expressiva participação em várias usinas do setor siderúrgico, 19% da CST, 10% da USIMINAS, 9,4% da CSN e 5% na Açominas (ANDRADE ET AL. 1994). Essas aquisições ilustram que o setor minero-metalúrgico está cada vez mais integrado.

Itamar Franco (1992-1995), vice do Presidente Collor, continuou com essa política e no governo seguinte, de Fernando Henrique Cardoso (1995-2002), foi criado o Conselho Nacional de Desestatização.

QUADRO 3 - Privatização das empresas do setor minero-metalúrgica

Empresa	Data da privatização	Governo
USIMINAS	Outubro de 1991	Fernando Collor de Melo
Alcanorte	Julho de 1992	Fernando Collor de Melo
Companhia Siderúrgica de Tubarão	Julho de 1992	Fernando Collor de Melo
Cosipa	Outubro de 1992	Itamar Franco
Companhia Siderúrgica Nacional	Abril de 1993	Itamar Franco
Açominas	Setembro de 1993	Itamar Franco
Acesita	Outubro 1993	Itamar Franco
Mineração Caraíba Ltda	Julho de 1994	Itamar Franco
Companhia Vale do Rio Doce	Maio de 1997	Fernando Henrique Cardoso

Fonte: Elaboração própria. Adaptação Andrade et al. (1994) e Super Interessante (2016)

A USIMINAS foi a primeira estatal brasileira a ser privatizada. Devido a sua grande demanda o leilão foi rapidamente arrematado, na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, por US\$ 1,17 bilhão, na época. Os maiores compradores individuais foram a Companhia Vale do Rio Doce e o Fundo de Pensão dos Funcionários do Banco do Brasil, com 14,62% e 14,94%, respectivamente. Porém, o controle acionário ficou com um grupo formado por: Banco Bozzano Simonsen, Nippon Usiminas e o Clube de Investimentos da Usiminas. Os efeitos mais visíveis da privatização foram maior produtividade e

competitividade, sendo eleita a melhor empresa em 1994, pela revista Exame (DIÁRIO DO AÇO, 2018).

A CST foi privatizada no governo de Fernando Collor de Mello, na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro. Porém, seu processo foi um pouco demorado devido a convergências entre o contrato estabelecido anteriormente pelas empresas Siderbrás, Kawasaki e Finsider, que compunham o capital da empresa e o programa de privatização. No primeiro caso, o contrato dizia que caso alguma das partes desistisse de fazer parte da sociedade, os demais sócios teriam prioridades. Porém, as outras empresas não eram nacionais e na legislação do programa apenas 40% da instituição poderia ser de posse estrangeira (FILHO E DEUS, 1998).

A solução do empasse foi realizar dois leilões. No primeiro, os principais acionistas passaram a controlar 71% do capital da empresa, eram eles os Bancos Bozano Simonsen e Unibanco e o Previ. Já no segundo, que foi para sócios estrangeiros foi arrematado em sua maioria pelo Ilva/Finsider e Kawasaki Steel (FILHO E DEUS, 1998).

A Cosipa foi privatizada através de um leilão na Bolsa de Valores do Estado de São Paulo (BOVESPA) e foi arrematado, principalmente, por consórcio formado pela Usiminas, Banco Bozano Simonsen e um grupo de distribuidores de aço. Já a CSN foi vendida no governo de Itamar Franco e seus principais acionistas passaram a ser a Vale (através da Docenave, uma empresa de navegação brasileira em que a Vale detém 99,42% do capital), o Grupo Vicunha e o Banco Bamerindus (FILHO E DEUS, 1998).

A Açominas foi privatizada em 1993. Nesse ano foi fundado o CEA (Fundo de Participação Acionária dos Empregados da Açominas), em que 20% das ações da empresa que seriam leiloadas, poderiam ser comprados pelos seus funcionários. O restante das ações leiloadas foi comprado pelo Grupo Mendes Júnior, Banco Econômico, Companhia Vale do Rio do Doce, BCN, BEMGE/Credireal e Aços Villares. Todas essas instituições foram criadas no Brasil e o controle acionário ficou com o CEA e o Grupo Mendes Júnior. Somente em 1997, o grupo Gerdau e a Natsteel passam a participar da sociedade (GERDAU, 2018).

O leilão da Acesita foi arrematado em sua maioria por um *pool* de fundos de pensão encabeçados pela Previ (FILHO E DEUS, 1998). O programa colocou a venda 74% do capital social da empresa e 91,5% do capital votante, que se encontravam sob o controle do Banco do Brasil S.A. e de sua subsidiária *Brasilian American Merchant Bank*

(BAMB). Para funcionários e aposentados da Acesita foram reservados 10% do capital social, 12,4% do capital votante. A siderúrgica possuía muita importância porque era a única da América Latina que produzia aço inoxidável (BRAGA, 1996)

A privatização da Mineração Carajás se deu em dois momentos. O primeiro em 1988, quando a mina se separou da metalúrgica e posteriormente, na sua integração ao Programa Nacional de Privatização, no governo de Itamar Franco. Dessa forma, houve um acordo e cerca de 15% das ações ficaram para com os funcionários (IBRAM, 2018).

A Companhia Vale do Rio Doce foi privatizada, passando o controle acionário para consórcio Brasil, liderado pela Companhia Siderúrgica Nacional. No Consórcio Brasil, participavam a CSN, o *NationsBank* norte-americano, o Banco *Opportunity* e os fundos de pensão do Banco do Brasil (Previ), da Petrobras (Petros), da Caixa Econômica Federal (Funcef) e da Companhia Energética de São Paulo (Funcesp). O modelo de privatização foi de responsabilidade do BNDES, que gerenciava as vendas das empresas no PND.

O período que antecedeu a privatização de fato foi conturbado e inúmeras campanhas contra o processo foram realizadas por políticos, meios de comunicação e população. Por isso, o procedimento foi demorado e tiveram inúmeras ações judiciais para a interrupção da venda.

Nesse período, em 1994, foi criado o Departamento Nacional de Produção Mineral, um dos mais importantes órgãos federais do ramo. Ele foi responsável por estruturar alguns Planos Plurianuais para o Setor de Mineração, tendo como objetivo principal o desenvolvimento desse setor. Assim, foram tomadas diversas medidas para esse propósito como a isenção do ICMS para exportações, a revisão de um Código de Mineração, o estímulo dos investimentos privados em pesquisa, a prospecção e exploração de novas jazidas minerais, o aprimoramento técnico e industrial, entre outros (BARRETO ET AL., 2001).

Um fato que gerou um grande fluxo de capital para a mineração foi o novo Código de Mineração, implantado em 1996. Com as estruturas burocráticas modernizadas e a estabilidade econômica do Brasil, as empresas multinacionais renomadas se uniram a mineradoras locais e os empresários brasileiros começaram a perceber o negócio como uma atividade rentável.

Em 2000, o Programa de Desenvolvimento da Produção Mineral foi executado pelo Ministério de Minas e Energia e teve como principais resultados um aumento de 15% em investimento no setor e de 5% da produção mineral. Também foram liberadas grandes áreas para trabalhos de pesquisa e outras que eram consideradas improdutivas.

No final do século XX, as maiores empresas brasileiras de minério, já eram consideradas grandes em nível internacional, pois tinham uma pauta de exportação, para países desenvolvidos, bem vasta. Pode-se citar a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que era responsável por 120,8 milhões de toneladas de minério de ferro, a Mineração Rio do Norte que produziu 68% da bauxita do Brasil e a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, com 84% da produção de nióbio, na cidade de Araxá, Minas Gerais.

A produção de nióbio obteve maior destaque nos anos 2000 em relação ao resto do mundo, pois 92% da produção mundial foi de origem brasileira. Com a produção de minério de ferro, o Brasil ocupava a posição de segundo maior produtor mundial, com 20%. Outros minérios também ganharam destaque no cenário mundial como a tantalita com 22%, manganês com 19%, alumínio e amianto com 11%, grafita com 19%, magnesita com 9%, caulim com 8% e, ainda, rochas ornamentais, talco e vermiculita, com cerca de 5% da produção mundial (BARRETO, 2002).

Em 2000, o setor que apresentou maior crescimento em relação ao PIB foi o da indústria extrativa mineral, 8,2% ao ano, considerando a não inclusão do petróleo e gás natural. Essa taxa já vinha se mantendo desde 1996, ou seja, o desempenho era um dos melhores se compararmos desde meados dos anos 80.

A QUADRO 4 apresenta as dez principais empresas, em relação às vendas líquidas, do setor minero-metalúrgico no ano de 2016.

QUADRO 4 - Classificação das dez maiores indústrias minero-metalúrgicas em 2016

Classificação	Empresa	Controle Acionário	Vendas líquidas (em milhões de dólares)	Crescimento (%)	Lucro líquido legal (em milhões de dólares)	Patrimônio líquido legal (em milhões de dólares)
5°	Vale S.A.	Brasileiro	14.551,1	0,1	4.084,3	39.041,8
25°	ArcelorMittal Brasil	Anglo-indiano	4.835,9	-9,7	213,8	4.300,6
50°	CSN	Brasileiro	3.103,1	NA**	NI*	NI*
72°	Usiminas	Japonês	2.355,7	-24,7	-205,6	4.153,2
76°	Gerdau Aços Longos	Brasileiro	2.273,0	-21	-168,3	2.298,9
103°	Gerdau Açominas	Brasileiro	1.749,9	-9,3	99,6	1892,1
109°	Novelis	Indiano	1.614,8	NA**	NI*	NI*
110°	Paranapanema	Brasileiro	1.601,1	-19	-114,5	78,9
111°	Ternium Brasil	Ítalo-Argentino	1.595,9	-14,9	-269,5	-993,3
126°	CBMM	Brasileiro	1.431,5	-14,9	529,0	639,9

Fonte: Revista Exame Melhores & Maiores 2017 – Elaboração Própria

*NI: não informado – não classificado

**NA: não aplicável

Das dez maiores empresas listadas, 60% delas de controle acionário brasileiro, sendo duas pertencentes ao mesmo grupo. Todas as empresas do setor de siderurgia e metalurgia tiveram crescimento negativo, ou seja, apesar de terem importância para a economia brasileira, 2016 não foi um ano muito próspero.

A empresa que obteve o maior destaque do setor foi a Vale S.A., sendo a única mineradora dentre as dez citadas. Desde 1974, ela é a principal produtora de minério de ferro do mundo. De acordo com a Vale (2018), o ano de 2017 também foi próspero, a empresa cresceu, em termos de lucro líquido, 33% em relação ao ano anterior. O

diretor-executivo de Finanças e Relações com Investidores, Luciano Siani Pires, ressaltou três das principais causas para esse resultado: o primeiro ano de operações do Complexo S11D Eliezer Batista, no Pará, em segundo, a entrada da Vale no Novo Mercado, com a unificação das suas classes de ações e por último, o crescimento de 65% do valor no mercado de ações.

Em relação à pesquisa e desenvolvimento do setor mineral, a Vale possui o Instituto Tecnológico da Vale (ITV), criado em 2009. Através dessa instituição de pesquisa e ensino de pós-graduação, a empresa busca “as melhores tecnologias para oferecer recursos minerais essenciais à vida moderna com responsabilidade e respeito ao meio ambiente” (VALE, 2018). Hoje em dia possui duas unidades, uma em Belém, para o Desenvolvimento Sustentável (com pesquisas em Computação Aplicada, Tecnologia Ambiental, Genômica Ambiental, Geologia Ambiental e Recursos Hídricos, Biodiversidade e Serviços de Ecossistema, Socioeconomia e Sustentabilidade) e outra em Outro Preto, com o foco em Mineração (com pesquisas em Lavra de Minas, Tratamento de Minérios e Fenômenos de Transporte, Automação e Integração de Processos, Metalurgia Extrativa e Fenômenos de Superfície e Tribologia) (VALE, ITV, 2018).

Os investimentos realizados pela Vale em P&D, de 2012 a 2016, por meio da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, foram de R\$714,19 milhões. Com isso, a empresa ofereceu mais de 600 bolsas para pesquisas. Essa parceria da Vale com as universidades foi assinada em 2009, em um convênio “Vale-FAPs”, com as Fundações de Amparo à Pesquisa de São Paulo, Minas Gerais e do Pará. Os primeiros projetos começaram em 2011, com investimento de R\$ 61 milhões da empresa e R\$ 38 milhões dessas fundações (MAIS, 2017/1).

Já a ArcelorMittal, a metalúrgica de maior destaque, é uma empresa multinacional criada a partir da fusão de duas empresas, a Mittal Steel Company, indiana e a Arcelor, francesa, em 2006. Hoje, opera em 19 países, sendo líder nos principais mercados de aço, nas áreas de P&D e novas tecnologias. Assim, possui doze centros de pesquisa no mundo, com cerca de 1.300 pesquisadores trabalhando em tempo integral (CAÇADOR ET AL., 2009).

Em relação à inovação, em 2015, a ArcelorMittal foi considerada a terceira empresa mais inovadora do Brasil, no prêmio “As 100+ Inovadoras no Uso de TI 2015” e seu

case de comércio eletrônico (*e-Commerce*) ganhou o primeiro lugar na categoria “Siderurgia, Metalurgia, Mineração e Mecânica”. Já em 2017, a revista “Forbes Brasil” classificou a empresa como uma das mais inovadoras do país (ARCELORMITTAL, 2018).

Em sequência, a CSN é um dos mais eficientes complexos siderúrgicos integrados do mundo, que abrange as áreas de: siderurgia, mineração, logística, cimento e energia. Em relação à inovação, a empresa criou um ambiente organizacional, a “Inova CSN”, para fomentar projetos de inovação de produtos, processos, eficiência energética e de meio ambiente. Assim, ela pode criar um fluxo com o ambiente de desenvolvimento tecnológico e científico, nacional e internacional, agregando valor à instituição, aos clientes e aos fornecedores (CSN, 2018).

Atualmente, a Companhia tem seu modelo sustentável de inovação com base na relação Governo - Universidade - Indústria. Porém, o investimento nesse setor já ocorre há 60 anos, sendo que 20% da receita é destinada para produtos novos ou aprimorados. A CSN também possui laboratórios de PD&I com foco na criação de protótipos e simulação de processos (CSN, 2018).

Outra importante metalúrgica é a Usiminas, uma siderúrgica que atua em diversos ramos como mineração (Mineração Usiminas), distribuição e transformação de aço (Solução Usiminas), montagem industrial e bens de capital (Usiminas Mecânica) e processamento de aço galvanizado por imersão a quente (Unigal Usiminas) (USIMINAS, 2018).

As pesquisas, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento do aço e de seus processos, estão presentes na empresa há mais de 40 anos e muitas são produzidas em 17 laboratórios, localizados na Usina de Ipatinga (USIMINAS, 2018).

A Gerdau é a maior produtora de aços longos do continente americano. Além disso, é uma grande recicladora, pois reaproveita cerca de 11 milhões de toneladas de sucata por ano (STAL, 2007).

Quanto à pesquisa, o grupo investe bastante para aprimorar suas tecnologias. Para tanto, conta com equipes de alta qualificação, equipamentos com alto grau tecnológico e parcerias com universidades e centros de pesquisa. Um alto investimento também é feito no ramo de aços especiais, com três centros, Brasil, Espanha e Estados Unidos,

com mais de 200 funcionários. Dentre os principais projetos estão o aumento de qualidade e o nível de limpeza do aço, o aço microligado para fabricação do pino bola, aço com usinabilidade melhorada (tecnologia MECAMAX) e aço para cementação em alta temperatura (tecnologia NANOCEM) (GERDAU 100 ANOS, 2001).

Ademais, a Gerdau possui um projeto global chamado Programa Inovação que tem como finalidade “desenvolver metodologias e processos específicos para reforçar e expandir a capacidade inovadora e o domínio tecnológico da Companhia”. Um destaque desse programa foi a implantação do programa *IThink*, que visa estimular os executivos a sugerirem ideias e soluções estratégicas para a Gerdau (GERDAU, 2018).

3.3- Inovações no Setor de Metalurgia

Complementando a evolução das empresas e para que se possa compreender um pouco mais a respeito da inovação e da busca do conhecimento na indústria metalúrgica serão analisados os dados da Pesquisa de Inovação – PINTEC⁴ realizada pelo IBGE. Estes dados permitem analisar quem é o principal responsável pelo desenvolvimento da inovação nas empresas, quantas foram as empresas que realizaram gastos em P&D, em quais áreas e quais as suas principais fontes de informação utilizadas para inovar, entre outros aspectos. Vale ressaltar que a análise desses dados será feita apenas para a metalurgia, pois somente há informação da indústria extrativista, como um todo, o que engloba minerais em estado sólido (carvão, minério de ferro, entre outros), líquidos (petróleo cru) e gasosos (gás natural).

A TABELA 1 apresenta a taxa de inovação das empresas metalúrgicas e a média brasileira, nas três últimas pesquisas realizadas pelo IBGE.

TABELA 1- Taxa de inovação das empresas metalúrgicas e das indústrias brasileiras, entre 2006 e 2014.

Período	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Metalúrgicas	39,46	41,22	37,67

⁴ A PINTEC é realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) com o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações e da Finep (Financiadora de Estudos e Projetos). A pesquisa engloba atividades das indústrias extrativas e de transformação, bem como dos setores de eletricidade e gás e de serviços selecionados. Ela tem como objetivo fornecer dados para pesquisas e indicadores das atividades inovativas das indústrias do Brasil, sejam elas feitas em âmbito nacional, regional ou setorial (IBGE, 2016)

Brasil 38,61 35,70 36,40

Fonte: PINTEC/IBGE (2008, 2011, 2014). Elaboração própria

Segundo a PINTEC, em 2014, das 1.776 indústrias metalúrgicas, apenas 669 implementaram inovações de produto ou processo, entre 2012 e 2014, ou seja, 37,67% delas, sendo essa taxa um pouco superior à média brasileira, 36,4%. Porém, quando comparados os demais anos, as empresas metalúrgicas apresentaram uma taxa de inovação superior entre 2009 e 2011, inclusive superior à média brasileira, por ser o período apresentado com menor taxa. Além disso, as empresas metalúrgicas se distanciaram menos da média do Brasil no período de 2006 a 2008.

As inovações são divididas em dois tipos, as de produto e as de processo. “A implementação da inovação ocorre quando o produto é introduzido no mercado ou quando o processo passa a ser operado pela empresa.” (IBGE, 2016, p.18).

Segundo a ABM (2018), durante a ABM WEEK 2017, uma das principais conclusões que se chegou no painel de Gestão Estratégica da Inovação foi que, para as indústrias do setor minero-metalúrgico, as inovações em produto e processo devem ser, prioritariamente, em atividades de complexidade baixa ou intermediária, em que estão a maior parte em suas rotinas. Assim, Paulo Figueiredo, coordenador do Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil da EBAPE/FGV, apresentou dados de que as principais empresas do setor que investiram em inovação, exportaram mais (ABM, 2018).

TABELA 2- Principal responsável pelo desenvolvimento de produto e/ou processo nas metalúrgicas que implementaram inovação, entre 2006 e 2014

	A empresa		Outra empresa do grupo		A empresa em cooperação com outras empresas ou institutos		Outras empresas ou institutos	
	Produto	Processo	Produto	Processo	Produto	Processo	Produto	Processo
2008	308	69	6	7	25	11	5	459
2011	355	161	1	36	19	20	42	556
2014	120	285	10	12	16	67	43	288

Fonte: PINTEC/IBGE (2014). Elaboração própria

Apesar da importância de ambos os tipos de inovação, em 2014, a inovação de produto ocorreu bem menos que a de processo. Assim, tem-se que, nos dois tipos de inovação, o principal responsável pelo estabelecimento dessa novidade são outras empresas ou institutos, conforme ilustra a TABELA 2.

Quando comparado ao resto do Brasil, nesse mesmo ano, a própria empresa é a principal responsável pelo desenvolvimento do produto, com a média de 78,1% nas indústrias e em segundo, as outras empresas ou institutos, com 11,6% das vezes. Já no desenvolvimento de processos, a média das indústrias brasileiras é de 67,4% quando o desenvolvimento ocorre por outras empresas e institutos e apenas 25,5% pela própria empresa.

Em 2008 e 2011, a principal responsável pela maioria das inovações de produto foi a própria empresa, cenário que mudou totalmente em 2014. Como citado neste capítulo, a maior parte das metalúrgicas possui um centro de pesquisa ou instituição pertencente à própria para o fomento das inovações, porém busca auxílios e parcerias com parceiros e com outros agentes da cadeia produtiva.

Com isso, as inovações de processo se mantêm concentradas em outras empresas e institutos. Destaca-se o aumento, ao longo do tempo, das empresas que foram as principais inovadoras em processo, assim como aquelas que cooperaram com outras empresas ou institutos.

Exemplos de inovação no processo são as melhorias em definição de rotinas, a otimização de ciclos, o gerenciamento de status e a integração de processos de sistemas (2S, 2018). Por exemplo, a Vale está criando um centro de inteligência artificial no Espírito Santo, com o objetivo de prever quando seus veículos ou vias precisarão de manutenção, isso já gerou uma economia de R\$ 2,3 milhões e há expectativa futura de crescimento (ESTADAO, 2019).

A TABELA 3 corresponde à porcentagem do valor de venda líquida que foram gastos em atividades de inovação. Essas atividades são de oito tipos, de acordo com as orientações do Manual de Oslo. Esses são inúmeros processos, que vão desde a criação e aumento das capacidades internas, como as atividades internas de P&D, até a interação com os mais diversos atores do sistema de inovação, como aquisição de *software* e de máquinas e equipamentos (PARANHOS, HASENCLEVER, 2017).

TABELA 3- Porcentagem do valor do dispêndio relacionado à atividade inovativa sobre o valor da receita líquida das vendas das metalúrgicas, entre 2006 e 2014

Atividades inovativas	2008	2011	2014
Atividades internas de P&D	0,23	0,36	0,40
Aquisição externa de P&D	0,07	0,06	0,03
Aquisição de outros conhecimentos externos			
Aquisição de software	0,05	0,05	0,02
Aquisição de máquinas e equipamentos	0,05	0,05	0,08
Treinamento	1,95	1,52	1,19
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	0,09	0,03	0,01
Projeto industrial e outras preparações técnicas	0,01	0,02	0,02
	0,37	0,44	0,03

Fonte: PINTEC/IBGE. Elaboração própria

A aquisição de máquinas e equipamentos é, ao longo do tempo, a atividade em que as metalúrgicas mais gastaram em relação às suas vendas, 1,95%, 1,52% e 1,19%, respectivamente. Porém, esse percentual vem diminuindo com o passar dos anos.

Essa é uma atividade típica de países em desenvolvimento e de setores de tecnologia madura. O processo de *catch up* é típico de países como o Brasil e visa alcançar os patamares dos países líderes que possuem maior densidade tecnológica (MELO et al., 2015). De acordo com Castelacci (2011), ele está associado a três conjuntos de fatores, sendo eles: as atividades de inovação internas, a capacidade para explorar tecnologias já desenvolvidas e os fatores complementares e estruturais, que influenciam a prática. Além disso, Steinhorst et. al (2016) destacou que, na indústria de transformação, “cada real investido na aquisição de máquinas e equipamentos impacta de forma positiva a receita líquida em R\$42,83” (p. 47).

A introdução das inovações tecnológicas no mercado são as atividades que menos se destacam nos anos de 2008 e 2011, com cerca de 0,01% e 0,02%, respectivamente. Estas são de comercialização, sendo relacionadas ao lançamento de um produto tecnologicamente novo ou aperfeiçoado.

Já em 2014, a menor significância monetária é dada ao treinamento. Essa atividade, apesar do baixo valor destinado a ela, é valorizada como de grau importante na maioria das empresas. Setores de insumos básicos, como siderurgia, minerais não metálicos, metais não ferrosos e produtos de metais, dão mais importância a gastos como o de

treinamento, o que é um reflexo da especialização destes setores na produção de commodities (IEDI, 2018).

Além disso, cabe destacar as atividades internas de P&D, que de acordo com o IBGE (2014), tem “o objetivo de aumentar o acervo de conhecimentos e o uso destes conhecimentos para desenvolver novas aplicações, tais como produtos ou processos novos ou tecnologicamente aprimorados” (p.19). Assim, os investimentos nessas atividades tem tido o crescimento mais significativo no período, o que é explicado pela existência de infraestruturas próprias de P&D, como citado anteriormente nas dez maiores empresas do ramo, e pelo aumento dos esforços internos. Por outro lado, o projeto industrial e outras preparações técnicas foi o processo que teve a queda mais abrupta de gastos.

A TABELA 4 ilustra as principais fontes de informação utilizadas pelas empresas metalúrgicas para inovarem. As empresas afetam e são afetadas pelas ações dessas fontes, para que haja, conseqüentemente, a geração de inovação e solução de problemas (PARANHOS, HASENCLEVER, 2017). A fonte mais significativa foi aquela advinda dos “clientes ou consumidores”, em todos os anos apresentados. Isso se deve ao fato, conforme mencionado anteriormente, de que esse tipo de empresa somente produz mediante pedido realizado pelo consumidor.

TABELA 4- Porcentagem de metalúrgicas que implementaram inovações no Brasil, por fontes de informação empregadas, sobre o total entre 2008 e 2014.

Fonte	2008	2011	2014
Outra empresa do grupo	6,51	2,04	21,52
Fornecedores	70,95	39,69	74,44
Clientes ou consumidores	73,22	63,23	85,65
Concorrentes	65,66	54,83	57,85
Empresas de consultoria ou consultores independentes	30,56	37,15	41,11
Universidades ou outros centros de ensino superior	22,54	28,24	18,68
Institutos de pesquisa ou centros tecnológicos	21,33	22,01	19,73
Centros de capacitação profissional e assistência	30,56	44,91	26,31
Instituições de testes, ensaios e certificações	34,95	16,41	46,49
Conferências, encontros e publicações especializadas	34,80	33,84	43,20
Feiras e exposições	69,59	58,52	56,50

Redes de informações informatizadas 52,34 44,02 79,07

Fonte: PINTEC/IBGE. Elaboração própria

Em 2014, as outras duas fontes de informação que tiveram maior destaque foram as “redes de informações informatizadas” (79,07%) e os “fornecedores” (74,44%). Assim, de acordo com Sugahara et al. (2005), estas fazem parte das fontes externas ligadas às atividades de mercado. Eles ressaltam a importância de cooperação e de troca de informações entre essas fontes e a empresa, para o desenvolvimento da inovação.

Já em 2008 e 2011, as fontes mais significativas foram as feiras e exposições (69,59% e 58,52%), apesar de terem diminuído sua importância, juntamente com os concorrentes (65,66% e 54,83%). Por outro lado, observa-se que as fontes de informação menos utilizadas pelas metalúrgicas para inovarem são as universidades ou outros centros de ensino superior, os institutos de pesquisa ou centros tecnológicos e outra empresa do grupo.

Silva et al. (2014) em sua pesquisa sugerem que os clientes e a linha de produção da própria empresa determinam o foco da trajetória tecnológica da indústria metalúrgica, enquanto outras fontes, como as universidades e os centros de pesquisa, contribuem para solucionar os problemas para atingir esse objetivo.

TABELA 5- Porcentagem das metalúrgicas que implementaram inovações com relações de cooperação com outras organizações, de 2008 a 2014

	2008	2011	2014
Clientes ou consumidores	5,30	7,38	18,09
Fornecedores	4,08	7,12	17,49
Concorrentes	0,61	2,42	11,66
Outra empresa do grupo	2,42	2,42	2,99
Empresas de consultoria	2,12	3,44	12,86
Universidades e institutos de pesquisa	3,48	4,58	5,98
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	2,12	3,31	12,26
Instituições de testes, ensaios e certificações	0,45	1,53	3,89

Fonte: PINTEC/IBGE. Elaboração própria

A cooperação, nesse caso, é uma atividade conjunta da empresa com outra instituição, com o objetivo de realizar projetos de inovação. Com isso, há um ganho mútuo, então, quando um serviço é contratado, não é englobado nessa relação. Muitas vezes, as empresas não têm todos os instrumentos necessários para implementar inovações, por isso é atribuída uma alta importância para a cooperação.

Então, de acordo com a TABELA 5, a cooperação das metalúrgicas com outras organizações vem crescendo ao longo dos anos. Assim, em média, houve um crescimento de 56,42%, de 2008 para 2011 e de 164,93%, de 2011 para 2014, o que ilustra um aumento expressivo das cooperações para inovar. Além disso, o destaque de maior crescimento é dado através dessas relações com os concorrentes, que cresceu, em média, 340%.

Ademais, em todos os anos, as cooperações se concentraram com os clientes, representando 5,30%, 7,38% e 18,09% das empresas inovativas, respectivamente em cada pesquisa. Por outro lado, as metalúrgicas cooperaram menos com instituições de testes, ensaios e certificações (0,45%), em 2008, com concorrentes (2,42%) e outras empresas do grupo (2,42%), em 2011 e com outras empresas do grupo (2,99%), em 2014.

Em relação às universidades e centros de pesquisa, a porcentagem de empresas inovativas que cooperaram com essas instituições é baixa, porém, atualmente, ainda é superior à média da indústria de transformação. Além disso, ela é crescente ao longo do tempo. Por exemplo, em 2014, 5,98% das metalúrgicas cooperaram com as universidades e em contrapartida à apenas 4,73% da média brasileira das indústrias de transformação. Por outro lado, em 2008, a porcentagem das metalúrgicas (3,48%) foi inferior ao da indústria de transformação (3,53%). No ano de 2011, a indústria metalúrgica ainda realizava menos interações com a universidade, uma vez que a média nacional de cooperação das indústrias de transformação com as universidades e centros de pesquisa (6,42%) é 1,84% superior ao das metalúrgicas.

TABELA 6- Porcentagem das metalúrgicas que implementaram inovações e deram importância alta ao impacto causado, de 2008 a 2014

	2008	2011	2014
Melhoria de qualidade dos produtos	74,43	36,26	37,37

Ampliação da gama de produtos ofertados	49,47	26,72	12,86
Manutenção da participação da empresa no mercado	59,76	32,44	31,84
Ampliação da participação da empresa no mercado	52,95	28,63	28,55
Abertura de novos mercados	49,17	16,92	14,05
Aumento da capacidade produtiva	51,29	24,68	43,95
Aumento da flexibilidade de produção	54,01	25,06	34,08
Redução dos custos de produção	23,15	31,17	26,91
Redução dos custos de trabalho	36,61	29,01	15,84
Redução dos custos de matéria prima	17,10	18,58	5,38
Redução dos custos de energia	4,99	19,34	6,13
Redução dos custos de água	2,57	7,76	2,54
Redução do impacto ambiental e/ou aspectos ligados à saúde e segurança	30,26	25,70	56,80
Redução do impacto ambiental	25,42	19,47	30,49
Ampliação do controle de aspectos ligados à saúde e segurança	24,81	17,94	53,81
Enquadramentos em regulações e normas padrão	32,07	13,49	26,61

Fonte: PINTEC/IBGE. Elaboração própria

Os impactos das inovações estão relacionados a algumas áreas, como: ao produto, com melhoria da qualidade e ampliação da gama de produtos ofertados; ao mercado, mantendo ou ampliando a participação da empresa no mercado ou a abertura de novos; ao processo, aumentando a flexibilidade ou capacidade produtiva e reduzindo custos; aos aspectos relacionados ao meio ambiente, à saúde e segurança e ao enquadramento em regulamentações e normas.

A TABELA 6 ilustra que, em 2008, o impacto mais importante para as metalúrgicas foi a melhoria de qualidade do produto, sendo respondido por 74,43% das empresas inovativas. Além disso, as empresas destacaram os impactos na manutenção da participação da empresa no mercado (59,76%) e o aumento da flexibilidade de produção (54,01%).

Já em 2011, além dos dois mais citados em grau de importância em 2008, tem-se que a inovação começa a se expandir para melhorias associadas ao processo, com a redução dos custos de trabalho (29,01%). Por outro lado, observa-se que a importância alta dada a esses impactos diminuiu significativamente em todas as áreas, quando comparados a 2008.

Em 2014, os impactos mais importantes são aqueles ligados ao meio ambiente, saúde e segurança. Essa preocupação, em relação à sustentabilidade em seus diversos aspectos, é visível nas principais empresas do setor, conforme analisado no capítulo. Os resíduos, o grande consumo de energia, de água e de recursos naturais, entre outros aspectos, geram impactos ambientais que, atualmente, são de grande preocupação das metalúrgicas. Assim, elas buscam atender às necessidades da sociedade e às normas certificáveis com vários projetos e estudos no ramo (MACHADO ET AL., 2014).

Atualmente, esse é um dos grandes desafios postos ao setor. Com os rompimentos da Barragem de Fundão, em Mariana, em 2015 e da Barragem de Feijão, em Brumadinho, em 2019, ficou evidente o alto risco à saúde humana e animal, assim como ao meio ambiente, à cultura, entre outros inestimáveis. Dessa forma, se torna uma preocupação global para que desastres tecnológicos como esses sejam evitados.

Além disso, há uma importância significativa das metalúrgicas em relação ao aumento da capacidade produtiva (43,95). Ademais, há uma importância alta por parte de poucas empresas quando o resultado da inovação é a redução dos custos de água.

3.4- O setor minero-siderúrgico atualmente no Brasil

Essa seção apresenta os dados atuais do período estudado, de 2006 a 2016, referentes ao setor minero-metalúrgico. Eles são apresentados conforme a produção, exportação, importação e vínculo empregatício.

Foram considerados os códigos CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) referentes às atividades das indústrias extrativa de minerais metálicos (CNAE 07) e extrativa de minerais não metálicos (CNAE 08) para mineração e da indústria de transformação no âmbito da metalurgia (CNAE 24) para a metalurgia. Para as exportações e importações foi utilizada uma tabela de conversão, pois as informações estavam disponíveis em NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul).

A TABELA 7 mostra os valores, em R\$1000, da produção dos setores de mineração e metalurgia, ao longo dos dez anos entre 2006 e 2015.

TABELA 7- Produção, em valores de R\$1000, dos setores de mineração (07 e 08 da CNAE) e metalurgia (24 da CNAE) referentes aos anos de 2006 a 2015, deflacionados com deflator implícito do PIB, ano base 2006.

Ano	Mineração	Metalurgia
2006	48.464.190,00	113.038.661,00
2007	46.323.566,66	124.990.289,39
2008	94.536.760,11	138.580.252,94
2009	129.362.529,76	92.341.094,71
2010	147.853.592,69	105.993.943,18
2011	183.230.536,50	99.731.484,07
2012	67.155.715,63	105.997.390,97
2013	68.517.031,47	101.263.746,36
2014	61.073.539,54	94.459.534,49
2015	60.923.981,37	85.270.284,71

Fonte PIA/IBGE. Elaboração própria

Em relação à mineração, o maior pico de produção, em valores monetários, foi em 2011, sendo que o triênio de 2009-2011 obteve maior destaque. Até esse último ano, a tendência do setor foi de crescimento, tendo uma queda considerável no ano seguinte, mais de 60%.

Quando se considera o crescimento, o que mais se destaca é o período entre os anos de 2007 e 2008, ou seja, o setor dobrou sua produção. No último quadriênio, de 2012 a 2015, a produção permaneceu estável.

Em relação à indústria metalúrgica, a sua produção foi mais estável que na indústria extrativista de mineração, uma vez que suas vendas não oscilam muito. A maior queda registrada na produção foi em 2009, em que o setor retraiu pouco mais de 30%.

A TABELA 8 ilustra o número de vínculos empregatícios no setor minero-metalúrgico, no período de 2006 a 2016. Nela, também observamos que o número de funcionários no setor formal referentes às indústrias metalúrgicas é superior aos da indústria de mineração. Com isso, o número médio de funcionários nos setores 07 e 08 do código CNAE foi de 157.660 e no setor 24 do código CNAE foi de 227.124.

TABELA 8 - Número de vínculos empregatícios dos setores de mineração (07 e 08 da CNAE) e metalurgia (24 da CNAE) referentes aos anos de 2006 a 2016

Ano	Mineração	Metalurgia
2006	122.643	213.915

2007	127.120	231.208
2008	132.862	240.342
2009	133.017	218.651
2010	150.857	243.179
2011	166.898	248.652
2012	185.816	240.592
2013	187.914	239.568
2014	185.690	226.267
2015	175.496	205.251
2016	165.943	190.735

Fonte: RAIS. Elaboração própria

Analisando a mineração, tem-se que os anos que mais se empregaram pessoas foram os do triênio de 2012-2015, o que não corresponde aos anos de maiores produções no setor. Já os que apresentaram menor número de funcionários são os quatro primeiros anos analisados, sendo que os dois primeiros apresentaram menores taxas de produção e de vínculos empregatícios.

Embora o último quadriênio tenha se destacado em números, observa-se que o número de funcionários está caindo. Por outro lado, nos anos de 2009 a 2011, há um maior índice de crescimento de emprego no setor, sendo eles, 13,41%, 10,63% e 11,34%, respectivamente.

Na indústria metalúrgica, observa-se que, o menor número de funcionários foi em 2016, vindo de uma tendência decrescente desde 2012. Assim, o maior número de demissões em relação às contratações foi de 2014 para 2015, em que o número de funcionários diminuiu quase 10%.

O ano de 2011 foi o que teve maior número de funcionários no setor de metalurgia, seguido pelos anos de 2010 e 2012. Então, o maior *gap* ocorre nos anos de 2009 para 2010 e o número de funcionários no ramo da indústria metalúrgica cresceu 11,22%.

TABELA 9 - Valor da Transformação Industrial, em mil reais, nos setores de mineração e metalurgia, no período de 2007 a 2015, deflacionados com deflator implícito do PIB, ano base 2006.

Ano	Mineração	Metalurgia
2007	40.987.431,18	44.918.977,73
2008	56.432.617,30	50.412.924,57
2009	44.996.518,61	28.617.946,01

2010	87.862.542,35	34.211.629,98
2011	112.431.266,51	29.322.031,36
2012	104.098.731,87	27.806.804,09
2013	104.938.622,79	31.233.847,87
2014	94.533.448,37	31.430.074,35
2015	64.174.070,88	28.910.603,00

Fonte: IBGE- Pesquisa Industrial Anual - Empresa. Elaboração própria

A TABELA 9 ilustra o valor da transformação industrial (VTI) que corresponde à diferença entre o valor bruto da produção industrial e o custo com as operações industriais (IBGE, 2018). Assim, tem-se que apenas no ano de 2007, foi que a metalurgia superou o VTI da mineração.

O crescimento mais considerável na mineração foi entre 2009 e 2010, em que o VTI quase dobrou, aumentou 95%. Mas o que teve maior valor real foi o referente ao ano de 2011, com cerca de R\$112 bilhões. O triênio 2011-2014 foi o que mais se destacou nesse aspecto.

Já na metalurgia, a variação do VTI é menos significativa. Sua maior diferença foi do ano de 2008 para 2009, que caiu R\$ 50,4 bilhões para R\$ 28,6 bilhões. Por outro lado, no ano seguinte, foi o que registrou um maior crescimento, de quase 20%. Ao contrário do que ocorreu na mineração, a metalurgia apresentou maiores valores da transformação industrial no início do período analisado. Além disso, essa tabela ilustra a redução da importância da metalurgia para a economia brasileira, embora sempre fosse um setor muito dinâmico.

A TABELA 10 descreve as exportações nos setores de mineração e metalurgia, tanto em valor (US\$ FOB) quanto em volume líquido (toneladas). Assim, na primeira área, a média do valor exportado real é de US\$ 14,5 bilhões, enquanto seu peso líquido médio é de 319,7 milhões de toneladas. Já na segunda área, o valor médio exportado é de US\$11,5 bilhões e o volume de 22,28 milhões.

Então, quando se compara os dois tipos de produtos, a pauta exportadora brasileira é composta, em sua maioria, por produtos minerais, ou seja, no setor minero-metalúrgico o Brasil obtém maior vantagem comercial em produtos primários.

TABELA 10 - Valor (em US\$ FOB) e volume líquido (em toneladas) das exportações, de produtos da mineração e metalurgia, entre 2006 e 2016, deflacionados com CPI, ano base 2006

Ano	Mineração		Metalurgia	
	US\$ FOB	Peso líquido (ton)	US\$ FOB	Peso líquido (ton)
2006	10.338.870.271,00	254.133.133,80	15.482.473.688,00	23.679.973,41
2007	11.609.050.968,90	282.014.315,50	15.823.500.474,46	21.975.501,27
2008	15.767.647.848,56	295.217.879,70	16.951.625.440,90	21.780.424,98
2009	11.394.888.226,41	294.908.147,10	10.166.217.108,48	18.905.979,18
2010	21.693.006.603,01	325.630.211,00	11.271.630.946,71	19.179.889,50
2011	27.667.642.511,59	345.058.670,50	13.382.100.869,12	22.802.549,67
2012	18.984.494.356,72	339.793.525,80	11.163.628.657,74	21.874.940,63
2013	18.164.692.909,40	345.334.446,70	8.913.958.473,39	19.563.427,87
2014	12.818.255.324,40	339.425.992,00	9.078.365.266,18	22.257.449,28
2015	6.031.719.068,71	332.115.197,90	7.776.898.703,40	26.782.167,45
2016	5.933.295.969,71	363.005.102,20	6.920.761.904,79	26.289.442,55

Fonte Aliceweb. Elaboração própria

A exportação de mineração no Brasil, em termos monetários reais, atingiu seu ápice em 2011, sendo o quadriênio 2010-2013, o que exportou maior valor. Observa-se que, apesar de ainda conter no período valores elevados, a partir de 2012, os valores exportados tendem a decrescer. De acordo com Pinto et al (2015), depois de 2012 houve uma inflexão nos preços das *commodities*.

Em relação à quantidade exportada da mineração, há uma tendência, ao longo dos anos, crescente. Houve três aumentos significativos, o primeiro em 2007, o segundo em 2010 e o último em 2016, com aumentos de 11%, 10,4% e 9,3%, respectivamente. Provavelmente, o crescimento em 2010 se deu porque a China se tornou, em 2009, o principal parceiro comercial do Brasil e demandava altas quantidades desse produto. As quedas nas quantidades exportadas não passaram de 3%, sendo que em 2015 foi o maior decréscimo de 2,6%.

Comparando as exportações dos dois setores, tem-se que o volume exportado de produtos da indústria metalúrgica é muito inferior aos da indústria mineradora. Em 2013, essa diferença chega a ser mais de 17 vezes, sendo que o menor *gap* foi em 2007, em que a quantidade de produtos minerais exportados foi 10 vezes superior ao de produtos metalúrgicos.

Por outro lado, quando é analisado sob a ótica monetária, a discrepância não é tão grande. As exportações do setor metalúrgico não oscilam muito, enquanto as da

mineração têm um comportamento contrário. Assim, de 2006 a 2008 e nos dois últimos anos, os valores exportados da metalurgia foram superiores aos da mineração. Porém, nos demais anos, a mineração superou, atingindo o maior *gap* em 2011, o que gerou consequências para a indústria doméstica.

No setor de metalurgia, como dito anteriormente, as oscilações não foram muito significativas. Seus maiores picos foram em 2008 e 2011, enquanto a maior queda foi em 2009.

Já em termos de quantidade, as exportações oscilaram bastante sua tendência. A maior taxa de aumento das exportações do setor metalúrgico foi em 2015, mais de 20%.

Portanto, essa seção apresentou os dados que ilustram que a indústria metalúrgica, no Brasil, está perdendo sua importância, nos últimos anos. Esse fato se deve à inserção da China como principal parceiro comercial e por seus investimentos nesse setor. Além do produto chinês ser mais competitivo, a China passou a demandar menos produtos de metalurgia brasileiros. Esses dados serão discutidos na próxima seção.

3.5- O Efeito China Sobre o Setor Mineiro-Metalúrgico

A partir dos anos 2000, as relações econômicas entre Brasil e China se estreitaram, principalmente devido ao crescimento do fluxo comercial entre eles. A China atingia altos níveis de crescimento, em uma média de 9% ao ano, o que impulsionou uma demanda grande por minérios e outras matérias primas. Além disso, teve-se o desenvolvimento da indústria, a construção de rodovias, ferrovias e infraestrutura somada às melhorias de renda da população chinesa (OLIVEIRA, 2015). Assim, o Brasil foi e continua sendo um grande exportador de *commodities* para a China, sobretudo nos setores do agronegócio e da mineração (FRISCHTAK E SOARES, 2013).

A estratégia de desenvolvimento e modernização chinesa começou em 1978, com Deng Xiaoping e teve como objetivo “a descentralização das decisões econômicas por meio da delegação de poder para as províncias e as autoridades locais e a adoção de modelos gerenciais e tecnologias do ocidente” (ACIOLY ET AL., 2011, p. 28).

Esse *boom* chinês se deve a vários elementos, que vão desde uma política cambial advinda da desvalorização do Yuan em relação ao dólar, baixos salários e ganhos de produtividade até à entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC), em

novembro de 2001 (ACIOLY ET AL., 2011). De acordo com Ellis (2005), antes entrada da China na OMC as relações entre a China e os países da América Latina eram muito pequenas, o que se intensificou posteriormente estabelecendo acordos comerciais, relacionamentos financeiros, jurídicos e um crescimento de empresas chinesas nesses países.

Em 2005, com o objetivo de aumentar a competitividade dos setores de aço e de ferro da China, o governo criou o “*China’s 2005 Steel and Iron Industry Development Policy*”. Nessa política haveria uma redução do número de empresas desse ramo, ou seja, seriam feitas muitas fusões e aquisições gerando uma desconcentração espacial das minas. Dessa forma, a expectativa era que em 2010, as dez empresas mais importantes de aço e ferro chinesas deveriam representar pelo menos 50% da produção local (ASIANLII, 2005).

Segundo Kock-Weser (2014), no período de 2006 a 2010, o governo chinês também elaborou o 11º Plano Quinquenal, que priorizava o reequilíbrio e a reestruturação dos setores de ferro e aço. Além disso, a importação e exportação nesse setor também foi controlada, assim como um investimento em aquisição e melhorias tecnológicas, pelo plano “*Iron and steel industry revitalization plan (2009-2010)*” (OLIVEIRA, 2015).

Ademais, foram publicados três regulamentos para que as importações na China de ferro fossem restringidas e estimulassem a descoberta de novas minas e reservas estratégicas. São elas: “*Iron Ore Importer Qualification Standard and Application Process*”, o “*Implementation Details of Iron Ore Import Agency System*” e o “*Registration Regulation about Iron Ore Import Contract and Destination*” (OLIVEIRA, 2015).

Já o 12º Plano Quinquenal ditou as políticas nos anos entre 2011 e 2015 e seu principal objetivo era a renovação tecnológica. Alguns pontos importantes como a redução da capacidade ociosa, equilíbrio de mercado e até a auto-suficiência e desenvolvimento do setor também foram citados (OLIVEIRA, 2015). Além disso, o governo pretendia concentrar o setor, por meio de fusões e aquisições. Assim, sua finalidade era ter, em 2015, 60% das unidades produtivas sob controle das dez maiores empresas siderúrgicas e em 2020, 70% (POSO, 2015).

Nesse mesmo período, entre 2012 e 2013, o governo da China promoveu a construção de três milhões de residências e mais dez milhões nos dois anos posteriores para a

população com renda inferior. Demandando uma grande quantidade de materiais para a construção, sendo em grande parte oriunda do setor minero-metalúrgico (FRISCHTAK e SOARES, 2013).

Segundo Lima (2007), o setor minero-metalúrgico cresceu na China devido, principalmente, a dois fatores: o primeiro consiste no crescimento do setor manufatureiro industrial, porque houve um intenso investimento externo no setor e em segundo, por causa da demanda mundial.

De acordo com Furtado (2009), no ano de 2006, a China foi o maior produtor de inúmeros bens minerais como ferro, aço, alumínio, antimônio, barita, chumbo, terras raras, estanho, tungstênio, zinco e fluorita. Além disso, foi o país que mais exportou antimônio, barita, fluorita, grafita, terras raras e tungstênio. Apesar de a China ser um país rico nesses insumos, não conseguiam suprir a demanda interna. Dentre os motivos estão o seu relevo com muitas montanhas, que dificultam a extração de alguns bens. Dessa forma, nesse ano foi um grande importador de cobre, cromo, cobalto, minério de ferro, manganês, níquel, potássio, entre outros (OLIVEIRA, 2015).

Puga et al (2004) afirma que o Brasil exporta para a China produtos do setor minero-metalúrgico menos elaborados, ou seja, produtos de baixo valor agregado e baixa incorporação tecnológica. Por exemplo, em 2010, os produtos básicos representaram 18 vezes mais do que os bens manufaturados nas exportações brasileiras. Thorstensen (2011) afirma em seu estudo que, entre os anos de 2000 e 2009, os produtos básicos passaram de 68% para 83% na pauta exportadora e que os bens mais representativos, em 2010, foram minérios (40%).

A TABELA 11 ilustra a porcentagem, do valor de produtos dos setores minero-metalúrgicos brasileiros que são exportados para a China.

TABELA 11 - Participação do mercado chinês na pauta de exportações brasileiras, nos setores de mineração e metalurgia, durante os anos de 2006 e 2016

Ano	Mineração	Metalurgia
2006	26,86%	1,50%
2007	30,67%	3,35%
2008	27,58%	2,80%

2009	53,92%	10,64%
2010	43,58%	5,09%
2011	45,17%	4,26%
2012	45,19%	4,97%
2013	46,21%	7,24%
2014	46,27%	5,94%
2015	45,81%	7,80%
2016	52,45%	5,46%

Fonte: Aliceweb Elaboração própria

A participação chinesa na pauta de exportação brasileira é composta predominantemente por produtos de mineração do que de metalurgia. Como dito anteriormente, a relação do Brasil com a China se dá mais em exportações brasileiras de *commodities* e em importações de produtos manufaturados chineses.

Em relação à mineração, observa-se que após 2009, quase metade da produção das mineradoras exportada é destinada a China. Dessa forma, nesse ano, houve um crescimento de quase 100% no comércio entre o Brasil e esse país, no setor, o que mostra uma forte dependência comercial.

Já na metalurgia, a dependência é menor. A maior participação chinesa nas exportações desse setor foi em 2009, tendo uma média de 5,82% nos anos posteriores. Nos anteriores, a porcentagem de produtos metalúrgicos exportados para a China era menor, sendo em 2006, apenas 1,50%.

De acordo com Ellis (2015), em 2009, a China realizou grandes investimentos na América Latina, sendo estes concentrados em setores como petróleo, metais, minerais, outros produtos primários e em manufaturas. Esse fato é um dos fatores que contribuíram para que o volume das exportações nesse setor aumentasse a partir desse ano.

A TABELA 12 descreve a balança comercial do Brasil com a China, ou seja, a diferença, em US\$ FOB, das exportações e importações entre esses países dos produtos originários das indústrias de mineração e metalurgia.

TABELA 12 – Balança comercial brasileira com a China, em US\$ FOB, nos setores de mineração e metalurgia, durante os anos de 2006 e 2016, deflacionados com CPI, ano base 2006

Mineração	Metalurgia
-----------	------------

2006	2.760.585.352,00	50.417.643,00
2007	3.547.610.075,73	40.405.862,16
2008	4.316.161.340,57	-346.754.971,11
2009	667.545.619,27	642.955.113,99
2010	9.440.849.939,21	-607.481.105,00
2011	12.483.643.989,16	-439.870.669,66
2012	8.570.251.703,70	-258.380.219,90
2013	8.371.017.316,52	-143.871.729,01
2014	5.916.597.613,90	-422.007.776,88
2015	2.750.775.362,07	-47.814.677,47
2016	3.099.050.560,53	97.171.323,84

Fonte Aliceweb. Elaboração própria

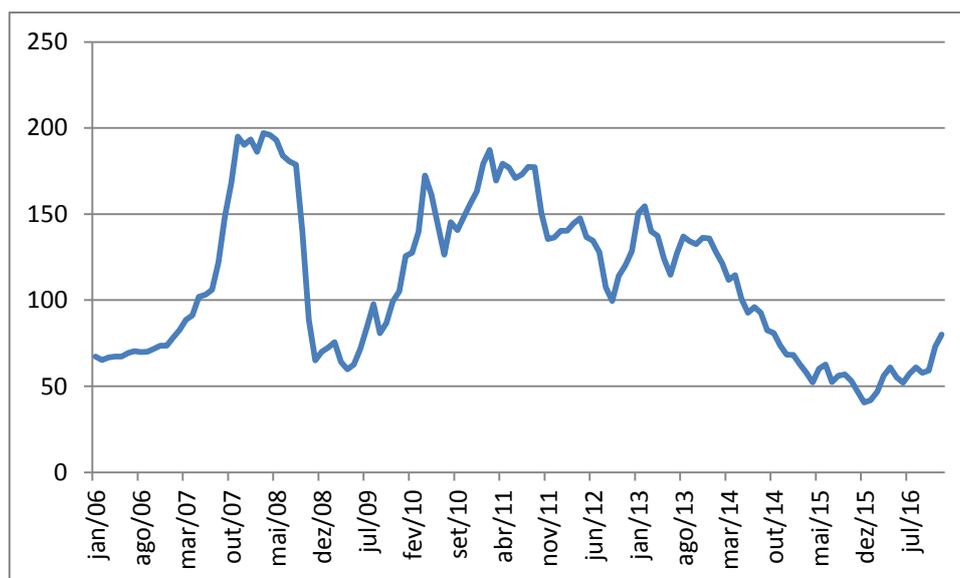
Então, tem-se que a balança comercial de produtos da mineração, de 2006 a 2016, é superavitária, ou seja, a China comprou mais minérios do que exportou para o Brasil. O quadriênio de 2009 a 2013 foi aquele em que se o resultado foi mais positivo.

Já na metalurgia, sete dos onze anos analisados apresentam déficits. Com isso, observa-se uma grande inserção de produtos metalúrgicos chineses no mercado brasileiro. Principalmente a partir de 2010, a balança comercial de metalurgia se tornou negativa, o que ilustra que a competição chinesa tem impactado desfavoravelmente o setor metalúrgico brasileiro.

De acordo com Libânio (2008), essa ampliação comercial chinesa contribuiu para a elevação dos preços das *commodities* e para a diminuição dos preços das manufaturas. Porém, Pinto et al. (2015) afirmam que houve uma inflexão dessa tendência em 2012, de forma com que os índices dos preços das *commodities* diminuíram.

No GRÁFICO 1, observa-se essa tendência descrita acima, em relação ao minério de ferro.

GRÁFICO 1 – Preço do minério de ferro, em dólares americanos por tonelada métrica, durante o período de 2006 e 2016



Fonte: Indexmundi. Elaboração própria

Assim, o gráfico ilustra dois picos significativos, em 2007 e 2011. Depois desse último ano, a tendência foi de decréscimo do preço. Isso pode ter sido gerado por alguns fatores relacionados à China. Primeiro, porque a produção de minério de ferro cresceu substancialmente até o ano de 2012, como pode ser analisado no gráfico a seguir. Segundo, porque, segundo Poso (2015), no 10º e 11º Plano Quinquenal, a siderurgia na China cresceu 20% e 15%, respectivamente. Já no 12º Plano Quinquenal, a tendência era de crescimento de apenas 5%.

Portanto, de acordo com Poso (2015), a China produz metade da produção mundial das siderurgias e, nos últimos anos, tornou-se exportadora líquida. Isso gerou uma série de consequências, que também afetaram o Brasil, como o excesso de capacidade instalada e queda no preço do aço.

Como visto anteriormente, a indústria metalúrgica sempre foi um setor influente para o Brasil, porém está perdendo sua importância mundialmente. Observa-se que as empresas mais representativas do país, desse setor, tiveram um crescimento negativo, em 2016. Além disso, houve um aumento do desemprego e uma redução do valor de transformação industrial.

Portanto, esse capítulo visou ilustrar o quanto o setor minero-metalúrgico foi e é importante, estando em pauta de inúmeras discussões políticas e de investimento, com a finalidade de fomentar o desenvolvimento brasileiro. Dentre os principais alavancadores

do setor tem-se a Escola de Minas de Ouro Preto, que contribuiu com diversos profissionais e projetos da área.

A partir dos anos de 1990, mudanças setoriais significativas ocorreram. Uma delas foi a privatização das empresas, a partir de 1991 com a desestatização da USIMINAS, e a modificação na estrutura organizacional das mesmas. Além disso, com a entrada da China fortemente no mercado brasileiro, o setor de metalurgia foi prejudicado pela concorrência e por outro lado, a mineração ganhou forte impulso pela demanda externa.

Dessa forma, esse capítulo trouxe uma contextualização do histórico setorial da minero-metalurgia que dará suporte para compreender como as interações com as universidades são feitas e as características atuais das empresas minero-metalúrgicas, bem como correlacionar essas particularidades.

4- BASE DE DADOS: UMA ANÁLISE DOS DADOS DE 2006 E 2016

Este capítulo apresenta as duas bases de dados utilizadas neste trabalho, o Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e a RAIS.

Nos Censos do CNPq que serão trabalhados nessa pesquisa foram feitos recortes utilizando como parâmetros os grupos de pesquisa que interagiram com as empresas dos setores industriais de: indústria extrativa de minerais metálicos (CNAE número 07), de minerais não-metálicos (CNAE número 08) e a indústria metalúrgica (CNAE número 24). Para tal procedimento foi realizada uma consulta ao site da Receita Federal, pois todas as empresas catalogadas que interagem com os grupos de pesquisa apresentam um CNPJ e por isso, foi possível agrupá-las de acordo com a CNAE. Além disso, foram extraídos os dados desses CNPJs da base da RAIS.

As inconsistências presentes nas bases foram que algumas empresas estavam classificando os CNPJs em outros setores de acordo com o CNAE e alguns CNPJs não foram localizados na base da RAIS. Para solução do primeiro problema foram feitas consultas à Receita Federal para verificação do setor de atividade econômica principal da empresa e para o segundo, retirou-se da base do DGP as empresas que não tinham correspondência na base da RAIS.

Então, as empresas que foram retiradas das bases de dados foram: seis mineradoras e seis metalúrgicas do Censo de 2006 do DGP e quatorze mineradoras e cinco metalúrgicas do Censo 2016 do DGP.

4.1- O Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq

As bases de dados utilizadas nesse trabalho são do Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq, relativas ao Censo 2006 e 2016, e foram obtidas mediante Lei de Acesso à Informação. O DGP reúne os grupos de pesquisa que estão em vigor no Brasil. O Censo apresenta informações a respeito dos pesquisadores, estudantes e técnicos, das áreas de pesquisa, os setores envolvidos, bem como as suas interações com o setor produtivo no que se refere ao tipo de relacionamento e a remunerações, entre outras informações (CNPq, 2017).

O Diretório dos Grupos de Pesquisa atende a três principais públicos. O primeiro deles é a comunidade científica e tecnológica, que se beneficia através da troca e agregação de informações. Dessa forma, é possível saber o que determinado pesquisador ou grupo de pesquisa trabalha, aonde realiza determinada atividade, qual é ela e o que produziu. Em segundo, o Diretório também fornece um grande número de dados, que pode ser útil para diversas instituições. Assim, pode haver estudos, do tipo *survey*, de interações entre os grupos de pesquisa e o setor produtivo, entre outros. Assim, eles contribuem para uma melhoria no planejamento e na gestão de assuntos relacionados às atividades de ciência e tecnologia. Além disso, por último, a base de dados reúne informações históricas do país, importantes para a sociedade brasileira (CNPq, 2017).

Os dados dos Censos são extraídos de dois em dois anos. As informações neles contidas podem ser atualizadas sempre pelos líderes dos grupos de pesquisa, porém, o preenchimento dos formulários não é obrigatório para a participação em editais e programas do CNPq (CNPq, 2017).

Esses grupos de pesquisa, geralmente, são vinculados a universidades, instituições de ensino superior, institutos de pesquisa e tecnológicos. Eles são organizados de acordo com uma hierarquia, em que, os líderes são aqueles que possuem maior experiência e se destacam mais no grupo (CNPq, 2017).

A próxima seção descreve a evolução dos Censos do DGP ao longo do tempo e suas principais mudanças.

4.1.1- DGP: evolução histórica

O DGP do CNPq já realizou onze censos, entre 1993 e 2016. Ao longo dos anos, ocorreram mudanças significativas, principalmente a partir de 2002. Nesse ano, houve modificações na forma de coleta dos dados, que passaram a ser atualizados a qualquer

momento. Dessa forma, os Censos uma “fotografia” dessa plataforma de dados em uma determinada data.

Além disso, a estrutura do formulário de coleta também foi remodelado, o que afetou a conformação da base de dados, como a inserção das informações entre as interações dos grupos de pesquisa com o setor produtivo e uma nova tabela de setores de aplicação. Outra importante mudança foi que os pesquisadores e os estudantes passaram a ter que cadastrar o currículo Lattes para que pudessem participar do Diretório. Isso aumentou o número de dados e possibilitou o acesso a algumas informações a respeito dos atores, como titulação, sexo e idade (CNPq, 2017).

Em 2010, houve uma reestruturação do módulo “empresas”, contendo novos dados, como nome e CNPJ. Já no ano de 2014, informações da participação de grupos em rede de pesquisa, dos egressos, dos colaboradores estrangeiros, dos equipamentos e dos softwares foram acrescentadas (CNPq, 2017).

A TABELA 13 descreve o número de instituições, de grupos e linhas de pesquisa ao longo dos onze censos realizados. Em relação às instituições, o número aumentou em mais de 400%, apresentando uma tendência crescente nesses anos. No primeiro Censo de 1993, havia 99 instituições, sendo que em menos de 10 anos esse número já havia duplicado.

TABELA 13- Série histórica do número de instituições, de grupos e linhas de pesquisa do DGP.

	1993	1995	1997	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2016
Instituição	99	158	181	224	268	335	403	422	452	492	531
Grupos	4.402	7.271	8.632	11.760	15.158	19.470	21.024	22.797	27.523	35.424	37.640
Linhas de Pesquisa	ND	ND	ND	38.126	50.473	67.903	76.719	86.075	106.715	139.141	147.392

Fonte: CNPq, 2017. Elaboração própria

Considerando os grupos de pesquisa, o aumento percentual é ainda maior do que o número de instituições, pois houve um aumento de mais de 700%. Em 1993, o Censo contava com apenas 4.402 grupos, já no último foram 37.640. Observa-se que a partir do Censo de 2000, que o número de grupos aumentou significativamente e a obrigatoriedade do currículo Lattes para os pesquisadores e estudantes é uma das explicações para esse fato.

Os dados referentes às linhas de pesquisa começaram a ser coletados a partir de 2000. Esse número aumentou mais de 100 mil até o último Censo. Em 2000, o CNPq contava

com 38.126 linhas de pesquisa e em 2016 possuía 147.392. Porém, nesse trabalho, serão utilizados os Censos 2006 e 2016, uma vez que, eles ilustram um período antes e depois da China se tornar o principal parceiro comercial do Brasil e com isso, poderão ser analisadas as principais modificações que possam ter ocorrido neste período na interação das empresas minero-metalúrgicas com universidades e institutos de pesquisa.

4.1.2- DGP: Censos 2006 e 2016

Em 2006, a base censitária foi composta por grupos certificados, existentes na base corrente do Diretório em 04 de dezembro de 2006 e pela produção C,T&A do quadriênio 2003-2006 existente na base de Currículos Lattes em 12 de setembro de 2007. Assim, foi feita uma revisão prévia dos dados do Censo com uma análise comparativa dos seus resultados com os dos censos anteriores. Por sua vez, o Censo de 2016 é a base mais recente. Ela corresponde ao quadriênio de 2012-2016 e representou os dados existentes no Currículo Lattes em 14 de novembro de 2016 (CNPq, 2017).

No ano de 2006, o número de instituições que participaram do Censo foi 403, sendo 21.024 grupos de pesquisa, com 76.719 linhas de pesquisa. Já em 2016, o número de instituições de pesquisa cresceu para 531, os grupos de pesquisa aumentaram quase 80%, ou seja, neste ano, foram registrados 37.640 grupos e contaram com 147.392 linhas de pesquisa, 91,12% a mais que em 2006.

Assim, esses dados serão analisados na próxima seção de acordo com o número de interações, as grandes áreas do conhecimento, os tipos de relacionamento e as formas de remuneração.

O QUADRO 5 descreve os tipos de relacionamentos existentes entre os grupos de pesquisa e o setor produtivo. Ao todo existem 14 tipos de relacionamento, em que nove são originados dos grupos de pesquisa para a unidade do setor produtivo e cinco se originam na unidade do setor produtivo para os grupos de pesquisa.

Os dados apresentados possuem algumas limitações. Segundo Rapini (2007), não é possível identificar qual é o tipo de importância que os grupos atribuem a cada tipo de relacionamento. Além disso, pode haver alguns problemas relacionados à coleta de dados, como os que ocorrem devido à subjetividade das percepções individuais e em relação às especificidades das áreas do conhecimento.

QUADRO 5- Tipos de Relacionamento entre os Grupos de Pesquisa e o Setor Produtivo por origem do fluxo

Grupos de pesquisa -> Setor produtivo
Atividades de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro
Desenvolvimento de software para parceiro pelo grupo
Fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo
Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados
Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados
Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para parceiro
Treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento "em serviço"
Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.
Setor Produtivo -> Grupos de Pesquisa
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento/fabricação de equipamentos para o grupo
Desenvolvimento de software não rotineiro para grupo pelo parceiro
Fornecimento, pelo parceiro, de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo
Transferência de tecnologia desenvolvida pelo parceiro para o grupo
Treinamento de pessoal do grupo pelo parceiro, incluindo cursos e treinamento "em serviço"

Fonte: CNPq, 2017 – Elaboração própria.

Ao descrever o tipo de relacionamento, o líder de cada grupo pode citar até três interações mais frequentes. Apesar de o interesse entre as partes que realizam a cooperação ser mútuo, pode haver um sentido de colaboração maior.

Segundo Righi (2009), as “Pesquisas com considerações de uso imediato” são atividades de curto prazo, em que os grupos de pesquisa podem ser responsáveis pela solução de um problema da empresa ou pelo desenvolvimento de um produto. Devido a essas características, é um processo mútuo e intenso. Já as “Pesquisas científicas sem considerações de uso imediato dos resultados”, ao contrário da anterior, são processos de maior duração e tem como pilar a ciência básica. Dessa forma, o objetivo principal é que essa interação fomente novas linhas pesquisa, para o desenvolvimento da área. As “Transferências de tecnologias” são tidas como “compra de um pacote tecnológico desenvolvido (como o licenciamento de patentes) ou pela simples compra de produtos desenvolvidos.” (VILLELA E ALMEIDA, 2012, p.230). Esse tipo de relacionamento pode ocorrer tanto no sentido dos grupos de pesquisa para as empresas, quanto no fluxo contrário.

As “Atividades de consultoria técnica” e o “Treinamento do pessoal” ilustram insumos acadêmicos pouco sofisticados, porque estes estão relacionados às pequenas melhorias (RAPINI, 2004). O segundo tipo de relacionamento consiste em cursos, estudos mais aprofundados e estágios no geral.

Há outros três tipos de relacionamento “Desenvolvimento de software”, “Atividades de engenharia não rotineira” e “Fornecimento de insumos materiais”. A primeira atividade se refere a um acordo mútuo, que atenda aos interesses dos dois lados. Já na segunda, as instituições trabalham juntas com a finalidade de desenvolver produtos e equipamentos. Em ambos os casos, há movimentos de troca e produção de novos conhecimentos (VILELA E ALMEIDA, 2012). Por outro lado, na última, há apenas o fornecimento de um insumo material, ou seja, o movimento é unidirecional.

Existem dez tipos de remuneração entre os grupos de pesquisa e o setor produtivo, conforme descrito no QUADRO 6. De acordo com Rapini et al. (2015), cada líder do grupo de pesquisa pode atribuir até três tipos de remuneração entre o grupo de pesquisa e o setor produtivo.

A remuneração da parceria pode ocorrer através de quatro formas, segundo as suas características principais: através de recursos financeiros e materiais, da troca de conhecimento, do risco e demais tipos. O primeiro se refere às pesquisas que podem ser financiadas por recursos financeiros ou insumos materiais (transferência de recursos financeiros, transferência de insumos materiais e parceria com transferência de recursos nos dois sentidos). No segundo grupo, as remunerações estão ligadas à geração e à transmissão de conhecimento (fornecimento de bolsas e transferência física temporária de RH). O terceiro é um tipo de relacionamento que reúne riscos, pois não são remuneradas e o quarto engloba outros tipos de remuneração (RAPINI et. al., 2015).

QUADRO 6- Tipos de remuneração entre os grupos de pesquisa e o setor produtivo

Tipos	Remuneração
Recursos financeiros e materiais	Transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo
	Transferência de insumos materiais p/ as atividades de pesquisa do grupo
	Parceria com transferência de recursos nos dois sentidos

	Transferência de recursos financeiros do grupo para o parceiro
	Transferência de insumos materiais para as atividades do parceiro
Troca de conhecimento	Fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro
	Transferência física temporária de RH do parceiro para as atividades de pesquisa do grupo
	Transferência física temporária de RH do grupo para as atividades do parceiro
Risco	Parceria sem a transferência de recursos envolvendo exclusivamente relacionamento de risco
Outras	Outras formas de remuneração que não se enquadrem nas anteriores

Fonte: RAPINI et al. (2015).

Os grupos de pesquisa que realizam interações com as empresas do setor minero-metalúrgicas também podem ser divididos em sete grandes áreas do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra, Engenharia, Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas e Ciências da Saúde. Cada uma delas ainda possui áreas relacionadas, conforme descrito no Apêndice 1.

4.1.3- Análise da base de dados

Nessa seção serão analisados os dados secundários dos Censos de 2006 e 2016, referentes às interações dos grupos de pesquisa com as empresas do setor minero-metalúrgicas, de acordo com as cooperações existentes e suas características, como as áreas do conhecimento, os tipos de relacionamento e os tipos de remuneração.

4.1.3.1- Interação universidade-empresa: panorama geral

Antes de analisar os dados referentes às interações, é importante ressaltar que o número de empresas foi contabilizado de acordo com seu CNPJ e por isso, empresas

pertencentes ao mesmo grupo, mas com diferentes CNPJs são contabilizadas separadamente.

TABELA 14- Número de interações, grupos de pesquisa e empresas do setor minero-metalúrgico do DGP, Censos 2006 e 2016.

Número de	Mineração		Metalurgia	
	2006	2016	2006	2016
Interações	43	52	73	96
Grupos de pesquisa	37	42	54	75
Empresas	32	31	36	37

Fonte: DGP – CNPq 2006 e 2016- Elaboração Própria.

Em 2006, os grupos de pesquisa realizaram 43 interações com as mineradoras, volume que cresceu 20,93%, em 2016. Além disso, o número de grupos de pesquisa que declararam interagir também aumentou, 13,51%. Com isso, aumentou a razão números de interações por grupos de pesquisa, ao longo do período. Porém, a diversidade das empresas do setor minerador diminuiu, de 32 para 31 unidades produtivas, gerando um aumento ainda maior da interatividade dessas indústrias. Em 2006, as mineradoras realizavam, em média 1,34 interações, já em 2016, 1,68.

Já as interações, realizadas entre os grupos de pesquisa e as empresas metalúrgicas, no período analisado, obtiveram um crescimento maior, de 31,51%, se comparadas ao crescimento das mineradoras. Isso pode ser justificado pela desaceleração deste setor, após a entrada da China como principal parceiro comercial brasileiro, uma vez que, a participação do produto metalúrgico nas importações brasileiras cresceu de 3,93%, em 2006 para 14,15%, em 2016, como pode se observar no capítulo 3, de forma que as empresas metalúrgicas estão procurando maneiras de se reinserirem no mercado, agregando valor aos seus produtos.

Ademais, o Brasil perdeu competitividade no mercado externo e de acordo com o Instituto Aço Brasil (2015), em 2015, a indústria de aço enfrentava a “pior crise de sua história”. Entre os fatores conjunturais causadores dessa recessão estão a diminuição da demanda por seu produto, porque seus consumidores finais apresentaram quedas expressivas nas vendas. Ademais, também houve um excedente de capacidade de

produção de aço no mundo. Já em relação aos fatores estruturais, observa-se um alto custo de energia elétrica e juros altos, além da elevada carga tributária.

Além disso, contrastando os dois setores, percebe-se que a quantidade de grupos de pesquisa que interagiram com as empresas metalúrgicas cresceu em maior proporção do que os que cooperaram com as mineradoras. O mesmo ocorreu com a variedade de empresas.

Em relação à interatividade, em 2006, as metalúrgicas realizavam cerca de 2,03 interações, número que elevou para 2,60, em 2016. Estes valores também são superiores aos das mineradoras.

4.1.3.2- Interação por Grande área do conhecimento

Nessa subseção haverá uma discussão a respeito do número de interações por grandes áreas do conhecimento, realizadas entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico. É importante ressaltar que, na base de dados de 2006, alguns grupos de pesquisa foram apenas classificados pelo código. Com isso, não foi possível identificar qual era sua área de atuação. Essa situação ocorreu em quatro grupos de pesquisa que fizeram sete interações com as mineradoras e em nove grupos de pesquisa que realizaram doze interações com as metalúrgicas.

TABELA 15- Número de grupos de pesquisa que cooperaram com as empresas do setor minero-metalúrgico por grande área do conhecimento, em 2006 e 2016.

Grande área do conhecimento	Mineração		Metalurgia	
	2006	2016	2006	2016
Ciências Agrárias	0	5	2	10
Ciências Biológicas	2	1	1	1
Ciências da Saúde	0	1	1	2
Ciências Exatas e da Terra	9	17	3	7
Ciências Humanas	1	0	0	1
Ciências Sociais Aplicadas	0	0	0	1
Engenharia	21	18	38	53
Sem classificação	4	0	9	0
Total	37	42	54	75

Fonte: DGP – CNPq 2006 e 2016. Elaboração própria.

Os grupos de pesquisa pertencentes à grande área do conhecimento de Engenharia foram os de maior número nos dois setores em todos os anos estudados. Para o setor metalúrgico, o peso dos grupos dessa grande área é ainda maior, representado por 70,37% do total de grupos em 2006 e 70,67%, em 2016.

Os grupos de pesquisa na grande área de “Ciências Exatas e da Terra” também são relevantes. Exceto em 2016, nas cooperações com as metalúrgicas, ela foi a segunda mais frequente nos demais anos. Esse resultado é ainda mais importante nas mineradoras, uma vez que, os grupos com esse tipo de conhecimento abrangeram quase 25% em 2006 e 40,48% em 2016.

As áreas dos grupos de pesquisa, que interagem com as mineradoras, mais significativas são as de “Geociências”, “Engenharia de materiais e metalúrgica” e “Engenharia de minas”. Por outro lado, as áreas dos que cooperam com as metalúrgicas são “Engenharia de materiais” e “Engenharia mecânica”, conforme pode ser visualizado no Apêndice 1.

A “Ciências Agrárias” foi uma grande área que ganhou destaque ao longo dos anos. Já “Ciências Biológicas”, “Ciências Humanas”, “Ciências Sociais Aplicadas” e “Ciências da Saúde” tiveram pouca representatividade na interação com o setor minero-metalúrgico,

4.1.3.3- Tipos de Relacionamento

A seguir serão analisados os tipos de relacionamentos existentes entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico, assim como a variação entre os setores, ao longo do tempo.

TABELA 16- Número de relacionamentos por tipo entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico, em 2006 e 2016.

Grupos de Pesquisa -> Empresas	Mineração		Metalurgia	
	2006	2016	2006	2016
Atividades de consultoria técnica	9	7	11	9
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto	4	1	11	3
Desenvolvimento de software	1	0	7	2
Fornecimento de insumos materiais sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo	1	0	1	2
Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados	22	28	57	58
Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados	13	20	13	20
Transferência de tecnologia	16	10	21	12
Treinamento de pessoal	5	4	8	7

Outros tipos	2	8	4	8
Empresas -> Grupos de Pesquisa				
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento/fab. de equipamentos	0	2	1	3
Desenvolvimento de software não rotineiro	1	0	1	1
Fornecimento de insumos materiais sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo	5	9	1	17
Transferência de tecnologia	0	1	1	2
Treinamento de pessoal	1	1	2	2
Total	80	90	139	146

Fonte: DGP – CNPq 2006 e 2016. Elaboração própria.

Em 2006, os tipos de relacionamento provenientes dos grupos de pesquisa para as mineradoras (91,25%) ocorreram mais do que no sentido contrário (8,75%). Então, dos 80 relacionamentos existentes, nesse ano, as “Pesquisas científicas com considerações de uso imediato dos resultados” foram as mais frequentes, somando 22 relacionamentos, ou 27,5% do total. O segundo relacionamento mais citado pelos líderes foi a “Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para parceiro”, contabilizando 20% do total.

Outros tipos de relacionamento que ganharam destaque foram as “Pesquisas científicas sem considerações de uso imediato dos resultados” ou pesquisas de longo prazo e as “Atividades de consultoria técnica”, com 16,25% e 11,25% do total, respectivamente. Por outro lado, as duas formas que menos ocorreram no sentido grupos de pesquisa para as mineradoras foram “Desenvolvimento de software” e “Fornecimento de insumos materiais”, com apenas 1,25% do total, cada.

Considerando os tipos de relacionamentos provenientes dessas empresas para os grupos de pesquisa, tem-se que mais de 71,43% deles são representados por um só grupo, o “Fornecimento de insumos materiais”. Os outros grupos, que tem como características “Desenvolvimento de software” e “Treinamento de pessoal”, contam com a frequência de um relacionamento.

No ano de 2016, foram registrados 77 relacionamentos advindos dos grupos de pesquisa para as mineradoras e apenas 13 no sentido oposto. Assim, tem-se que essa tendência prevaleceu ao longo dos anos, ou seja, de que o fluxo de conhecimento seja praticamente unidirecional dos grupos de pesquisa para o setor produtivo.

Além disso, as “Pesquisas científicas com uso imediato dos resultados” continuam sendo o tipo de relacionamento mais comum entre as mineradoras e os institutos de

pesquisa, com 28 casos. Com a segunda maior frequência, estão as “Pesquisas científicas sem uso imediato dos resultados” (22,22%), seguida da “Transferência de tecnologia” (11,11%).

Comparando com o ano de 2006, não há mudanças muito significativas, ou seja, os quatro principais tipos de interações foram os mesmos. Porém, identifica-se um aumento de 53,85% das “Pesquisas sem consideração de uso imediato”, o que mostra que mais projetos de longa duração, em novas áreas, estão sendo implementados. Por outro lado, as “Transferências tecnológicas” e as “Atividades de consultoria” diminuíram sua frequência, 37,50% e 22,22%, respectivamente.

Ademais, os tipos de relacionamento que menos ocorrem são os mesmos do ano de 2006, “Desenvolvimento de software” e “Fornecimento de insumos”, sendo que não ocorreu nenhuma interação.

Já no sentido advindo das empresas para os grupos de pesquisa, o “Fornecimento de insumos materiais” teve um aumento de 55,56% e continua sendo o mais significativo. Os outros dois tipos de interações que ocorreram foram o “Atividade de engenharia não rotineira” e “Transferência de tecnologia” que não havia aparecido dentre os tipos de relacionamento citados em 2006.

No ramo da metalurgia, em 2006, observa-se que os tipos de relacionamento são mais intensos no fluxo proveniente dos grupos de pesquisa, com 133 dos 139 relacionamentos. Então, “Pesquisas científicas com consideração de uso imediato” é o tipo de relacionamento que mais ocorre, em 41% dos casos do total. Seguido de “Transferência tecnológica” e da “Pesquisa científica sem consideração de uso imediato”, em 21 e 13 cooperações, respectivamente.

Em relação aos relacionamentos provenientes das metalúrgicas para os grupos de pesquisa, em 2006, constatou-se que não são muito utilizados, apenas 4,32% dos casos. Assim, “Treinamento do pessoal” representou apenas 1,44% dos tipos de interação que foram citadas pelos líderes dos grupos, enquanto “Desenvolvimento de software”, “Transferência de tecnologia”, “Fornecimento de insumos” e “Atividades de engenharia não rotineira”, foram mencionados em apenas em 0,72% dos casos.

No ano de 2016, os grupos de pesquisa tiveram comportamento semelhante. Porém, vale a pena destacar que houve uma redução de alguns relacionamentos, como consultoria técnica, engenharia não rotineira e treinamento de pessoal. De acordo com

Sessa et al. (2007), isso “reflete a demanda, por parte das empresas, de atividades acadêmicas pouco sofisticadas e com baixo grau de complexidade, destinadas, exclusivamente, a atividades rotineiras” (p.10).

Portanto, comparando as interações dos dois setores, tem-se que a tendência deles foi muito similar, em 2006. Embora, no segundo setor, os relacionamentos de “Atividade de engenharia não rotineira” e de “Desenvolvimento de software” ganharam mais destaque do que no primeiro.

Além disso, os tipos predominantes de relacionamento são parecidos. Em todos os casos analisados, a “Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados” é a mais utilizada. Assim, as empresas buscam resoluções de problemas mais práticos e de forma mais ágil. Por serem pesquisas de curto prazo, geralmente, abrangem soluções incrementais.

Outra característica dessas empresas é que, ao longo do tempo, a pesquisa científica de longo prazo se tornou mais frequente, sendo o segundo tipo mais realizado. Dessa forma, há uma busca maior por inovações, que geram novos produtos e processos. Por ser um processo mais longo, possibilita a geração de inovações e desenvolvimento tecnológico.

Esse tipo de pesquisa é realizado, principalmente, por empresas de grande porte voltadas para exportação, pois podem financiar pesquisas com maior risco. Pesquisas de longo prazo se caracterizam por não possuir um produto final da pesquisa pré-determinado e também pela ausência de uma solução prática de um problema (RIGHI E RAPINI, 2011). Além disso, produtos destinados à exportação sofrem uma considerável competição internacional, fazendo com que necessitem de pesquisas mais sofisticadas para se manterem no mercado.

Ademais, a “Transferência tecnológica”, apesar de 2006 para 2016, ter diminuído significativamente, ocorreu mais no sentido dos grupos de pesquisa para as empresas. Isso demonstra que a absorção é, em sua maioria, passiva por parte das mineradoras e metalúrgicas.

Apesar de existirem diversos programas de pós-graduação e graduação relacionados aos setores estudados, como foi citado, os “Treinamentos” não são um tipo de relacionamento que ocorre nos dois sentidos. Ao longo do tempo, o “Treinamento dos

parceiros” na mineração teve um pequeno aumento, enquanto na metalurgia o efeito foi contrário. Além disso, as outras atividades que estão relacionadas a um fluxo menos complexo de conhecimento e informação como as atividades de “Consultoria técnica” e “Engenharia não rotineira” diminuíram sua frequência.

4.1.3.4- Tipos de Remuneração

Nessa subseção serão discutidos os tipos de remuneração mais frequentes, fazendo uma comparação entre os setores no período de 2006 e 2016.

TABELA 17- Frequência dos tipos de remuneração entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico, em 2006 e 2016.

Tipos	Remuneração	Mineração		Metalurgia	
		2006	2016	2006	2016
Recursos financeiros e materiais	Transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo	20	17	35	43
	Transferência de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo	16	14	34	41
	Parceria com transferência de recursos nos dois sentidos	0	1	3	1
	Transferência de recursos financeiros do grupo para o parceiro	1	0	0	0
	Transferência de insumos materiais para as atividades do parceiro	0	1	3	0
Troca de conhecimento	Fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro	5	18	26	19
	Transferência física temporária de RH do parceiro para as atividades de pesquisa do grupo	2	2	3	4
	Transferência física temporária de RH do grupo para as atividades do parceiro	3	3	1	1
Risco	Parceria sem a transferência de recursos envolvendo exclusivamente relacionamento de risco	5	14	5	7
Outras	Outras formas de remuneração que não se enquadrem nas anteriores	5	7	6	10
Total		57	77	116	126

Fonte: DGP – CNPq 2006 e 2016. Elaboração própria.

Em 2006, o principal tipo de remuneração decorrente da interação entre os grupos de pesquisa e as mineradoras foi a “Transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo”, em 20 interações. Em seguida, a maior frequência foi a “Transferência de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo”, com 16. Assim, mais da metade das remunerações citadas pelos líderes dos grupos de pesquisa são provenientes da empresa, sendo elas de recursos financeiros ou materiais. A “Transferência de

recursos financeiros do grupo para o parceiro” foi utilizada em apenas um caso e as outras formas de remuneração desse bloco não foram empregadas.

As remunerações do tipo “Trocas de conhecimento” foram o segundo grupo mais frequente. O tipo que mais se destacou foi o “Fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro”, com 8,77% do total. A remuneração envolvendo riscos foi a que teve menor frequência.

Em relação a 2016, o “Fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro” continuou sendo o relacionamento com maior frequência, porém, em comparação com o todo, sua significância aumentou para 23,38%. Já nos outros blocos, os relacionamentos de risco foi o que mais aumentou sua frequência, de 8,77% para 18,18%.

A “Transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo” continuou sendo a forma mais frequente de remuneração, em metalurgia, em 2016. Em segundo lugar foram a “Transferência de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo” e o “Fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro”.

Os tipos de remuneração que tem como principal característica “recursos financeiros e materiais” foram, em ambos os anos, os que obtiveram maior destaque, quando analisasse a cooperação entre os grupos de pesquisa e as metalúrgicas. Porém, assim como ocorreu nas remunerações das interações dos grupos de pesquisa com as mineradoras, apenas a “Transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo” e a “Transferência de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo” ganharam importância.

O fornecimento de bolsas também teve frequência relevante, porém, houve uma diminuição de 22,41% para 15,08% em relação ao total, ao longo do tempo. O contrário do que ocorreu na mineração, em que aumentou bastante. As remunerações de risco, apesar de terem aumentado, entre 2006 e 2016, não apresentaram grande frequência.

Já a transferência física temporária de recursos humanos nos dois sentidos é mais utilizada, proporcionalmente, como forma de remuneração na interação com as mineradoras do que com as metalúrgicas. Apesar dos cursos de pós-graduação e outros citados e da importância deles, essa ainda não é um tipo de remuneração muito frequente nesses setores.

4.2 – Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)

A outra base de dados utilizada nesse trabalho foi a de microdados da RAIS, criada pelo Decreto nº 76.900, de 23 de dezembro de 1975. Assim, seu principal objetivo é fornecer dados sobre a atividade trabalhista do Brasil e com isso, disponibilizar materiais para estatísticas e informações para as entidades governamentais (RAIS, 2018).

A RAIS é publicada anualmente e disponibilizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Dessa forma, essa base contempla informações sobre os funcionários de todos os estabelecimentos do setor público e privado, do setor formal da economia. Além dos dados referentes ao CNAE da empresa, natureza jurídica, entre outros, é possível identificar o número de funcionários dessas firmas, bem como a sua escolaridade. Então, é viável que se estude a relação entre o perfil dos funcionários, através do grau de instrução, obtidos através dos microdados da RAIS, e diversos fatores, como a interação dessas empresas com a universidade, através do DGP.

4.2.1- Uma análise dos dados da RAIS em 2006 e 2016

Conforme visto no capítulo anterior, as empresas têm avançado no sentido de formular e desenvolver estratégias com a finalidade de fomentar a inovação. Então, as indústrias podem desenvolver o conhecimento tanto interna quanto externamente, como no caso da interação com as universidades.

Assim, a forma com que o conhecimento é adquirido e/ou gerado depende, também, de uma série de características da própria empresa. Segundo De Negri (2012), os funcionários de uma empresa e sua estrutura são muito importantes na realização de atividades inovativas. Então, a qualificação dos recursos humanos é considerada como uma das “condições sociais da firma inovadora”, ou seja, proporciona um ambiente propício para o desenvolvimento da empresa (LAZONICK, 2005).

Rapini et al. (2009), em um estudo a respeito das interações universidade-empresa em Minas Gerais, afirmam que 70% das mineradoras e 54,5% das metalúrgicas estudadas consideraram que os “trabalhadores com diplomas de graduação e pós-graduação” são fontes “moderadas” ou “muito importantes” para o desenvolvimento de P&D no setor. Ambos os resultados são mais expressivos do que a média das indústrias em Minas Gerais (52,1%).

O projeto realizado pela UFMG com a USIMINAS foi um exemplo da importância de funcionários qualificados na empresa para a interação ser realizada com sucesso. Essa pesquisa teve como objetivo desenvolver o aço tipo *Bake Hardening*. Esse tipo de aço começou a ser fabricado no Japão e foi muito demandado pela indústria automobilística, pois, além de ser facilmente maleável, sua utilização também reduzia o peso dos veículos. Como a indústria brasileira não conseguiu comprar a tecnologia, a Usiminas procurou a UFMG, com a finalidade de desenvolver uma alternativa que imitasse ou gerasse um produto ainda melhor.

Então, a universidade desenvolveu um produto melhor e mais competitivo, gerando uma patente para a Usiminas e para a própria UFMG. A cooperação resultou em uma dissertação de mestrado. Ademais, para que isso fosse concretizado, a siderúrgica precisou de incremento tecnológico e, conseqüentemente, de funcionários altamente qualificados. Assim, a UFMG disponibilizou profissionais em nível de pós-graduação, capazes de dominar as sofisticadas tecnologias (SANTOS E DINIZ, 2013).

Com isso, Rapini et al (2017) destacam que as firmas brasileiras possuem, principalmente, dois obstáculos na interação universidade-empresa: a falta de pessoas qualificadas na firma para promover inovação e a falta de indivíduos para favorecer o diálogo entre essas duas instituições.

Como os indivíduos qualificados incorporam à empresa, aos processos e aos produtos conhecimentos específicos e voltados para a inovação (RAPINI ET AL. 2017), nesta seção, serão analisadas algumas das principais particularidades das empresas minero-metalúrgicas, como o grau de instrução dos funcionários das empresas e seu porte e o tipo de interatividade realizado com as universidades.

Tabela 18 – Número de empresas minero-metalúrgicas com funcionários doutores, mestres e com educação superior completa, que interagiram com universidades, em 2006 e 2016

	Empresas com funcionários doutores	Empresas com funcionários mestres	Empresas com funcionários com educação superior completa	Total de empresas
Mineração 2006	1 (3,13%)	1 (3,13%)	21 (65,63%)	32
Mineração 2016	7 (22,58%)	10 (32,26%)	29 (93,55%)	31
Metalurgia	8 (22,22%)	8 (22,22%)	33 (91,67%)	36

2006				
Metalurgia	7 (18,91%)	14 (37,84%)	36 (97,30%)	37
2016				

Fonte: RAIS, 2018. Elaboração própria.

A TABELA 18 ilustra quantas empresas possuem funcionários com determinada qualificação. Entende-se que ter competências necessárias, como conhecimento, habilidades e proficiência, é importante para que mudanças tecnológicas sejam implementadas. Essas características englobam tanto as organizações quanto os indivíduos (RAPINI ET AL., 2017).

Assim, o maior destaque ocorreu com o aumento significativo de mineradoras com mestres e doutores. Além disso, exceto nas mineradoras em 2006, mais de 90% das empresas que interagiram com universidades possuíam funcionários com educação superior completa, o que também reflete em um crescimento ao longo dos anos. Ademais, quase 40% das metalúrgicas, em 2016, possuíam mestres em seu quadro de funcionários.

Dessa forma, tem-se que, exceto em mineração, no ano de 2006, as empresas que tinham funcionários doutores foram as mais interativas. Isso ocorre porque indivíduos qualificados, muitas vezes, facilitam o fluxo de informação e de conhecimento entre a empresa e a universidade. Somando-se a isso, houve um aumento, no geral, da cooperação por empresa ao longo do tempo, sendo que as metalúrgicas expressaram maior afinidade com essa estratégia.

Então, em relação ao setor de metalurgia, tem-se que, tanto as empresas com mestres quanto com doutores se tornaram mais interativas, entre 2006 e 2016. Assim, nesse primeiro ano, 71,43% de todas as interações do tipo desenvolvimento de *software* para o parceiro foram realizadas por empresas com esse perfil de funcionários. Além disso, outras cooperações muito utilizadas foram atividade de desenvolvimento/fabricação de equipamentos (100%), desenvolvimento de *software* para o grupo (100%) e atividade de consultoria técnica (54,55%). Ademais, tratando do tipo de remuneração que se destaca nesse perfil é o de parceria de risco (40%) e transferência física temporária de RH do parceiro (100%).

Já esse mesmo setor, em 2016, foi o mais interativo, ilustrando que quanto maior a qualificação de seus funcionários, mais a empresa tende a ter relacionamentos com os institutos de pesquisa. Então, os relacionamentos que mais ocorreram foram

transferência de tecnologia para o grupo e o treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, 100% e 58,82% do total destes, respectivamente. Além disso, observa-se, novamente, que a remuneração por recursos financeiros e por insumos são os mais frequentes, porém, quase todas as que envolvem o risco são contemplados no perfil das empresas que possuem mestres e doutores dentre seus funcionários.

Em relação à mineração em 2016, as interações seguem a mesma lógica das metalúrgicas. Ademais, essas cooperações ocorreram mais na forma de pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados e treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo. Em relação às remunerações, o que se destaca é a transferência de recursos financeiros.

Tabela 19 – Número de funcionários doutores, mestres e com educação superior completa, nas empresas minero-metalúrgicas que interagiram com universidades, em 2006 e 2016

	Número de doutores	Número de mestres	Número de pessoas com educação superior completa	Total de funcionários
Mineração 2006	2	10	2729	18.690
Mineração 2016	186	71	9304	29.185
Metalurgia 2006	33	101	5586	37.156
Metalurgia 2016	25	147	8221	114.406

Fonte: RAIS, 2018. Elaboração própria.

Já a TABELA 19 apresenta quantos são os funcionários daquelas empresas que apresentam tal qualificação. Um dos principais problemas de uma empresa que não realiza inovações, segundo PINTEC/IBGE (2014), é a falta de pessoal qualificado. Assim, segundo Rapini et al. (2017), essa dificuldade pode advir através da universidade, por suas técnicas e forma de aprendizagem não condizerem com a realidade e expectativa das empresas ou por parte das firmas, por não possuírem estrutura organizacional para técnicas de inovação, como a falta de verbas ou rigidez dos processos internos.

Então, observa-se que o número de mestres e doutores empregados nessas mineradoras subiu significativamente de 2006 a 2016, nas que possuem funcionários com doutorado

9200% e com mestrado 610%. Porém, deve ser levado em consideração que, a partir dos dados coletados, em 2006, apenas uma mineradora possuía doutores e outra mestres, o que não é uma amostra significativa para se tirar conclusões a respeito desse perfil.

Além disso, já na metalurgia, ocorre o movimento inverso. Analisa-se que houve um pequeno decréscimo nos doutores empregados pelas metalúrgicas, mas um aumento no quadro dos mestres.

Tabela 20 –Empresas no setor minero-metalúrgico que interagiram com universidades, distribuição por porte de acordo com o tamanho, em 2006 e 2016

Porte	Mineração		Metalurgia	
	2006	2016	2006	2016
Grande	3	7	15	18
Médio	5	5	12	6
Pequeno	10	9	6	10
Microempresa	14	10	3	3
Total de empresas	32	31	36	37

Fonte: RAIS, 2018. Elaboração própria.

A TABELA 20 descreve o número de empresas que interagiram com as universidades, por área e ano, de acordo com a classificação do SEBRAE do tamanho das firmas. Então, na indústria, as grandes empresas são aquelas que possuem 500 ou mais funcionários, as de médio porte são aquelas com 100 até 499, as de pequeno porte possuem de 20 a 99 funcionários e as microempresas até 19.

Segundo Schumpeter (1942), no livro “Capitalismo, Socialismo e Democracia”, as empresas de maior porte e maior concentração de mercado tem uma maior propensão a inovar. Póvoa e Monsueto (2011) também sugerem, através de uma análise dos dados da PINTEC 2008, que quanto mais funcionários a empresa possui mais ela tende a inovar. Isso ocorre porque empresas de maior porte resistem mais a maiores níveis de incerteza (TEIXEIRA ET AL., 2016), tendem a poder investir mais recursos em pesquisa e desenvolvimento (SALLES ET AL., 2017), entre outros fatores.

Então, o perfil das metalúrgicas é de empresas de médio e grande porte, uma vez que estas são a maioria, quando leva-se em consideração as demais tipologias. Porém, Silva

et al. (2014) explicitam em seu estudo que setores como a metalurgia básica, em que há uma grande concentração econômica, o tamanho da empresa não reflete a realidade estrutural do setor. Assim, o porte da empresa não ilustra o desempenho setorial.

Já as mineradoras são, em sua grande parte, empresas de pequeno porte e microempresas, 75%, em 2006, e 61,29%, em 2016. Apesar de as quatro maiores mineradoras do mundo (Vale, Rio Tinto, BHP Billiton e Fortescue Metals Group) produzirem cerca de 52% do total de minério de ferro e respondem por mais de 70% do mercado transoceânico (CARVALHO ET AL., 2017), a indústria de mineração é, principalmente, formada por empresas de menor porte (IBRAM, 2014), que tendem a se concentrar em jazidas de pequena dimensão.

TABELA 21- Média de interações por empresa minero-metalúrgico, de acordo com porte, no setor, em 2006 e 2016

Porte	Mineração		Metalurgia	
	2006	2016	2006	2016
Grande	2,67	2,33	2,87	2,95
Médio	1,8	1,4	1,67	3,33
Pequeno	1,2	1,33	1,17	1,6
Microempresa	1	1,3	1	1,67

Fonte: RAIS, 2018. Elaboração própria.

As metalúrgicas, em 2006, de grande porte foram as mais interativas (2,87). Estas realizaram, sobretudo, interações do tipo pesquisas científicas de curto prazo e transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo. Em 2016, levando em consideração o tamanho da empresa, foi o ano que apresentou a maior média das interações por empresa, as empresas de grande porte se destacaram nas pesquisas, em geral, e no fornecimento, pelo parceiro, de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo, com 79 e 17 interações, respectivamente.

O segundo tipo de interação pode ser ilustrado no trabalho de Lino (2017). Ele desenvolveu um projeto para avaliar o efeito da laminação de determinado aço microligado, na Gerdau. Assim a siderúrgica disponibilizou recursos e materiais para execução do trabalho, além da equipe dos laboratórios de físico-química ter auxiliado na demanda de ensaios, possibilitando a execução de uma dissertação. Ademais, a Gerdau

obteve um grande benefício de produzir o aço requisitado pela norma API5L para o Grau X65, atingindo seus objetivos iniciais, com um aço de menor peso e custo.

Comparando os dois setores, tem-se que, em geral, as metalúrgicas são mais interativas que as mineradoras. Assim, em 2006, praticamente todas as interações que obtiveram como resultado o desenvolvimento de *software* e treinamento ocorreram em empresas maiores. Vale destacar que, as atividades de consultoria técnica e de engenharia não rotineira tiveram um peso muito maior nas empresas maiores do que nas de pequeno porte e microempresas. Além disso, em 2016, a transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo aparece mais em empresas de grande porte. Por outro lado, os tipos de interações mais frequentes são pesquisa científica de curto prazo em todos os portes de empresas.

Com isso, Póvoa et al. (2011) destacam em sua pesquisa que há uma diferença considerável entre a importância atribuída aos tipos de interação pelo porte da empresa. Assim, mais de 60% das empresas de grande porte indicaram que a transferência de tecnologia e a busca de conselhos tecnológicos nas universidades são muito importantes e apenas 40% das de menor porte apontaram isso. Da mesma forma que, neste estudo, os tipos de relacionamento que mais ocorreram entre as empresas de grande porte e a universidade foram as pesquisas de curto e longo prazo, as transferências de tecnologia e as consultorias técnicas. Enquanto as de pequeno porte, além desses citados, também teve relevância o recebimento de insumos.

Portanto, este capítulo teve como objetivo analisar as duas bases de dados que serão utilizadas no próximo capítulo. Assim, foi ilustrado as principais diferenças e semelhanças, entre os anos de 2006 e 2016, nos âmbitos das características das interações das empresas minero-metalúrgicas com a universidade. Então, foi possível estabelecer um perfil mais típico dessas interações, por serem realizadas, a maior parte das vezes, por grupos ligados a engenharia, visando um retorno mais dinâmico das pesquisas e sendo remunerados através de pecúnia ou de insumos materiais.

Além disso, foi discutida sobre a importância de se ter funcionários com um alto grau de instrução para as colaborações com universidades, visto seu papel na comunicação com as instituições de geração de conhecimento ou no próprio desenvolvimento de uma inovação. Ademais, sobre a destreza de uma empresa maior e mais bem estruturada apresentar maiores investimentos em inovação.

A partir disso, surge o questionamento de como estes fatores estão interligados e quais são as características que influenciam mais na colaboração com universidades. Assim, o capítulo 5 terá como objetivo responder a essa questão.

5-ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA NA INTERAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA

Este capítulo visa entender as associações existentes entre os tipos de relacionamentos das interações e as características das empresas. Para isso será utilizado o método de análise de correlação canônica que maximiza a relação entre dois grupos de variáveis, através do desenvolvimento de uma combinação linear para cada conjunto, de modo a maximizar a correlação entre esses grupos (FÁVERO, 2005). Através desse resultado, se consegue analisar quais as variáveis tem um maior peso em cada grupo, sua relação com as demais e assim, sua representatividade.

5.1- Interação Universidade-Empresa

A importância da cooperação entre os grupos de pesquisa e as empresas do setor minero-metalúrgico vem ganhando cada vez mais destaque na literatura. David e Wright (1991) fizeram um estudo sobre a mineração nos EUA, entre os anos de 1850 e 1950, e concluíram que o avanço dessa área teve correlação positiva com a difusão do conhecimento, formação técnica e infraestrutura implementada na região. Para Katz (2014), as reservas de minerais se expandem conforme ocorre à difusão do conhecimento, assim para que haja uma sustentabilidade no longo prazo, esses recursos estão sendo cada vez mais alvo de pesquisas.

Dessa forma, para que mineradoras e metalúrgicas sejam competitivas, sustentáveis e para acompanharem as mudanças de mercado, elas precisam de tecnologia avançada relativa às diversas áreas. Então, apesar de o investimento público em inovação ter crescido nos últimos anos, ainda é irrisório. Assim, os investimentos dessas empresas têm ganhado destaque, tanto pelos gastos quanto pela maior interação universidade-empresa (KATZ, 2014).

Com isso, segundo Pfitzner (2014), as mineradoras têm destinado recursos significativos para investimentos em P&D e muitas vezes, utilizam de atores externos para isso, como os centros de pesquisa. Em sua pesquisa, a autora cita que a Vale S.A. tem grandes parceiros, como a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Universidade

Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que são essenciais para a sua estratégia tecnológica. Além disso, o número de projetos da empresa em parceria com outras instituições cresceu exponencialmente de 2009 para 2013, passando de 54 para 160, ou seja, quase triplicou.

Silva (2011) apresenta um estudo sobre a metalurgia básica no Brasil. Nessa pesquisa, ela ilustra a importância dada, por essas empresas, a algumas fontes de informação das universidades. Com isso, a fonte considerada mais importante foi a “pesquisa realizada em conjunto com a universidade”, sendo que 45,8% das empresas a consideraram de alta relevância. Em segundo lugar vieram os “relatórios e publicações” com 33,3%, que também apresentaram destaque na pesquisa de Rapini et. al. (2009). Com 20,8%, foram classificadas como de importância três fontes: a “pesquisa encomendada à universidade”, a participação em redes que envolvam universidades” e as “conferências públicas e encontros”.

A autora também evidencia em seu estudo, quais são os resultados e recursos que mais contribuem para as atividades de inovação das empresas metalúrgicas. Os que obtiveram maior destaque foram os “resultados de pesquisa” e os “laboratórios/metrologia”, com 33,3% e 14,8%, respectivamente.

Conforme o estudo apresentado no capítulo anterior, Rapini et al. (2009) expõe algumas conclusões interessantes a respeito no setor de mineração e metalurgia no estado de Minas Gerais. Os entrevistados julgavam, entre outros aspectos, se determinada fonte de informação era “moderada” ou “muito importante”. Com isso, 90% daqueles referentes às mineradoras indicaram que “pesquisa por contrato e consultorias” eram classificadas dessa forma. Além disso, 70% deles consideraram que a “interação informal” e os “trabalhadores com diplomas de graduação e pós-graduação” são fontes “moderadas” ou “muito importantes” para o desenvolvimento de P&D no setor.

Em relação ao setor de metalurgia básica, o campo que mais se destaca é aquele que tem como fonte as “publicações e relatórios”, com 63,5%. Em segundo lugar estão as “interações informais”, os “colaboradores com bacharelado e pós-graduação”, as “pesquisas por contrato” e as “consultorias”, todas com 54,5%.

Esses dados confirmam um estudo feito por Cherubini (2006), o qual identificou que a maior parte as interações universidade-empresa começam através de conferências e publicações ou através da prestação de consultoria, geralmente em que o relacionamento ocorre entre o professor e a empresa. Assim, as cooperações são mais estáveis, exigindo

menos esforços. Ainda complementa afirmando que as publicações são formas mais acessíveis financeiramente de se obter conhecimento acadêmico.

O trabalho de Rapini et al. (2009) também ilustra que as pesquisas realizadas nas áreas de Engenharia de Materiais e Metalúrgica e de Engenharia de Minas são aquelas caracterizadas como as de maior importância para a mineração. Enquanto para metalurgia, a primeira área destoa das demais por sua importância, então 81,8% consideraram que nesse ramo a pesquisa é "moderadamente" ou "muito importante", seguido por engenharia química e engenharia mecânica, com 54,5% e 45,5%, respectivamente.

5.2- Correlação Canônica

A análise de correlação canônica é um modelo multivariado proposto por Hotelling (1935,1936). Assim, é uma técnica multivariada e tem como principal objetivo identificar e associar dois conjuntos de variáveis. Dessa forma, o resultado tem a finalidade de fornecer a magnitudes das relações que existem entre esses dois grupos de variáveis e então, explicar a sua natureza, que pode ser medida pela contribuição relativa de cada variável às funções canônicas extraídas (MINGOTI, 2005; LUIS, 2015). Então, o problema estatístico está em maximizar a correlação das combinações lineares das características do primeiro e do segundo grupo. Além disso, estima os coeficientes de ponderação desses aspectos em cada combinação linear.

Sejam X e Y dois vetores aleatórios, de dimensões $p \times 1$ e $q \times 1$, respectivamente. Assim, o primeiro grupo é composto por p variáveis e o segundo por q. Então, o número de correlações canônicas é igual ao menor número de caracteres (p ou q). As médias, variâncias e covariâncias desses vetores são expressas por:

$$\begin{aligned} E(X) &= \mu_x & E(Y) &= \mu_y \\ \text{Var}(X) &= \sum_{xx} & \text{Var}(Y) &= \sum_{yy} \\ \text{Cov}(X,Y) &= \sum_{xy} & \text{Cov}(Y,X) &= \sum_{yx} = \sum'_{xy} \end{aligned} \quad (1)$$

Em que \sum'_{xy} representa a matriz \sum_{yx} transposta.

Assim, Hotelling propõe que essas covariâncias com dimensões muito grandes sejam analisadas através da combinação linear dos vetores X e Y, pois há uma maior dificuldade em se realizar determinadas análises. Com isso, serão criadas novas variáveis, chamadas de variáveis canônicas. Elas são formuladas em cada estágio, uma

relativa ao vetor X e outra ao Y, sendo que o método assegura que não há correlação entre variáveis canônicas de um par e outro.

Então, o primeiro par de variáveis canônicas é definido como:

$$U_1 = a_1'X \quad V_1 = b_1'Y \quad (2)$$

Sendo que a_1 e b_1 são vetores de constantes, com dimensões $p \times 1$ e $q \times 1$, respectivamente, que maximizam, no conjunto de combinações lineares de X e Y, a correlação entre as variáveis U_1 e V_1 . Além disso, assume-se que:

$$\text{Var}(U_1) = \text{Var}(V_1) = 1 \quad (3)$$

Como dito anteriormente, o próximo passo é criar mais um par de variáveis canônicas, em que os vetores constantes extraem a máxima correlação dos vetores U e V, que não são correlacionadas com U_1 e V_1 .

$$U_2 = a_2'X \quad V_2 = b_2'Y \quad (4)$$

$$\text{Var}(U_2) = \text{Var}(V_2) = 1 \quad (5)$$

Isso ocorre sucessivamente, até o k-ésimo par de variáveis canônicas dado por:

$$U_k = a_k'X \quad V_k = b_k'Y \quad (6)$$

$$\text{Var}(U_k) = \text{Var}(V_k) = 1 \quad (7)$$

Onde a_k e b_k são os vetores com constantes, que possuem dimensões $p \times 1$ e $q \times 1$, respectivamente. Os vetores U_k e V_k também tem variância constante e igual a 1 e que não são correlacionadas com os (k-1)-ésimos pares de variáveis canônicas. Além disso, a correlação entre as variáveis U_k e V_k é chamada de correlação canônica, $k = 1, 2, \dots, \min(p, q)$.

Assim, para encontrar a_k e b_k basta que os seguintes sistemas sejam resolvidos:

$$\begin{cases} (\sum_{XY} & \sum_{YY}^{-1} & \sum_{YX} & - \lambda_k \sum_{XX} &) a_k \\ (\sum_{YX} & \sum_{XX}^{-1} & \sum_{XY} & - \lambda_k \sum_{YY} &) b_k \end{cases} \quad (8)$$

Onde lambda k satisfaz:

$$\begin{cases} | \sum_{XY} & \sum_{YY}^{-1} & \sum_{YX} & - \lambda_k \sum_{XX} & | = 0 \\ | \sum_{YX} & \sum_{XX}^{-1} & \sum_{XY} & - \lambda_k \sum_{YY} & | = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Então, a correlação canônica é a correlação em valor absoluto entre U_k e V_k , tal que:

$$\text{corr}(U_k, V_k) = \rho_{U,V} = \frac{(a_k \Sigma_{XY} \ b_k)}{\sqrt{(a_k' \Sigma_{XX} \ a_k)(b_k' \Sigma_{YY} \ b_k)}} \quad (10)$$

Assim, o primeiro par de variáveis canônicas é o par das combinações lineares U_1 e V_1 que maximiza a correlação acima. Da mesma forma que o segundo par de correlações U_2 e V_2 maximiza a correlação X , com a condição de que não haja nenhuma correlação com o primeiro par. O mesmo acontece até o k -ésimo par de variáveis canônicas que não são relacionados com os $k-1$ pares de variáveis canônicas (JOHNSON, WICHERN, 2002).

Porém, nesse trabalho, as variáveis canônicas serão construídas através de variáveis padronizadas, as chamadas *standardized*. Dessa forma, elas serão criadas através das matrizes de correlações originais das variáveis que estão nos vetores X e Y (MINGOTI, 2005). Essa padronização ocorrerá porque as variáveis apresentam métricas e unidades diferentes.

Além disso, para auxílio na interpretação, serão utilizadas as correlações das variáveis canônicas com as variáveis originais, as *loadings*. Elas são determinadas por:

$$R_{U_k X}^* = R_{XX} a_k \quad (11)$$

$$R_{V_k Y}^* = R_{YY} b_k \quad (12)$$

$$R_{U_k Y}^* = R_{YX} a_k \quad (13)$$

$$R_{V_k X}^* = R_{XY} b_k \quad (14)$$

em que R são as matrizes de correlações amostrais.

Ademais, as correlações canônicas também busca “maximizar o percentual da variância em um determinado par de variáveis canônicas que é explicado pelas variáveis originais” (p. 702, FÁVERO, 2005). Assim, calcula-se a medida de redundância, expressa por:

$$MR_{U_k, V_k} = [\overline{\text{var}(Y, u_k)}] \cdot c_k^2 \quad (15)$$

5.3- Testes

Johnson e Wichern (2005) e Mingoti (2005) propõem alguns testes para validação e robustez do modelo.

(i) Teste de hipóteses para as matrizes de covariância e correlação

Quando $\Sigma_{12}=0$, $a_1'X$ e $b_1'Y$ tem covariância diferente de zero, de qualquer forma $a'\Sigma_{12}b=0$ para qualquer vetor a e b . Dessa forma, a correlação canônica será sempre zero. Assim, esse teste tem como objetivo provar se $\Sigma_{12}=0$. Então, para amostras pequenas, Barlett (Johnson; Wichern, 2002) sugere que a estatística do teste seja calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & -\left(n-1-\frac{1}{2}(p+q+1)\right) \ln\left(\prod_{i=1}^p(1-\hat{\rho}_i^{*2})\right) \\ & = -\left(n-1-\frac{1}{2}(p+q+1)\right) \ln\left(\prod_{i=1}^p(1-\lambda_i)\right) \end{aligned}$$

Assim, se esse valor for igual ou maior que o valor crítico tabelado da distribuição qui-quadrado com pq graus de liberdade, para o nível de significância do teste (5%), rejeita-se a hipótese nula.

(ii) Teste das correlações canônicas

Para testar se as r primeiras correlações são significativas, ou seja, se as variáveis canônicas são importantes para a caracterização dos grupos de dados. Assim, a hipótese nula é de que os vetores X e Y são normais multivariados:

$$T = -\left(n-1-\frac{1}{2}(p+q+1)\right) \ln\left(\prod_{i=1}^p(1-\hat{\rho}_i^{*2})\right)$$

Então, caso o valor seja maior ou igual ao valor tabelado qui-quadrado com $(p-m)(q-m)$ graus de liberdade, rejeita a hipótese nula.

(iii) Teste lambda do Wilk (1932)

O teste visa avaliar se os autovalores são diferente de zero, ou seja, é um teste conjunto de que a hipótese nula é que nenhuma das correlações é significativa. Assim, o valor da estatística do teste é:

$$\Lambda_1 = \prod_{i=1}^m(1-\hat{\rho}_i^{*2})$$

Então, faz-se a comparação ao valor tabelado de F com m graus de liberdade.

(iv) Testes complementares

Existem três testes complementares com o objetivo de se verificar se os autovalores são diferentes de zero. Os testes e suas respectivas estatísticas são:

_ Traço do Pillai (1955) para correlações canônicas:

$$B = \sum_{i=1}^r \hat{\rho}_i^{*2}$$

_Traço do Lawley(1938) - Hotelling (1951):

$$B = \sum_{i=1}^r \frac{\hat{\rho}_i^{*2}}{1 - \hat{\rho}_i^{*2}}$$

_A maior raiz de Roy (1939):

$$\theta = \hat{\rho}_i^{*2}$$

Todos esses testes possuem distribuição F.

(v) Teste T

A importância da estatística t é que através dela, o pesquisador é capaz de verificar a significância estatística de cada parâmetro a ser considerado no modelo (FÁVERO, 2016). Então, a hipótese nula é de que cada parâmetro estimado é igual a zero. A estatística do teste é:

$$t_{parâmetro} = \frac{parâmetro}{s.e.(parâmetro)}$$

5.4- Variáveis Utilizadas

O objetivo do trabalho é verificar qual a correlação entre os tipos de relacionamento da interação universidade-empresa e as características da própria empresa, em termos de qualificação profissional e porte da empresa. Assim, será analisada qual é a relação de interdependência entre as especificidades das empresas do setor minero-metalúrgico e os tipos de relacionamento com as universidades.

Para realização da análise de correlação canônica, os dados referentes às empresas do setor de metalurgia e mineração, apresentados no capítulo anterior, foram separados apenas pelos anos de 2006 e 2016. O motivo de se ter utilizado as empresas de ambos os setores conjuntamente advém do fato, apresentado nos capítulos 2 e 3, de que muitas das empresas presentes nas amostras, apesar de terem como principal atividade a mineração ou a metalurgia, operam nos dois setores. Por isso, não é viável a separação destas.

Assim, para esse método são definidos dois grupos na base de dados. O primeiro advém dos dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, nos anos de 2006 e 2016, composto pelas seguintes variáveis:

- i) Atividades de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores;
- ii) Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro;
- iii) Desenvolvimento de software para parceiro pelo grupo;
- iv) Fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo;
- v) Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados;
- vi) Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados;
- vii) Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para parceiro;
- viii) Treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento "em serviço";
- ix) Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.

Como analisado no capítulo 4, são os tipos de relacionamento provenientes dos grupos de pesquisa para as empresas. Somente esse grupo foi escolhido, pois representam 88,79% das interações, sendo as demais variáveis pouco representativas e não contribuiriam com as variáveis canônicas. Além disso, para que uma análise seja robusta, o número de variáveis deve ser proporcional ao tamanho da amostra, dessa forma, o modelo tende a ser mais significativo. Hair et al. (2009) sugere que o número de variáveis corresponda a no máximo 10% do número de observações, então problematiza que o acréscimo de outras poderia prejudicar o método.

O outro grupo de variáveis é formado por características das empresas, obtidos a partir dos microdados da RAIS:

- i) Funcionários com ensino superior completo;
- ii) Funcionários mestres;
- iii) Funcionários doutores;
- iv) Total de funcionários, que representa o tamanho da empresa.

Conforme visto no capítulo anterior, há uma vasta literatura que defende que os recursos humanos, assim como a sua qualificação são essenciais para a atividade inovadora dentro de uma firma. Por isso, para que se possa entender se o mesmo ocorre nas empresas minero-metalúrgicas, em quais tipos de relacionamento com as universidades quais dessas características tem maior peso e se houve mudanças após o aprofundamento do comércio com a China, essas três primeiras variáveis, de qualificação profissional, serão utilizadas.

Além disso, muito se discute a respeito do grau de inovação e interatividade com o porte das empresas. Por isso, é interessante compreender a interdependência ou não gerada pelo tamanho da empresa com as interações, assimilando com as particularidades estruturais desse setor, ao longo do período analisado.

5.5- Correlação Simples

A correlação mede a intensidade e a direção da relação entre variáveis. Assim, ela indica se a interdependência entre elas é fraca ou forte, no mesmo sentido ou contrário. Para cálculo desse coeficiente e dos demais resultados deste trabalho, como sugerido por Hair et al. (2009), os *outliers* foram retirados para que não afetassem no resultado, uma vez que a amostra é pequena. Portanto, a TABELA 22 apresenta a correlação entre as variáveis do grupo 1 e 2 discriminados anteriormente, relativa a base de dados de 2006.

TABELA 22: Correlação entre as variáveis padronizadas do grupo 1 e do grupo 2, base de dados de 2006

	Funcionários com ensino superior	Funcionários mestres	Funcionários doutores	Total de funcionários
Atividades de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores	0,1219	0,3890	0,1947	0,2771
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro	0,3135	0,0868	0,0402	0,3022
Desenvolvimento de <i>software</i> para parceiro pelo grupo	0,3836	0,3536	0,3312	0,4242
Fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico	-0,0890	-0,0332	-0,0482	-0,0808

de interesse mútuo				
Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados	0,3570	0,0945	0,1684	0,2918
Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados	0,2455	0,0206	-0,0049	0,0004
Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para parceiro	0,0436	0,0929	0,0223	0,0013
Treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento "em serviço"	0,4419	-0,0688	0,0464	0,4708
Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.	-0,1128	-0,0441	-0,0582	-0,0752

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

Analisando a correlação entre as variáveis padronizadas dos dois grupos, tem-se que esse índice de correlação é de grau baixo a moderado, sendo o primeiro mais presente. O desenvolvimento de *software* foi o tipo de relacionamento que está mais associado a todas as características analisadas das empresas minero-metalúrgicas, sendo que essa relação é maior em relação ao total de funcionários da empresa, ou seja, ao seu porte.

Além disso, observa-se uma moderada interdependência entre as empresas com funcionários com ensino superior e o seu porte com o treinamento de pessoal e com as atividades de engenharia não-rotineira. Ademais, tem-se que a atividade de consultoria técnica está associada a empresas que tenham mestres e doutores no seu corpo de funcionários.

Cabe ressaltar que os outros tipos de relacionamento e o fornecimento de insumos, apesar de apresentarem fracas correlações, possuem uma relação negativa com as características das empresas apresentadas. Isto quer dizer o que as relações caminham em sentidos contrários, ou seja, empresas de porte maior tendem a ter menos relacionamentos do tipo fornecimento de insumos.

Em relação à correlação entre as próprias características das empresas, tem-se que a mais forte é aquela advinda entre os funcionários com educação superior e o porte das empresas. Para 2006, os números de funcionários das minero-metalúrgicas que têm mestrado e doutorado, normalmente, apresentam correlações menores com as demais variáveis do modelo do que aqueles que apresentam apenas educação superior.

Analisando o outro grupo, dos tipos das interações, as pesquisas de curto prazo são os tipos de interação que mais se associam a outras formas de cooperação, como o treinamento, o desenvolvimento de *software* e a transferência de tecnologia. Então, isso ilustra que além da pesquisa, algumas interações vêm acopladas, ou seja, necessitam umas das outras para efetivar a interação. Como muitas empresas não possuem todos os instrumentos necessários para implementar a inovação ou absorver o conhecimento advindo das universidades, a interação é feita através de várias formas.

TABELA 23: Correlação entre as variáveis padronizadas do grupo 1 e do grupo 2, base de dados de 2016

	Funcionários com ensino superior	Funcionários mestres	Funcionários doutores	Total de funcionários
Atividades de consultoria técnica não englobadas em qualquer das categorias anteriores	0,0421	0,0310	0,0337	-0,0308
Atividades de engenharia não-rotineira inclusive o desenvolvimento de protótipo, cabeça de série ou planta-piloto para o parceiro	-0,0030	-0,1026	-0,0784	-0,0317
Desenvolvimento de software para parceiro pelo grupo	0,0241	-0,0713	-0,0545	0,2172
Fornecimento, pelo grupo, de insumos materiais para as atividades do parceiro sem vinculação a um projeto específico de interesse mútuo	0,3120	0,3057	0,0909	0,4326
Pesquisa científica com considerações de uso imediato dos resultados	0,4629	0,4769	0,4241	0,5275
Pesquisa científica sem considerações de uso imediato dos resultados	0,1273	0,1624	0,1160	-0,0044
Transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para parceiro	0,1458	0,0635	0,0601	0,1313
Treinamento de pessoal do parceiro pelo grupo, incluindo cursos e treinamento "em serviço"	0,2687	0,2418	0,2811	0,1637
Outros tipos predominantes de relacionamento que não se enquadrem em nenhum dos anteriores.	0,0171	0,0763	-0,0586	0,1888

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

No ano de 2016, a correlação mais forte apresentada foi entre o porte da empresa e a pesquisa científica de curto prazo, apesar de representar uma correlação moderada. Esse

tipo de relacionamento é o que possui as relações mais fortes com as características das empresas.

Ademais, as pesquisas científicas de longo prazo, em 2016, se associam mais às características de recursos humanos qualificados nas empresas do que em 2006. Isso demonstra que o setor também está se preocupando com medidas que não tem resultado imediato, relacionados à pesquisa de longo prazo.

As particularidades das empresas, exceto o número de funcionários doutores, também tem uma correlação moderada com o fornecimento de insumos pelo grupo. Por outro lado, o treinamento de pessoal tem, em geral, uma interdependência mais elevada com o número de funcionários doutores.

Ademais, observando as características das empresas, a correlação entre as minero-metalúrgicas que possuem funcionários mestres e doutores são mais elevadas e fortes que as apresentadas em 2006. Essas mesmas empresas também possuem correlação com aquelas de grande porte, ou seja, as empresas de maior porte tendem a possuir funcionários com maior grau de escolaridade. O perfil dessas empresas, como ilustrado no capítulo 4, está relacionado a ter uma maior interatividade com as universidades.

Já nos tipos de interação, tem-se que o treinamento e a transferência de tecnologia estão associados ao desenvolvimento de *software*. Isso ocorre porque para que os funcionários da empresa sejam habilitados a utilizar *softwares* e para absorver a tecnologia precisam de prática e instruções para que essas interações sejam eficientes.

5.6- Testes de Inferência de Correlação Canônica

Como citado anteriormente, alguns testes de correlação canônica são aplicados para validação da análise.

TABELA 24- Testes de correlação canônica, base de dados de 2006 e 2016

Estatística	2006			2016		
	Valor	Estatística aproximada	p-valor	Valor	Estatística aproximada	p-valor
Wilk's lambda	0,293632	2,2332	0,0002	0,149287	3,5419	0,0000
Pillai's trace	0,998692	2,1444	0,0004	1,29116	2,8599	0,0000

Lawley- Hotelling trace	1,5414	2,2907	0,0001	3,19427	4,3921	0,0000
Roy's largest root	0,805992	5,1942	0,0000	2,40269	14,4161	0,0000
Teste de covariância	-	330,38	0,0000	-	469,86	0,0000
Doornik- Hansen	-	2.778,186	0,0000	-	1772,583	0,0000

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

Então, tem-se que, à 1% de significância, todos os testes realizados são estatisticamente significantes. Dessa forma, para os quatro primeiros testes apresentados, a hipótese nula é rejeitada, ou seja, conclui-se que a correlação canônica seja diferente de zero. Isso ilustra que os autovalores não são nulos e com isso, as correlações canônicas são significativas.

Além disso, tem-se que os vetores são normais multivariados e assim, os testes de covariância e correlação serão válidos (MINGOTI, 2005). Apesar de não ser necessário que as variáveis tenham distribuição normal para realizar a estimação, essa característica torna a análise melhor (TABACHNICK; FIDELL, 2007).

5.7- Carga Canônica

As cargas canônicas representam a participação da variável observada na variância da variável estatística canônica. Assim, ela pode ser analisada de acordo com a contribuição relativa dessas variáveis a cada função canônica. Então, quanto maior é o parâmetro da carga canônica, maior é sua importância para derivar a variável estatística canônica.

TABELA 25- Cargas canônicas, base de dados de 2006

	1	2	3	4
Consultoria	0,1578	0,5626	0,5218	0,3074
Engenharia.Não.-Rot	0,4539	0,1307	0,1015	0,4337
Desenv. <i>Software</i>	0,5721	0,6690*	0,2905	-0,1919
Fornec.Insumos	-0,1357	-0,0742	-0,0173	0,0404
Pesquisa.CP	0,5362*	0,2722	-0,0396	-0,1631
Pesquisa.LP	0,2355	0,4802	-0,7739	0,2025

Transf.Tecnologia	0,0076*	0,2907	-0,1642	0,1459
Treinamento	0,7538*	-0,3472*	0,3851	0,2223
Outros	-0,1550	-0,1550	0,0793	0,0550
Educ.Superior	0,9563*	0,1318*	-0,1451	0,2168
Mestre	-0,0344	0,8175*	0,5583	0,1375
Doutor	0,2185	0,4578	0,3563	-0,7847
Porte	0,7951	0,1725*	0,5198	0,2604
Correlação canônica	0,6680*	0,5474*	0,4516	0,2209

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

*Estatisticamente significativo a 5%

A correlação canônica visa associar o grupo dos tipos de relacionamento e das características das empresas minero-metalúrgicas. Assim, tem-se que, no modelo, são formados quatro pares canônicos, porém, apenas os dois primeiros são estatisticamente significativos a 5%.

Então, o máximo do percentual da variância no conjunto de todas as variáveis é de 66,80%. Já a correlação do segundo par canônico foi de 54,74%. Com isso, apesar de serem significativos, os dois grupos ainda não possuem alta correlação, o que ilustra que a influência do grau de escolaridade dos funcionários e o porte das minero-metalúrgicas para a realização das interações ainda é moderado.

Em relação ao primeiro par, no primeiro grupo, apenas as variáveis de pesquisa de curto prazo, transferência de tecnologia e treinamentos foram significativas a 5%. Dessa forma, o treinamento foi a forma de relacionamento mais importante. Já no segundo grupo, somente a característica da empresa de ter funcionários com educação superior se mostrou representativa para a análise. Dessa forma, tem-se:

$$0,5362 \text{ pesquisa.CP} + 0,0076 \text{ transf.tecnologia} + 0,7538 \text{ treinamento} \\ = 0,9563 \text{ educ.superior}$$

Com a equação acima, observa-se que, em 2006, ter funcionários com mestrado e doutorado não eram características das empresas que estavam associadas a grande parte dos tipos de interação realizados, ou seja, ter essa qualificação não estava associado a interações do tipo pesquisas de curto prazo e os treinamentos. Por outro lado, ter educação superior era altamente correlacionado com as pesquisas de curto prazo e o

treinamento. Isso demonstra que a maior parte dos indivíduos que tem os títulos de mestres e doutores não estavam na indústria minero-metalúrgica. Como visto no capítulo 4, nessas empresas havia um número reduzido de mestres e doutores.

Isso também ocorre porque tanto o treinamento quanto as pesquisas de curto prazo são tipos de relacionamento com resultado no cotidiano da empresa e por isso, necessitam, muitas vezes, mais da experiência dos profissionais da firma do que um alto grau de escolaridade. Geralmente, não apresentam um alto grau de complexidade e assim, funcionários qualificados apenas com educação superior são aptos a realizarem a ponte entre a universidade e a minero-metalúrgica. De acordo com Bonaccorsi e Picalluga (1994), esses relacionamentos têm em comum que são acordos formais com a finalidade previamente determinada.

As pesquisas científicas com considerações de uso imediato dos resultados estão relacionadas a um setor que busca por interações mais ágeis, mais práticas e voltadas a solução de problemas de curto prazo. Dessa forma, ilustra uma indústria que possui um produto de difícil diferenciação e madura. É também o tipo que mais ocorreu entre universidades e empresas do setor minero-metalúrgico, representando mais de 36% das interações.

Apesar de significativa, a transferência de tecnologia tem uma correlação fraca com essas empresas. Assim, segundo Nelson e Winter (2006), o aperfeiçoamento das tecnologias, assim como a aptidão e o aprendizado estão ligadas ao processo de mudança tecnológica. Esse conhecimento depende da capacidade individual de assimilação e entendimento da informação recebida. Esse resultado é compatível com a PINTEC no âmbito de que a maior parte da receita das metalúrgicas, em termos de inovação, é alocada para aquisição de máquinas e equipamentos.

Ademais, o treinamento é o tipo de relacionamento mais importante vis-à-vis os funcionários possuem educação superior. Como já comprovado pelos dados da PINTEC e pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, ele é considerado de grande importância para as empresas do setor, apesar de ser uma atividade acadêmica pouco sofisticada, não exigir um alto grau de complexidade e, conseqüentemente, um grande volume de mão-de-obra altamente qualificada.

Além disso, os objetivos iniciais dos principais institutos de pesquisa voltados para a interação com as empresas minero-metalúrgicas estão sendo cumpridos. Como visto no primeiro capítulo, a Escola de Minas de Ouro Preto e a Pós-graduação em Engenharia Mineral da UFMG foram criadas, inicialmente, para disponibilizar funcionários capacitados para essas empresas, aprimorar conhecimentos técnicos e adequar as tecnologias para a realidade do setor brasileiro.

Em relação ao segundo par canônico, as variáveis desenvolvimento de *software* e treinamento são estatisticamente significantes, ao nível de significância de 5%, para a formação da variável canônica U_2 . Já as variáveis de educação superior, mestres e porte das empresas são estatisticamente significantes, ao mesmo nível de significância, para a formação da variável canônica V_2 . Então, tem-se que:

$$0,669 \text{ desenvolv.} \textit{software} - 0,3472 \text{ treinamento} = 0,1318 \text{ educ. superior} + 0,8175 \text{ mestre} \\ + 0,1725 \text{ porte}$$

No primeiro grupo, a variável que possui maior representatividade é o desenvolvimento de *software*, já no segundo é o número de mestres empregados nessas empresas. Então, o segundo par canônico indica que empresas de maior porte, com maior número de mestres e profissionais com educação superior tendiam a se relacionar mais com a universidade através do desenvolvimento de *software*.

De acordo com Marques e Neto (2002), o sucesso dos investimentos em tecnologia da informação está correlacionado com a qualidade dos recursos humanos. Eles afirmam que há a necessidade de se ter uma base de conhecimentos, habilidades e aptidões desses funcionários que deem suporte às inovações implementadas pela empresa. Por isso, o desenvolvimento *software* está altamente correlacionado com o número de mestres nas minero-metalúrgicas, em 2006.

Por outro lado, as minero-metalúrgicas menores tendem a ter maior relacionamento do tipo treinamento. Esse resultado ocorre porque essa é uma interação que envolve menor risco, gerado pelo baixo investimento. Como as micro e pequenas empresas não tem um alto montante de dispêndio para destinar para os setores de pesquisa e desenvolvimento, normalmente investem em interações do tipo treinamento.

Portanto, com as cargas canônicas dos dois pares, observa-se que, em 2006, o treinamento era bastante importante para diversos tipos de empresas, uma vez que possui uma correlação, positiva no primeiro par e negativa no segundo, com as

empresas que possuem funcionários com ensino superior. Além disso, tem-se que é uma atividade, muitas vezes complementar, para a efetivação do resultado das pesquisas de curto prazo e desenvolvimento de *software*.

TABELA 26- Cargas canônicas , base de dados de 2016

	1	2	3	4
Consultoria	-0,0031	0,1538	0,0939	0,1473
Engenharia.Não.-Rot	0,0494	-0,0124	-0,2144	0,6746
Desenv. <i>Software</i>	0,2009	-0,6057*	-0,3133	0,5059
Fornec.Insumos	0,8808*	0,2806	0,0227	-0,0096
Pesquisa.CP	0,4753	-0,3322*	0,6896	0,0931
Pesquisa.LP	0,0976*	0,4392	0,3098	-0,0944
Transf.Tecnologia	0,2111	-0,0595	0,0260	0,6204
Treinamento	0,0527	-0,0837	0,5313	0,4247
Outros	0,3986*	0,0558	-0,1804	-0,5794
Educ.Superior	0,4278*	-0,0828*	0,7812	0,4471
Mestre	0,4097*	-0,0528*	0,8936	-0,1757
Doutor	0,1450*	-0,1782*	0,9651	0,1260
Porte	0,6916*	-0,5554*	0,4465	-0,1179
Correlação canônica	0,8403*	0,5424*	0,4984	0,2063

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

*Estatisticamente significativo a 5%

A TABELA 26 ilustra a correlação canônica e os pares canônicos que formam os vetores U e V, conforme visto na teoria. Então, das quatro correlações canônicas do modelo, apenas duas são significativas estatisticamente a 5%, sendo a primeira 84,03% e a segunda 54,84%.

Dessa forma, observa-se que as características das empresas e os tipos de interação estão mais intimamente relacionadas do que em 2006. Assim, a melhor combinação linear das formas de interação é correlacionada em 84,03% com a melhor combinação linear das características das empresas. Então, os dois grupos estão mais interdependentes ao longo do tempo.

Assim, levando em consideração o teste de significância estatística t a um nível de 5%, o primeiro par canônico pode ser representado da seguinte forma:

$$0,8808 \text{ fornec.insumos} + 0,0976 \text{ pesquisa.LP} + 0,3986 \text{ outros} = 0,4278 \text{ educ.superior} + \\ 0,4097 \text{ mestre} + 0,1450 \text{ doutor} + 0,6916 \text{ porte}$$

Observa-se que, em 2016, as empresas que possuem mestres e doutores, passam a estar correlacionadas com alguns tipos de interação. Isso pode estar relacionado à dois fatos principais. O primeiro deles é que, segundo a CAPES (2017), de 2013 a 2017, os cursos de pós graduação cresceram cerca de 25%, ou seja, há um maior número de pessoas altamente qualificadas disponíveis no mercado. O outro fator é que esses tipos de interação, para serem melhor realizados, necessitam de profissionais desse perfil e as empresas minero-metalúrgicas estão buscando por isso.

As empresas passaram a sofrer uma concorrência maior externamente, uma desaceleração, principalmente, do setor metalúrgico, o que pode ser comprovado pelos déficits na balança comercial, assim como a dependência das exportações e importações com a China e a diminuição da produção, em ambos os setores, como visto no capítulo 2. Com isso, surge a necessidade de se investir em profissionais mais qualificados, que façam a ponte entre a universidade e os demais parceiros que contribuem para a inovação ou até mesmo, que formulem maneiras diversas de melhorar e/ou criar os processos e os produtos. Assim, observa-se que a interdependência entre essas variáveis e os tipos de interação vem se tornando mais evidentes ao longo do tempo.

Dessa forma, tem-se que o fornecimento de insumos é o tipo de relacionamento que mais influencia o primeiro grupo de variáveis. Como seu sinal é positivo, sua correlação com o número de funcionários com mestrado e educação superior tem o mesmo sentido, assim como o número de funcionários e de doutores.

O mesmo fato ocorre para as pesquisas de longo prazo, porém, sua correlação é bem menor. Além disso, como é um relacionamento que exige troca bilateral, para realização da interação é necessário que haja alguém na empresa que dialogue com o grupo de pesquisa.

Ao se realizar uma comparação entre os anos de 2006 e 2016, tem-se que a pesquisa de longo prazo passou a ter uma correlação significativa no último ano. Como visto nos capítulos anteriores, a importância da inovação tem se tornado mais clara e presente para as empresas do setor minero-metalúrgico. Com isso, observa-se que, além de modificações mais dinâmicas e rápidas, há a necessidade de, também, se investir em maiores mudanças, para que essas empresas possam ser fortes concorrentes, acompanhar o mercado internacional, uma vez que, grande parte do setor é voltado para exportação.

As pesquisas científicas sem consideração de uso imediato têm se tornado cada vez mais significantes, pois, pelo fato de por terem maior duração, estão ligadas ao fomento de novas linhas de pesquisa e o desenvolvimento da área. Assim, elas contribuem fortemente para que as minero-metalúrgicas ganhem competitividade internacional.

Ademais, como essas pesquisas não tem um resultado final previamente definido, ou seja, há uma maior incerteza quanto ao resultado final, são realizadas por empresas de maior porte. Normalmente, essas empresas têm maiores propensões a correrem riscos e maior disponibilidade de com isso, tem capital para investir em pesquisas de longo prazo.

Outro fator importante referente a esse par canônico é que outras formas de interação se tornam significativas. Isso indica que, as empresas estão buscando, além daquelas 13 formas de cooperação citadas, outras que não englobam naquelas categorias. Esse aspecto também é positivamente correlacionado às minero-metalúrgicas de maior porte e àquelas que possuem funcionários mestres e doutores.

Ao se comparar o primeiro par canônico da base de dados de 2006 com a de 2016, observa-se que além de mais características da firma se tornarem significantes, como o porte, número de funcionários mestres e doutores, as variáveis do tipo de relacionamento se modificaram. Então, a categoria de treinamentos passa a não aparecer mais, em prol do fornecimento de insumos. Ambos são relacionamentos de baixa complexidade.

O segundo par canônico possui duas variáveis significativas do primeiro grupo, a 5%: o desenvolvimento de *software* e as pesquisas de curto prazo. Já no segundo grupo, todas as particularidades das empresas do setor minero-metalúrgico estudadas foram significativas a 5%. Com isso, o par canônico pode ser representado por:

$$- 0,6057 \text{ desenv.} \textit{software} - 0,3322 \text{ pesquisa.CP} = - 0,0828 \text{ educ.superior} - 0,0528 \text{ mestre} \\ - 0,1782 \text{ doutor} - 0,5554 \text{ porte}$$

É interessante observar que apesar das variáveis terem o sinal negativo, elas caminham no mesmo sentido. Então, quanto maior o porte das empresas, mais ela tende a ter interação com a universidade do tipo desenvolvimento de *software*. Ademais, a correlação também é positiva em relação aos funcionários mais qualificados. Assim

como ocorreu em 2006, esse tipo de relacionamento foi o mais impactante no segundo par canônico.

É importante ressaltar que em 2016, a fato da empresa possuir doutores gerou uma interdependência com esse tipo de relacionamento. Além disso, comparando o desenvolvimento de *software*, entre os anos de 2006 e 2016, tem-se que a dependência com as empresas que possuem mestres diminuiu, porém aumentou com o porte da empresa.

Assim, esse tipo de interação geralmente ocorre em empresas que são fornecedores especializados, ou seja, a cooperação e as preferências advindas dos clientes são importantes (CASSIOLATO, 1996), uma das características marcantes da metalurgia, como analisado no capítulo 2.

Além disso, as empresas minero-metalúrgicas que fazem parceria com as universidades via pesquisa de curto prazo tendem a ter um maior porte. Isso é justificado pelo fato de as firmas serem voltadas para a exportação e atuarem em mercados concentrados. Como possuem produtos de difícil diferenciação, procuram por soluções incrementais, típicas desse tipo de relacionamento.

Essas pesquisas, quando observa-se o ano de 2006, eram relacionamentos pertencentes ao primeiro par canônico. Isso ilustra que a interdependência entre esta e as características das empresas se tornou mais fraca. Então, apesar de um aumento significativo das pesquisas de curto prazo, conforme analisado no capítulo 4, o fato da empresa ter funcionários qualificados influencia menos a realização deste relacionamento.

5.8- Medidas de Redundância

As medidas de redundância ou índice de redundância pode ser considerado como uma estimativa de R^2 . Então, elas visam avaliar quanto da variância de determinado grupo é explicado pelo outro. Dessa forma, consegue-se ter noção do quanto as características das empresas minero-metalúrgicas podem influenciar os tipos de interação significativos.

TABELA 27- Medidas de Redundância

	2006		2016	
	1	2	1	2
Tipos de interação	12,73%	12,68%	22,22%	7,18%
Características das empresas	40,81%	10,64%	15,01%	2,63%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq e RAIS

Na primeira correlação canônica, no ano de 2006, 12,73% dos tipos de interações significativos eram explicados pelas características da empresa. Esse percentual cresce, em 2016, para 22,22%. Assim, comprova que há uma importância atribuída nas empresas a terem profissionais qualificados para implementar, de fato, a interação.

Já no segundo par canônico, ocorre o inverso. No primeiro ano, 12,68% dos tipos de interação das minero-metalúrgicas com a universidade eram explicadas pelo grau de instrução dos seus funcionários e pelo tamanho desta. Já em 2016, esse percentual cai para 7,18%. Acredita-se que isso possa ocorrer porque o desenvolvimento de *software*, muitas vezes, assim como no caso citado da Vale, ocorre na empresa como um todo, englobando todos os funcionários. Dessa forma, ele está mais associado a outros tipos de relacionamento, como treinamento por exemplo, do que as características dos recursos humanos da firma.

Apesar do setor ser concentrado, possuir grandes empresas que produzem e comercializam a maior parte do produto e de observar um crescimento das interações, assim como de profissionais com mestrado e doutorado, a relação entre essas características e seus atores, ainda é pequena.

Já a medida de redundância das características das empresas é alta em 2006, no primeiro par canônico. Isso ocorre, matematicamente, principalmente porque a carga canônica é alta para educação superior, a única variável do segundo grupo estatisticamente significativo. Como essas características das empresas são menos flexíveis a um curso prazo e exigem uma mudança maior, é difícil que esse índice seja explicado.

Portanto, este capítulo visou ilustrar a importância para as interações de se ter profissionais qualificados, principalmente naquelas mais complexas, como a pesquisa de longo prazo. Além disso, esse fator está sendo cada vez mais significativo, assim como a interdependência das características das empresas minero-metalúrgicas e as formas de interação.

Contudo, observa-se que alguns tipos de interação, como o desenvolvimento de *software*, normalmente, está correlacionado a outras formas de cooperação. Já os tipos de relacionamentos de transferência tecnológica e de treinamento estão em conformidade com os dados da PINTEC, atribuindo importância para o setor. Ademais, os objetivos dos institutos de pesquisa, como fornecimento de mão de obra qualificada, aprimoramento e desenvolvimento tecnológico, estão sendo alcançados.

6- CONCLUSÃO

Esta dissertação, em um primeiro momento, buscou analisar e descrever o sistema setorial de inovação dos setores de mineração e metalurgia. Estes são compostos por empresas oligopolistas, ou seja, poucas grandes empresas controlam o preço de mercado. Assim, tanto as barreiras à entrada quanto à saída são grandes, uma vez que exigem altos investimentos. Além disso, a mineração possui produtos extremamente difíceis de diferenciar, enquanto a metalurgia tem uma indústria madura, em que a tecnologia é homogênea.

Observando os atores que compõe este sistema, tem-se que os institutos de pesquisa e as universidades, cumprem, desde 1876, um importante papel para o fomento do setor. O início se deu com a criação da Escola de Minas, em Ouro Preto e posteriormente outras instituições foram fundadas, como a Escola Politécnica e a PPGEM. Todas tiveram em comum os objetivos de formar pessoas aptas a trabalharem com o setor minero-metalúrgico, contribuindo para além da mão de obra qualificada, com pesquisa, aprimoramento e adaptação de tecnologias, projetos e o fomento do setor, como um todo, além de buscarem um estreitamento de relações com as empresas.

Outro importante ator é a empresa do setor minero-metalúrgico. Suas primeiras atividades se iniciaram no século XVI e evoluíram ao longo do tempo. Esta passou por um momento da substituição de importações, em que houve um incentivo à indústria nacional, para que o país se tornasse menos dependente do setor externo.

Este trabalho também procurou analisar como as características dessas empresas, como o grau de instrução dos seus funcionários e o tamanho da firma, influenciam os tipos de interação no setor minero-metalúrgico. Esse setor possui grande importância, sendo pauta nas áreas de política e investimento, há mais de quatro séculos, e representativo na economia como um todo, desde a geração de empregos até o comércio exterior.

Assim, com o crescimento da participação chinesa no mercado brasileiro, ilustrado principalmente através dos fatos de que, em 2009, 53,92% dos produtos de mineração exportados foram destinados à China e a balança comercial negativa com esse país dos produtos metalúrgicos atingiu R\$607.481.105,00 em 2011, o setor metalúrgico foi prejudicado pela concorrência, embora o da mineração fosse impulsionado pela demanda externa. Dessa maneira, viu-se a necessidade de maior investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação, além de maior interatividade com a universidade.

De acordo com os dados da PINTEC, para a indústria metalúrgica, o maior valor sobre a receita líquida é destinado à aquisição de máquinas e equipamentos, apesar do mesmo ter diminuído ao longo do tempo. Por outro lado, os treinamentos, apesar de serem consideradas atividades inovativas extremamente importantes, tem menor dispêndio investido sobre ela.

Através dessa análise, também cabe destacar os principais impactos dessas inovações para as empresas. Atualmente, há uma preocupação maior na redução do impacto ambiental e nos aspectos ligados à saúde e segurança. Essa é uma área que vem ganhando cada vez mais importância e deve ser alvo de inúmeras pesquisas para que desastres tecnológicos, como os do rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana e da Barragem do Feijão, em Brumadinho, sejam evitados.

Então, as empresas do setor, como um todo, passaram a interagir mais com as universidades e a investir mais em funcionários com maior grau de escolaridade. Além disso, as metalúrgicas apresentam mais interações por empresas do que as mineradoras. Com isso, comprovou-se que há uma interatividade maior das empresas que possuem mestres e doutores dentre seus funcionários.

Através da análise do DGP foi possível traçar um perfil das interações realizadas pelas empresas minero-metalúrgicas com as universidades. Os relacionamentos com os grupos de engenharia foram os mais significativos atrelados à forma de remuneração de transferência de recursos financeiros, insumos materiais e fornecimento de bolsas.

Assim, a pesquisa de longo prazo passou a ser mais significativa ao longo do tempo. Como a pesquisa e inovação tem se tornado pauta cada vez mais relevante para as empresas do setor minero-metalúrgico, há a necessidade de se investir nessas áreas, para

que se destaquem no comércio exterior, sendo mais competitivas, uma vez que, grande parte da produção é destinada a exportação.

Com isso, surge a necessidade de se investir em profissionais mais qualificados, que façam a ponte entre a universidade e os demais parceiros que contribuem para a inovação ou até mesmo, que formulem maneiras diversas de melhorar e/ou criar os processos e os produtos. Assim, observa-se que a interdependência entre essas variáveis e os tipos de interação vem se tornando mais evidentes ao longo do tempo.

Contudo, observa-se que a interação universidade-empresa é o resultado de uma série de fatores e produtos. Muitas das interações ocorrem em conjunto e também servem de ponte para que essa relação seja bem sucedida, como é o caso dos treinamentos. Com isso, também observa uma mudança ao longo do tempo, em que para realizar efetivamente interações mais complexas é preciso de profissionais altamente qualificados, bem como a ampliação dos canais de interação com a universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABM-Associação Brasileira de Metalurgia. Disponível em: <<https://www.abmbrasil.com.br/>>. Acesso em 15 de jul. de 2018.
- ABN. Inovação na indústria pode ser simples e colaborativa. Disponível em:<<https://www.abmbrasil.com.br/noticia/inovacao-na-industria-pode-ser-simples-e-colaborativa>>. Acesso em 12 de dez. de 2017.
- ALBUQUERQUE E.; CÁRIO, S.A.F.;SUZIGAN, W. Em Busca da Inovação: Interação Universidade-Empresa no Brasil. Belo Horizonte: Autêntica Editora, pp. 45-7 2.
- ALMEIDA, M. **Desafios da real política industrial brasileira do século XXI**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2009
- ANDRADE, M. L. A. de; CUNHA, L. M. da S.; VIEIRA, J. R. M. A siderurgia brasileira no contexto mundial. 1994.
- ARCELORMITTAL. Quem somos. Disponível em:< <http://brasil.arcelormittal.com.br/>>. Acesso em 01 de nov de 2017.
- ASIANLII. Asian Legal Information Institute. 2005. Disponível em: <<http://www.asianlii.org/cn/legis/cen/laws/pfdoiasi501>>. Acesso em 12 de dez. de 2017
- AYRES, L. S. Governo Dutra: ortodoxia versus desenvolvimentismo no Brasil do pós-guerra. 2013. Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do bacharelado em Economia. Porto Alegre RS. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/79244>>. Acesso em 01 de mar. de 2017.
- BARBOSA, A. R. Breve panorama da legislação minerária. **Revista de Direito Administrativo**, v. 197, p. 64-73, 1994. Disponível em: < https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Breve+panorama+da+legisla%C3%A7%C3%A3o+miner%C3%A1ria&btnG=>>. Acesso em 13 de ago. de 2017.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. 2001. Disponível em: < <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/922>>. Acesso em 12 de jul. de 2017.
- BARROS, J. A. Ensino rural primário em Minas Gerais no início do século XX: fundamentos e representações da escola. **Educação em Foco**, v. 13, n. 16, p. 41-66, 2011. Disponível em: < <http://revista.uemg.br/index.php/educacaoemfoco/article/view/96>> . Acesso em 24 de set. de 2017.
- BONACCORSI, A.; PICCALUGA, A. A. Theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships. **R&D Management**, 1994
- BRAGA, A. C. G. Uma análise do processo de privatização brasileiro, com ênfase no setor siderúrgico. Dissertação apresentada à escola brasileira de administração pública para obtenção do grau de mestre em administração pública. Disponível em :<<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8146/000077063.pdf>>. Acesso em 10 de jan. de 2018.

BRAVO-ORTEGA, C., DE GREGORIO, J. The relative richness of the poor? Natural resources, human capital, and economic growth. **Lederman and Maloney**, 71-103.2007.

BRASIL. Constituição da SIDERBRÁS. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5919.htm>. Acesso em 15 de jul. de 2017.

_____. Ministério da Economia. Relação Anual de Informações Sociais. Disponível em:<<http://www.rais.gov.br/sitio/index.jsf>>. Acesso em 10 de jul. de 2018.

_____.Ministério de Minas e Energia. Disponível em:< <http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em 14 de fev. de 2018.

_____. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 01 de ago. de 2017.

_____.Ministério de Minas e Energia. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em:< <https://sistemas.dnpm.gov.br/scm/>>. Acesso em 01 de mar. de 2018.

_____. Ministério da ciência tecnologia inovações e comunicações. CNPq. Disponível em: <<http://cnpq.br/>>. Acesso em jan. de 2018.

CAÇADOR, S. B.; GRASSI, R. A. Olhar crítico sobre o desempenho recente da economia capixaba: Uma análise a partir da literatura de desenvolvimento regional e de indicadores de inovação. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 3, p. 453-480, 2009. Disponível em: <<https://ren.emnuvens.com.br/ren/article/view/368>>. Acesso em nov. de 2017.

CARVALHO, P.S. L. de; MESQUITA, P. P. D; CARDARELLI, N. Panoramas setoriais 2030: mineração e metalurgia. 2017. Disponível em: < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14255/2/Panoramas%20Setoriais%202030%20-%20Minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20Metalurgia_P.pdf>. Acesso em 17 de out. de 2018.

CHERUBINI NETO, R. As Práticas e Ferramentas da Gestão do Conhecimento Auxiliam a Gestão da Interação Universidade-Empresa? Fundamentando e Apresentando a Hipótese. **Anais do XXX ENANPAD**, Salvador/BA, 2006. Disponível em:<<http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-gctb-2122.pdf>>. Acesso em 17 de out. de 2018.

CÂMARA DO DEPUTADOS. Setor Mineral rumo a um novo marco legal. **Cadernos de Altos Estudos** 2011. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudios/arquivos/setor-mineral-rumo-a-um-novo-marco-legal/setor-mineral-rumo-a-um-novo-marco-legal.>> Acesso em 05 de mar. de 2018.

CAPELAS, B.; E ROMANI, B. Vale cria centro de inteligência artificial no ES. ESTADÃO. Publicado em: 02 de jan. de 2019. Disponível em: <<https://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,vale-cria-centro-de-inteligencia-artificial-no-es,70002663817>>. Acesso em 10 de jan. de 2019.

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Sala de Imprensa. Avaliação da CAPES aponta crescimento da pós-graduação brasileira. Disponível em: < <http://www.capes.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/8558-avaliacao-da-capes-aponta-crescimento-da-pos-graduacao-brasileira>> Acesso em 05 de Mar. de 2018

CARVALHO, J. M. D. A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória. 2º ed. Belo Horizonte. Ed. UFMG. 2002

_____. A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória. 2010. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/7j8bc>>. Acesso em jul. de 2017.

CASSIOLATO, J.; GADELHA, C.; ALBUQUERQUE, E.; BRITTO, J. A relação universidade e instituições de pesquisa com o setor industrial: uma análise de seus condicionantes. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 1996. (Texto apresentado à Secretaria Executiva do PADCT, MCT).

CASTELLACCI, F. Closing the technology gap?. **Review of Development Economics**, v. 15, n. 1, p. 180-197, 2011.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/>>. Acesso em ago. de 2017.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL. CSN Mineração. Disponível em :<http://www.csn.com.br/default_pti.asp?idioma=0&conta=45>. Acesso em 01 de mar. de 2018.

CONSELHO DE ALTOS ESTUDOS E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA (CAEAT). Setor mineral: rumo a um novo marco legal. **Caderno de Altos Estudos**. Brasília, 2011. Disponível em:<<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?divisao=24&tipo=cnae&versao=9&view=divisao>>. Acesso em 02 de abr. de 2018.

CUTER, J. C; KON, A. Cartel internacional do estanho: a importância da indústria brasileira na quebra do conluio. **Economia e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 151-171, 2008. Disponível em :< <https://ideas.repec.org/a/euc/ancoec/v32y2008p157-171.html>>. Acesso em 05 de jan. de 2018.

DAVID, P.; WRIGHT, G. The origins of American resource abundance. Oxford and Stanford University.1991.

DE ALMEIDA PAIVA, A. A evolução do direito das minas e a constituição de 1967. **Revista de Direito Administrativo**, v. 90, p. 1-22, 1967. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rda/article/view/30640>>. Acesso em 20 de jan. de 2018.

DE BARROS CORREIA, T. Núcleos fabris e de mineração no Brasil: as experiências pioneiras (1811-1880). **Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, n. 3, p. 15-42, 2006. Disponível em:< <http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44655>>. Acesso em 15 de mai. de 2018.

DE FÁTIMA SILVA, C; SUZIGAN, W; DO DPCT, I. G. E. O Sistema Setorial de Inovação da Metalurgia Básica. Disponível em: < https://www.anpec.org.br/encontro/2012/inscricao/files_I/i8-e988463ed380436ec7a5702edaa08c75.pdf>. Acesso em 15 de set. 2018.

DE LACERDA, A.C.;BOCCHI, J.I.; REGO, J. M.; MARQUES, R.M.; BORGES, M. A. Economia brasileira. Editora Saraiva, 2017.

DE NEGRI, F. Elementos para a análise da baixa inovatividade brasileira e o papel das políticas públicas. Revista USP, n. 93, p. 81-100, 2012. Disponível em: < <http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/view/45004>>. Acesso em 15 de mai. de 2018.

DE PAULA, E. M. A experiência de colaboração do departamento de engenharia metalúrgica e de materiais da UFMG com empresas–lições para a Lei de Inovação. Revista Brasileira de Inovação, 6(2), 433-459. 2017. Disponível em: < <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648954>>. Acesso em 15 de set. de 2017.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Política de Desenvolvimento Produtivo Nova Política Industrial do Governo. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/notatecnica/2008/notaTec67PoliticaDesenvolvimento.pdf>>. Acesso em 10 de jul. de 2017

DINIZ, C.C. Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira. Belo Horizonte: UFMG, 1981

DUTRA, C. V. A geoquímica analítica em Minas Gerais: de Gorceix ao Geolab: a contribuição do ITI. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 55, n. 3, p. 185-192, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rem/v55n3/v55n3a05.pdf>>. Acesso em 15 de mai. de 2018.

ELLIS, R. E. U.S. National Security Implications of Chinese Involvement in Latin America. Carlisle, PA: Strategic Studies Institute; US Army War College, 2005.

EXAME. As melhores empresas do ano Edição Melhores & Maiores 2017. Publicada em 09 de ago. de 2017. Disponível em:<<https://exame.abril.com.br/edicoes/melhores-e-maiores-2017/>>. Acesso em 01 de dez. de 2017.

FÁVERO, L. P. **O mercado imobiliário residencial da região metropolitana de São Paulo: uma aplicação de modelos de comercialização hedônica de regressão e correlação canônica**. São Paulo. 319 f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo,

FÁVERO, L.P; FÁVERO, P. **Análise de dados: modelos de regressão com Excel®, Stata® e SPSS®**. Elsevier Brasil, 2016.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Verbete companhia vale do rio doce (CVRD). Disponível em:<<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/companhia-vale-do-rio-doce-cvrd>>. Acesso em 10 de nov. de 2017.

FIGUEIRÔA, S. F. de M. Mineração no Brasil: aspectos técnicos e científicos de suas história na Colônia e no Império (séculos XVIII-XIX). **América Latina en la historia econômica**, v. 1, n. 1, p. 41-55. 1994.

FRISCHTAK, Claudio; SOARES, André; O'CONOR, Tania. Uma análise dos investimentos chineses no Brasil: 2007-2012. Rio de Janeiro, Conselho Empresarial Brasil-China, jun. Disponível em: <http://www.cebc.org.br/sites/default/files/pesquisa_investimentos_chineses_2007-2012_-_digital_1.pdf>. Acesso em 10 de mar. de 2018.

FURTADO, M. A. T. et al. Economia mineral chinesa e sua influência no comércio Brasil-China: contrato no 0010/2006-MME/SGM-FEOP. 2009.

GARCIA, R; RAPINI, M; CÁRIO, S. Estudos de caso da interação universidade-empresa no Brasil. FACE/UFGM, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<https://cedeplar.ufmg.br/component/phocadownload/category/13-economia?download=1109:estudos-de-caso-da-interacao-universidade-empresa-no-brasil>>. Acesso em jan. de 2019.

GERMANI, D. J. A mineração no Brasil. Relatório Final, Brasil, 2002.

GGN- O JORNAL DE TODOS OS BRASIS. A Vale antes e depois da privatização. Publicado em 18 de jan. de 2013. Disponível em: <<https://jornalggm.com.br/blog/luisnassif/a-vale-antes-e-depois-da-privatizacao>>. Acesso em 10 de jan. de 2018.

HAIR, J. F. Jr. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2005.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009

HOTELLING, H. Canonical correlation analysis (cca). **Journal of Educational Psychology**, 1935.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Inovação Disponível em :<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>>. Acesso em 14 de março de 2017.

_____. Comissão Nacional de Classificação. Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?divisao=08&tipo=cnae&versao=9&view=divisao>>. Acesso em 05 de jul. de 2018.

_____. Pesquisa Industrial Anual. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/atividades/hist.shtm>>. Acesso em 20 set. de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. A indústria da Mineração: Para o desenvolvimento do Brasil e a promoção da qualidade de vida do brasileiro. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005649.pdf>>. Acesso em 22 de jan. de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. Empresas siderúrgicas do Brasil Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/livro_policy>

_final_2.pdf >. Acesso em jul. de 2017.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Importância Estratégica do Aço na Economia Brasileira. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/siderurgia_brasil.html>. Acesso em Ago. de 2017.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis** .Vol. 5, No. 8. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall. 2002.

KATZ, F. Recursos Minerais e a Economia do Conhecimento. **In: Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico**. Organizadores: Luiz G. de Mello Belluzzo, Cláudio R. Frischtak, Mariano Laplane. Campinas: UNICAMP. Instituto de Economia, 2014.

LEÃO, R. P. F; PINTO, E. C; ACIOLY, L. A China na nova configuração global: impactos políticos e econômicos. 2011. Disponível: < <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3030>>.. Acesso em 15 de mar. de 2018.

LIBÂNIO, G. O crescimento da China e seus impactos sobre a economia mineira. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 4, n. 2, 2008.

LIMA, M. I. Setor de metalurgia básica: segmento fundição. 2007. Disponível em: < <http://acervodigital.sistemaindustria.org.br/handle/uniepro/129>>. Acesso em 05 de abr. de 2017.

LINO, J. J. P. Laminação controlada de um aço microligado ao nióbio visando à obtenção do grau API X60 em laminador Steckel. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Materiais. Ouro Preto.MG, 2017. Disponível em: < <http://repositorio.ufop.br/bitstream/123456/789/8712/1/ISSERTACAOLamina%C3%A7%C3%A3oControladaA%C3%A7o.pdf>>. Acesso em 10 de out. de 2018.

LUÍS, I. E. **Análise de correlação canônica: extensões e aplicações**. Dissertação de Mestrado em Estatística, Matemática e Computação apresentada à Universidade Aberta. Lisboa, Portugal. 2016. Disponível em:<<https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/5509>>. Acesso em 03 de nov. de 2017.

MACHADO, C. S.O; SILVA, N. M; RIZK, M. C. Aspectos E Impactos Ambientais De Uma Indústria De Fabricação De Estruturas Metálicas. **IX Simposio Internacional de Qualidade Ambiental**. Porto Alegre/RS, 2014. Disponível em: < <http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id865.pdf>>. Acesso em 15 de fev. de 2017.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002.

_____. Sectoral systems and innovation and technology policy. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, n. 2, p. 329-375, 2003

_____. **Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe**. Cambridge University Press, 2004.

MARQUES, M., NETO, S. Capital Humano e TI Gerando Vantagem Competitiva. RAE eletrônica, Volume 1, Número 1. 2002.

MATTOS, C. Análise do Plano Brasil Maior. **Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília**, 2013.

MELO, T. M.; FUCIDJI, J. R.; POSSAS, M. L. Política industrial como política de inovação: notas sobre hiato tecnológico, políticas, recursos e atividades inovativas no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, p. 11-36, 2015.

MESQUITA, P. P. D; CARVALHO, P.S. L de; OGANDO, L. Desenvolvimento e inovação em mineração e metais. 2016. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9577>>. Acesso em 05 de mar. de 2017.

MHAG MINERAÇÃO. O setor de mineração. Disponível em: <<http://mhag.com.br/osetor/index.html>>. Acesso em out.de 2017.

MINGOTI, S. A. Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma abordagem Aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MONTEIRO, M. de A. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos avançados**, v. 19, n. 53, p. 187-207, 2005.

OLIVEIRA, C.De. A concessão Itabira Iron Ore Company, limited. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1934. 387 p. Disponível em: <<https://cpdoc.fgv.br/sites/default/files/verbetes/primeira-republica/ITABIRA%20IRON%20ORE%20COMPANY.pdf>>. Acesso em 02 de mar. de 2017.

OLIVIERA, S.T. A dualidade do comércio externo brasileiro: de seu incremento na indústria da aviação com os EUA, até a necessária inversão na mineração com a china, dilemas ao desenvolvimento. **Revista CTS IFG Luziânia**, v. 1, n. 1, 2015.

PARANHOS, J.; HASENCLEVER, L. Industry-university interactions in the pharmaceutical system of innovation: Brazilian and international data. In: druid-dime academy winter phd conference. Aalborg: DRUID-DIME, 2009.

PARANHOS, J.; HASENCLEVER, Lia. Teoria da Firma e Empresa Inovadora. RAPINI, MS; SILVA, LA ALBUQUERQUE, EM (eds.) Economia da Ciência, Tecnologia e Inovação. Curitiba: Prismas, p. 99-130, 2017

PFITZNER, M. S. et al. A Co-Evolução entre os Sistemas Setoriais de Inovação e a Gestão da Inovação Tecnológica nas Organizações: os casos de energia e mineração no Brasil. 2014.

PINHEIRO, A. C.; GIAMBIAGI, F. Os antecedentes macroeconômicos e a estrutura institucional da privatização no Brasil. 2000

PINTO, E.C.; CINTRA, M. A. M. América Latina e China: Limites econômicos e políticos ao desenvolvimento. **Textos para Discussão**, n. 12, 2015.

PORTAL DIÁRIO DO AÇO. A privatização da USIMINAS. Disponível em: <https://www.diariodoaco.com.br/ler_noticia.php?id=1829&t=a-privatizacao-da-usiminas>. Acesso em 10 de jul. de 2018.

POSO, A. T. A Siderurgia brasileira e Mundial: O Desenvolvimento Desigual Recente. 2015. 311f. Tese de Doutorado. Tese (doutorado em Geografia Humana) Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo. 2015.

PÓVOA, L. M.C., MONSUETO, S. E. Tamanho das Empresas, Interação com Universidades e Inovação Revista de Economia, v. 37, n. especial, p. 09-24, 2011. Editora UFPR.

PUGA, F. P.; CASTRO; L. B. D., FERREIRA; F. M. R.; NASCIMENTO, M. M. O comércio Brasil-China: situação atual e potencialidades de crescimento. 2004. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14986/1/td-104_P.pdf>. Acesso em jan de 2018.

QUINTÃO, C. Setor do aço vive sua pior crise afirma presidente do IABR. VALOR ECONOMICO. 26 de jul. de 2017. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/empresas/5054868/setor-do-aco-vive-sua-pior-crise-afirma-presidente-do-iabr>>. Acesso em 02 de mar. De 2018.

RAPINI, M. . Interação universidade-indústria no Brasil: uma análise exploratória a partir do Diretório dos Grupos de Pesquisas do CNPq. 2004. 148p (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro). 2004.

RAPINI, M. S. Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. Estudos Econômicos (São Paulo), 37(1), 211-233. 2007.

RAPINI, M. S., CHIARINI, T.; BITTENCOURT, P. F. University- Firm Interactions in Brazil: Beyond Human Resources and training. Missions. Industry and Higher Education, 29(2), 111-127.2015.

_____. Obstacles to innovation in Brazil: The lack of qualified individuals to implement innovation and establish university–firm interactions. **Industry and Higher Education**, v. 31, n. 3, p. 168-183, 2017.

RAPINI, M. S.; DA MOTTA E ALBUQUERQUE, E.; CHAVE, C. V.; SILVA, L. A., ANTUNES DE SOUZA, S. G., RIGHI, H. M., SILVA DA CRUZ, W. M. University—industry interactions in an immature system of innovation: Evidence from Minas Gerais, Brazil. Science and Public Policy, 36(5), 373-386.2009.

RIGHI, H. M. O panorama da interação entre universidades e a industria no Basil. Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Política Científica Tecnológica. Campinas, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287698/1/Righi_HericaMorais_M.pdf>. Acesso em 11 de ago. de 2017.

SALLES, F. C.; RAPINI, M. S.; SILVA, L. A. Dinâmicas setoriais de inovação e tamanho de empresa no Brasil: para além do quebra-cabeça Schumpeteriano. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/dinmicas>>

setoriais-de-inovao-e-tamanho-de-empresa-no-brasil-para-alm-do-quebra-cabea-schumpeteriano-26601>. Acesso em 05 de jan. de 2018.

SANTOS, U. P. Ambiente institucional e inovação na siderurgia de Minas Gerais. **Unpublished master's dissertation. Federal University of Minas Gerais**, 2009.

SANTOS, U. P. dos; DINIZ, C.. A interação universidade-empresa na siderurgia de Minas Gerais. **Nova Economia**, v. 23, n. 2, p. 279-306, 2013.

SCHUMPETER, J. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.1942.

SEBRAE. Cadeia produtiva da indústria metalúrgica e produtos de metal Cenários econômicos e estudos setoriais.2008. Disponível em: < <http://189.39.124.147:8030/downloads/Metalurgia.pdf> >. Acesso em nov. de 2017.

SESSA, C. B., HOFFMANN, T., PANDOLFI, R.; VASCONCELLOS, J. G. M. Interação universidade-empresa: do plano teórico à realidade brasileira. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 32. 2007. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-A389.pdf>>. Acesso em set. de 2017.

SILVA, C. de F. Indústria metalúrgica básica brasileira= perfil setorial, inovatividade e interatividade. 2011. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em:< <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287690>>. Acesso em 02 de fev. de 2018.

SILVA, C. de F.; SUZIGAN, W. Padrões setoriais de inovação da indústria de transformação brasileira. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 44, n. 2, p. 277-321, 2014.

SILVA, O. P. A mineração em minas gerais: passado, presente e futuro. Revista Geonomos 3(1), IGC-UFGM. Belo Horizonte, 1995

STAL, E. Gerdau SA: a empresa brasileira mais internacionalizada. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, v. 2, n. 2, p. 194-220, 2007.

STEINHORST, J.G.; DE MELLO, G. R.; ROSSONI, R. A. A relação das atividades inovativas com a receita líquida da indústria de transformação brasileira| the relation of innovative activities with the revenue of brazilian industry of transformation. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação (Brazilian Journal of Management & Innovation)**, v. 4, n. 1, p. 36-51, 2016

SUGAHARA, Cibele Roberta; DE MARTINO JANNUZZI, Paulo. Estudo do uso de fontes de informação para inovação tecnológica na indústria brasileira. **Ciência da Informação**, v. 34, n. 1, 2005.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. .Using Multivariate Statistics. 5° ed. Boston: Pearson, 2007.

TEIXEIRA, A.L.S; VIEIRA, R.G.RAPINI, M, S. Tipo de financiamento, grau de novidade da inovação e tamanho de empresa: uma análise a partir da PINTEC. Trabalho apresentado no I ENEI, 2016.

TEIXEIRA, Ib. Indústria Metalúrgica: O fantástico êxito da privatização. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 52, n. 8, p. 54-55, 1998.

THORSTENSEN, V. China e Estados Unidos – de guerras cambiais a guerra comerciais. *Política externa*, vol. 19, nº13, pp. 11-34, dez/jan/fev, 2010-2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas. Disponível em: <<https://ppgem.eng.ufmg.br/>>. Acesso em 15 de abr. de 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em:<<https://www.eng.ufmg.br/portal/aescola/historico/>>. Acesso em 01 de ago. de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - História da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em:<<http://www.em2.ufop.br/index.php/Historia>>. Acesso em Ago. de 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Departamento de engenharia metalúrgica e de materiais. Nossa História. Disponível em:<<http://www.pmt.usp.br/departamento/index.html#departamento-history>>. Acesso em ago. de 2017.

_____. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP). Disponível em: <<https://www.poli.usp.br/institucional/historia>>. Acesso em ago. de 2017.

USIMINAS. Quem somos. Disponível em:<<https://www.usiminas.com/>>. Acesso em 05 de dez. de 2017.

VALE. Mais mineração: Atitude e inovação sustentável. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/mais/Documents/vale_revista-mais_digital_por_home2.pdf>. Acesso em dez. de 2017.

VALLOUREC. Grupo Vallourec. Sobre Nós. Disponível em: <<http://www.vallourec.com/COUNTRIES/BRAZIL/PT/AboutUs/History/Paginas/default.aspx>>. Acesso em ago.de 2017.

VILLASCHI FILHO, A; DEUS, A. S. Inovação localizada na economia Capixaba: um estudo do conjunto siderúrgico. **Projeto de Pesquisa Globalização e Inovação Localizada: Experiências dos Sistemas Locais no Âmbito do Mercosul e Proposições de Políticas de C&T**. OEA, MCT, IE/UFRJ: *Nota Técnica*, n. 23, 1998

VILLELA, T., DE ALMEIDA, C. C. R. Relações universidade-empresa no estado de mato grosso no período 2002-2008: um estudo comparativo a partir do diretório de grupos de pesquisa do CNPQ. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 9(2), 223-252.2012.

WINTER, J. M.; NELSON, L. H.; BERGERON, J. C.; SARCIONE, L. M. U.S. Patent No. 6,992,496. Washington, DC: U.S. **Patent and Trademark** Office. 2006.

2S MINERAÇÃO. Disponível em: <<http://www.2s.com.br/mineracao-metalurgia/>>. Acesso em nov. de 2017.

APÊNDICE 1- Frequência das interações e número dos grupos de pesquisa que interagiram com as empresas do setor minero-metalúrgico por área do conhecimento, em 2006 e 2016.

Grande área do conhecimento	Área do conhecimento	Mineração				Metalurgia			
		2006		2016		2006		2016	
		Grupos	Interações	Grupos	Interações	Grupos	Interações	Grupos	Interações
Ciências Agrárias	Agronomia	0	0	3	3	1	1	5	6
	Engenharia Agrícola	0	0	0	0	0	0	2	2
	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	0	0	2	3	1	1	3	5
Ciências Biológicas	Bioquímica	0	0	0	0	0	0	0	0
	Botânica	0	0	0	0	1	1	0	0
	Ecologia	2	3	1	1	0	0	1	1
Ciências da Saúde	Farmácia	0	0	0	0	0	0	1	1
	Nutrição	0	0	0	0	1	1	1	1
	Saúde Coletiva	0	0	1	1	0	0	0	0
Ciências Exatas e da Terra	Ciência da Computação	0	0	0	0	1	1	1	1
	Física	1	1	1	1	1	1	0	0
	Geociências	6	6	12	15	0	0	3	3
	Oceanografia	1	1	0	0	0	0	0	0
	Química	1	1	4	6	1	1	3	3
Ciências Humanas	Arqueologia	1	1	0	0	0	0	0	0
	Psicologia	0	0	0	0	0	0	1	1
Ciências Sociais Aplicadas	Administração	0	0	0	0	0	0	1	1
	Economia	0	0	0	0	0	0	0	0
Engenharias	Engenharia Civil	4	5	1	1	5	6	5	6
	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	6	7	6	9	17	27	22	34
	Engenharia de Minas	7	7	3	4	1	1	3	5

Engenharia de Produção	2	2	0	0	1	1	0	0
Engenharia de Transportes	1	1	0	0	0	0	0	0
Engenharia Elétrica	1	1	1	1	4	5	5	5
Engenharia Mecânica	0	0	0	0	7	10	13	16
Engenharia Nuclear	0	0	1	1	0	0	0	0
Engenharia Química	0	0	5	5	2	3	4	4
Engenharia Sanitária	0	0	1	1	1	1	1	1
Sem classificação	4	7	0	0	9	12	0	0
Total	37	43	57	52	54	73	85	113

Fonte: DGP – CNPq 2006 e 2016. Elaboração própria.