

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

SIBELLE DE ANDRADE SILVA

USO DE BUSCAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES NA ÁREA DE
PROCESSAMENTO MINERAL – UM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO PARA A
CONSTRUÇÃO DE PANORAMAS TECNOLÓGICOS SOBRE PROCESSOS DE
PRODUÇÃO DE COBRE

Rio de Janeiro
2010

Sibelle de Andrade Silva

USO DE BUSCAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES NA ÁREA DE
PROCESSAMENTO MINERAL – UM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO PARA A
CONSTRUÇÃO DE PANORAMAS TECNOLÓGICOS SOBRE PROCESSOS DE
PRODUÇÃO DE COBRE

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação, da Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Inovação

Orientadora: Prof^{ta}. Dra. Zea Duque Vieira Luna Mayerhoff.

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Winter.

Rio de Janeiro
2010

S586

Silva, Sibelle de Andrade.

Uso de buscas de documentos de patentes na área de processamento mineral – Um estudo de caso direcionado para a construção de panoramas tecnológicos sobre processos de produção de cobre / Sibelle de Andrade Silva. - - 2010.

247 f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) — Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2010.

Orientador: / Zea Duque Vieira Luna Mayerhoff

Co-orientador: Eduardo Winter

1. Patente. 2. Mineração. 3. Cobre. 4. INPI – Produção científica. I. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil). II. Mayerhoff, Zea Duque Vieira Luna (Orient.). III. Título.

CDU: 347.771:622

Sibelle de Andrade Silva

USO DE BUSCAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES NA ÁREA DE PROCESSAMENTO MINERAL – UM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO PARA A CONSTRUÇÃO DE PANORAMAS TECNOLÓGICOS SOBRE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE COBRE.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação, da Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Inovação.


Aprovado em 08 de dezembro de 2010.



Zea Duque Vieira Luna Mayerhoff, Dra, Instituto Nacional da Propriedade Industrial.



Eduardo Winter, Dr, Instituto Nacional da Propriedade Industrial.



Adelaide Maria de Souza Antunes, Dra, Instituto Nacional da Propriedade Industrial.



Claudia Lyrio Canongia, Dra, Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República.

Rio de Janeiro
2010



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE ARTICULAÇÃO E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA
COORDENAÇÃO DE PESQUISA E EDUCAÇÃO EM PI, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECUTAL E INOVAÇÃO
RUA MAYRINK VEIGA, 09 – 2º ANDAR – CENTRO
Tels.: 21 2139-3713 Fax: 21 2139-3056

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 016/10

Aos oito dias do mês de dezembro de 2010, no horário de 14:00 às 16:45 horas, foi realizada, na cidade do Rio de Janeiro, na sala 1017 do 10º andar da Praça Mauá, nº. 07, a defesa pública da dissertação de mestrado de **Sibelle de Andrade Silva**, intitulada "**USO DE BUSCAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES NA ÁREA DE PROCESSAMENTO MINERAL – UM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO PARA A CONSTRUÇÃO DE PANORAMAS TECNOLÓGICOS SOBRE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE COBRE**".

A Banca Examinadora, constituída pelo(a) professor(a) orientador(a) Zea Duque Vieira Luna Mayerhoff (INPI), pelo professor co-orientador Eduardo Winter (INPI) e pelas doutoras Adelaide Maria de Souza Antunes (INPI) e Claudia Lyrio Canongia (GSIPR) emitiu o seguinte parecer:

A aluna realizou o seu trabalho no período de 19 (dezenove) meses, e o referido trabalho foi considerado pela banca examinadora como um trabalho de excelência, com relevante contribuição para a área de Propriedade Intelectual e Inovação, sendo recomendado para publicação.

A aluna foi considerada aprovada por unanimidade.

Resultado final:

Aprovado(a)

Aprovado(a), devendo atender às recomendações dos membros da Banca

Reprovado(a)

Eu, Zea Duque Vieia Luna Mayerhoff, orientadora da dissertação, lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.


Prof(a).Orientador(a)


Prof(a).Co-orientador(a) – Eduardo Winter


1º Examinador – Adelaide Maria de Souza Antunes


2º Examinador – Claudia Lyrio Canongia

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, autores da minha vida e eterno
alicerce de cada segundo dos meus dias.*

*A Deus, por colocar obstáculos em nossos
caminhos para nos lembrar da nossa enorme
capacidade de superá-los.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais o apoio incansável, a compreensão incondicional e a dedicação que tiveram para tornar todas as horas gastas na elaboração desse trabalho – nas quais não lhes dei a devida atenção – não somente possíveis, mas também mais agradáveis.

Agradeço a Deus por me proporcionar tantas graças e desafios em minha vida e por me conceder igual determinação e força para passar por todos eles.

Agradeço aos meus orientadores, Zea e Eduardo, pela compreensão em meio a minha ansiedade, por sempre me atenderem quando precisei e pelas muitas dicas e ensinamentos que me passaram nesses anos; a vocês meu enorme e sincero *muito obrigada*.

Agradeço a todos os professores que compõe o grupo de mestres e doutores da Academia de Propriedade Intelectual e Inovação do INPI, assim como toda a equipe de sua secretaria, por terem sido dedicados em passar para nós alunos uma parte do muito que sabem.

Agradeço a companhia dos guerreiros da turma do mestrado de 2009 do INPI, pelos muitos almoços, pelo companheirismo e solidariedade em todos os momentos.

Agradeço a Vale S.A., nas pessoas de Maria Cristina Almeida Valadares, Mário César Modesto e Nilce Alves dos Santos, pela oportunidade ímpar de realizar esse trabalho e por todo o suporte que a empresa me ofereceu.

Agradeço, ainda, à amiga e colega de trabalho Eneida Elias Barbare, que não só foi peça fundamental para que eu conhecesse o mundo da propriedade intelectual, como foi também quem suportou diariamente todas as fases da elaboração desse trabalho, por ter me dado um auxílio sem medidas.

Agradeço a todo o grupo de engenheiros e pesquisadores do Centro de Desenvolvimento Mineral da Vale S.A., por compartilhar no nosso dia-a-dia profissional grande parte de sua enorme experiência na área de beneficiamento mineral, o que me permitiu interpretar e compreender muitas das questões desse trabalho.

Agradeço aos amigos e familiares que entenderam as minhas ausências e agradeço mais ainda àqueles que não entenderam e me mostraram que é possível conviver com a dissertação de mestrado e conseguir, simultaneamente, ter uma vida muito divertida ao lado das pessoas de quem a gente gosta.

Meu sincero *muito obrigada* a todos, que são muitos, que contribuíram direta ou indiretamente para tornar possível esse trabalho e que me ensinaram muito mais do que podem imaginar.

RESUMO

SILVA, Sibelle de Andrade. **Uso de buscas de documentos de patentes na área de processamento mineral – Um estudo de caso direcionado para a construção de panoramas tecnológicos sobre processos de produção de cobre.** Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) – Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2010.

O uso de buscas de documentos de patentes como ferramenta para estudos de prospecção tecnológica é pouco explorado pela literatura. Por outro lado, O setor de beneficiamento mineral é reconhecido no contexto brasileiro e mundial, por representar parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) deste país. Assim como o cobre, um dos metais mais consumidos no mundo tem sua relevância pela infinidade de aplicações a que se propõe. Em meio a esse contexto, o presente trabalho busca correlacionar essas três vertentes mencionadas por meio de buscas de documentos de patentes que visam à construção de panoramas para averiguar a evolução tecnológica no setor de beneficiamento mineral de cobre. Nessa correlação, inovação é um tema que, embora presente no setor da mineração, precisa ser explorado, melhor compreendido e aplicado no setor de modo a se tornar uma ferramenta para sanar os constantes desafios em termos, principalmente, de sustentabilidade e da possível escassez e complexidade dos recursos e reservas minerais. Na área de beneficiamento mineral de cobre, predominam questões intrínsecas ao setor mineral como um todo: trata-se de uma área cuja importância de produção em escala é predominante, mas também uma área em que a inovação é cada vez mais demandada. Há uma gama considerável de documentos de patentes que versam sobre o tema do beneficiamento mineral e o presente trabalho pretende mostrar que é possível localizar informações que caracterizem o setor e que são relevantes para compreender sua evolução tecnológica por meio da análise de buscas por documentos de patentes. Para atingir tal objetivo, procurou-se estudar uma metodologia que apresente a maneira com que buscas por documentos de patentes possam ser empregadas no setor; para tal uma importante comparação foi realizada entre diferentes bases de dados, assim como foram realizados estudos dos resultados em termos de áreas tecnológicas, de classificações internacionais de patentes e palavras-chave aplicáveis ao setor de beneficiamento mineral de cobre. Como resultado final, tem-se uma análise metodológica, também extensível a outras áreas do conhecimento, que promoveu um melhor entendimento da indústria mineral, proporcionando direcionamentos relevantes em buscas por documentos de patentes voltadas para este setor. Em relação à tecnologia de beneficiamento mineral de cobre, a análise do resultado das buscas realizadas proporcionou a visualização da evolução das tecnologias, conforme descrito na literatura, mostrando que os documentos de patentes são um meio importante para averiguar as áreas para as quais o desenvolvimento tecnológico tem se voltado. Os resultados indicam que a área de hidrometalurgia tem maior tendência ao crescimento e é a que representa os maiores desafios tecnológicos. Além disso, indicam que os desenvolvimentos apresentados nos documentos de patentes representam importantes aperfeiçoamentos incrementais, e, de um modo geral, levam a confirmação de que o setor de beneficiamento de cobre tem investido no aprimoramento contínuo de seus processos, por estar no contexto de uma indústria madura e se encontrar com suas opções gerais de processamento bem estabelecidas. Essas afirmações são sustentadas pelo número de documentos de patentes que versam sobre reagentes para processos específicos de extração mineral de cobre, melhoria de parâmetros em macro-processos e melhorias em equipamentos. Além disso, o trabalho supre a escassez de estudos que correlacionam mineração, inovação e propriedade intelectual e mostra a importância do uso dos documentos de patente como fonte de informação tecnológica, também, no setor da mineração.

Palavras-chave: mineração, beneficiamento, cobre, propriedade intelectual, documentos de patentes, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

SILVA, Sibelle de Andrade. **Use of patent searches in the area of mineral beneficiation – A study focused on the construction of technological scenarios about processes for copper production.** Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) – Coordenação de Pesquisa e Educação em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2010.

The use of *patent searches* as a tool in studies of technological forecasting is not broadly explored in the literature. On the other hand, the *sector of mineral beneficiation* has its importance defined in the Brazilian context by the representative amount of contribution of the mining sector to the Gross Domestic Product (GDP) of the country. Further, the *metal copper*, one of the metals more consumed in the world, also has its relevance justified by its innumerable uses in different sectors. Inside this context, the present dissertation intends to present the relationship among these three issues mentioned through the analysis of a methodology of patent searches focused on the construction of scenarios for the investigation of the technological evolution in the sector of mineral beneficiation of copper. Within this correlation, innovation is an issue that is present in the mining sector, however, it needs to be explored, better comprehended and applied in the sector in a way that it can represent an important tool for overcome the constant challenges related, mainly, to the sustainability issues and the possible lack and complexity of mineral reserves. In the area of copper beneficiation predominates discussions strongly related to the mining sector at all: is an area where the importance of scale production is representative, but also is an area that demands innovation. There are many patent documents that concerns mineral beneficiation and the dissertation intends to show that is possible to find information that can characterize the sector and is also relevant for comprehend the technological evolution trough using patent search analysis. In order to achieve the mentioned goal, a methodology was studied in order to present a way that patent searches can be used in the sector. In the proposal an important comparison between different data bases was done, as well as were carried analysis of different technological areas, of international patent classifications and keywords applicable in the mining copper area. As a result, it was obtained an analysis that can also be applied to other knowledge areas and also promoted a better understanding of the mining sector delivering important guidelines for patent searches in this area. Regarding the technologies used in the mineral beneficiation of cooper, the searches done showed a visualization of the evolution of the technologies, as described in the literature; it also confirms that patent documents are important sources of information to analyze the areas that the technological development are focused on in the sector. The results indicated that the technological area of hydrometallurgy has a bigger tendency of rising and it is the area that has the major technological challenges. Besides, the results shows that the developments described in the inventions are important incremental improvements, and, in a general view, confirm that the sector of copper beneficiation has invested in the continuous improvement of its processes, because it is a part of a mature industry and the sector has its technological processes well established. These affirmations are justified by the representative number of patents documents about specific reagents for the known processes of mineral beneficiation of copper, improvement of macro process parameters and also improvements on equipments used in these processes. Besides, the dissertation comes for supplying the lack of studies which correlates the mining area, innovation discussions and intellectual property, and also affirms the important role of the patent documents as a source of technological information in the mining sector.

Keywords: mining, beneficiation, copper, intellectual property, patent documents, technological forecasting.

*“Dai-me, Senhor, a perseverança das ondas do mar,
que fazem de cada recuo um ponto de partida para um novo avanço.”*
Gabriela Mistral

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”
Cora Coralina

SUMÁRIO

Lista de Figuras	5
Lista de Gráficos	6
Lista de Quadros	8
Lista de Tabelas	9
INTRODUÇÃO	18
Justificativa	22
Contextualização	26
Objetivos	32
1. INOVAÇÃO	34
1.1 Inovações Tecnológicas	36
1.2 Criações Incrementais <i>versus</i> Invenções	39
1.2.1 Inovações Incrementais e Inovações Radicais	39
1.2.2 Invenções	41
1.3 Inovação e Apropriabilidade do Conhecimento	42
1.3.1 Os Mecanismos de Apropriabilidade	45
1.3.2 Apropriabilidade no Contexto da Propriedade Industrial: os Documentos de Patentes	46
1.3.2.1 A Importância das Patentes em Diferentes Indústrias	49
1.4 Paradigmas Tecnológicos e Trajetórias Tecnológicas	53
2. INTELIGÊNCIA COMPETITIVA	59
2.1 Prospecção Tecnológica	62
2.2 Documentos de Patentes como Fonte de Informação Tecnológica	69
3. A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO	73
3.1 Características Gerais do Setor Mineral	74
3.2 Inovação no Setor Mineral	76
3.2.1 Extração de Minerais Metálicos	77
3.3 Inovação na Indústria Extrativista: uma visão a partir da PINTEC	77
3.4 Inovação na Indústria Extrativista: os Documentos de Patentes.	81
3.5 Inovação e Sustentabilidade	85
3.6 Paradigmas Tecnológicos em Mineração – Marcos de Evolução	87

4. O COBRE	91
4.1 Aplicações	94
4.2 Processos de Produção	96
4.2.1 Processo Pirometalúrgico	99
4.2.2 Processo Hidrometalúrgico	103
4.2.3 Visão Geral: processos hidrometalúrgicos x pirometalúrgicos	113
4.3 Aspectos Econômicos	114
4.3.1 Recursos e Reservas	114
4.3.2 Oferta e Demanda	116
4.3.2.1 Estrutura do Parque Mínero-metalúrgico Nacional	117
4.3.2.2 Dinâmica de Preços e Flutuações de Estoques Mundiais	120
4.3.2.3 Fluxo de Comércio Brasileiro	123
4.3.3 Perspectivas	123
4.4 Tendências e Gargalos Tecnológicos	124
4.4.1 Lixiviação	126
4.4.2 Purificação do licor e tratamento de efluentes aquosos	129
4.4.3 Recuperação do metal	131
4.4.4 Considerações sobre os minérios de baixo teor	131
4.4.5 A Pesquisa e Desenvolvimento em hidrometalurgia no Brasil	133
5. METODOLOGIA	135
5.1 Delineamento do Tema da Busca usando Classificações de Patentes	136
5.2 Escolha da Base de Dados	143
5.2.1 Esp@cenet®	144
5.2.2 Derwent Innovations Index®	146
5.2.3 Resultados Quantitativos para Análise e Definição da Base de Dados	149
5.3 E as outras Classificações Internacionais de Patentes (CIPs)?	159
5.4 Definição da Estratégia de Busca na Base de Dados Escolhida	160
5.5 Avaliação do Emprego de Palavras-chave na Estratégia de Busca	165
5.5.1 Estratégia de Busca	166
5.6 A Busca – Validação da Escolha da Base de Dados	166
5.7 Tratamentos dos Dados	172
5.7.1 Identificação das Áreas de Conhecimento de Interesse e Classificação dos dados da Busca	173
5.7.2 Análises dos Documentos de Patentes	177
6. RESULTADOS	179
6.1 Resultados das Classificações Gerais dos Documentos	179
6.1.1 Visão Geral dos Documentos Analisados	181
6.1.2 Documentos considerados não relacionados com o tema central da busca	187
6.1.3 Documentos Considerados Diretamente Relacionados com o Tema Central da Busca	190
6.1.3.1 Apresentação das Tecnologias Temas das Invenções	194

6.2 Classificações Específicas das Tecnologias contidas nos 974 Documentos Seleccionados	195
6.2.1 Análise das Classificações Internacionais de Patentes no Grupo de Documentos Seleccionados	196
6.2.2 Análise de Classificações Internacionais de Patentes no Grupo de Documentos Seleccionados que possuem a CIP C22B 15	201
6.3 Seleção de Categorias Tecnológicas para Análise Temporal dos Depósitos de Documentos de Patente	205
6.3.1 Análise dos Depósitos dos Documentos de Patentes entre as Tecnologias Seleccionadas	212
6.4 Análise dos Depósitos de Documentos de Patentes na área de Hidrometalurgia: Depositantes e Países de Origem.	220
6.5 Atualização da Busca <i>DII</i>	229
6.6 Banco de Dados em MS Access®	230
7. CONCLUSÕES	233
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	239
ANEXOS	246
Anexo I – Cobertura de Países das Bases de Dados <i>DII</i> e <i>Esp@cenet</i>®	246

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Componentes do conceito de Inovação Tecnológica.	37
Figura 3.1 - A Economia Mineral Brasileira – Cadeia de Valor da Produção.	76
Figura 4.1 – Ilustração da localização dos minérios sulfetados e oxidados.	93
Figura 4.2 – Fluxograma simplificado do processo de produção do cobre blister.	100
Figura 4.3 – Fluxograma simplificado do processo de produção do cobre anodo e cobre catodo.	101
Figura 4.4 – Fluxograma geral de processos hidrometalúrgicos.	104
Figura 4.5 – Visão integrada das rotas de processo para cobre.	114
Figura 5.1 – Ilustração das definições de seção, classe, subclasse, grupo e subgrupo na CIP.	137
Figura 5.2 – Tela de Busca de Classificações – Ferramenta TACSY.	140
Figura 5.3 – Visualização dos subgrupos do grupo C22B 15.	141
Figura 5.4 – Referências sobre as interfaces de busca disponíveis no <i>Esp@cenet</i> [®] .	145
Figura 5.5 – Referências sobre a localização do <i>DII</i> via Portal de Periódicos da Capes.	147
Figura 5.6 – Interface de Busca Simples do <i>DII</i> .	147
Figura 5.7 – Interface de Busca Avançada do <i>DII</i> .	148
Figura 5.8 – Tela dos Critérios de Busca no <i>Esp@cenet</i> [®] – Busca Avançada.	154
Figura 5.9 – Exemplo de documento mostrado na busca do <i>Esp@cenet</i> [®] que possui a CIP C22B 15 para suas informações adicionais e não para a invenção.	156
Figura 5.10 – Tela de Busca Avançada do <i>DII</i> com a estratégia escolhida e resultados coletados 29/07/2010.	165
Figura 5.11 - Síntese da Metodologia.	178
Figura 6.1 – Imagem da planilha do banco de dados em MS Access [®] com todos os 4.621 documentos mencionados.	231
Figura 6.2 – Imagem do <i>template</i> de Formulário aplicado a cada documento da planilha.	231
Figura 6.3 – Exemplo do preenchimento do <i>template</i> de Formulário com um dos documentos analisados.	232

Lista de Gráficos

Gráfico 3.1 – Projeção das fontes futuras de metais ao longo dos anos.	87
Gráfico 4.1 – Principais segmentos industriais demandantes de cobre – 2008.	95
Gráfico 4.2 – Evolução das reservas mundiais de Cobre, por países (em 10 ³ t).	115
Gráfico 4.3 – Principais Reservas Brasileiras de cobre por Estado – ano-base 2008.	116
Gráfico 4.4 – Flutuações de preços e estoques de Cu-metálico.	122
Gráfico 6.1 – Distribuição das classificações dadas aos 4.421 documentos analisados	181
Gráfico 6.2 – Divisão dos documentos analisados entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento.	183
Gráfico 6.3 – Divisão dos documentos analisados entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento – Forma agrupada.	183
Gráfico 6.4 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado.	185
Gráfico 6.5 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente – entre 1990 e 2009.	186
Gráfico 6.6 – Distribuição das classificações dadas dos documentos considerados não relacionados com beneficiamento mineral de cobre.	187
Gráfico 6.7 – Classificação dos documentos não relacionados com beneficiamento mineral de cobre entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento.	189
Gráfico 6.8 – Distribuição das classificações dadas aos documentos relacionados diretamente com o tema central da busca.	190
Gráfico 6.9 – (a) Classificação dos documentos diretamente relacionados com o tema central da busca entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento, e (b) consolidação agrupada das categorias.	191
Gráfico 6.10 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado e que está relacionado com o tema central da busca.	192
Gráfico 6.11 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado e que está relacionado com o tema central da busca – Hidrometalurgia e Pirometalurgia.	193
Gráfico 6.12 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas diferentes categorias tecnológicas.	212
Gráfico 6.13 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas diferentes categorias tecnológicas.	213
Gráfico 6.14 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias relacionadas a SX e EW.	215

- Gráfico 6.15 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias Flotação, *Converting* e *Smelting* – Quantidade de documentos depositados em função do ano do ano da prioridade mais antiga. 216
- Gráfico 6.16 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias Lixiviação, Biolixiviação, SX ou EW, e, Flotação. 217
- Gráfico 6.17 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos que compreendem diferentes tipos de minérios. 218
- Gráfico 6.18 – Países de origem dos desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre. 221
- Gráfico 6.19 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para os 5 maiores depositantes (países) de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre. 221
- Gráfico 6.20 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para os 2 maiores depositantes (países) de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre. 222
- Gráfico 6.21 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para a China, Japão e Austrália na área de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre. 223
- Gráfico 6.22 – Evolução temporal dos depósitos de patentes os 13 maiores depositantes de patentes na área de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre. 226
- Gráfico 6.23 – Evolução temporal dos depósitos de patentes os 3 maiores depositantes de patentes *versus* a empresa Vale - na área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento. 227
- Gráfico 6.24 – Países de origem dos depósitos dos documentos de patente em hidrometalurgia e as três principais empresas depositantes. 228

Lista de Quadros

Quadro 1.1 - Características das inovações radicais e incrementais	40
Quadro 3.1 – Principais Marcos Evolutivos na Indústria Mineral.	88
Quadro 5.1 – Resultados apresentados no DII com as classificações relacionadas à obtenção de metais e ligas – Destaque para a classificação localizada na busca M-25.	162
Quadro 5.2 – Resultados apresentados no DII para a busca pelo Derwent Manual Codes relacionado ao cobre.	163
Quadro 6.1 – Classificações Internacionais de Patentes da subclasse C22B em que foram classificados os 148 documentos que não contém a classificação C22B 15.	197
Quadro 6.2 – Classificações Internacionais de Patentes dos 142 documentos que não contém a classificação C22B.	200
Quadro 6.3 – Classificações Internacionais de Patentes dos 684 documentos que contém a classificação C22B15.	202
Quadro 6.4 – Classificações Internacionais de Patentes dos 684 documentos que contém a classificação C22B15.	203
Quadro I.A – Cobertura da Base de Dados DII.	246
Quadro I.B – Cobertura da Base de Dados Esp@cenet [®] .	247

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Número de empresas que implementaram inovações de produto ou processo na indústria extrativa entre 1998 e 2008-Brasil. 79

Tabela 3.2 - Número de empresas que implementaram inovações de produto ou processo na indústria de transformação entre 1998 e 2008-Brasil. 79

Tabela 3.3 - Indicação de depósito de patentes e patentes em vigor de empresas que implementaram inovações das indústrias extrativas e de transformação de 1998-2008-Brasil. 82

Tabela 3.4 - Métodos de proteção utilizados pelas empresas da indústria extrativa que implementaram inovações no período de 2001 a 2008-Brasil. 82

Tabela 6.1 – Maiores depositantes de documentos de patente na área de hidrometalurgia 225

Introdução

Os minerais são corpos inorgânicos de composição química e propriedades físicas definidas encontrados na crosta terrestre. Alguns minerais são portadores de elementos químicos essenciais para a sociedade moderna sendo, portanto, de grande interesse econômico. Muitas vezes esses minerais ocorrem associados a diversos outros não valiosos formando os minérios. A atividade da indústria de mineração envolve o contínuo aperfeiçoamento de técnicas e processos para a extração desses elementos químicos essenciais para a sociedade.

Um desses elementos é o metal *cobre*, que representa o segundo metal não-ferroso mais consumido no mundo em diversas aplicações que vão desde a composição de medicamentos à produção de equipamentos eletrônicos de alta tecnologia.

Se os minerais de interesse econômico fossem usados na indústria de transformação nas mesmas concentrações em que são encontrados na natureza, acarretaria a obtenção de produtos de baixa qualidade ou mesmo o consumo exagerado de energia e outros insumos, por isso o papel da atividade de mineração é fundamental para a entrega de matérias-primas que atendam aos padrões de qualidade de cada indústria.

O processamento mineral, que é também chamado de tratamento ou beneficiamento de minérios, é definido como o conjunto de operações que tem como objetivo principal aumentar a proporção do mineral de interesse em relação aos minerais não valiosos, diminuindo o máximo possível os elementos e minerais que são deletérios às propriedades do produto fabricado e à economicidade do processo industrial. Além disso, as operações de processamento podem muitas vezes não somente aumentar, mas também viabilizar o uso de

certos minerais que não poderiam ser utilizados na indústria de transformação na forma em que se encontram na natureza.

Nesse sentido, as questões a serem tratadas no presente trabalho são a de dotar o setor mineral de ferramentas estratégicas de inteligência competitiva, desenvolvendo uma metodologia aplicada ao setor – mas que pode ser relevante também para outros – a qual fará uso do sistema de documentos de patentes, e a de, por meio dessa metodologia, apresentar um panorama do depósito para documentos de patente na indústria de beneficiamento de cobre, que é um dos metais mais importantes tanto para a economia brasileira como para a mundial.

No Capítulo 1 são apresentados conceitos relacionados à inovação e apropriabilidade do conhecimento e também considerações sobre a importância dos documentos de patentes e a possível correlação entre os diferentes conceitos de inovação e os desenvolvimentos descritos como invenções nesses documentos.

No Capítulo 2, dando sequência à abordagem conceitual, são apresentados alguns conceitos relacionados à inteligência competitiva, fundamentais para inserir as informações contidas em documentos de patente como uma das fontes de dados tecnológicos mais relevantes.

No Capítulo 3 são descritas as principais características do setor mineral e também da indústria extrativista, da qual ele faz parte. Nesse mesmo capítulo são utilizados dados da PINTEC (Pesquisa de Inovação Tecnológica), visando-se ter uma comparação dos conceitos de inovação e também do emprego do depósito de documentos patentes entre as indústrias extrativista e de transformação. No Capítulo 3 procura-se um foco mais específico da

aplicação dos conceitos de inovação apresentados nos Capítulos 1 e 2, somando-se a estes alguns dados relevantes em relação à apropriabilidade do conhecimento nessa indústria.

No Capítulo 4 são apresentadas as características do metal cobre, bem como seus processos de produção, trazendo ainda detalhes sobre os *gargalos* tecnológicos atuais para que estes sejam expressos nos resultados das análises da dissertação.

No Capítulo 5 é apresentada de forma detalhada a metodologia de busca de documentos de patente para abordar o tema em questão: o beneficiamento de minerais de cobre. Nesse capítulo são feitas comparações entre as bases de dados às quais foi possível o acesso para a realização do presente trabalho – *Esp@cenet*[®] e *Derwent Innovations Index*[®]. Nesse contexto, se inserem todas as dificuldades e aprendizados referentes ao uso das buscas para a presente dissertação. Assim, esse capítulo pode constituir uma referência para buscas de documentos de patente diversas dentro e fora do setor da mineração.

No Capítulo 6 são apresentados os resultados do estudo, que consideram os conceitos e discussões exploradas nos capítulos anteriores, representados pelos panoramas tecnológicos que buscam compreender como evolui o depósito de documentos de patente de diversas tecnologias na área de beneficiamento mineral de cobre e ainda proporcionam a extração de melhores práticas de buscas para trabalhos futuros. Os resultados possibilitam ainda uma análise de como o depósito de documentos de patente tem sido empregado no setor mineral: se o depósito é voltado para as inovações incrementais em tecnologias de beneficiamento de cobre ou se há a ocorrência de depósitos de documentos de patente para inovações disruptivas. Além disso, os resultados visam averiguar se os documentos de patentes

representam uma fonte de informação de fato relevante no contexto do beneficiamento de cobre.

Ademais, as conclusões da presente dissertação estão dispostas no Capítulo 7.

Justificativa

As pessoas se beneficiam do uso dos minerais e metais e dos produtos derivados deles de uma quantidade infinita de formas. [...] As pessoas se beneficiam também da produção mineral, diretamente através do emprego na mineração, no beneficiamento, no refino, na reciclagem, e indiretamente nas rendas e nos meios de vida gerados na elaboração e venda de produtos minerais e produtos derivados. Uma forma de se avaliar a necessidade de minerais, consiste em se analisar os benefícios derivados do uso de produtos minerais, desde os usados diretamente, como suplementos dietéticos de zinco, até os produtos duráveis com ferramentas, tijolos, ladrilhos, aeroplanos, carros, e de produtos não minerais, obtidos mediante a utilização de minerais. [...] Hoje em dia a sociedade depende enormemente de materiais relacionados com minerais para geração e transmissão de energia, movimentação, transporte, informação, comunicação, abastecimento de alimentos, atenção à saúde e um sem número de outros serviços (ALMEIDA, 2007).

Apesar da sua amplitude de aplicações alavancadas pelas matérias-primas minerais na indústria de transformação, o setor da mineração não é reconhecido por ser inovador, e uma evidência desse fato é a escassez de publicações científicas em revistas especializadas que tratam de inovações no setor. Além disso, pode-se inferir que há uma dinâmica de inovações caracterizada pelo tempo, bem como pelas dificuldades demandadas para que uma tecnologia voltada ao beneficiamento mineral seja viabilizada, pois, trata-se de um setor mais maduro, estabelecido. Em termos de referencial bibliográfico relacionado à propriedade intelectual, é ainda mais escassa a ocorrência de publicações científicas sobre a existência de documentos de patente no setor ou sobre como realizar buscas por documentos de patente nesse setor.

Nesse contexto, uma possível contribuição que o presente trabalho pretende prover é a compreensão dos conceitos de inovação na indústria mineral como um todo, aliados às características do setor mineral, para averiguar se a dinâmica inerente ao setor determina o cenário de patenteamento dos novos processos desenvolvidos. Além disso, diante da contínua necessidade de inovar frente aos desafios ambientais, competitivos e até mesmo de disponibilidade de minerais para serem tratados pelos processos tradicionais, é possível que

venha a existir um amplo campo para o uso de informações advindas dos documentos de patente no setor, e, para sua plena exploração, é necessário trazer os conhecimentos referentes à propriedade industrial para aplicação no contexto da mineração.

Uma importante questão é que a percepção de alguns autores ou mesmo do público em geral de que a indústria mineral não inova, ou não desenvolve processos novos, pode estar equivocada. É importante apresentar as particularidades do setor e compreender que embora se trate de uma indústria madura, pode haver inovações nesse setor.

No que tange às informações contidas em documentos de patentes, um questionamento tão relevante quanto este é o de que, justamente por se tratar de uma indústria madura, os documentos de patentes vão expressar invenções que estão diretamente alinhadas aos desenvolvimentos do setor, pois as tecnologias, estando já estabelecidas, seriam reveladas por meio dos documentos de patentes e, conseqüentemente os desenvolvimentos seriam de mais fácil percepção. Por essa razão, essa fonte de informação precisaria ser mais difundida e explorada pelo setor.

Assim, considerando a necessidade de novos desenvolvimentos ou aprimoramentos de tecnologias no setor, foi escolhido o uso de prospecção baseada em documentos de patentes por estes se mostrarem como uma das principais fontes de informação tecnológica. Devido ao interesse das empresas na proteção conferida pelas patentes, que vão promover a exclusividade temporária para a exploração de um dado processo, e devido ao requisito de publicação do conteúdo para se obter tal proteção, essa é, possivelmente, a ferramenta que promove o melhor acesso às informações, sendo, portanto, a fonte disponível mais relevante para que seja avaliado o desenvolvimento tecnológico.

As buscas de documentos de patentes nesse cenário são uma ferramenta chave e precisam ser utilizadas da melhor forma para que seja possível extrair resultados com alto valor agregado de informações, e não apenas dados. Nessa colocação está explícita a necessidade de explorar metodologias de busca em que sejam focadas questões que envolvam o beneficiamento mineral. E para esse fim foi escolhida uma área do beneficiamento mineral, os processos de produção de cobre, para representar um estudo de caso nessa abordagem, por este ser um dos metais mais importantes da atualidade. Esse estudo pode, ainda, ser precursor de estudos prospectivos baseados em documentos de patentes para outras *commodities* ou mesmo outros temas tecnológicos correlatos.

É importante esclarecer que *commodity* (ou seu plural *commodities*) é um termo de língua inglesa que significa mercadoria. É utilizado para tal designação nas transações comerciais de produtos de origem primária nas bolsas de mercadorias; usado como referência aos produtos em estado bruto ou com pequeno grau de industrialização, de qualidade quase uniforme, produzidos em grandes quantidades e por diferentes produtores. Além disso, estes produtos "in natura", cultivados ou de extração mineral, podem ser estocados por determinado período sem perda significativa de qualidade. (SECEX, 2010)

O presente trabalho pode representar uma oportunidade para se visualizar o panorama do desenvolvimento tecnológico no setor de beneficiamento mineral de cobre e também para promover o uso de documentos de patentes como fonte de informação nessa área. Além disso, as discussões procuram esclarecer que o fato de o setor da mineração, assim como a grande maioria dos demais, não gerar inovações disruptivas com frequência, não diminui a

importância das inúmeras inovações incrementais desenvolvidas, que são fundamentais para a evolução dessa indústria.

Além dessas questões, o mestrado do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) mostra projetos de difusão da propriedade intelectual em áreas como fármacos, biotecnologia, energia e aspectos ambientais. Dada a importância da indústria da mineração no Brasil, conforme ressaltado anteriormente e sendo ainda este país um dos maiores produtores de minério de ferro do mundo, além de possuir minas expressivas de outros minerais, seria de grande valia um estudo que abordasse questões de propriedade intelectual, também, no setor da mineração.

Contextualização

Os metais têm passado por ciclos de alta e baixa de preços ao longo da história recente, as minas que atendem à demanda há décadas estão envelhecendo, e as empresas do setor correm para encontrar novas maneiras de explorar os recursos que se reduzem cada vez mais.

Conforme indicam as séries históricas de reservas mundiais, entre os anos de 2001 a 2008, dado mais recente do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o Brasil ocupa a décima terceira posição em recursos de minérios de cobre, o que equivale a cerca de 1,8% das reservas mundiais do elemento. Esse elemento é um metal essencial na produção de diversos bens, representado o segundo metal não-ferroso mais consumido no mundo.

Para a discussão do presente trabalho, a definição da trajetória tecnológica para as firmas denominada *Intensivos em Escala*, colocada por Tidd, Bessant e Pavitt (2008) apresentada no Capítulo 1, pode ser considerada como a relacionada ao setor de beneficiamento mineral. Isso se faz verdade devido às características do setor, sumarizadas, dentre outros autores, por Lima (2004). O autor salienta que as características do setor de extração mineral de cobre são derivadas das características dos empreendimentos minerais como um todo. O sistema de operação convencional caracteriza-se em: mina, usina de beneficiamento e transporte. O longo período de maturação dos projetos é também uma característica marcante do setor. As principais barreiras à entrada de novos atores no mercado são: a escala de produção, o volume de capital necessário para a implementação do projeto e o escoamento da produção.

Para a elaboração do presente trabalho é também importante compreender a classificação do setor mineral que é expressa pela Classificação Nacional das Atividades Econômicas

(CNAE), classificação essa que propõe a forma de divisão das empresas por setores e é formulada a partir de metodologias internacionais, para permitir a comparação do Brasil com outros países, combinada com a realidade da economia brasileira. Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) cabe coordenar a formulação da CNAE, metodologia usada nas pesquisas sobre as atividades industriais do instituto. Atualmente a CNAE possui duas versões, a 1.0 e a 2.0.¹ No nível mais agregado, a CNAE 1.0 está dividida em 17 seções, enquanto na 2.0 há 21 seções. No caso do beneficiamento mineral de cobre, ele está compreendido na seção da *indústria extrativa* (equivalente a seção C, na CNAE 1.0, ou à seção B na CNAE 2.0). Também há uma divisão da seção da *indústria de transformação* (equivalente a seção D, na CNAE 1.0, ou à seção C na CNAE 2.0), denominada metalurgia básica, onde há uma classe dedicada a *Metalurgia de outros metais não-ferrosos e suas ligas*, também relacionada ao cobre, embora seja importante salientar que esta está direcionada aos processos de produção de ligas a partir de seus metais e não de produção do metal a partir de seu mineral, que é o caso da seção da *indústria extrativa*, à qual compreende o presente trabalho.

Nessa abordagem, é igualmente importante mencionar que a economia de um país pode ser dividida em setores (primário, secundário e terciário) de acordo com os produtos produzidos, modos de produção e recursos utilizados. O setor primário está relacionado à produção através da exploração de recursos da natureza, compreendendo, por exemplo, as atividades de agricultura, *mineração*, pesca, pecuária, extrativismo vegetal e caça. É o setor primário que fornece a matéria-prima para a indústria de transformação. O setor secundário é o que

¹ Ao prover uma base padronizada para a coleta, análise e disseminação das estatísticas relativas à atividade econômica, a CNAE permite ampliar a comparabilidade entre as estatísticas econômicas provenientes de distintas fontes nacionais, e das estatísticas do País no plano internacional. A revisão 2007 da CNAE, que resultou na versão 2.0, teve por objetivo dotar o País com uma classificação de atividades econômicas atualizada com as mudanças na estrutura e composição da economia brasileira e sincronizada com as alterações introduzidas na versão 4 da *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas*– CIIU/ISIC 1. A CNAE 2.0 substitui a versão anterior, a CNAE 1.0. (CONCLA, 2010).

transforma as matérias-primas produzidas pelo setor primário em produtos industrializados. O setor terciário está relacionado às atividades de comércio e serviços.

A Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), realizada pelo IBGE, tem por objetivo a construção de indicadores setoriais nacionais e, no caso da indústria, também regionais, das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras, comparáveis com as informações de outros países. O foco da pesquisa é sobre os fatores que influenciam o comportamento inovador das empresas, sobre as estratégias adotadas, os esforços empreendidos, os incentivos, os obstáculos e os resultados da inovação. Os resultados agregados da pesquisa permitirão: às empresas avaliar o seu desempenho em relação às médias setoriais; às entidades de classe analisar a conduta tecnológica dos setores; e aos governos desenvolver e avaliar políticas nacionais e regionais. A PINTEC apresenta os dados conforme a CNAE. (IBGE, 2010)

A PINTEC foi empregada para contextualizar o setor industrial ao qual pertence à atividade de mineração – a *indústria extrativista*. Os dados dessa pesquisa mostram que a taxa de inovação é mais alta na *indústria de transformação* do que nesse setor, o que mostra a aparente menor tendência à inovação do setor extrativista. Para ambas as indústrias, as inovações consideradas novas para a empresa, ou seja, aquelas que já existem no mercado e que são incorporadas aos processos e produtos de uma determinada empresa, são em maior número, o que mostra que as empresas brasileiras têm sido, de alguma forma, seguidoras dos desenvolvedores de tecnologia para se manter competitivas. Considerando as inovações que são novas para o mercado nacional, como porcentagem do total de inovações de produto e processo implementadas, nota-se uma queda desse percentual ao longo do tempo, o que indica

uma tendência de inovar utilizando meios já conhecidos no mercado nacional, e que, portanto, pode ainda ser um indício da vocação inovadora do país nesse setor.

De acordo com o relatório da PINTEC, a indústria extrativa implementou mais inovações de processo do que de produto. O mesmo é observado na indústria de transformação. O uso das patentes para proteger os novos desenvolvimentos se apresenta maior na indústria de transformação, sendo cerca de 240 vezes em média maior do que na indústria extrativa. O volume de empresas e inovações também difere significativamente entre essas indústrias, sendo em média o número de empresas que implementaram inovações é cerca de 60 vezes maior no caso da indústria de transformação. Essa comparação envolve os dados absolutos, ou seja, não levou em consideração que o volume de empresas pesquisadas em cada caso diferiu, mas apenas o volume absoluto de empresas que inovaram em cada setor industrial. Caso a análise dos dados considere a taxa de inovação do setor e também a diferença no número de empresas total pesquisado nos setores, as comparações são atenuadas e tendem a demonstrar um número mais fiel à realidade: considerando como taxa de inovação o número *total de empresas que inovaram* dividido pelo número de empresas pesquisadas, tem-se que o setor extrativista inova – no conceito da PINTEC – 1,5 vezes² em média *menos* do que o setor de transformação, o que mostra que embora menor na indústria extrativa, a tendência a inovar é próxima. No caso do emprego de documentos de patentes, aplicando o mesmo fator comparativo (em média o número de empresas pesquisado foi de 45 vezes³ maior no setor de transformação), chega-se à conclusão de que a taxa do emprego da proteção por patentes (*número de inovações médio que envolveu o depósito de patente* dividido pelo número médio de empresas pesquisadas ao longo do período disponível na PINTEC) no setor de

² Cálculo baseado nas tabelas apresentadas no Capítulo 3, que contém os dados da PINTEC para os períodos de 1998 a 2008.

³ Idem nota anterior (2).

transformação é cerca de 5 vezes⁴ maior do que no setor extrativista. Da mesma forma, nota-se que a importância dos documentos de patentes como mecanismo de proteção é próxima entre os setores, porém, menor no caso da indústria extrativista.

No que tange às buscas de documentos de patentes, não foram encontrados trabalhos específicos para se apresentarem como referência para o setor mineral, fato de onde surge a necessidade de uma exploração metodológica mais detalhada para o presente trabalho, conforme já apontado. O que ainda abre um campo para a exploração e divulgação do uso das informações contidas em documentos de patente como referência tecnológica para o setor.

Além disso, um estudo do Escritório Europeu de Patentes - EPO mostrou que havia cerca de 4.000.000⁵ de documentos de patentes (entre pedidos de patentes e patentes concedidas) no mundo em 2004, e que são depositados aproximadamente 700.000 novos pedidos de patente por ano. O relatório anual da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) de 2010 confirma que este número (documentos de patente no mundo), atualmente, chega a cerca de 6.700.000 documentos de patentes, o que está próximo do previsto pelo estudo do EPO. Apesar de possíveis questionamentos acerca desses números, detalhados no Capítulo 2, o expressivo uso das patentes em diversos setores por si só é um indício de que há muita informação valiosa disponível para consulta e análise, o que inclui informações para o setor mineral.

Assim, o presente trabalho pretende estudar os conceitos de inovação tecnológica, com um foco no uso de documentos de patentes como fonte de informação para traçar panoramas de

⁴ Idem nota (2).

⁵ O estudo data de 2004 – Relatório anual do EPO, conforme Fabry *et al.* (2006).

proteção de meios de produção de cobre, desenvolvendo, simultaneamente, uma sugestão de metodologia para emprego em buscas semelhantes para outras *commodities* minerais.

Objetivos

Conforme apresentado, a dissertação pretende estudar os conceitos de inovação e apropriabilidade do conhecimento, com um foco no uso de documentos de patentes como fonte de informação tecnológica para traçar panoramas de proteção de processos de beneficiamento mineral de cobre.

Assim, o trabalho possui dois objetivos que se inter-relacionam:

- Fornecer panoramas do depósito de pedidos de patentes no setor de beneficiamento mineral de cobre com o foco em tecnologias tradicionais e tecnologias emergentes; e
- Apresentar uma metodologia de buscas de documentos de patentes para a área de beneficiamento mineral de cobre que contribua com melhores práticas para o uso das informações contidas em documentos de patentes no setor, que possam ainda ser extrapoladas para outros setores correlatos.

Para atingir o primeiro objetivo, o segundo se faz necessário. E ainda, para que os dados coletados possam ser analisados, o presente estudo tem dois objetivos secundários: os de fornecer informações sobre as características da dinâmica inovativa no setor e o de prover um levantamento sobre os processos produtivos de cobre, apresentados nas bibliografias discutidas nos Capítulos 1,2, 3 e 4.

Além disso, um importante objetivo que permeia todos os apresentados é o de confirmar que as informações contidas em documentos de patentes são relevantes para o setor mineral e as buscas de documentos de patentes precisam ser difundidas e amplamente empregadas, pois,

representam uma ferramenta chave para avaliar a evolução tecnológica da indústria, principalmente em setores maduros, como é o caso do setor da mineração.

Os panoramas de tecnologias objetivados serão expressos em análises sobre a evolução do depósito de pedidos de patentes ao longo do tempo para as tecnologias identificadas no decorrer do trabalho e previamente determinadas na descrição metodológica da dissertação, no Capítulo 5.

1. Inovação

É notório que as empresas mineradoras precisam começar a investir mais em inovação, na medida em que se torna necessário enfrentar terreno mais difícil para explorar riquezas. Um dos grandes desafios consiste, por exemplo, em que as minas de superfície estão tendo de recorrer a escavações cada vez mais profundas, além disso, os teores de minério se mostram cada vez mais baixos, revelando composições químicas de alta demanda tecnológica. Nesse contexto, o presente trabalho traz uma abordagem dos conceitos de inovação tecnológica procurando compreendê-los e disponibilizá-los como ferramentas para a interpretação dos levantamentos de tecnologias no setor mineral que busca realizar.

O conceito de inovação pode ser definido como a exploração bem sucedida de novas idéias. A palavra inovar, do latim *innovare*, significa tornar novo, renovar. Segundo Drucker (1985) a inovação “é o instrumento específico dos empreendedores, o processo pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio diferente ou um serviço diferente”.

Para Schumpeter (1982), a inovação é um conjunto de novas funções evolutivas que alteram os métodos de produção, criando novas formas de organização do trabalho e, ao produzir novas mercadorias, possibilita a abertura de novos mercados mediante a criação de novos usos e consumos. As principais formas de inovação classificadas por Schumpeter (1982) são:

- introdução de um novo bem, ou de uma nova qualidade, diferente das conhecidas pelos consumidores;
- introdução de um novo método de produção que ainda não tenha sido testado pela indústria em questão;
- abertura de um novo mercado;

- conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, independentemente do fato de essa fonte já existir ou ter que ser criada; e
- o estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio ou a fragmentação de uma posição de monopólio.

Mas em se tratando de inovação como um conceito mais tangível e voltada à área tecnológica, dentre as várias possibilidades de inovar, aquelas que se referem a inovações de produto ou de processos de produção são conhecidas como inovações tecnológicas. Outros tipos de inovações podem se relacionar a novos mercados, novos modelos de negócio ou novos métodos organizacionais. (Instituto Inovação, 2010)

O Manual Frascati (OECD, 2002), conceitua a inovação científica e tecnológica como a transformação de uma idéia num produto vendável, novo ou melhorado, ou num processo operacional na indústria ou no comércio, ou num novo método de serviço social.

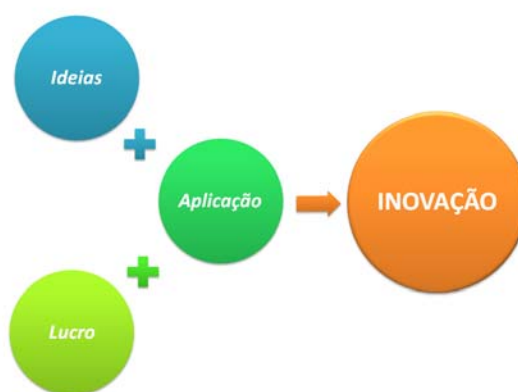
Além desses conceitos é importante mencionar que o conceito de inovação compreendido pela PINTEC vai além dos apresentados e compreende inovação tal como colocada no Manual de Oslo (OECD, 2005) e no Manual Frascati (OECD, 2002). Para a PINTEC, uma empresa inova quando aplica para si algo que ainda não empregou, mas que pode ter sido usado fora de suas fronteiras, ou seja, o que é considerado inovação no contexto da PINTEC pode não ser para Schumpeter (1982) ou para os economistas clássicos. Apesar de ser mais abrangente e considerar aspectos que a literatura não considera propriamente *inovação*, o conceito empregado na PINTEC pode trazer informações importantes, pois, quando uma empresa/indústria passa a empregar algo que ainda não usou, há todo um esforço inovativo e

adaptativo por trás, sendo importante seu conhecimento e contabilização, especialmente no contexto brasileiro. No entanto, talvez fosse igualmente importante, em uma pesquisa tal como a PINTEC, contabilizar ambos os conceitos, mas tratá-los *em separado* para melhor caracterizar as *inovações* das indústrias brasileiras, o que atualmente, não é possível de ser contabilizado. A seção seguinte busca compreender o contexto das inovações tecnológicas.

1.1 Inovações Tecnológicas

O presente trabalho, enquanto panorama de uma determinada área tecnológica – beneficiamento mineral de cobre – tange o conceito de inovação tecnológica. Segundo Reis (2004), inovação tecnológica é a introdução no mercado, com êxito, de novos produtos ou tecnologias no processo de produção. Além disso, Carneiro (1995) salienta que inovação tecnológica é a transformação de uma ideia em um produto vendável novo ou melhorado ou em um processo operacional na indústria ou no comércio, ou em um novo método de serviço.

Em resumo, inovação tecnológica pode ser conceituada como sendo algo novo, seja para um determinado processo ou empresa, ou mesmo para um dado cenário de desenvolvimento de uma tecnologia, que promoveu lucro para a empresa. Nesse caso lucro é representado pelo sucesso de um produto lançado ou mesmo pela economicidade de um determinado processo desenvolvido frente aos existentes no mercado. Assim, a inovação, nesse caso, pode ser expressa, de forma simplificada como um êxito de mercado, conforme ilustra a Figura 1.1.



Elaboração própria.

Figura 1.1 – Componentes do conceito de Inovação Tecnológica.

Dentre as classificações das inovações tecnológicas, as mais utilizadas na literatura são as inovações em produtos e processos e as inovações incrementais e radicais – também conhecidas como disruptivas. (Christensen, 2002)

Segundo o Manual de Oslo (2005), as inovações em produtos podem ser subdivididas em produtos tecnologicamente novos e em produtos tecnologicamente aprimorados. Um produto que tem suas características distintas dos demais anteriormente produzidos é considerado um produto tecnologicamente novo. Os produtos tecnologicamente aprimorados são aqueles que representam uma melhoria em relação aos seus similares no mercado, não sendo, portanto, novo. As inovações em produtos possuem uma relação de proximidade com consumidores e por isso são relacionadas, principalmente, a aspectos de *marketing* nas empresas. Segundo Tidd, Bessant e Pavitt (2008), mudanças na área socioeconômica, no comportamento dos consumidores e seus perfis podem criar oportunidades e restrições aos novos produtos lançados.

Por outro lado, existem as inovações em processos, tema central do presente trabalho. Conforme será mencionado em seções posteriores, o presente trabalho versa sobre processos de beneficiamento mineral. Dessa forma, as inovações em processos são as adoções de métodos de produção novos ou significativamente melhorados, conforme o Manual de Oslo (OECD, 2005). Esses métodos podem permitir melhorias na produtividade, redução de custos e aumento da vida produtiva de equipamentos. Além disso, quando da utilização de dados da PINTEC no Capítulo 3, visando-se compreender questões sobre inovações no setor, o presente trabalho adota o conceito de inovação clássica, mas também, devido aos dados apresentados levará em consideração o conceito de inovação da PINTEC.

É importante definir, reforçando que o presente contexto é o de inovação tecnológica, que podem existir *processos* de gestão, também denominados métodos, que são parte do conceito de inovação organizacional, e não tecnológica. O termo *processo*, em sua maior parte neste trabalho se refere aos processos de produção – métodos de obtenção de produtos – que levam em conta operações físicas e químicas que compreendem diversas atividades de transformação de uma matéria-prima qualquer em produto final.

Nesse sentido, na gestão das inovações em processos, o sucesso depende, entre outras coisas, da habilidade do desenvolvimento e implementação do processo e da contínua inovação incremental (Bessant *et al.*, 1994).

Pode haver nesse processo, ocasionais avanços significativos tais como a instalação de uma nova geração de equipamentos, automação e informatização de um processo. Porém, o sucesso depende da evolução contínua das mudanças. A inovação em processos tem um papel estratégico nas organizações como fonte poderosa de vantagens competitivas, seja pela

capacidade de desenvolver algo que os concorrentes não conseguem ou de fazê-lo de forma excelente (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008).

Gossi (2004) destaca alguns aspectos sobre as inovações de produto e de processo:

- quanto mais padronizado e indiferenciado for o produto de uma determinada indústria, maior será o número de inovações em processos;
- quanto menos padronizado o produto, maior o número das inovações em produtos; e
- quanto mais lento o ciclo de vida tecnológico de um dado produto, maior será a taxa de inovações em processos.

1.2 Criações Incrementais *versus* Invenções

1.2.1 Inovações Incrementais e Inovações Radicais

A partir da definição de inovações tecnológicas, dividindo-as em inovações (a) de produtos ou (b) em processos, estas inovações têm sido classificadas em dois grupos específicos: as inovações incrementais e as inovações radicais, conforme mencionado anteriormente.

As inovações incrementais, ou criações incrementais, estão inseridas em um contexto característico de investimentos, tempo e necessidades, em que gradualmente a empresa pode promover melhorias e aperfeiçoamentos em seus produtos, equipamentos e processos de fabricação que não são disruptivas frente às existentes no mercado (Laranja, Simões e Fontes, 1997).

Por outro lado, as inovações radicais são aquelas capazes de mudar o curso do desenvolvimento da indústria. No Quadro 1.1 é mostrada uma comparação entre estas duas formas de inovação, suas características e especificidades.

Quadro 1.1 - Características das inovações radicais e incrementais

<i>Fator Comparado</i>	<i>Inovação Incremental</i>	<i>Inovação Radical</i>
Tempo dos projetos	Curtos períodos – seis meses a dois anos.	Longos períodos – usualmente dez anos ou mais.
Trajectoria	Há um caminho linear e contínuo do conceito à comercialização .	O caminho é marcado por múltiplas discontinuidades que devem ser integradas. O processo é esporádico com muitas paradas e recomeços, postergações e retornos. As mudanças de trajetórias ocorrem em resposta a eventos imprevisíveis, descobertas etc.
Geração de idéias e reconhecimento de oportunidades	Geração de idéias e o reconhecimento de oportunidades ocorrem na linha de frente e eventos críticos podem ser antecipados.	Geração de idéias e o reconhecimento de oportunidades ocorrem de forma esporádica ao longo do ciclo de vida, frequentemente em resposta às discontinuidades na trajetória do projeto.
Participantes	Atribuído a um grupo de diversas áreas, cada membro tem definida sua responsabilidade dentro de sua área de conhecimento.	Os participantes principais vão e vem ao longo dos estágios iniciais do projeto. Muitos desses participantes são parte de um grupo informal que cresce em torno de um projeto de inovação radical. Os participantes principais tendem a ser indivíduos de várias competências.
Estruturas organizacionais	Tipicamente um grupo de áreas diversas trabalhando dentro de uma unidade de negócios.	O projeto frequentemente inicia-se na P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), migra para um processo de incubação na organização e se move para ser o projeto central ou objetivo da empresa.

Fonte: adaptado de Carvalho, Fontanini e Fontanini (2005).

A questão do período de desenvolvimento incremental, colocado pelos autores como sendo de seis meses a dois anos pode não ser a regra para todas as indústrias. No caso da mineração, é

interessante observar que há desenvolvimentos considerados incrementais que demandam um tempo maior do que o explicitado. Portanto, é importante se considerar particularidades do setor industrial ao se mencionar o tempo de desenvolvimento de inovações.

1.2.2 Invenções

No contexto das inovações tecnológicas é importante pontuar o conceito de invenção. Michael Porter (1990) salientou a necessidade de se distinguir invenções de inovações. Conforme definido anteriormente, o conceito de inovação compreende algo novo, seja produto ou processo, que tenha êxito no mercado, com as devidas ressalvas do conceito adotado pela PINTEC, sendo ainda importante salientar que o êxito no mercado nenhuma relação tem com os critérios voltados à análise de invenções quando do exame de um documento de patente. Pela análise de Porter, no caso das invenções, não há a necessidade de compreenderem algo economicamente viável do ponto de vista do mercado, ou seja, não precisam representar um sucesso no mercado, embora isso jamais venha a eliminar o requisito de aplicação industrial (investigado quando do exame de patentes). Além disso, a Lei de Propriedade Industrial do Brasil (Lei 9279/96) define os critérios Legais para que uma criação seja considerada uma invenção e estabelece os critérios de patenteabilidade, que são: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Segundo análises apresentadas em IDS (2005), a novidade é um dos requisitos para a obtenção da patente, é novo um invento que não está descrito integralmente em algum outro documento do estado da técnica. A atividade inventiva é um conceito considerado subjetivo e pressupõe que a invenção não seja óbvia para um especialista no assunto, ou seja, que não decorra, de maneira evidente, da união de conhecimentos disponíveis no estado da técnica. Portanto, a invenção deve apresentar algo mais do que o resultado da simples aplicação de conhecimentos técnicos usuais. E por fim, a aplicação

industrial trata da utilização da invenção em algum tipo de indústria, ou seja, a invenção deve ser utilizável em pelo menos um ramo de atividade produtiva.⁶

Em linhas gerais, uma invenção pode sim representar uma inovação, embora nem sempre o seja. Pois, uma inovação pode representar algo novo e lucrativo para uma empresa sem atender aos critérios de patenteabilidade estabelecidos pela Lei, não configurando, portanto, uma invenção.

Por outro lado, no contexto empresarial, e da mesma forma, uma invenção, pode ou não se tornar uma inovação. Uma invenção pode representar uma inovação, por conter em seu relatório descritivo e reivindicações um desenvolvimento que tenha tido ou venha a ter um êxito de mercado e que seja algo novo para o mercado/empresa; mas uma invenção também pode atender aos critérios de patenteabilidade e não conseguir o fator crucial – denominado simbolicamente como *lucro/sucesso no mercado* – para ser considerada também uma inovação. É importante concluir que os conceitos de inovação e invenção precisam ser tratados e interpretados com cuidado caso a caso, pois, a inovação e a invenção podem, *em determinados casos*, estarem não-relacionadas uma a outra, conforme discutido.

1.3 Inovação e Apropriabilidade do Conhecimento

O conhecimento não se encontra completamente disponível no mercado, para que ele seja apropriado deve haver um esforço no sentido de entendê-lo, compreendê-lo e por fim, explorá-lo. Arundel *et al.* (1998) definem capacidade de absorção como sendo a habilidade de uma firma efetivamente utilizar o conhecimento externo. Os autores ressaltam ainda que essa

⁶ Conforme a Lei 9279/96, Lei da Propriedade Industrial, seu artigo 8, estabelece: “Art. 8º É patenteável a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.” Esses conceitos são detalhados ainda nos artigos 11 e 12 (novidade), 13 (atividade inventiva) e 15 (aplicabilidade industrial).

capacidade varia em função de diversos fatores como o ramo no qual a firma se insere, suas experiências, seu tamanho e o propósito de suas atividades de inovação.

A transferência de tecnologia de uma firma para outra, do que trata essa capacidade de absorção, está diretamente relacionada às habilidades requeridas para reconhecer, adotar, modificar e possivelmente melhorar as tecnologias desenvolvidas por outros atores.

Levin *et al.* (1987) afirma que para que uma empresa se aproprie efetivamente de uma inovação que ela tenha desenvolvido, esta empresa precisa ter tido ganhos provenientes da mesma, que sejam capazes de cobrir os gastos em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Em contrapartida, os autores constataam que nem sempre os mecanismos de apropriabilidade existentes são eficientes. Além disso, as inovações poderão ser mais ou menos susceptíveis a imitação em determinados setores.

Em Arundel e Kabla (1998) os autores apresentam dados sobre patenteamento de invenções de 604 firmas Européias inovadoras, abrangendo 19 setores industriais com dados do ano de 1993. Nesse estudo, os autores procuraram determinar quais os setores que teriam maior propensão a inovar, dividindo, ainda, as inovações em inovações de processo e de produto. As principais conclusões foram as de que, o segredo industrial é mais efetivo para as inovações de processo e as patentes o são quando se trata de inovação de produto, embora exista sim atividade de patenteamento nos setores que empregam inovações de processo. Os autores reforçam a importância de se determinar e diferenciar os setores de atividade para se ter quaisquer conclusões. Independentemente dessas questões não se pode descartar o uso dos documentos de patente como uma das mais importantes fontes de informação tecnológica. Outra abordagem interessante dos autores é a referência ao motivo que pode justificar a

predominância do uso do depósito de pedidos de patentes pelas grandes empresas: o fato de que muitas delas têm internamente setores de apoio à propriedade industrial, sendo mais fácil o registro, obtenção de informações e suporte para o desenvolvimento da proteção dos produtos e processos. No entanto, qualquer empresa pode fazer uso do sistema de documentos de patentes para buscas por informação tecnológica, há importantes bases de dados, como o *Esp@cenet*⁷, de acesso público e gratuito.

Cohen, Nelson e Walsh (2000) apresentam dados de proteção de invenções de 1478 institutos e firmas de P&D dos EUA. Com estes dados os autores buscaram compreender os mecanismos mais utilizados na apropriabilidade de inovações e quais as formas de proteção mais utilizadas. Setores como o químico – farmacêutico –, do petróleo e de equipamentos médicos ficaram claramente em primeiro lugar no depósito de pedidos de patentes relacionadas a processos.

Nos trabalhos de Malerba e Orsenigo (1997) são citados três motivos para que a existência de um conhecimento tácito e outro codificado esteja diretamente relacionada com o nível maturidade da tecnologia de uma firma, que pode representar mais experiência para se apropriar de seus desenvolvimentos:

- à medida que a firma ultrapassa as fases iniciais do processo de exploração das oportunidades tecnológicas, a rotina dos procedimentos de P&D permite que parte do conhecimento tecnológico tácito seja documentado;

⁷ Mais informações sobre a base de dados no Capítulo 5.

- o avanço da firma em direção a fronteira tecnológica permite que algumas orientações se tornem mais claras, possibilitando, também, o desenvolvimento da codificação do seu conhecimento e capacitações; e
- os recursos financeiros que a firma vai obtendo em função das vantagens competitivas podem viabilizar processos aprimorados de codificação/registro.

1.3.1 Os Mecanismos de Apropriabilidade

Conforme estudado por Levin *et al.* (1987) e Dosi (1988), a apropriação das inovações tem diversos mecanismos, dentre os quais destacam-se:

- as vantagens de ser o primeiro (*first mover*);
- as vantagens do inovador em função de sua evolução na curva de aprendizado;
- o segredo industrial;
- os esforços de vendas e de prestação de serviços; e
- as patentes.

Albuquerque (2006) analisa estes mecanismos e verifica que os mesmos são imperfeitos: o segredo industrial pode ser quebrado pela circulação de mão-de-obra; as vantagens de um pioneiro podem ser anuladas por um imitador e uma curva de aprendizado lenta pode possibilitar o alcance dos seguidores. Esses temas foram também abordados, pioneiramente, por Teece (1986), que menciona a possibilidade do lucro dos imitadores frente a regimes diversos de apropriabilidade.

As considerações de Albuquerque (2006) podem ser relacionadas às questões do setor mineral e indicam algumas preocupações e especificidades do setor que são relevantes no contexto desse trabalho: há um *trade-off* entre o uso do segredo (e a quebra do segredo pela migração de mão-de-obra) e o uso de patentes para proteger o desenvolvimento de novos processos no setor. Considerando a indústria mineral uma produtora de *commodities* e que há um conceito de proteção de novos mercados e garantia do uso de tecnologias, o emprego do depósito de pedidos de patentes para os desenvolvimentos de novos processos de extração são uma alternativa que vem sendo empregada e que, portanto, representa fonte valiosa de informação sobre o setor.

Se a apropriabilidade fosse realmente perfeita, a necessidade de que as empresas se apoiassem em sua capacitação tecnológica seria reduzida, devido às garantias dos mecanismos de apropriação. A existência de um universo de imitadores potenciais e a apropriabilidade imperfeita estabelece permanentes ameaças à vantagem alcançada pela empresa inovadora, pressionando-a para investir em capacitação tecnológica e organizacional a fim de sustentar os lucros alcançados pela inovação.

1.3.2 Apropriabilidade no Contexto da Propriedade Industrial: os Documentos de Patentes

O direito da propriedade intelectual se refere às regras específicas que regem a propriedade dos bens imateriais, suas regras variam país a país. A propriedade intelectual pode ser dividida em duas categorias: direito autoral e propriedade industrial, sendo que pertencem a primeira as obras literárias e artísticas, programas de computador, domínios na Internet e cultura imaterial, e à segunda as patentes, marcas, desenho industrial, indicações geográficas e proteção de cultivares.

A Propriedade Industrial é o conjunto de direitos que compreende as patentes de invenção, os modelos de utilidade, os desenhos ou modelos industriais, as marcas de fábrica ou de comércio, as marcas de serviço, o nome comercial e as indicações de proveniência ou denominações de origem, bem como a repressão da concorrência desleal. A propriedade industrial pressupõe registro prévio no órgão competente para que se constitua um direito de propriedade – um direito de monopólio (excluir terceiros) do uso daquilo que foi registrado e concedido como propriedade (Di Blasi, Garcia e Mendes, 2002).

A legislação brasileira que disciplina o assunto é a Lei nº 9279, de 14 de maio de 1996 e é denominada Lei de Patentes. Já em seu artigo 2º a importância deste setor estratégico e de sua normatização é reconhecida. Nele se delinham as cinco frentes sobre as quais atua o código de propriedade industrial, a saber: “Art. 2º: A proteção aos direitos relativos à propriedade industrial, considerado todo o seu interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do País, efetua-se mediante: **I** – concessão de patentes de invenção e de modelo de utilidade; **II** – concessão de registro de desenho industrial; **III** – concessão de registro de marca; **IV** – repressão às falsas indicações geográficas; e **V** – repressão à concorrência desleal.”

Neste sentido, foi criado no Brasil o INPI – Instituto Nacional de Propriedade em 1970, por força da Lei nº 5648 de 11 de dezembro do mesmo ano. Este instituto, de caráter autárquico, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, fiscaliza o cumprimento do direito à propriedade industrial, sendo também responsável pelo registro de patentes no Brasil. INPI (2010)

Uma patente é uma concessão pública, conferida pelo Estado, que garante ao seu titular a exclusividade ao explorar comercialmente a sua criação. Em contrapartida a esse privilégio concedido, é disponibilizado acesso ao público sobre o conhecimento dos pontos essenciais e as reivindicações que caracterizam o invento. Os direitos exclusivos garantidos pela patente referem-se ao direito de prevenção de outros de fabricarem, usarem, venderem, oferecerem vender ou importar a dita invenção. No Brasil, uma carta-patente é o documento legal que representa o conjunto de direitos exclusivos concedidos pelo Estado ao seu titular. INPI (2009)

Sendo assim, cabe ainda ressaltar no contexto do setor mineral a diferença entre os documentos patentes voltados para processos e os voltados para produtos. Barbosa (2003) ressalta que os documentos de patentes podem tomar várias formas, podendo ser classificadas quanto ao objeto – de processo ou de produto – e quanto à finalidade – podem ser documentos de patentes de invenção, modelos de utilidade, certificado de invenção, dentro outros tipos. A classificação quanto ao objeto leva aos conceitos de patente de produto e patente de processo.

Quando a tecnologia consiste na utilização de certos meios para alcançar um resultado técnico através da ação sobre a natureza, tem-se no caso uma patente de processo. Assim, o conjunto de ações humanas ou procedimentos mecânicos ou químicos necessários para se obter um resultado (aquecer, acrescer um ácido, trazer o produto a zero absoluto) serão objeto desse tipo de patente. [...] A tecnologia pode ser, de outro lado, relativa a um objeto físico determinado: uma máquina, um produto químico, a mistura de várias substâncias (por exemplo, pólvora) um microorganismo, um elemento de um equipamento, etc. A patente que protege tal tipo de tecnologia é chamada patente de produto (Barbosa, 2003).

Dessa forma, as patentes de processo se referem à proteção do meio pelo qual se obtém um dado produto, e, no caso do estudo em questão o produto é uma *commodity* mineral. Patentes de produtos têm seu escopo relacionado a um produto específico de características bem definidas.

1.3.2.1 A Importância das Patentes em Diferentes Indústrias

Noble (1977) mostra utilização do sistema de patentes em três indústrias: eletricidade, comunicação e química. Embora a discussão nesta seção não compreenda o setor mineral, nota-se que há setores que usam as patentes como um mecanismo de grande importância em termos de estratégia de negócios. Portanto, seria necessário explorar neste trabalho e em outros qual é o impacto relativo do uso das patentes no setor mineral, algo ainda não disponível na literatura atual. Nesse contexto é que o presente trabalho pretende ser o precursor de outros que possam chegar a panoramas semelhantes aos apresentados nessa seção para setores que ainda não empregam o uso estratégico dos documentos de patentes em suas atividades.

Esse autor demonstra que o papel das patentes na indústria da eletricidade foi primordial para assegurar o monopólio existente, determinado inicialmente pela empresa *Thomson-Houston Electric Company*, em meados de 1890. No entanto, anterior a esse evento, a questão das patentes, mais especificamente, da não possibilidade de patenteamento, foi determinante. A grande mudança tecnológica representada pela melhoria do dínamo não era passível de proteção por patentes, mas, por outro lado, o domínio dessa tecnologia foi o que garantiu competitividade no mercado do desenvolvedor da tecnologia e a atração de investimentos. Isso mostra que, o domínio de uma tecnologia também assegura certa proteção, dependendo da complexidade envolvida, e não impede o sucesso da empresa que a domina mesmo quando não há a possibilidade de patenteamento. Além disso, a existência de competidores trabalhando na mesma direção dos inventores da tecnologia não patenteável sobre o dínamo proporcionou o acirramento dos desafios tecnológicos, o que contribuiu para o sucesso da indústria da eletricidade de forma geral. A excelência tecnológica demonstrada pela criação

do melhor sistema de arco-elétrico pelos concorrentes, criadores da *Thomson-Houston Eletric Company* foi fruto do bem sucedido gerenciamento de grupos de pesquisadores. Nesse contexto, foi trabalhado o patenteamento de toda e qualquer melhoria para as quais um documento de patente pudesse ser depositado, criando-se assim, uma sólida estratégia para o uso do sistema de patentes. Além disso, houve busca estratégica pela associação a possíveis concorrentes, seja por meio da compra efetiva de outras empresas ou acordos de cooperação, visando se assegurar a titularidade de patentes essenciais nessa área do conhecimento. Posteriormente, a dedicação de Thomas Edison - estrategicamente definida por ele - à pesquisa relacionada à iluminação elétrica culminou nos avanços tecnológicos que proporcionaram o uso de sistemas de iluminação incandescentes. Em meio a esses fatores e ao bem estruturado suporte financeiro, é que se deu a criação da empresa *Edson Eletric Company* através de estratégias semelhantes às da *Thomson-Houston*, tanto no que tange questões de proteção patentária quanto de definição de alianças estratégicas. Nesse contexto, em 1892, atingiu-se uma situação em que as duas grandes empresas possuíam patentes que eram necessárias uma a outra. Como solução ao impasse, formou-se a *General Eletric Company*, que conseqüentemente herdava a sólida estratégia de patentes determinada por ambas. Alguns anos depois, a *General Eletric Company* encontrou-se novamente em uma situação semelhante, uma crítica questão de litígio com sua principal concorrente, a *Westinghouse*. Havia cerca de 300 processos judiciais em andamento, o que levou a criação de acordos formais em torno das patentes possuídas por ambas. Dessa forma, ao invés continuar o litígio e acirrar a concorrência, as duas grandes empresas conseguiram se firmar ainda mais no mercado, cada uma com sua respectiva especialidade tecnológica no ramo, eliminando definitivamente pequenos competidores. Assim, na indústria da eletricidade, o controle patentário permeou toda a história, determinando monopólios e proporcionando ambiente para criação de alianças estratégicas.

Na indústria da comunicação, cujo desenvolvimento é diretamente derivado da indústria da eletricidade, a questão de patentes também teve papel de destaque. Grahan Bell criou, como núcleo de sua organização industrial, a *Bell Patent Association* antes mesmo de suas pesquisas atingirem o estágio para que pudessem ser patenteadas. Além disso, foram desenvolvidos estudos de engenharia sobre o ramo da tecnologia da comunicação para se determinar quais as tecnologias deveriam ser protegidas em torno de um invento principal. Dessa forma, foi garantida a posição de liderança da empresa até o momento em que as patentes principais expiraram. Nesse momento, com a acirrada concorrência, a soma das posições de mercado de todos os pequenos concorrentes e da empresa de Bell era equivalente. Assim, à semelhança do que ocorreu na indústria da eletricidade, iniciou-se um processo estratégico de fusão e cooperação com os pequenos concorrentes visando-se garantir a posição competitiva da empresa de Bell.

O caso da indústria química difere relativamente das duas anteriores devido a um fator-chave inexistente na história das duas últimas: uma interferência fundamental do governo americano durante a Primeira Guerra Mundial. Inicialmente, essa indústria atuou como fornecedora para seus próprios negócios: ácidos, bases e sais inorgânicos, sendo que antes de 1850, a indústria do ácido sulfúrico era a dominante. As empresas líderes, mesmo pequenas, tendiam a firmar acordos visando controlar os preços e dividir mercado. As negociações nem sempre eram bem sucedidas e o retrato da indústria era permeado em sua maioria por pequenos produtores voltados para mercados locais. Eram poucas as grandes empresas que detinham significativas fatias de mercado. No desenvolvimento da produção de álcalis, inexistente nos EUA até 1880, a Solvay Process Company era a empresa líder e não tinha grandes competidores. Mas a partir da decisão da corte de que patentes referentes a melhorias relacionadas às patentes originais

do processo não deveriam ser impeditivas para que outros desenvolvessem processos similares, surgiram competidores expressivos. As empresas alemãs se beneficiaram do sistema de patentes americano, conseguindo obter patentes de produtos, relacionadas a novas combinações de substâncias, isso impedia que terceiros pudessem realizar a síntese desses produtos, mesmo que indicassem um processo de obtenção diferente. Além disso, as empresas alemãs não eram obrigadas a produzir tais produtos nos EUA, mas tinham monopólio de mercado para venda. Em 1912, cerca de 98% das patentes do ramo químico era de titularidade alemã, mas nenhuma delas era trabalhada nos EUA.

A Primeira Guerra Mundial gerou grande demanda por explosivos de base orgânica, o que trouxe o surgimento de uma pequena indústria nessa área nos EUA independente do monopólio alemão. Com o evento da Guerra, o governo Americano nacionalizou todas as patentes alemãs, negociando-as entre as empresas americanas, incluindo pequenas e médias. Estava então, trocado o monopólio alemão, pelo monopólio americano. A partir desse fato consolidou-se a indústria química baseada na ciência nos EUA. Posteriormente, ocorreram diversas fusões, encerrando o caráter não centralizado da indústria química no país. E, mais uma vez, a ciência e o monopólio andaram lado a lado.

O ponto comum nessas três indústrias analisadas é a interação entre a ciência e o monopólio obtido por meio de uma estratégia de proteção das inovações usando patentes em alguns casos. No caso da indústria da eletricidade, se destaca a estratégia de fusões de grandes empresas e do iminente mercado de ativos intelectuais criado por meio da realização de acordos de cooperação. Na indústria da comunicação, o ponto central foi o uso de patentes defensivas, de estratégia previamente estudada. E na indústria química, o que se ressalta foi o papel do governo americano na nacionalização das patentes alemãs, quebrando o monopólio

existente, dando força às empresas americanas, que passaram a trabalhar em estratégias semelhantes aos dos demais setores industriais com fusões e acordos. Além disso, é saliente a importância da necessidade do domínio do conhecimento das legislações relacionadas ao depósito de patentes por parte de qualquer empresa.

As patentes, de um modo geral, podem se inserir no contexto de paradigmas e trajetórias tecnológicas diversas e específicas, conforme mostrado, com cenários igualmente variados. Para embasar as discussões do setor mineral do Capítulo 3, os conceitos referentes aos possíveis paradigmas e trajetórias tecnológicas, do ponto de vista dos autores de economia da inovação, serão apresentados na seção seguinte.

1.4 Paradigmas Tecnológicos e Trajetórias Tecnológicas

As trajetórias tecnológicas e paradigmas tecnológicos são conceitos que podem ser aplicáveis a diversas áreas do conhecimento. As estratégias das empresas são dependentes de caminhos. Esses caminhos são determinados por restrições relativas ao estado presente e possível futuro do conhecimento tecnológico, além dos próprios limites da competência empresarial. Além das limitações intrínsecas a tecnologia, deve-se considerar o que cada firma é capaz de aprender e explorar: a inovação exige melhorias e mudanças na operação de sistemas técnicos e organizacionais, o que envolve erro, acerto e aprendizagem. (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008)

Além disso, as empresas não migram de um dado caminho tecnológico para outro pela simples aquisição das competências exigidas, muitas vezes expressas pela contratação de especialistas, pois, mais do que adquirir competências é preciso aprendê-las/desenvolvê-las. O conhecimento tácito acumulado através da experiência e convivência de grupos técnicos bem estruturados - tanto por sólidas bases de conhecimento, quanto por estruturas

organizacionais - é de suma importância no processo de inovação como um todo. (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008)

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) apresentam a noção do conceito de trajetória tecnológica no âmbito desses caminhos delineados pelas empresas. Nesse sentido, os autores denotam que uma trajetória tecnológica pode ser inibida por limites de conhecimento ou devido ao fato de que a empresa possui limites de competência técnica ou organizacional: representam os gargalos de uma trajetória tecnológica. No mesmo texto os autores discursam sobre as cinco principais trajetórias tecnológicas por eles definidas, sumarizadas a seguir.

- **Dominada pelo fornecedor:** característica de setores tradicionais da indústria, não tem tradição em P&D interno e são em geral firmas pequenas. As oportunidades tecnológicas nesse caso se relacionam à redução de custos advinda de melhorias do processo produtivo com um todo. Sendo assim, suas principais inovações são originadas nos seus fornecedores de máquinas e/ou de insumos produtivos.
- **Intensivos em escala:** são firmas que em geral produzem a maioria de suas tecnologias de processo, sendo que suas inovações, tanto de produto quanto de processo são em maioria incrementais. As principais fontes das inovações se concentram nas áreas de engenharia de produção em si e de projetos, além da própria experiência operacional dos funcionários.
- **De base científica:** a principal fonte de inovação é o departamento interno a empresa, de P&D e também os conhecimentos e técnicas resultantes da pesquisa acadêmica. Essas empresas são relativamente grandes e produzem uma alta proporção relativa do total das inovações feitas no setor de atividade principal da mesma.

- **Intensivos em informação:** são firmas de recente surgimento – últimos 10 a 15 anos. As principais fontes de tecnologias das firmas dessa classificação são software interno e departamento de sistemas, além de fornecedores de sistemas e aplicativos. Estão presentes em diversos setores, tais como serviços, financeiro, varejo, publicações, impressão, telecomunicações e turismo.
- **Fornecedores especializados:** as atividades de inovação nessas firmas têm foco na produção de inovações de produtos de alto desempenho para uso em outros setores, principalmente para os de sistemas complexos de produção e informação. Em geral, possuem pouca diversificação tecnológica e são beneficiadas principalmente pela experiência de seus usuários mais avançados, que são capazes de fornecer informações e proporcionar a identificação de possíveis melhorias.

Em meio a essas trajetórias há autores que mencionam o conceito de *open innovation*. Analisado a fundo por Chesbrough (2003), esse conceito possui, sumariamente, o seguinte pressuposto: as diversas competências necessárias para se gerar inovações estão distribuídas em diversas instituições, porém, a área de P&D das empresas é aquela que possui a maior capacidade para incorporar o valor gerado pelas ideias externas à corporação. Outro pressuposto é o de que o setor de pesquisa de uma empresa precisa incluir duas fronteiras: a ruptura de conhecimentos já existentes e também geração de novos desenvolvimentos. Esse conceito pode estar mais atrelado à trajetória tecnológica de empresas de base científica, porém, é colocado por Chesbrough (2003) de uma maneira mais abrangente, não sendo restrito a essa trajetória.

Há uma série de fatores capazes de interferir na definição da trajetória tecnológica de uma empresa, dentre eles: a natureza da inovação; se o foco é produto ou processo; o tamanho da

firma e a própria estrutura organizacional. O portfólio de competências acumulado pela empresa também é determinante no sentido de definir sua capacidade de percepção em relação da dada área especializada. Dessa forma, o entendimento de sua trajetória tecnológica proporciona à empresa conhecer e analisar as fontes de suas novas tecnologias, o seu caminho tecnológico. Assim, a firma se torna capaz de verificar em um segundo momento as trajetórias tecnológicas de parceiros e de competidores, de forma a poder orientar sua própria trajetória no sentido da criação de vantagens competitivas. (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008)

Um paradigma tecnológico conforme definição de Dosi (1982) representa o padrão de solução de problemas tecnológicos e econômicos a partir da adoção de um conjunto de procedimentos, da delimitação de problemas relevantes e da pesquisa acerca de conhecimentos específicos com o intuito último de se criar assimetrias competitivas. Os paradigmas tecnológicos, na medida em que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias competitivas, criam mecanismos de *feedback* e consolidam trajetórias tecnológicas que têm implicações diretas na dinâmica concorrencial e inovativa. Cada paradigma tecnológico, uma vez que envolve determinados métodos de resolução de problemas e bases de conhecimento distintas, é responsável pela criação de trajetórias tecnológicas e estratégias competitivas específicas.

É importante salientar que enquanto Tidd, Bessant e Pavitt (2008) trazem um conceito de trajetória tecnológica do ponto de vista das empresas, de uma forma mais abrangente, Dosi (1982) aborda a questão das trajetórias do ponto de vistas das tecnologias, trazendo conjuntamente o conceito exposto de paradigma tecnológico. Embora o presente trabalho identifique que a trajetória tecnológica da indústria da mineração, no conceito de Tidd, Bessant e Pavitt (2008) seja a de *Intensivos em Escala* – conforme será reafirmado no

Capítulo 3 –, do ponto de vista de análises das tecnologias dentro desse setor industrial, será adotado o conceito de Dosi (1982).

A mudança de um paradigma geralmente implica na mudança da trajetória tecnológica. Uma trajetória tecnológica pode ser representada pelos movimentos de conflitos de interesse entre as diversas variáveis tecnológicas. O progresso, nesse sentido, pode ser colocado como sendo a melhoria contínua das escolhas e respostas colocadas por este *trade-off*. Dosi (1982) indica, ainda, algumas características dessas trajetórias tecnológicas, definidas na base de um paradigma tecnológico, das quais são destacadas: a necessidade da existência de trajetórias fortes e fracas, em outras palavras, melhores e piores, e por outro lado, o fato de que geralmente há complementaridade entre as trajetórias disponíveis. No entanto, é colocada a dificuldade de se definir *a priori* indicadores para a definição de qual seria a trajetória vencedora para que se determine o paradigma, característica intrínseca a incerteza das atividades de pesquisa.

Para que um novo paradigma tecnológico se estabeleça é necessário que o avanço técnico, representado pelos padrões de soluções – trajetórias tecnológicas – satisfaça algumas condições: redução de custos; crescimento rápido da oferta e potencial para uso da tecnologia em vários processos e produtos dentro do sistema econômico. (Perez, 2001, apud Lima, 2007)

Dosi (1982) salienta que esses padrões, ou trajetórias tecnológicas, representam os meios tradicionais de solucionar dificuldades dentro do desenho de um dado paradigma tecnológico. O autor denota que as trajetórias tecnológicas possuem características próprias, como o fato de atravessarem estágios evolutivos, sendo que logo no primeiro deles competem entre si diversos sistemas tecnológicos, ou conjunto de soluções, com seu respectivo potencial para

tornar-se dominante. Nesse sentido, logo a princípio, existem vários caminhos possíveis para o estabelecimento de um paradigma, sendo necessário, solucionando a questão da dificuldade parametrização para definição da melhor trajetória, que a vencedora satisfaça as condições de vantagem competitiva em relação às demais.

Nesse contexto, se faz relevante citar o apontado por Pavitt (1988): “Empresas raramente falham pela falta de habilidade em lidar com um novo campo tecnológico, mas sim porque ela não foi bem sucedida em casar os sistemas de controle e coordenação da empresa com a natureza da oportunidade tecnológica disponível”.

O trecho citado resume a questão de que as trajetórias tecnológicas devem estar correlacionadas com fatores diversos para representarem de fato soluções tecnológicas factíveis e que venham a determinar um paradigma tecnológico dominante para dado campo da tecnologia.

A investigação de diferentes trajetórias tecnológicas em meio aos paradigmas estabelecidos pode sinalizar tendências de desenvolvimento e promover o aprendizado contínuo das indústrias. Nesse sentido se insere o conceito de inteligência competitiva, que pode representar uma ferramenta para a localização e monitoramento das tecnologias de um determinado setor, conceito esse explorado na seção que segue.

2. Inteligência Competitiva

Para salientar a importância dos documentos de patentes enquanto fonte de informação nos processos de tomada de decisão e nos processos de monitoramento tecnológico, essenciais à sobrevivência das empresas, é fundamental uma abordagem no presente trabalho de conceitos básicos da *inteligência competitiva*.

Coelho (2003) trata de diversos temas dentro do assunto prospecção tecnológica, dentre eles aborda a questão do monitoramento, que é processo de monitorar o ambiente em busca de informação sobre o tema da prospecção. Em um processo de monitoramento as fontes de informação são identificadas, a informação é coletada, analisada e estruturada para seu posterior uso. Nesse processo é possível identificar tendências, sinais do surgimento de novas tecnologias ou mesmo da manutenção do panorama de tecnologias ao longo do tempo.

Coelho (2003) cita também Porter *et al* (1991) ao ressaltar que o monitoramento por si só não é uma técnica de prospecção. Por outro lado é um recurso básico que proporciona uma importante fonte de informação para o processo prospectivo, sendo, portanto, uma etapa fundamental para qualquer trabalho de prospecção.

Há diversas formas de apresentação e uso de um processo de monitoramento. Existem diversas fontes de informação e meios de tratamento de dados. Em relação às fontes em que os processos de monitoramento se baseiam, as de natureza técnica predominam, dentre as quais se encontram os documentos de patentes.

Coelho (2003) salienta alguns dos objetivos do monitoramento, que são: identificar eventos científicos, técnicos ou sócio-econômicos importantes para o contexto procurado; definir

ameaças potenciais para a organização/empresa, implícitas nesses eventos (possíveis competidores, tecnologias nas quais precisa investir, etc.); e identificar oportunidades para a organização/empresa envolvidas nas mudanças observadas no ambiente estudado.

Coates *et al* apud Coelho (2003) ressaltam a emergência, durante a década de 90, de uma nova forma de prospecção chamada inteligência competitiva tecnológica, que vem substituindo o conceito de monitoramento apresentado, ampliando sua abrangência e atuação.

Coelho (2003) apresenta o conceito de inteligência competitiva como sendo um processo sistemático de coleta, gestão, análise e disseminação da informação sobre os ambientes competitivos, concorrencial e organizacional, que visa dar suporte ao processo decisório e atingir as metas estratégicas da organização. Além disso, esse processo pressupõe a coleta ética⁸ das informações – uso da informação pública e publicada disponível – sobre tendências, eventos e atores, fora das fronteiras da organização/empresa.

O produto do processo de inteligência competitiva é a informação analisada, de interesse para os tomadores de decisão, sobre o ambiente, tanto presente e futuro, no qual a organização/empresa se insere. (Coelho, 2003)

Por meio do processo de inteligência competitiva tecnológica é possível identificar ameaças e oportunidades baseadas em tecnologia. O foco desse processo é o monitoramento permanente da tecnologia de interesse, o que implica no contínuo acompanhamento dos concorrentes, do estágio atual e futuro da tecnologia, da possibilidade de inovações incrementais ou de ruptura,

⁸ *Coleta ética* é um jargão da área de inteligência competitiva, pressupõe que as informações foram obtidas por **meios lícitos**, como é o caso das buscas por documentos de patentes em bases de dados diversas.

do surgimento de novos atores, dentre outras variáveis que podem ser monitoradas. (Coelho, 2003)

A inteligência competitiva tem sido usualmente empregada pelas grandes empresas intensivas em ciência e tecnologia, particularmente as empresas farmacêuticas, químicas e eletrônicas, embora outras empresas que não desenvolvem as suas próprias tecnologias também a usem. Não é de conhecimento público que empresas em atividades da indústria extrativa, como a mineração, empreguem processos de inteligência competitiva onde os documentos de patentes se enquadrariam como fonte de informação principal. É possível que as características desse setor possam indicar ou provocar o emprego de outras fontes, além dos documentos de patentes, para esse fim. No entanto, o presente trabalho pretende mostrar o quanto a informação contida nesses documentos pode agregar em processos de inteligência competitiva, mais especificamente, na coleta e análise de dados contidos em documentos de patentes, nessa indústria.

Coelho (2003) mostra ainda um aspecto interessante dos sistemas de inteligência competitiva: são atividades presentes no início e no final de processos de prospecção de tecnologias. A inteligência competitiva está presente no início do processo, pois, o estudo prospectivo deve ter como base um monitoramento; e está presente ao final porque uma prospecção bem feita deve indicar as áreas prioritárias para o monitoramento sistemático, que é o que vai permitir à organização, empresa ou país ter uma vantagem através do poder de antecipação. Portanto, pode-se notar que é um processo (prospecção) cíclico, que é retro-alimentado por sistemas de inteligência competitiva.

Seja no denominado monitoramento, conforme citado por Coelho (2003) ou em processos de inteligência competitiva tecnológica, as informações técnicas contidas em documentos de patente são fontes de informação relevantes para as análises que esses processos propõem. O estudo da evolução de tendências ao longo do tempo, dos depositantes dos pedidos de patentes, de suas origens geográficas, bem como das tecnologias descritas em cada documento, são informações ricas para o delineamento de cenários e suporte na tomada de decisão em organizações/empresas de diversos setores.

2.1 Prospecção Tecnológica

O avanço da informática e das tecnologias que envolvem a ciência da informação promoveu a atual facilidade com a qual se acessam informações de uma maneira ampla e disseminada. Cada vez mais as organizações têm dado importância à aquisição, manutenção e à transferência do conhecimento como uma ferramenta estratégica. As grandes empresas têm tratado o bem imaterial *informação* com o mesmo nível de importância que outros recursos, como o capital e o trabalho. Essa afirmação é corroborada pelo fato de que é crescente a busca por processos de definição da estratégia com base em informações e métodos de coleta de informação cada vez mais elaborados. E é nesse contexto que está inserida a Prospecção de Tecnologias, principalmente, na maneira como são tratados os dados, informações e conhecimento para desenvolver estratégias organizacionais.

A antecipação no desenvolvimento tecnológico pode garantir às organizações uma vantagem competitiva, possibilitando a introdução de novos produtos no mercado, pois, permite o acesso a fontes de informação para melhoria em processos existentes. Nesse cenário, a prospecção tecnológica se apresenta como um meio de apoiar as tomadas de decisão. É importante salientar que mesmo sendo a prospecção apoiada por ferramentas computacionais,

é importante a interação com pessoas inseridas no contexto dos desenvolvimentos tecnológicos estudados, visando-se validar as informações coletadas. (Martino, Oliveira e Souza, 2009)

Assim, conforme analisa Coelho (2003) prospecção tecnológica é o termo aplicado aos estudos que objetivam antecipar e entender as potencialidades, evolução, características e efeitos das mudanças tecnológicas, particularmente a sua invenção, inovação, adoção e uso.

Segundo Zackiewicz & Salles-Filho, apud Coelho (2003), o processo envolve o reconhecimento de que os desenvolvimentos tecnológicos e científicos dependem de escolhas feitas pelos atores no presente, não acontecem de maneira independente e aleatória. O exercício de prospecção consiste na tentativa da antecipação destes avanços e indicação de um posicionamento frente a estes, de modo a influenciar na orientação das trajetórias tecnológicas, o que do ponto de vista evolucionista significa lançar-se à frente e garantir a competitividade e sobrevivência das organizações. Coelho (2003) destaca alguns aspectos relevantes do conceito de prospecção tecnológica, dentre os quais:

- trata-se de um processo e não apenas um conjunto de técnicas;
- concentra-se em criar e melhorar o entendimento dos possíveis desenvolvimentos futuros e das trajetórias que podem defini-los;
- tem a premissa de que o futuro não pode ser cientificamente demonstrado a partir de certas definições. O ponto central do processo é tratar quais as chances de desenvolvimento e quais as opções para a ação no presente;
- o futuro será criado pelas escolhas que forem feitas hoje.

Ao apresentar essas considerações e conceitos é notado que para que as escolhas de hoje possam definir o futuro, é interessante para um determinado ramo da tecnologia a compreensão de como as escolhas do passado definiram o presente, e é exatamente esse o ponto central das análises da presente dissertação, que empregará alguns dos conceitos de prospecção tecnológica em sua metodologia.

Coelho (2003) denota que a primeira questão que surge quando se fala em prospecção é terminológica. No Brasil são empregados os termos *prospecção*, *estudos do futuro* e *prospectiva*. Em inglês, os termos mais empregados são *forecast(ing)*, *foresight(ing)* e *future studies*.

Coelho (2003) faz uma análise ampla e detalhada dos conceitos de prospecção de tecnologias e suas ferramentas. Para a presente dissertação, é importante definir o conceito de *Technological forecasting*, que se insere dentro do macro conceito de *Future Studies*, *Foresighting* e *Forecasting*.

Future studies trata de um termo amplo que é definido por Amara & Salanik (1972) como sendo toda atividade que promove melhoria na compreensão e análise das consequências futuras dos desenvolvimentos e das alternativas atuais delineadas. Similarmente, *foresighting* pode ser definido como o esforço de avaliar as condições futuras baseado nas condições atuais e tendências.

Neste caso está implícita no termo a noção de que o futuro é incerto e não diretamente previsível, portanto o foco deve ser mais relacionado às condições gerais do que em eventos específicos.

Segundo Coates apud Coelho (2003) *foresighting* é “um processo pelo qual se pode chegar a um entendimento mais completo das forças que moldam o futuro em longo prazo e que devem ser levadas em consideração na formulação de políticas, planejamento e tomada de decisão. *Foresight* inclui meios qualitativos e quantitativos para monitorar pistas e indicadores das tendências de desenvolvimento e seu desenrolar, e é melhor e mais útil quando diretamente ligado à análise de políticas e suas implicações”.

As definições de *forecasting* coincidem bastante com as de *foresighting*. Buscando uma diferenciação entre os termos Skumanich & Silbernagel apud Coelho (2003) afirmam que o termo *forecasting* possui uma maior conotação de previsibilidade, enquanto que o termo *foresighting* assume a imprevisibilidade de alguns aspectos. Coelho (2003) trata ainda que alguns autores consideram que *future studies* e *foresighting* estariam mais correlacionados a estudos classificados como mais intuitivos baseados em opinião de especialistas, cobrindo um espectro mais amplo de aplicações, enquanto *forecasting* estaria mais fundamentado em técnicas quantitativas.

Quando se analisa um pouco mais detalhadamente o uso dos termos, a conclusão é que *foresighting* e *forecasting* vêm sendo usados por diversos autores com o mesmo significado. No entanto, Johnston apud Bahruth (2004) expõe uma das diferenças em relação ao nível de previsibilidade do futuro entre os termos *forecasting* e *foresighting*: as técnicas de *forecasting* são empregadas para a identificação de futuros esperados ou prováveis, enquanto que as de *foresighting* estão relacionadas à busca de futuros possíveis, possibilitando a antecipação de eventos, sem possuir uma correlação direta com o presente.

Além disso, Bahrut (2004) salienta ainda que esta diferenciação pode contribuir para caracterizar o alcance temporal das atividades: o *forecasting*, geralmente é associado a um alcance menor que o pretendido com o *foresighting*. No entanto, conforme mencionado, tanto as atividades de *foresighting* quanto as de *forecasting* modelam o futuro a partir do presente. Neste contexto, a autora cita também que o termo *forecasting* poderia ser qualificado, na língua portuguesa, como *previsão*, conformando uma situação de futuro baseada principalmente em informações do passado e do presente: o futuro enquanto um desdobramento do presente. Por outro lado, o termo o *foresighting*, poderia ser caracterizado como *prospecção*, visando entender o futuro, sem que este seja necessariamente um desdobramento do presente.

No caso específico do tema abordado, *technological forecasting* inclui, de acordo com Ascher, apud Coelho (1991) todos os esforços para projetar potencialidades tecnológicas e prever as necessidades do mercado (que poderão ser traduzidas em futuros depósitos de patentes sobre as possíveis lacunas tecnológicas existentes) e a propagação de inovações tecnológicas, trata-se da vertente tecnológica do *foresighting* e *forecasting*.

Segundo Porter *et al.* (1991) *technological forecasting* define as atividades de prospecção que possuem foco nas mudanças tecnológicas. Normalmente está centrada nas mudanças na capacidade funcional e no tempo e significado de uma inovação. O autor mostra que para prospectar tecnologias, deve-se compreender como uma tecnologia inserida no contexto de um dado setor se desenvolve e amadurece.

A questão central tratada nesse conceito é a da análise das novas tecnologias ou mudanças incrementais ou ainda das discontinuidades nas tecnologias existentes.

Ascher, apud Coelho (2003), sugere que os seguintes fatores devem ser considerados quando se faz *technological forecasting*: dependência em rupturas científicas básicas; limites físicos da taxa de desenvolvimento; maturidade da ciência e aplicações da tecnologia; sensibilidade do ritmo de inovação para altos níveis de decisão política; relevância para financiamentos de P&D; extensão da possibilidade de substituição por outros produtos ou inovações paralelas; relevância da difusão; e oportunidades para se apropriar de avanços de tecnologias relacionadas.

Conforme mencionado, o presente trabalho dissertará sobre uma análise do panorama de determinadas tecnologias do setor mineral, se encaixando no conceito de análise de tendências, dentro do macro conceito de prospecção tecnológica e *technological forecasting* apresentados. A análise de tendências é, segundo Millet, apud Coelho (2003), a forma mais simples de prospecção. Este método é baseado na hipótese de que os padrões do passado serão mantidos no futuro.

Coelho (2003) mostra que observações de fenômenos naturais levaram ao reconhecimento de leis científicas que descrevem o processo de crescimento e essas leis também moldam os processos de crescimento tecnológico ou inovação. Diferentemente de outros processos naturais, o crescimento da tecnologia está ligado a sistemas sócio-econômico-tecnológicos complexos. Mas embora as relações de previsibilidade possam ser incertas, o passado é uma rica fonte de informação sobre o futuro.

A autora analisa ainda que uma hipótese crítica pode estar na base das extrapolações de tendências de mudanças tecnológicas: os atributos técnicos muitas vezes avançam de uma

maneira razoavelmente ordenada. Em sua forma mais simples a extrapolação de tendências pode ser baseada em projeções lineares ou diretas. A extrapolação de tendências tecnológicas depende muito de análise direta de séries temporais. Isto implica em se assumir a natureza e permanência do contexto e estrutura. Os métodos de análises de tendências podem produzir projeções válidas quando os mecanismos de sustentação e de competição do ambiente permanecem constantes ao longo do tempo da prospecção ou quando as mudanças nesses mecanismos se equilibram. Coelho (2003) sugere ainda que uma estratégia que muitas vezes é eficaz é mostrar o resultado da análise de tendências a especialistas e ver como reagem; fazer perguntas específicas sobre as influências externas identificadas e verificar como poderiam alterar as tendências apresentadas.

Nesse contexto, Coelho (2003) também cita dentre as muitas alternativas de fontes de dados para trabalhos de *data mining*⁹ as buscas de documentos de patentes, que representam uma ferramenta complementar para a análise de tendências.

Após a já mencionada importância dos documentos de patentes enquanto informação tecnológica é relevante reforçar que no contexto da prospecção e análise de tendências, a análise de documentos de patentes é baseada no pressuposto de que o aumento do interesse por novas tecnologias se refletirá no aumento da atividade de P&D. Coelho (2003) também aborda esse aspecto, afirmando que o crescimento dos processos de P&D se refletirá no aumento de depósito de patentes. Assim, presume-se que é possível identificar novas tecnologias pela análise dos padrões de pedidos de patentes em determinados campos. A

⁹ *Data Mining*, ou Mineração de Dados, pode ser entendido como o processo de extração de informações, geralmente sem conhecimento prévio, de um grande banco de dados e seu uso para tomada de decisões. É uma metodologia aplicada em diversas áreas que usam o conhecimento, como empresas, indústrias e instituições de pesquisa. *Data Mining* define o processo automatizado de captura e análise de grandes conjuntos de dados para extrair um significado, sendo usado tanto para descrever características do passado como para prever tendências para o futuro. (Sferra e Corrêa, 2003)

autora apenas ressalta que embora os resultados sejam muitas vezes apresentados de forma quantificada, o seu uso em processos decisórios é baseado em uma avaliação qualitativa. Assim, denota-se que os documentos de patentes são uma relevante fonte para a tomada de decisão, o que as classifica como fonte de grande importância para a investigação do desenvolvimento tecnológico.

2.2 Documentos de Patentes como Fonte de Informação Tecnológica

As buscas por documentos de patentes podem trazer uma série de informações. Um único documento de patente em uma base de dados pode promover ao seu interessado informações de caráter jurídico, das quais se ressaltam duas: (I) seu *status* Legal: se trata-se de um pedido de patente ou de uma patente concedida; e algumas vezes o estágio de processamento do pedido de patente junto ao escritório no qual foi depositado¹⁰; e (II) o país no qual ele foi depositado, ou ainda, todos os países nos quais há documentos de sua família (documentos que refletem a unidade de invenção e que são depositados em países diferentes), o que vai indicar sua territorialidade, aspecto fundamental, pois, o monopólio conferido pela patente concedida é restrito aos países nos quais ela foi depositada; assim, essa informação define a abrangência do documento, indicando que nos países nos quais ele não foi concedido, o uso da invenção por terceiros quaisquer é permitido.

Além desses aspectos jurídicos, relevantes, principalmente, quando há a intenção de investigar um documento de patente em específico, há as informações tecnológicas contidas no relatório descritivo do documento de patente, sobre as quais está o foco da presente dissertação. Essas informações, ao serem lidas e interpretadas por pessoas que tem

¹⁰ Essa informação depende fortemente da base de dados utilizada ou do escritório de patentes consultado, alguns escritório de patentes disponibilizam essas informações online, enquanto outros, não.

conhecimento na área tecnológica em questão, são a ferramenta chave para o uso de documentos de patentes como fonte de informação tecnológica.

Se uma empresa pretende entrar em uma nova área tecnológica, não dominada por ela, muitas ações precisam ser tomadas, como mostra Fabry *et al.* (2006). Uma análise do ambiente operacional dessa tecnologia, tanto interna quanto externamente, bem como a avaliação de como o mercado tem se comportado para esse novo ramo são indispensáveis. Outras ações e questionamento devem ser feitos, tais como:

- a empresa deverá estabelecer uma linha de P&D ou os produtos e processos existentes em seu portfólio atenderão as novas demandas?
- serão necessárias associações, contratos de licenciamento e/ou transferência de tecnologia, parcerias para desenvolvimento?
- como evolui o P&D no novo segmento de mercado pretendido? As empresas ou instituições agem sozinhas ou em convênios?
- no caso de parcerias, quais as empresas/associações que podem ser referência?
- quem seriam os principais concorrentes nessa nova área?

Dados para respostas a essas perguntas podem ser coletados pela própria empresa, ou ainda comprados de fornecedores especializados, mas uma importante fonte para a maioria desses questionamentos são as informações contidas em documentos de patentes, disponibilizadas em bancos de dados tanto pagos quanto gratuitos. Fabry *et al.* (2006) reforça ainda, confirmando essas premissas que as informações contidas em documentos de patentes podem contribuir em muito para gerar panoramas de mercado auxiliando nas tomadas de decisão que envolvem a entrada de empresas em novas áreas do conhecimento. E mais do que isso,

embora o autor não explicita, essas mesmas informações podem ser fundamentais para que as empresas se mantenham competitivas e atualizadas nos seguimentos de mercado em que já atuam.

Há questionamentos de que o uso de documentos de patentes como informação tecnológica estaria limitado devido ao fato de que os documentos de patentes nem sempre são descritivos o suficiente, não tornando a tecnologia pública de forma que ela possa ser plenamente reproduzível. Além disso, há um atraso na perspectiva de análise do ponto de vistas de buscas por desenvolvimentos realmente recentes de P&D devido ao tempo de 18 meses entre a entrada do primeiro depósito (pedido de prioridade) e sua publicação.

Apesar dessas limitações, Fabry *et al.*(2006) afirma que em termos de reprodutibilidade e descrição do documento de patente é possível que individualmente esses fatores possam ser considerados. No entanto, essa observação é restrita a casos individuais e nada prejudicam o valor dos documentos de patente como fonte de informação tecnológica.

O questionamento referente ao tempo entre o depósito de um pedido de prioridade e sua publicação também pode ser rebatido por considerações de Fabry *et al.* (2006), que salienta que normalmente as patentes não são depositadas quando um desenvolvimento de pesquisa está completo, mas na verdade o são em um estágio inicial desse desenvolvimento. Esse fato é corroborado pelo argumento de que, a proteção nos estágios iniciais garante o investimento futuro nos desenvolvimento de determinada tecnologia, à medida que ela se mostra inovadora e competitiva, garantindo à empresa os lucros futuros advindos dessa tecnologia. Portanto, pode-se inferir que quando da publicação do pedido de patente a tecnologia pode ainda não

estão plenamente desenvolvida, o que permite, sim, avaliar os novos desenvolvimentos em termos de P&D de diversas áreas da tecnologia.

Apresentados os conceitos cabe, então, partir para suas aplicações no setor da mineração.

3. A Atividade de Mineração

A mineração é uma indústria importante no Brasil, possuindo atualmente uma participação direta na faixa de três a cinco por cento no Produto Interno Bruto (PIB). Dentro de um contexto mais amplo, a sua participação no PIB cresce para, aproximadamente, 26%, uma vez que, a maior parte dos bens minerais é utilizado como matéria-prima pelas indústrias de transformação, tais como: metalurgia, siderurgia, fertilizantes, cimento, construção civil, petroquímica, evidenciando, assim, a grande importância da mineração para a economia nacional (DNPM, 2005).

O subsolo brasileiro possui importantes depósitos minerais, sendo que partes dessas reservas são consideradas expressivas quando colocadas no contexto mundial. Em termos de participação no mercado mundial, ressalta-se a posição do nióbio (92%), minério de ferro (20%) - segundo maior produtor mundial, tantalita (22%), manganês (19%), alumínio e amianto (11%), grafita (19%), magnesita (9%) e caulim (8%) (Barreto, 2001).

O objetivo da atividade de mineração é a descoberta, a lavra e a concentração de minérios. Minério é um mineral ou uma associação de minerais, denominada rocha, que pode ser explorado economicamente. Dessa forma, um determinado mineral pode, durante certo período de tempo, em função de circunstâncias culturais e econômicas, ser classificado como minério, podendo em seguida, desde que substituído por outros produtos naturais ou sintéticos, perder sua importância econômica e voltar a ser considerado um simples mineral. (DNPM – Dicionário de Mineralogia).

Considerando o objetivo da atividade de mineração, conforme colocado por Chaves (1996), esta se subdivide nas seguintes atividades:

- descobrir os recursos minerais no subsolo;
- trazer o mineral, ou rocha que o contém, do subsolo até a superfície; e
- colocar esse bem mineral, ou especificamente o minério de interesse que está contido nele, em condições de ser utilizado pela indústria de transformação, seja metalúrgica, cerâmica, ou química.

O universo do tratamento – beneficiamento ou processamento – de minerais é a terceira atividade listada acima e se refere ao conjunto de operações unitárias que visam à redução de tamanhos, separação de tamanhos, separação das espécies minerais de interesse – minérios – e de sólidos e líquidos que possam ser gerados nesse processo. Todas as atividades listadas estão compreendidas na indústria extrativa mineral nas atividades de extração de minérios, sejam metálicos ou não-metálicos.

3.1 Características Gerais do Setor Mineral

Os metais têm passado por ciclos de alta e baixa de preços ao longo da história recente, as minas que atendem à demanda há décadas estão envelhecendo, e as empresas do setor correm para encontrar novas maneiras de explorar os recursos que se reduzem cada vez mais.

Para a discussão do presente trabalho, a definição da trajetória tecnológica para as firmas denominada *Intensivos em Escala*, colocada por Tidd, Bessant e Pavitt (2008) conforme apresentou o Capítulo 1 pode ser considerada como a relacionada ao setor de beneficiamento mineral.

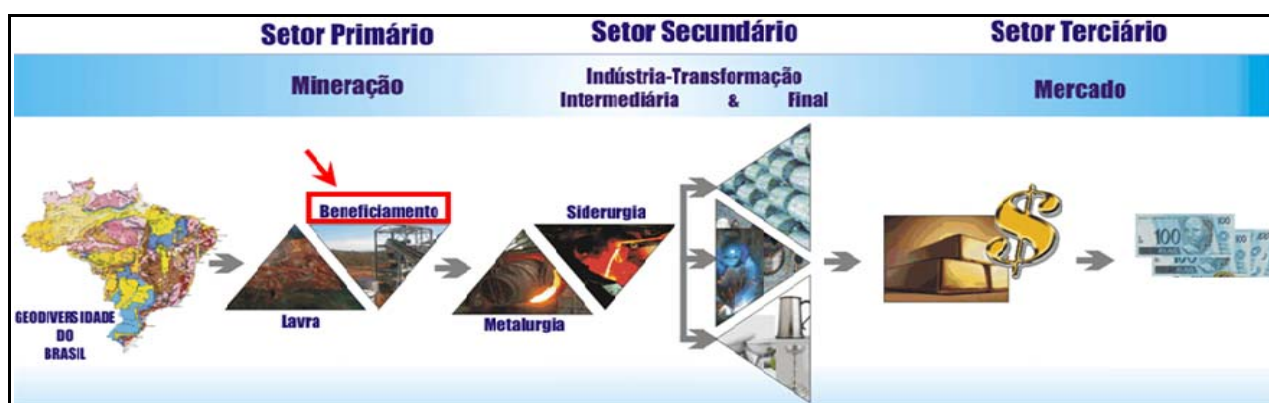
Empresas que comercializam *commodities* ou se caracterizam por baixa intensidade tecnológica também precisam inovar continuamente e investir para garantir a sua competitividade. O contrário não deveria ser considerado em um ambiente fortemente competitivo, tal como o que predomina na economia nacional e mundial, no qual a inovação é necessária para a capacidade de gerar valor e para a sustentabilidade em longo prazo. A imperfeição dos processos de apropriabilidade reforça essa afirmação, pois, leva as empresas a sempre procurarem alternativas para inovar e se apropriar efetivamente das inovações.

No contexto do setor mineral, e confirmando a questão da intensidade em escala do setor, Neves e Silva (2007) mostram que o empreendimento mineral é também intensivo em capital e demandante de mão-de-obra qualificada. O desenvolvimento de um empreendimento até o início da exploração mineral efetiva requer grande capacidade financeira. Por isto, boa parte dos mercados de substâncias minerais tende a oligopolização ou mesmo a monopolização. Os autores afirmam que as oligopolistas são mais que concorrentes, são rivais. Entretanto, essa rivalidade não é expressa na disputa de preços, pois, a maioria dos bens minerais é classificada como *commodity*. Este fenômeno está expresso no processo de localização e busca de novas jazidas economicamente viáveis, bem como na corrida pela concessão do direito de explorá-las. Além disso, eventualmente, o setor pode ter um monopólio no longo prazo. Bastando para isto, que uma das empresas, ao adquirir os direitos de extração de determinadas áreas, inviabilize a continuidade das operações de sua rival, cujas minas, mais cedo ou mais tarde, chegarão à exaustão.

A questão da tecnologia para a extração mineral também se mostra importante, pois, o monopólio que pode ser gerado a partir do domínio tecnológico tem igual possibilidade de

inibir a exploração de determinadas jazidas por empresas concorrentes, o que representa, também, um mecanismo de apropriabilidade.

A Figura 3.1, a seguir, mostra a posição do setor extrativo e de processamento mineral na cadeia de produção de empreendimentos minerais. O setor de extração, que está associado ao setor de processamento mineral corresponde ao indicado na Figura 3.1 às etapas de Lavra e Beneficiamento, que geram os produtos que servirão de insumos para a indústria de transformação. O presente trabalho é focado nas atividades de beneficiamento mineral.



Fonte: Adaptado de DNPM (2006).

Figura 3.1 - A Economia Mineral Brasileira – Cadeia de Valor da Produção.

3.2 Inovação no Setor Mineral

McNulty (1998) descreve em seu trabalho um breve conceito de inovação tecnológica para a indústria mineral, em especial para a área de processamento mineral. Nessa abordagem o autor trata que nessa indústria o que pode ser tratado como novo não é apenas o desenvolvimento de um processo completamente inovador, conseqüentemente novo para o mundo, mas também, o rearranjo de processos ou operações já conhecidas, desde que o arranjo final represente um avanço técnico, seja no aumento de recuperação de metais ou mesmo redução significativa de custos operacionais.

Lima (2004) aborda o tema da inovação tecnológica na indústria extrativa e de transformação mineral no Brasil. Embora não aborde especificamente o mineral cobre, aborda a indústria de extração de minerais metálicos, dentro da qual se insere o cobre. O comportamento do setor está determinado pelas características gerais do setor mineral, já mencionadas.

3.2.1 Extração de Minerais Metálicos

Lima (2004) sumariza bem as características do setor, que assim como mencionado, são derivadas das características dos empreendimentos minerais como um todo. O sistema de operação convencional caracteriza-se em: mina, usina de beneficiamento, transporte (ferrovia ou mineroduto) e instalações portuárias. A produção brasileira não apresenta defasagem em relação à adoção de novas tecnologias. A tecnologia utilizada na atividade de mineração, em geral, é bastante disseminada entre os produtores e, tendo em vista a escala de produção, envolve tecnologia de alto nível nas máquinas e equipamentos.

3.3 Inovação na Indústria Extrativista: uma visão a partir da PINTEC

A indústria da mineração se enquadra dentro das atividades do setor extrativista. A PINTEC – Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) traz alguns dados do setor extrativista que são capazes de caracterizar de um modo geral esse setor em relação à inovação, comparativamente a outros setores, como o da indústria de transformação, que representa a cadeia industrial subsequente ao setor extrativista.

Conforme mencionado no Capítulo 1, a pesquisa PINTEC usa o conceito de que a inovação refere-se a produtos ou processos novos para a empresa, e não necessariamente novo para o mercado ou mundo. Quando uma empresa introduz novos produtos, moderniza seus processos e altera suas rotinas organizacionais, ela já está, sim, inovando ao se aplicar esse conceito. A inovação pode ter como fonte tanto o ambiente interno quanto o externo à organização. Este conceito é adequado para a compreensão dos esforços tecnológicos das empresas industriais brasileiras, que em sua maioria, são empresas de pequeno porte e/ou que não realizam atividades formais de P&D; o que não impede que algumas grandes empresas também estejam – ainda – em estratégias semelhantes. Na realidade, o conceito traduz como inovações os esforços destas para utilizar os novos desenvolvimentos já introduzidos no mercado por outras empresas.

Para melhor compreender a dinâmica de inovação, sob a ótica desse conceito, do setor mineral, usando os dados da indústria extrativista foram usadas as informações da PINTEC, que na data de realização deste trabalho estavam disponíveis para os anos de 1998 a 2008.

A Tabela 3.1 mostra os dados gerais coletados na PINTEC para a indústria extrativa. Diante da impossibilidade da coleta de dados exclusivos do setor mineral (por serem poucos *players*, o IBGE não disponibiliza a abertura das séries do setor extrativista), as análises são mostradas considerando o setor extrativista como um todo na apresentação dos dados da pesquisa.

Tabela 3.1 - Número de empresas que implementaram inovações de produto ou processo na indústria extrativa entre 1998 e 2008-Brasil.

Período (Anos)	Nº empresas pesquisadas	Nº empresas que inovaram	Taxa de Inovação (%)	Inovações de Produto				Inovações de Processo			
				Nº Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional		Nº Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	
						Nº	%			Nº	%
1998 2000	1.729	297	17	92	68	28	30	285	254	36	13
2001 2003	1.888	415	22	118	109	10	8	383	377	10	3
2003 2005	1.849	427	23	118	103	16	14	413	398	19	5
2006 2008	2.076	491	27	214	196	19	9	471	452	64	14

Fonte: IBGE (PINTEC).

Para comparação também são apresentados os mesmos dados para o setor da indústria de transformação, dispostos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Número de empresas que implementaram inovações de produto ou processo na indústria de transformação entre 1998 e 2008-Brasil.

Período (Anos)	Nº empresas pesquisadas	Nº empresas que inovaram	Taxa de Inovação (%)	Inovações de Produto				Inovações de Processo			
				Nº Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional		Nº Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	
						Nº	%			Nº	%
1998 2000	70.277	22.401	32	12.566	10.287	2.947	23	17.874	16.499	1.964	11
2001 2003	82.374	27.621	34	17.028	15.126	2.287	13	22.275	21.566	1.013	5
2003 2005	89.205	29.951	34	17.666	15.075	2.940	17	24.091	22.804	1.490	6
2006 2008	98.420	37.808	38	22.749	19.838	4.101	21	31.793	30.534	2.271	7

As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram um panorama do número de empresas que implementaram inovações nos anos pesquisados, para o setor extrativista e para a indústria de transformação, respectivamente. Nessas tabelas é importante ressaltar alguns dados, tais como:

- A taxa de inovação é mais alta na indústria de transformação, o que mostra a aparente propensão a inovar dessa indústria e a relativa menor tendência a inovação do setor extrativista. Esse dado pode ser justificado pela já citada intensidade em escala da maioria das empresas extrativistas, não necessariamente apenas as do setor de mineração.
- As taxas de inovação permanecem aproximadamente constantes ao longo dos períodos pesquisados pela PINTEC, com um aumento mais representativos da taxa ao longo dos anos para a indústria extrativista e nas duas últimas edições da PINTEC.
- Para ambas as indústrias as inovações consideradas novas para a empresa são em maior número, o que mostra que as empresas brasileiras têm sido, de alguma forma, seguidoras dos desenvolvedores de tecnologia para se manter competitivas.
- Considerando as inovações que são novas para o mercado nacional como porcentagem do total de inovações de produto e processo implementadas, nota-se uma queda desse percentual ao longo do tempo em relação ao primeiro período pesquisado, o que indica e confirma a tendência de inovar utilizando meios já conhecidos no mercado nacional. E ainda, pode ser um indício da vocação inovadora nacional, onde o próprio país tem sido fonte de importantes novos desenvolvimentos.
- Conforme esperado, a indústria extrativa implementou mais inovações de processo do que de produto. O mesmo é observado na indústria de transformação, embora se pudesse esperar que as inovações em sua maioria seriam de produto nesta indústria, por o setor de transformação não trabalhar com *commodities*. Essa informação é um

indicativo de que mesmo produzindo produtos diferenciados, a parte dos processos também é fonte relevante de inovações para o setor de transformação.

3.4 Inovação na Indústria Extrativista: os Documentos de Patentes.

O estudo de documentos de patentes na área de mineração se mostra relevante devido à carência de publicações sobre o tema em questão e por ser uma área de conhecimento essencial no contexto brasileiro. Não foram encontrados estudos publicados com um foco específico nesse tema, os poucos artigos que foram encontrados e que aparentemente tratavam do tema, na verdade, tinham como tema principal a orientação em termos de escrita de um documento de patente para o setor de mineração, como é o caso do trabalho de Dison (1992), trabalhos que não abordam os temas protegidos por patentes na indústria mineral, mas apenas definem linhas gerais para a escrita do documento.

A escassez de publicações pode ser um indicador do quanto o setor da mineração não é reconhecido ou estudado em termos de proteção de suas possíveis inovações em processos por meio de documentos de patentes.

Devido a essas questões, recorreu-se a PINTEC para apresentar alguns dados acerca dos depósitos de patentes para o setor extrativista como um todo – visando-se obter daí um indicativo do mesmo panorama para o setor mineral –, que podem ser analisados e também comparados com os dados da indústria de transformação. As Tabelas 3.3 e 3.4 apresentam esses dados.

Tabela 3.3 - Indicação de depósito de patentes e patentes em vigor de empresas que implementaram inovações das indústrias extrativas e de transformação de 1998-2008-Brasil.

Período (Anos)	Indústria Extrativa		Indústria da Transformação	
	Com depósito de patente	Com patente em vigor	Com depósito de patente	Com patente em vigor
1998 a 2000	8	11	1.819	1.919
2001 a 2003	8	8	1.713	1.391
2003 a 2005	7	13	1.851	3.454
2006 a 2008	11	<i>Não disponível</i> ¹¹	2.793	<i>Não disponível</i> ¹²

Fonte: IBGE (PINTEC)

Tabela 3.4 - Métodos de proteção utilizados pelas empresas da indústria extrativa que implementaram inovações no período de 2001 a 2008-Brasil.

Período (Anos) ¹³	Por escrito		Estratégicos			Outros
	Patentes	Marcas	Complexidade no desenho	Segredo industrial	Tempo de liderança sobre os competidores	
2001 a 2003	8	51	2	14	3	17
2003 a 2005	7	66	2	14	4	16
2006 a 2008	12	197	7	22	5	19
Soma do período	27	314	11	50	12	53
%	6%	67%	2%	11%	3%	11%
Total Acumulado	341		73			53
%	73%		16%			11%

Fonte: IBGE (PINTEC)

A Tabela 3.3 pode ser um indicativo de que outros meio de proteção podem estar sendo usado ou mesmo indicar que a importância relativa da patente é menor para o setor extrativista. Nesse mesmo contexto, as Tabelas 3.2 e 3.3 mostram que o uso das patentes para proteger invenções se apresenta expressivamente maior na indústria de transformação.

Os dados confirmam as afirmações de Arundel e Kabla (1998), de que as patentes têm importância relativamente menor quando há predominância de inovações de processo. Por outro lado, pelos mesmos dados não é possível se afirmar se tal predominância está evidenciada para o setor de transformação. O que leva a outra possível conclusão: o setor de

¹¹ A tabela da PINTEC que contém esse dado para os anos anteriores (tab 1106 do estudo PINTEC disponível no site do IBGE) não o contém para a quarta edição da PINTEC.

¹² Idem nota anterior.

¹³ Esses dados não estavam disponíveis na primeira PINTEC (período dos anos de 1998 a 2000).

transformação, mesmo em termos de processos pode estar fazendo importante uso das patentes em sua atuação no mercado. E ainda, seja em um setor ou outro, os documentos de patente são uma fonte de informação tecnológica importante, principalmente acerca das invenções que contêm suas inovações em processos.

A presente seção deste trabalho, que aborda a inovação no setor extrativista procurou avaliar de forma geral os dados disponíveis para a indústria brasileira extrativa, com foco na indústria de extração de minerais. Diante da impossibilidade de abertura das séries da PINTEC para as classificações de atividades econômicas de interesse do setor mineral, os dados da indústria extrativa como um todo serviram como base para compreender como se dá a inovação no setor de forma mais ampla. A afirmação e extrapolação das conclusões do setor extrativo podem ser feitas com ressalvas, mas também com aparente possibilidade de representatividade, uma vez que o setor mineral no Brasil, pelas características do mesmo, sendo intensivo em escala e capital, contribui em grande peso para os dados pesquisados pela PINTEC. Além disso, as demais empresas da indústria extrativa, mesmo não relacionadas ao setor mineral possuem, também, comportamentos de intensidade em escala e capital, o que mostra que o setor mineral terá comportamento semelhante ao apresentado pela indústria extrativa como um todo.

Os dados das Tabelas 3.3 e 3.4 confirmam as teorias de Tidd, Bessant e Pavitt (2008), pois, mostram que o setor tem mais inovações de processo do que de produto.

De um modo geral, as comparações feitas com o setor de transformação mostraram que a indústria extrativa pode ser caracterizada como menos inovadora em termos de taxa de

inovação, mas tem um número considerável de inovações e mesmo considerando-se as características do setor, se mostra como uma indústria apta a inovar.

Os dados da PINTEC mostram que há uma tendência de investimentos em inovação no setor extrativista. Nesse contexto pode-se mencionar o autor Hitzman (2002), que trata de questões que envolvem a P&D no setor da mineração. O autor expõe que historicamente, a indústria dos metais, incluindo aqui tanto o setor extrativista como o de transformação, tem conduzido um grande esforço em termos de P&D interno às empresas para o desenvolvimento de novos métodos de exploração mineral (nas áreas de geologia, geoquímica e geofísica) além de tecnologias inovadoras para o beneficiamento mineral e processamento metalúrgico. Ele salienta ainda que apesar da ausência de incentivos governamentais expressivos para investimentos em inovação no setor, essa tendência a promover inovação tecnológica prevalece. Hitzman (2002) cita ainda que enquanto algumas dessas inovações, tais como a extração por solvente e os processos de *electrowinning*¹⁴ advém da própria indústria da mineração, há ainda outras que tem sua inspiração em áreas do conhecimento diversas. Inovações tecnológicas nas áreas de computação, comunicação, transporte e outras áreas têm sido adaptadas para o emprego no setor mineral. O autor reforça ainda que embora as inovações no setor venham a culminar em redução nos custos de produção e aumento da segurança no trabalho, elas representam geralmente melhorias incrementais, não revolucionárias.

¹⁴ Mais detalhes sobre as tecnologias serão apresentados no Capítulo 4. Esse termo designa uma conhecida tecnologia na área de processamento de cobre, seu sinônimo em português pode ser colocado como eletrorrecuperação, embora o termo em inglês seja amplamente empregado em textos científicos.

3.5 Inovação e Sustentabilidade

Ghose (2009) apresenta uma visão da tecnologia dentro da área de mineração com o foco em sustentabilidade. Nessa visão ele apresenta cenários tecnológicos gerais que poderão ser alcançado pela indústria global da mineração em termos de sustentabilidade no horizonte do ano de 2050. Nesse contexto, a evolução tecnológica pode representar uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável da atividade de mineração.

O autor salienta que existe um *trade-off* por trás da indústria mineral: sem as matérias-primas providas pela atividade de extração e beneficiamento mineral a civilização volta aos seus primórdios, mas por outro lado a mineração envolve o uso de recursos não renováveis. Nesse sentido a questão da sustentabilidade tanto ambiental quanto da indústria em si deve ser considerada.

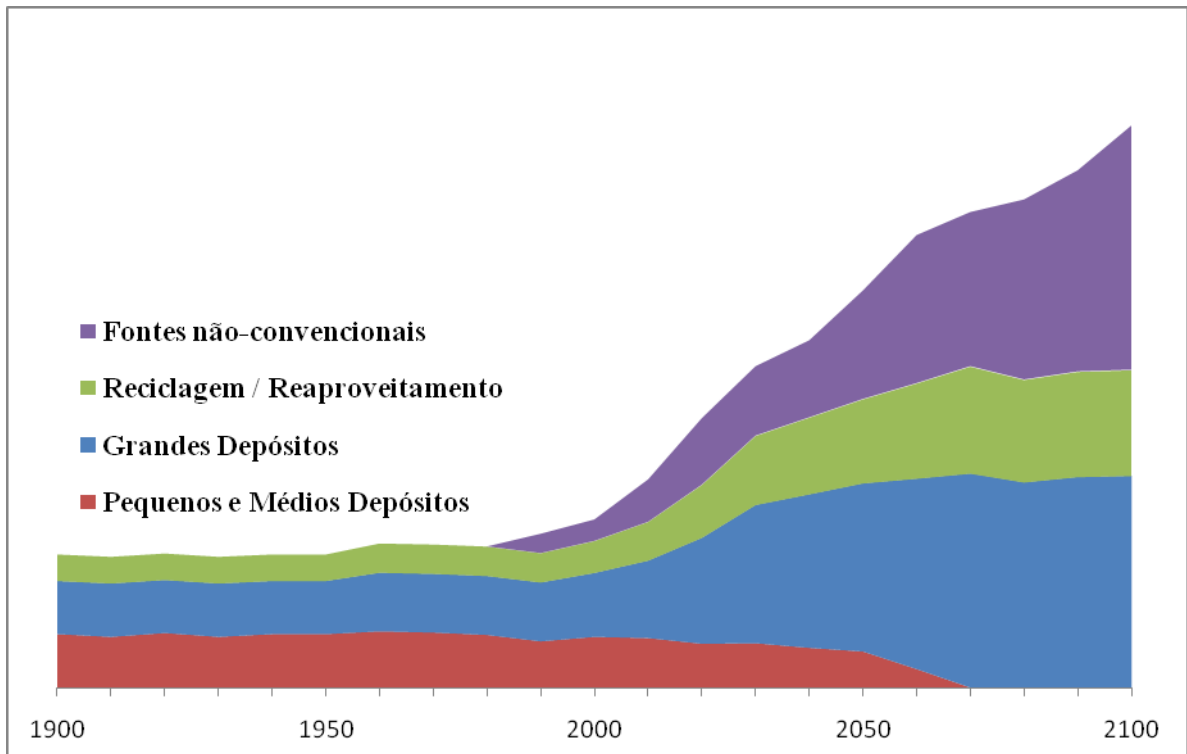
A crescente demanda global por minerais, impulsionada pela explosão demográfica e pelas aspirações da humanidade por uma maior qualidade de vida gera um forte impacto sobre a capacidade da indústria para manter e lidar com essa demanda. A fim de enfrentar os desafios futuros do desenvolvimento sustentável, a indústria global de mineração precisará ser flexível e baseada em torno de sistemas e tecnologias inovadoras com foco em:

- tecnologias inteligentes para a exploração e caracterização de recursos minerais;
- tecnologias de escavação mecânica de rochas para permitir que os sistemas de mineração contínuos se tornem uma opção viável em extração de minérios;
- eficiência energética e tecnologias limpas que contribuam para a produção em massa;

- minimização de resíduos e reutilização de resíduos de forma ambientalmente responsável;
- novas técnicas de beneficiamento de minerais que podem ajudar a viabilizar uma mudança de paradigma nas técnicas de mineração, viabilizando depósitos com responsabilidade ambiental; e
- evolução de sistemas de automação.

A mineração será sustentável quando gerar receitas e operar em harmonia com a sociedade e o meio ambiente. O autor traz uma conclusão importante sobre o tema da sustentabilidade: a menos que o inventário dos recursos possa ser continuamente ampliado por meio de gastos maciços em pesquisa e novas tecnologias, a sustentabilidade será um grito distante.

Norgate e Jahanshahi (2010) abordam em seu artigo questões técnicas sobre o processamento de minérios de baixo teor, que representam um grande desafio para a indústria mineral. Por outro lado, sobre a questão da sustentabilidade, os autores apresentam uma visão interessante sobre a projeção das fontes de metais para o próximo século, salientando que mesmo com as questões que envolvem o reaproveitamento e a sustentabilidade da indústria ainda haverá grande demanda por metais de fontes primárias. O Gráfico 3.1 mostra quais seriam as fontes para suprir essa demanda. Nesse gráfico as denominadas fontes não-convencionais representam as fontes geológicas não usuais, são fontes minerais sujeitos a beneficiamentos específicos; os autores listam dois exemplos: nódulos do fundo do mar, que são um tipo de fonte mineral ainda pouco estudada e as rochas “comuns” da crosta terrestre, que não são fonte primária dos minerais, por conterem quantidades ínfimas de teor dos minerais de interesse, o que representa altos custos de beneficiamento.



Fonte: Adaptado de Norgate e Jahanshahi (2010).

Gráfico 3.1 – Projeção das fontes futuras de metais ao longo dos anos.

3.6 Paradigmas Tecnológicos em Mineração – Marcos de Evolução

Ghose (2009) ressalta que apesar da mentalidade conservadora da indústria da mineração, a tecnologia evoluiu ao longo dos anos, porém, em passos discretos. A Tabela 2.5 mostra os principais marcos evolutivos da tecnologia mineral, enumerando-os de forma cronológica. Os marcos compreendem um conjunto de tecnologias de ambas as categorias, incrementais ou disruptivas.

Quadro 3.1 – Principais Marcos Evolutivos na Indústria Mineral.

Período	Tecnologia / Acontecimento Histórico
1780	Revolução Industrial; uso de bombas nas minas
1815	Uso da lâmpada de segurança para mineradores inventada por Davy
1835	Desenvolvimento de pá escavadeira (<i>shovel</i>) - inventada por Otis
1875	Gelatina explosiva desenvolvida por Nobel e sua utilização em minas
1913	Desenvolvimento do equipamento Escavadeira com caçambas (<i>Bucket Wheel Excavator</i>)
1920s	Conceito de sistemas de mineração em modo contínuo para a extração de minérios de carvão
1964	Ensaio pioneiros com os primeiros sistemas de automação em mina
1970	Escudos de proteção para mineração subterrânea são introduzidos
1980s	Equipamentos que permitem a escavação a partir da superfície emergem como sistemas de mineração limpa (<i>surface miners</i>)
1990	Evolução dos sistemas localização (<i>Total Mining System</i>) com o uso de GPS em minas de superfície
1994	Introdução do Sistema <i>HighWall Mining System</i> - Sistemas integrados para exploração de minas na superfície e abaixo dela
2002	Foco no desenvolvimento de técnicas de mineração limpa - tanto em beneficiamento mineral quanto na lavra
2005	Desenvolvimentos de técnicas de biolixiviação / biopurificação de minerais

Fonte: Adaptado de Ghose (2009)

O Quadro 3.1 mostra que a maioria dos desenvolvimentos está na área de equipamentos e sistemas voltados para a operação de lavra e apenas recentemente são apresentadas inovações em termos de beneficiamento. O autor enfatiza que a tendência para o ano de 2050 é o contínuo crescimento de esforços para tornar a atividade mineral sustentável do ponto de vista ambiental, sendo para isso necessário o desenvolvimento de tecnologias de reaproveitamento em todas as áreas, especialmente na atividade de beneficiamento de minerais. O investimento em tecnologia deve se dar no sentido do desenvolvimento de inovação que torne o processamento mineral menos impactante para o meio ambiente.

Bartos (2007) trata de questões sobre a inovação no setor mineral, apresentando que se trata de uma indústria que sempre foi questionada com respeito a ser ou não inovadora. O autor

apresenta dados que mostram que o número de tecnologias revolucionárias desenvolvidas em diversos setores da mineração ao longo do último século é de uma a três. Essa taxa é comparável a indústrias maduras como a do cimento e de produção de vidro. Em contraste, o setor de micro-computação chega a desenvolver até 12 tecnologias disruptivas em um mesmo século. Em termos de inovação, a atividade mineral não pode ser considerada um setor intensivo em tecnologia, cabendo-se considerar essas particularidades ao se fazer comparações com outros setores. A colocação do autor, embora pertinente, deve ser interpretada com cautela, pois, o fato de desenvolver relativamente poucas inovações disruptivas não traduz os numerosos aperfeiçoamentos em processos que a indústria mineral faz constantemente e que as buscas por documentos de patentes na presente dissertação pretendem salientar. Assim, os desenvolvimentos que podem ser considerados por alguns autores como incrementais no setor mineral podem sim estar no mesmo nível de relevância dos desenvolvimentos revolucionários de outros setores, pois, deve-se recordar que a maturidade da indústria mineral transporta a importância dos novos desenvolvimentos para o aperfeiçoamento contínuo das operações estabelecidas.

Bartos (2007), assim como Ghose (2009), apresenta as tecnologias consideradas revolucionárias desenvolvidas pelo setor mineral no último século. O recorte temporal de Bartos (2007) permitiu observar tecnologias de maior interesse para o presente trabalho. Para a *commodity* cobre, o autor aponta que ocorrem duas grandes tecnologias revolucionárias desde 1900, que são: as técnicas de flotação¹⁵, e o processo de extração por solventes em conjunto com processos de *electrowinning*¹⁶, sendo este último também colocado como revolucionário pelo autor Hitzman (2002).

¹⁵ Definições sobre tecnologias serão apresentadas no Capítulo 4.

¹⁶ Idem nota anterior (15).

Embora não seja apontado pelos autores pesquisados como uma tecnologia disruptiva, possivelmente por não ter sua economicidade comprovada ou seu emprego em larga escala estudado, as tecnologias de biopurificação são mencionadas por muitos dos autores estudados, como sendo uma tendência dos novos desenvolvimentos de beneficiamento mineral para minérios específicos, como é o caso do cobre. O fator economicidade não impede que essa tecnologia seja expressa em documentos de patentes, pois um processo de biopurificação pode atender aos requisitos de patenteabilidade. Assim como outras tecnologias é importante mencionar que esta também é tema de alguns artigos científicos publicados, principalmente, por universidades, algumas vezes, fruto de associações com empresas. No entanto, as informações que o presente trabalho procura são as de tecnologias com tendência a consolidação, por isso, a opção por buscas de documentos de patente e não por artigos, que poderiam trazer informações muito incipientes para a aplicação na indústria. Além disso, os desenvolvimentos tecnológicos alcançados pelas empresas têm a tendência de ser objeto das invenções descritas nos documentos de patentes, os salientado como a opção de informação tecnológica mais relevante.

Nesse sentido, o próximo Capítulo explorará o universo do beneficiamento de cobre, seus processos de produção, gargalos tecnológicos bem como dados econômicos relevantes sobre a *commodity* mineral escolhida para estudo.

4. O Cobre

O nome cobre deriva do termo latino *Aes Cyprium*, que significa “o metal de Cyprus”, devido ao fato da Ilha de Cyprus (Chipre) ¹⁷ ter sido uma das primeiras e mais importantes fontes conhecidas do metal. O próprio nome da ilha deriva da palavra grega *Kýpros*, que também significa cobre. No entanto, o termo latino ficou conhecido, de maneira simplificada, como *cuprum*, palavra que deu origem ao símbolo químico do elemento: Cu.

A evolução das civilizações é definida por longos períodos históricos, caracterizados por mudanças graduais, associadas à relação do homem ao domínio de técnicas empíricas no aproveitamento dos recursos ambientais: ar, água, fogo e rochas.

O cobre é um dos metais mais antigos da civilização. Nessa perspectiva histórico-evolutiva, a fase dos metais culminou com a manipulação progressiva do cobre, bronze e ferro. É sob essa perspectiva histórica das civilizações que se atribui a descoberta do cobre provavelmente associada à ação de fogueiras de acampamentos sobre domínio de rochas *cupríferas*¹⁸ (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

O homem do Neolítico, no final da Idade da Pedra, encontrou no cobre um substituto da pedra, empregando-o principalmente em armas e objetos. Sua metalurgia foi iniciada no ano 6000 a.C., alguns séculos mais tarde, surgiram as ligas de cobre com outros metais, o metal mais marcante foi o estanho que originou a liga denominada bronze, que caracterizou o

¹⁷O Chipre é uma ilha situada no mar Egeu oriental ao sul da Turquia. Segundo leis internacionais, a ilha de Chipre no seu todo é um país independente.

¹⁸Rochas que contém o metal *cobre* em sua composição.

período denominado Idade do Bronze. O período anterior é conhecido como a Idade do Cobre.

O domínio da tecnologia do cobre representava nos povos da antiguidade a riqueza e o poder. Na atualidade, o cobre mantém sua relevância, devido às suas características que lhe conferem diversidade de aplicações no desenvolvimento tecnológico industrial.

O elemento químico cobre é um metal de cor avermelhada que possui brilho metálico, é condutor de calor e eletricidade, apresenta boas propriedades de ductibilidade¹⁹ e maleabilidade²⁰. O metal tem elevada resistência à tensão física e à corrosão. Possui propriedade não magnética e é de fácil formação de ligas com outros metais (Ribeiro, 2001).

É importante ressaltar que os atributos de boa condutividade térmica e elétrica apresentam-se como fatores decisivos para o cobre alcançar o status de metal imprescindível para o desenvolvimento industrial, associado à descoberta revolucionária do gerador elétrico por Faraday, em 1831²¹ (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

O elemento metálico cobre é relativamente raro. O cobre em estado puro, denominado cobre nativo, tem pouca ocorrência na natureza. Dentre os elementos que compõe a crosta terrestre,

¹⁹A ductilidade é a propriedade física dos materiais de suportar a deformação plástica, sob a ação de cargas, sem se romper ou fraturar. O oposto de dúctil é frágil, quando o material se rompe sem sofrer grande deformação.

²⁰A maleabilidade é uma propriedade que junto a ductilidade apresentam os corpos ao serem moldados por deformação. A diferença é que a ductibilidade se refere a formação de filamentos e a maleabilidade permite a formação de delgadas lâminas do material sem que este se rompa, tendo em comum que não existe nenhum método para quantificá-los.

²¹Em 1831, Michael Faraday descobriu a indução eletromagnética – indicando que a magnitude da tensão induzida é proporcional à variação do fluxo magnético (Lei de Faraday) – sob cujo princípio operam transformadores, geradores, motores elétricos e a maioria das demais máquinas elétricas. A indução eletromagnética é o fenômeno que origina a produção de uma força eletromotriz (voltagem) num meio ou corpo exposto a um campo magnético variável, ou num meio móvel exposto a um campo magnético estático. Assim, quando o corpo é um condutor (como é o caso do cobre), produz-se uma corrente induzida.

compõe 0,0058% do total. É encontrado, principalmente, em minerais associados a sulfetos e óxidos. (Frank, Galloway e Assmus, 2005).

Dessa forma, o cobre normalmente está associado a outros elementos químicos em várias formas estruturais, proporções estequiométricas e combinações químicas, formando diversos minerais. Como mencionado, existem dois grupos de minerais em que o cobre pode ser encontrado: os primários ou sulfetados (sulfetos), ocorrentes em zonas mais profundas da crosta terrestre, com mais alto teor em cobre, e os oxidados ou secundários (óxidos), de origem mais superficial, de menor teor em cobre. Os principais elementos deletérios que podem estar associados ao cobre são: bismuto, arsênio, antimônio, zinco e o níquel (Ribeiro, 2001).

A Figura 4.1 ilustra o posicionamento no solo, exemplificando um corte transversal da superfície terrestre, dos sulfetos e óxidos.



Fonte: adaptado de Andrade, Cunha e Gandra (2001).

Figura 4.1 – Ilustração da localização dos minérios sulfetados e oxidados.

Entre esses grupos são conhecidos cerca de 170 espécies minerais, das quais apenas algumas apresentam importância econômica. No rol dos sulfetados, os minerais mais importantes são a calcopirita (CuFeS_2 , com 34,6 % de Cu), a calcocita (Cu_2S , com 79,9 % de Cu), a bornita (Cu_5FeS_4 , com 63,3 % de Cu), a covellita (CuS , com 66,4% de Cu) e a enargita (Cu_3AsS_4 , com 48,3% de Cu). Entre os secundários, incluem-se os oxidados cuprita (Cu_2O , com 88,8% de Cu), e a tenorita (CuO , 79,8%Cu); os carbonatados malaquita ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$,

57,5%Cu), e a azurita ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, 55,3% Cu) e os silicatados crisocola ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 36 % Cu) (Ribeiro, 2001).

Embora os teores individuais de cobre dos principais minerais oxidados seja superior ao dos minerais sulfetados, é importante ressaltar que a diferença que torna os minerais sulfetados de mais alto teor é a densidade com a qual ocorrem na superfície terrestre e não apenas os teores de cada mineral em separado. Além disso, devido a essa diversidade de composição, pode haver tanto minerais sulfetados como oxidados de baixo ou alto teor, embora a regra seja a de que os sulfetados ocorrem com um maior teor de cobre e os oxidados com um menor.

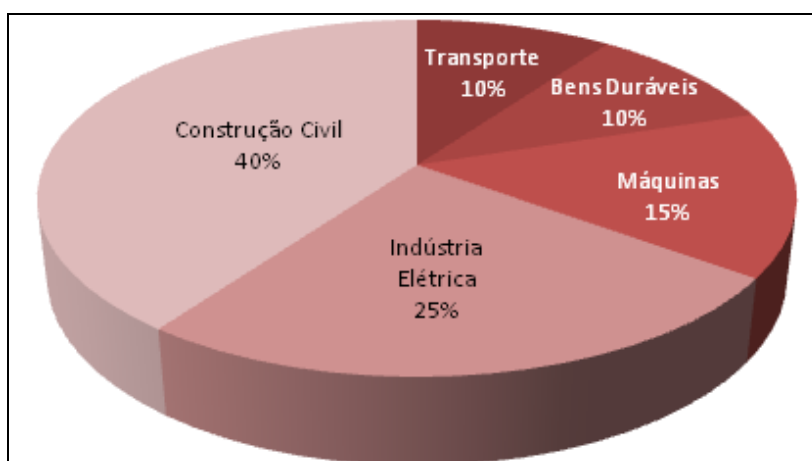
4.1 Aplicações

Com o desenvolvimento industrial, as qualidades do cobre tornaram-no um material de aplicações diversificadas. Dentre várias aplicações, sob a forma pura ou combinada, é utilizado para diferentes finalidades, sendo os principais empregos nos setores de atividades listados a seguir (Ribeiro, 2001).

- Indústria elétrica e eletrônica: transmissão de energia, fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos e de aparelhos eletrodomésticos.
- Engenharia industrial: para serviços de estampagem, forjamento e usinagem de peças e componentes, produção de peças fundidas para corpos de bomba, válvulas, aparelhos para indústrias química e petroquímica, tubos e chapas para trocadores de calor, refrigeradores e condicionadores de ar.

- Construção civil: em coberturas, calhas, instalações hidráulicas e metais sanitários, fechaduras, ferragens, corrimões, juntas de vedação e de dilatação, luminárias e esquadrias, portas, painéis decorativos, adornos etc.
- Transporte: indústria automobilística (radiadores, carburadores, partes elétricas do veículo e em acessórios); indústria naval (hélices de propulsão, peças para comportas e ancoradouros, tubulações, tintas anti-corrosivas para proteção dos cascos dos navios e em diversos equipamentos, máquinas e instrumentos de navegação); indústria aeronáutica (aparelhos de telecomunicações, nas linhas hidráulicas de pressão, mancais de trens de pouso e em equipamentos de precisão e controle de vôo); e indústria ferroviária (em cabos condutores aéreos para estradas de ferro eletrificadas, motores e outros equipamentos).

Ribeiro (2001) ressalta ainda uma série de outras aplicações para o cobre, como a cunhagem de moedas, a fabricação de armas e munições, na indústria alimentícia, em embalagens, na indústria farmacêutica, em joalheria, etc. O Gráfico 4.1 mostra a distribuição dos diferentes usos do cobre entre os segmentos industriais que o demandam.



Fonte: Fonseca, Heider e Rodrigues (2009).²²

Gráfico 4.1 – Principais segmentos industriais demandantes de cobre – 2008.

²² Bens duráveis: são produtos tangíveis que só se deterioram ou perdem a utilidade após muito tempo de uso, no caso se refere principalmente a eletrodomésticos. Máquinas: máquinas utilizadas industrialmente.

4.2 Processos de Produção

A tecnologia disponível para a descoberta, produção e utilização do bem mineral cobre envolve as etapas de prospecção, pesquisa, mineração, concentração, metalurgia e transformação, descritas a seguir (Ribeiro, 2001).

- I. A prospecção mineral compreende o levantamento inicial de todas as informações disponíveis sobre a geologia do cobre e da área a ser prospectada e uma posterior seleção de áreas.
- II. A pesquisa mineral objetiva a descoberta e a caracterização de depósitos (áreas identificadas) econômicos, constituindo num programa sistemático englobando fases de mapeamento geológico detalhado, levantamentos geoquímicos e geofísicos, sondagem e avaliação econômica.
- III. A mineração refere-se à extração física do cobre, que pode ser realizada a céu aberto, subterrânea ou de forma mista. A mineração a céu aberto é a opção mais empregada na produção mundial de minério de cobre. Permite o aproveitamento de depósitos de cobre de baixo teor (até 0,5% Cu). A mineração subterrânea só é empregada quando os minérios são de teor mais elevado e encontram-se em profundidade, podendo haver uma limitação econômica na remoção do volume de estéril (material que não desperta interesse econômico e recobre as áreas de interesse), o que pode inviabilizar a lavra²³ a céu aberto.
- IV. A etapa de concentração corresponde ao processo de enriquecimento – isolamento dos minerais que contém cobre – por meios físicos e químicos do metal no minério,

²³ Nome dado a atividade de extração física de minerais da superfície terrestre, ato de perfurar (sulcar) a superfície da terra.

envolvendo etapas de britagem²⁴, peneiramento²⁵, moagem²⁶ e flotação²⁷. O produto resultante é um concentrado com teor de 25 a 35% de cobre contido.

- V. A operação da metalurgia no sentido amplo congrega as fases de fundição e de refino, interligados na cadeia produtiva. A recuperação do metal cobre é dada por dois tipos de processos de uma maneira geral: o pirometalúrgico e o hidrometalúrgico. O primeiro envolve a fusão ou concentração do mineral em altas temperaturas enquanto o segundo envolve a lixiviação ou concentração, em meio aquoso, em temperaturas relativamente baixas, incluindo a temperatura ambiente.

O foco das buscas de tecnologias do presente trabalho se concentra nas etapas IV e V apresentadas.

Cerca de 80% do metal cobre produzido no mundo é proveniente de minerais sulfetados, sendo a calcopirita um dos minerais mais comuns para a obtenção do cobre. Conforme mostrado pela forma química, a calcopirita (CuFeS_2) é um mineral que contém cobre, ferro e enxofre. Devido a essas características não são minerais facilmente dissolvidos em meio aquoso, por isso, a maioria das operações de extração de cobre a partir de minerais sulfetados envolve processos pirometalúrgicos. Os demais 20% do cobre produzido envolve processos hidrometalúrgicos empregados para minerais oxidados de cobre (óxidos e carbonatos) (Norgate e Jahanshahi, 2010).

²⁴ Processos de redução de tamanho de rochas que contém os minerais de interesse.

²⁵ Processos de separação dos materiais cominuídos em diferentes frações de tamanho.

²⁶ A moagem é o processo necessário quando se visa a redução de tamanho a dimensões abaixo de 5-20 mm

²⁷ A Flotação é um método de separação de misturas. A técnica utiliza diferenças nas propriedades superficiais de partículas diferentes para separá-las. As partículas a serem flotadas são tornadas hidrofóbicas pela adição dos produtos químicos apropriados. Então, fazem-se passar bolhas de ar através da mistura e as partículas que se pretende recolher ligam-se ao ar e deslocam-se para a superfície, onde se acumulam sob a forma de espuma. Em resumo, a flotação é um processo de separação de sólido-líquido, que anexa o sólido à superfície de bolhas de gás fazendo com que ele se separe do líquido.

Após a extração (etapa III), o minério de cobre é beneficiado, obtendo-se primeiramente o concentrado (na etapa IV). Em seguida, ele passa por um processo metalúrgico, conforme indicado, que pode ser o pirometalúrgico, o mais antigo, aplicável a minérios sulfetados, ou o hidrometalúrgico, especificamente o processo denominado SX-EW²⁸ (extração por solvente seguida de recuperação por eletrólise de metais em solução), de grande economicidade no aproveitamento de minérios oxidados de baixo teor. Além desses, conforme já mencionado nos Capítulos 1 e 3, começa a despontar um novo processo biológico chamado biopurificação, ou biolavagem – conhecido também pelo termo em inglês *bioleaching* –, de baixo custo teórico e que utiliza bactérias para a purificação do metal. Posteriormente, o cobre é refinado por processo de eletrólise, resultando nos catodos de alta pureza. Esses catodos serão fundidos e elaborados/processados pela indústria de transformação, gerando uma série de produtos finais (Andrade, Cunha e Gandra, 2001).

Conforme mencionado, a seleção de uma rota de processo para o minério de cobre é dependente de sua classificação geológica. De uma maneira geral, minérios oxidados seguem a rota hidrometalúrgica e, minérios sulfetados são submetidos à etapa de concentração, de acordo com o descrito anteriormente, sendo que este concentrado produzido pode ser tratado seguindo o processo hidrometalúrgico ou pirometalúrgico. Mais detalhes sobre cada uma dessas duas macro opções de processamento serão mostrados a seguir.

²⁸ A sigla deriva do nome em inglês: *Solvent Extraction (SX) – Eletrowinning (EW)*.

4.2.1 Processo Pirometalúrgico

O processo pirometalúrgico é o meio tradicional, mais utilizado no mundo para produção de cobre. No ano de 2000 representou 84,6% da produção mundial do cobre metálico, e, anteriormente, já contribuiu com 87%, no ano de 1997 (Ribeiro, 2001).

A rota de processo pirometalúrgica envolve quatro etapas gerais, que são: (A) o beneficiamento do minério (empregando processos de moagem e flotação) para produzir um concentrado; (B) fusão redutora do concentrado (*smelting*) para produzir uma fase de sulfetos fundida enriquecida em cobre (denominada *matte*²⁹); (C) a conversão do mate para produzir uma liga de cobre de alta pureza (denominada cobre blister); e (D) o refino do cobre blister para produzir cobre metálico com maior pureza do que o cobre blister para emprego final nas indústrias de transformação (Norgate e Jahanshahi, 2010).

No processo pirometalúrgico, mostrado de forma simplificada na Figura 4.2, o concentrado produzido na etapa (A) é submetido a uma operação de fusão em um forno durante a etapa (B), também conhecido como Forno Flash, operando a aproximadamente 1.200°C para formar o produto mate de cobre (essa etapa é também conhecida como fusão mática), que compreende uma liga com 45 a 75% de cobre contido. Nesta operação, além do mate, ocorre a formação de uma fase líquida pobre em cobre chamada escória (0,7 a 2% de Cu) e gases ricos em SO₂, que podem ser aproveitados para produzir ácido sulfúrico em uma planta acoplada.

Na sequência, o mate de cobre segue para a etapa de conversão (C) em que a oxidação do cobre prossegue a uma temperatura de aproximadamente 1.200°C para geração do cobre

²⁹ Em português existe o termo mate (tradução do inglês *matte*) que significa minério sulfurado calcinado, sendo portanto, uma liga de cobre-ferro-enxofre.

blister, que é uma liga com 96% a 98% de cobre contido. Nessa etapa também ocorre a formação de escória³⁰, que contém cerca de 5% a 10% de cobre. Assim como o SO₂ liberado na fusão máfica, o SO₂ liberado na conversão também pode ser aproveitado por meio da implantação de uma planta acoplada para produção de ácido sulfúrico. Além disso, toda a escória gerada na fusão (B) e conversão (C) tem a opção de seguir dois caminhos: retornar ao forno de fusão para reprocessamento ou seguir para um forno de limpeza para recuperação do cobre nela contido (Andrade *et al.*, 1997).

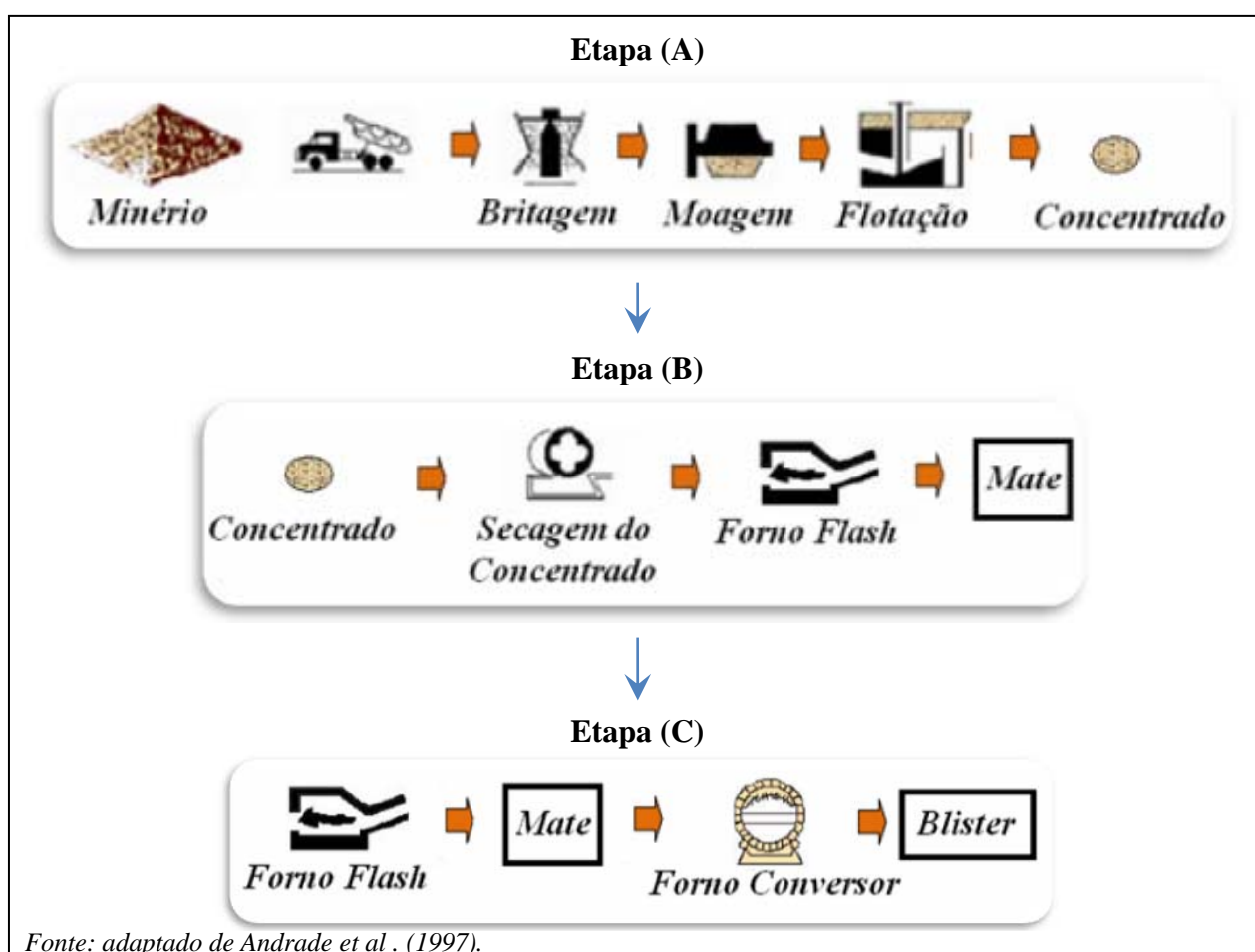
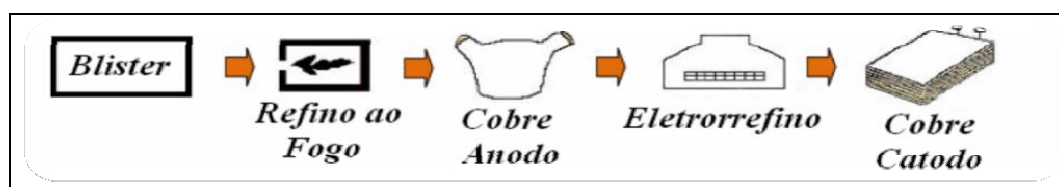


Figura 4.2 – Fluxograma simplificado do processo de produção do cobre blister.

³⁰“A escória é um co-produto de processos de redução e purificação em processos metalúrgicos. São geralmente usadas como uma maneira de remover impurezas na fabricação de um metal. No entanto, devido à sua constituição, também podem cumprir outras funções como, por exemplo, assistir no controle de temperaturas de fusão. Dentro dos processos siderúrgicos a escória pode ser proveniente do alto-forno e da aciaria. Esses co-produtos são uma das maiores classes de resíduos gerados em usinas siderúrgicas, porém já possuem uma larga utilização em outros processos industriais, ou até mesmo emprego in natura para recuperação dos metais contidos.”Disponível em: <http://www.dema.puc-rio.br/>

Tendo em vista a utilização final do cobre, há diferentes níveis de pureza desejáveis. O blister produzido pode ser submetido apenas ao refino a fogo, do qual se obtém cobre com até 99,7% (conhecido como cobre anodo³¹), ou ser também refinado eletroliticamente (processo de eletrorrefino), atingindo um grau de pureza de 99,9% (denominado cobre catodo³²). As operações de refino do cobre compreendem a etapa (D). Na Figura 4.3 é mostrado um fluxograma simplificado para as etapas subseqüentes de tratamento do cobre blister, ilustrando a produção do cobre anodo e do cobre catodo.



Fonte: a indústria do cobre (1997).

Figura 4.3 – Fluxograma simplificado do processo de produção do cobre anodo e cobre catodo.

O processo de refino ao fogo consiste em um processo de bateladas de oxidação-redução, visando à purificação do cobre blister, com a retirada do enxofre e de metais deletérios, como arsênio, chumbo, cobalto, ferro, níquel, zinco, entre outros. Após a oxidação, ocorre a redução através da injeção de agentes redutores, como o óleo e o gás natural. O produto final é escoado em moldes, obtendo-se placas de anodo com 99,7% de cobre contido.

O processo de eletrorrefino, é um processo eletroquímico no qual, sob a ação de corrente elétrica contínua ocorre a purificação do anodo de cobre obtido, elevando o teor de cobre

³¹ Anodo nesse caso, e em todas as referências deste trabalho, está no âmbito do conceito de processos eletroquímicos de **eletrólise**, nos quais uma reação química é induzida por corrente elétrica. O anodo é o pólo positivo de uma célula eletrolítica, que é o que sofre corrosão nesse processo para produção do cobre catodo. Da mesma forma o conceito de catodo representa o pólo negativo da célula eletrolítica, no qual ocorre a deposição do metal.

³² Idem nota 28.

contido para 99,9% através da eliminação de impurezas metálicas nocivas às suas propriedades eletromecânicas. Nesse processo, os anodos são dissolvidos gradativamente e os íons de cobre, solubilizados no eletrólito e sob a ação de campo elétrico, dirigem-se para o catodo onde se depositam como metal (cobre eletrolítico). Nesta etapa é gerada uma lama anódica (resto da decomposição do anodo de cobre, onde o cobre segue para o catodo da célula eletrolítica, desprendendo os metais contaminantes nessa “lama”), normalmente tratada para recuperação de metais valiosos que nela estão separados do cobre, como o ouro e a prata (Andrade *et al.*, 1997).

O processo pirometalúrgico, embora eficaz e viável, está enfrentando condições cada vez mais restritivas devido ao elevado custo de investimento, restrições ambientais crescentes, efeito de economia de escala elevado e sua incapacidade de tratar concentrados de baixo teor ou impuros (Andrade *et al.*, 1997).

As mencionadas condições são, ainda, um indicio da preferência recente pelos processos hidrometalúrgicos para obter determinados tipos de concentrados.

Além das etapas apresentadas (de A a D) para a produção do cobre metálico, o minério pode ser submetido a um processo de fusão direta, sem passar pela etapa de beneficiamento (A). Apesar de essa alternativa eliminar o estágio de beneficiamento e seus impactos associados (como o consumo de energia), há mais material sólido que precisa ser fundido, portanto, a economia energética no balanço final pode ser desfavorável (Norgate e Jahanshahi, 2010).

Além disso, um dos grandes problemas do processo pirometalúrgico é que, com o refino do cobre blister são emitidos na natureza gases que podem conter metais pesados como cádmio,

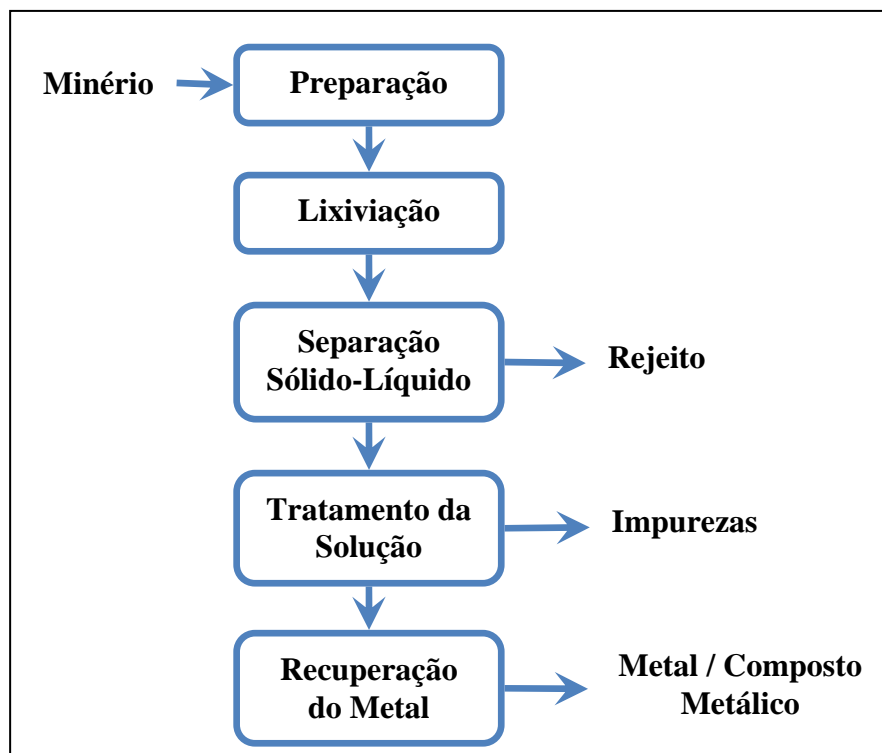
arsênio, mercúrio, bismuto e chumbo. Essa realidade gera um contexto de tendência às rotas de processos hidrometalúrgicos para tratamento de concentrados (Sobral *et al.*, 2005).

4.2.2 Processo Hidrometalúrgico

O termo hidrometalurgia designa processos de extração de metais nos quais a principal etapa de separação metal/impurezas envolve reações de dissolução do mineral em meio aquoso. No caso do cobre, a hidrometalurgia é apropriada, principalmente, para a extração de cobre de minérios oxidados de baixo teor. A utilização desse processo para minérios sulfetados implica uma etapa anterior de beneficiamento do minério para a obtenção do concentrado sulfetado, o qual deve sofrer processo de ustulação³³ para transformação em produto intermediário oxidado, correspondente ao minério oxidado e que, portanto, é susceptível ao processo hidrometalúrgico. Dessa forma, o processo utilizando minérios sulfetados se torna mais caro numa análise preliminar, por incluir uma etapa adicional ao processo (Ribeiro, 2001).

O processo hidrometalúrgico compreende, de forma geral, cinco etapas, ilustradas na Figura 4.4, que são: preparação, lixiviação, separação sólido-líquido, tratamento do licor e recuperação do metal.

³³ Trata-se de um processo bem estabelecido e já bastante aplicado, também conhecido como R-L-E (*Roast-Leach-Electrowining*). Nele, o concentrado é calcinado à temperatura de 690 a 700°C, seguido de lixiviação com água ou solução ácida diluída. O cobre solubilizado é recuperado por eletrorecuperação.



Fonte: Adaptado de Ciminelli (2007)

Figura 4.4 – Fluxograma geral de processos hidrometalúrgicos.

A primeira etapa envolve operações de tratamentos de minérios que visam ajustar as propriedades físico-químicas do sólido, tais como a granulometria, composição, teor, natureza química e porosidade para preparar o material para a etapa seguinte, de lixiviação. Esta etapa inicial facilitará a extração do metal, essa etapa é equivalente a etapa inicial do processo pirometalúrgico.

Após essa preparação do minério, tem-se a etapa de lixiviação, que constitui a etapa mais característica do fluxograma hidrometalúrgico. A lixiviação consiste na dissolução seletiva de minerais contendo o metal ou metais de interesse através do contato do sólido com uma fase aquosa contendo ácido, base ou agentes complexantes em condições variadas de pressão e temperatura. A lixiviação pode também ser mediada por microrganismos, conforme mencionado anteriormente (biopurificação), sendo essa a grande aplicação de processos de lixiviação para dissolução de sulfetos (Ciminelli, 2007).

Diante da importância da etapa de lixiviação em hidrometalurgia é relevante apresentar os diferentes tipos de lixiviação existentes. A lixiviação pode ainda ser definida como o processo de extração de uma substância de um sólido através da sua dissolução num líquido (solvente). Sua velocidade é influenciada por fatores tais como; dimensão da partícula, tipo de solvente, temperatura do processo e agitação do fluido. Podem ser considerados seis tipos de lixiviação: *in situ*, em pilhas de rejeitos, em pilhas de minério, em tanques de percolação, em tanques com agitação e com agitação sob pressão. A escolha de um dos métodos depende das características do minério (teor, composição, solubilidade e associação dos minerais), além de fatores tais como preço do produto e escala de operação. A seguir são apresentados os seis tipos mencionados (Pereira, 2000).

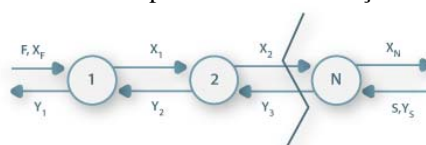
- I. **“In situ”** - Neste tipo de lixiviação, o minério é lixiviado no local em que ocorre naturalmente. Primeiramente, o minério é submetido à ação de explosivos e a solubilização do cobre é efetivada pela circulação alternada e intermitente de ar, água e da solução de processo após a extração do metal. O licor obtido é drenado naturalmente e recolhido, por exemplo, em túneis construídos sob o corpo do minério. Características principais: o minério é lixiviado no local onde ocorre; são eliminadas as etapas de lavra, transporte e beneficiamento de minério; é aplicada a minérios de baixo teor para os quais não seria econômica a mineração nos moldes convencionais; possui baixo investimento e custo de operação; tem elevado consumo de reagente³⁴; promove baixa recuperação de cobre (baixo rendimento); pode ocorrer a formação de canais na pilha que prejudicam a distribuição da solução de lixiviação.

³⁴ É importante mencionar que o termo “reagente” em mineração é empregado significando de forma direta os reagentes utilizados em processos que envolvam extração, como é o caso da extração por solventes e da lixiviação. No entanto, esse termo não é sinônimo do termo “matéria-prima”, que trata de uma forma geral dos insumos dos processos, de maneira mais ampla. O termo “reagente” é relacionado aos reagentes químicos que participam das *reações químicas* que ocorrem nos processos de extração mineral.

- II. **Lixiviação em Pilhas³⁵ de Rejeito** - Este tipo de lixiviação é aplicada a pilhas de rejeitos minerais. Nesse processo, a solução lixivante é aspergida na superfície da pilha e o licor com o metal de interesse solubilizado é coletado por gravidade através de tubulações ou canaletas. Características principais: permite o aproveitamento de rejeitos de mineração e de operação de concentração; possui baixo investimento e custos de operação; promove baixa recuperação de cobre (baixo rendimento); possui ciclos longos; tem consumo elevado de reagentes; há possibilidade de formação de canais preferenciais e compactação da pilha.
- III. **Lixiviação em Pilhas de Minério** - No processo de lixiviação em pilhas de minério, este é cominuído e aglomerado para posteriormente ser disposto em pilhas, geralmente de 3 a 10 metros de altura, nas áreas especialmente preparadas e impermeabilizadas para tal. O minério é, então, irrigado com solvente. O licor, assim como na lixiviação em pilhas de rejeito, é coletado por gravidade. Características principais: aplicada a minérios com teores mais elevados que os anteriores; é necessária a preparação do terreno; implica no uso de soluções mais concentradas.
- IV. **Lixiviação em Tanques de Percolação** - No processo de lixiviação em tanques de percolação, o minério é cominuído a uma granulometria fina (*6 a 13mm*). O material é carregado em tanques, onde a solução de lixiviação é administrada em fluxo ascendente. Geralmente tem-se um circuito com vários tanques operando em contracorrente³⁶. Características principais: método semelhante aos anteriores, pois também

³⁵ O significado de “pilhas” nessa expressão se refere ao *empilhamento* do minério.

³⁶ Processos em contra-corrente compreendem os mecanismos utilizados para a transferência de uma propriedade de um fluido a partir de um fluxo de corrente de fluido para outro. A propriedade pode ser calor transferido, a concentração de uma substância química ou outras. A troca em contracorrente é um conceito-chave na engenharia química e em processos de produção em geral. A ilustração abaixo resume o conceito de contracorrente, sendo as corrente de soluto e solvente apresentadas em direções opostas.



implica a passagem da solução lixiviante em um leito poroso fixo; é empregada para minérios com menor granulometria que os anteriores e de mais alto teor; os equipamentos compreendem tanques feitos de concreto, madeira ou metal.

- V. **Lixiviação em Tanques com agitação** - Similarmente ao processo anterior, neste processo, o minério é cominuído a uma granulometria fina (*6 a 13mm*) e, carregado em tanques alimentados com solventes. O processo, normalmente, é realizado em contra corrente, com a diferença de que neste caso a agitação gera um aumento significativo na turbulência, o que proporciona maior difusão entre o reagente e o minério. Características principais: indicada a minérios que requeiram moagem e com teores mais altos que justifiquem o investimento e os custos mais elevados; custos de lixiviação maiores que as técnicas anteriores; promove maior recuperação, graças a fatores que favorecem a cinética das reações (granulometria mais fina, agitação, temperatura e composição da solução controlada de forma mais precisa).
- VI. **Lixiviação sob pressão** - No processo de lixiviação sob pressão, o minério é alimentado juntamente com o solvente em uma autoclave, onde o cobre e algumas impurezas são dissolvidas. Características principais: possibilidade do uso de reagentes gasosos ou altamente voláteis em temperaturas elevadas; favorecimento da cinética de reação devido às condições de alta temperatura e pressão; indicado para minérios mais complexos; possui alto custo de operação.

Após essa etapa ocorre a operação de separação sólido-líquido, na qual há a obtenção da fase aquosa ou licor contendo o metal de interesse. Essa etapa se processa por meio de operações conhecidas, tais como espessamento por meio de flotação e filtragem. A eficiência desta etapa é decisiva para a diminuição das perdas de metal solúvel na polpa, que constituirá o rejeito, e de consumo de água nova no processo. Por outro lado, as características dos sólidos a serem

descartados também serão determinantes nos custos de disposição do rejeito e no risco potencial de impactos ambientais (Ciminelli, 2007).

É importante perceber nessa etapa a aplicação da técnica de flotação, que também é aplicada em processos pirometalúrgicos em outro contexto, porém, sendo a mesma técnica e com o mesmo conceito de separação sólido-líquido.

O licor final, produzido na etapa de lixiviação, após a separação sólido-líquido, segue então para a etapa de tratamento, que promove a purificação da solução (através da separação de elementos provenientes da dissolução da ganga e que podem afetar a etapa posterior de recuperação do metal) e a concentração da solução contendo o metal dissolvido até os níveis adequados à etapa final do processo. Minérios complexos e de baixo teor exigem um maior grau de sofisticação da etapa de purificação do licor, uma vez que tendem a apresentar maior nível de impurezas. A etapa de tratamento do licor é uma das que envolve maior variedade de processos possíveis, e muitas melhorias tem sido feitas e potencialmente podem ser feitas para cada uma das opções. Essa etapa pode envolver, tradicionalmente, processos tais como: precipitação, adsorção em carvão ativado, adsorção em resinas poliméricas de troca iônica e extração por solventes (SX). Além disso, dependendo do meio escolhido e da composição inicial do licor, essa etapa pode levar à obtenção de subprodutos (Ciminelli, 2007).

Os quatro meios tradicionais de se efetuar a etapa de tratamento do licor estão descritos em linhas gerais a seguir (Ciminelli *et al.*, 2000).

- I. **Precipitação** - O processo se fundamenta nas diferenças de solubilidade entre as espécies presentes em solução frente à adição de precipitantes ou à modificação da

temperatura. No âmbito do tratamento de efluentes, a precipitação de formas iônicas constitui o processo mais comum, uma vez que a elevação do pH³⁷ permite a precipitação de uma série de hidróxidos metálicos. De maneira geral, a cada faixa de pH ocorre a precipitação preferencial de determinado composto. O hidróxido de cobre pode ser precipitado em pH que variam entre 7 e 9, dependendo da composição do meio em que se insere.

- II. **Extração por solvente** - O processo de extração por solvente consiste na transferência de íons de uma solução para outra por meio do fenômeno de um dado soluto³⁸ se distribuir entre dois solventes imiscíveis em contato. O principal objetivo deste processo aplicado à hidrometalurgia é extrair seletivamente o metal de interesse eliminando impurezas. Resumidamente, o processo de extração por solvente se inicia pela extração do metal de uma fase aquosa através de um solvente orgânico eliminando as impurezas. O metal tem afinidade por um dos solventes enquanto as impurezas, não. O solvente orgânico, carregado com o metal segue para a etapa de reextração, na qual o metal é recuperado por meio do contato do solvente com uma solução concentrada de ácido. Para a escolha de um extratante, vários critérios devem ser considerados, os principais podem ser listados como: disponibilidade; custo; seletividade do metal de interesse em relação às impurezas presentes na fase aquosa; e facilidade de re-extração do metal para seguir para a próxima etapa do processo.
- III. **Adsorção em resinas de troca iônica ou em carvão ativado** - A adsorção é um processo de transferência de massa no qual uma ou mais substâncias (adsorvido) presente em uma fase gasosa ou líquida é transferida de forma seletiva para a superfície de um sólido poroso (adsorvente) (Heumann, 1997).

³⁷ pH=potencial de hidrogênio – determina condições de acidez de uma solução por meio do cálculo da concentração do íon H⁺ em solução. Fórmula: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$.

³⁸ Solute é a substância minoritária numa solução sendo, em geral, a substância de interesse.

- a. **Adsorção em resinas de troca iônica** – é um processo de adsorção química, que envolve a transferência ou compartilhamento de elétrons entre o adsorvido e o adsorvente. As resinas de troca iônica participam de uma reação química reversível na qual um íon em solução é trocado por um íon de mesma carga associado a uma fase sólida, representada pela resina. Esta fase sólida pode ser natural ou sintética. As resinas orgânicas sintéticas são predominantemente utilizadas atualmente, uma vez que podem ser feitas sob medida para a aplicação desejada. A resina pode ser posteriormente regenerada pelo contato com uma solução de ácido sulfúrico concentrada e então reutilizada para o tratamento de outra ‘porção’ do licor. O processo de troca iônica pode ocorrer em sistema de batelada ou em colunas. Em geral, colunas são preferidas, pois no caso de um sistema em batelada, a resina e a solução são misturadas em um tanque até que a reação atinja o equilíbrio, e, dessa forma, a regeneração em batelada pode ser quimicamente ineficiente. Passar a solução através de uma coluna contendo resina, por sua vez, é similar a tratar a solução em infinitos tanques em série. As características principais de uma resina de troca iônica são: capacidade de troca (quantidade de íons que uma resina pode trocar em determinadas condições); capacidade específica teórica (número máximo de sítios ativos da resina por grama, sendo que este valor pode ser maior que a capacidade de troca, já que nem todos os sítios ativos são acessíveis aos íons em dissolução); seletividade (propriedade da resina de mostrar maior afinidade por um íon que por outro, essa é a propriedade que determina o uso da resina para este ou aquele metal).
- b. **Adsorção em Carvão Ativado** - Este processo consiste em uma adsorção física, que, por definição, ocorre quando as moléculas de uma substância são

retidas na superfície de um sólido adsorvente. Neste tipo de adsorção, a superfície do adsorvente é coberta com uma camada de moléculas do adsorvido e sobre esta camada outras podem ser depositadas. Este tipo de fenômeno é muito rápido e permite a recuperação do adsorvido através do processo inverso (dessorção), por diminuição da pressão ou aumento da temperatura do sistema, permitindo assim a recuperação do adsorvido e regeneração do adsorvente para posterior reutilização. Na adsorção, a escolha do sólido adsorvente é um ponto determinante para se alcançar alta eficiência no processo. Dentre os vários tipos de materiais adsorventes frequentemente utilizados, o carvão ativado é o mais popular. Este processo é mais aplicado a processos de recuperação de ouro e tratamento de efluentes para descarte.

A última etapa do processamento hidrometalúrgico envolve a recuperação do metal da fase aquosa onde está presente. É, portanto, o processo inverso da lixiviação, pois consiste em precipitar o metal (solúvel) na forma metálica ou de um composto metálico. A recuperação do metal na forma metálica se dá através de três processos básicos: (i) cementação, (ii) redução por gases e (iii) *electrowinning* (eletrorrecuperação). Cada processo distingue-se pela fonte de elétrons para a reação de redução do metal em solução. Na cementação, a fonte de elétrons é outro metal mais eletropositivo. Na redução por gases, a fonte é um gás, com maior tendência a oxidar do que o metal de interesse. Na eletrorrecuperação tem-se uma fonte externa de elétrons. Todos estes processos são eletroquímicos e envolvem reações anódicas, catódicas, bem como a presença de um condutor iônico e um condutor elétrico (Freitas e Costa, 2005).

- I. **Cementação** - A cementação consiste na precipitação do metal em solução na forma metálica através da oxidação de outro metal. O processo hidrometalúrgico mais antigo

que se tem notícia é a cementação do cobre com o ferro, a técnica já era utilizada no século XVI, na Europa, para a recuperação do metal de efluentes de minas. Sucatas ou limalhas de ferro são utilizadas, na prática, para promover a precipitação do cobre. No processo de cementação, o cobre solubilizado é precipitado como cobre metálico e o ferro metálico solubilizado da forma de Fe^{2+} .

- II. **Redução por gases** - O hidrogênio (H_2) é de grande importância para a recuperação de metais. Este pode se apresentar como metal (devido à eletrólise da água) ou como não-metal (devido à reação com metal para formar hidretos). Dessa forma, H_2 pode retirar metais como cobre e níquel através de uma reação entre a solução sulfatada do metal e hidrogênio.
- III. **Eletrorrecuperação (*electrowinning*)**- A eletrorrecuperação permite a obtenção de catodos de elevada pureza a partir de soluções aquosas contendo o metal de interesse, e constitui o mais importante processo na recuperação dos principais metais produzidos através de processos hidrometalúrgicos. Os produtos da eletrólise se depositam sobre os eletrodos (se sólidos), com maior ou menor aderência, ou se desprendem sob a forma de bolhas (se gasosos). A produção de metais por meio da eletrólise exige matérias primas isentas de impurezas. Caso haja impurezas mais ‘nobres’ que o metal a ser produzido, sob o ponto de vista eletroquímico, estas se depositarão primeiro, contaminando o metal. Essa é, portanto, a base para a seletividade do processo. Por outro lado, como somente elétrons são fornecidos ao sistema, os metais produzidos por esse processo normalmente atingem um alto grau de pureza. Os metais produzidos industrialmente por redução eletrolítica a partir de soluções aquosas são: Cu, Ni, Co, Zn, Mn e Fe. O processo de eletrorrecuperação gera um consumo significativo de energia e constitui uma parcela importante do preço de

venda no caso do cobre, chegando a representar 12% desse valor em processos hidrometalúrgicos.

A hidrometalurgia tem sido uma tendência não só para concentrados e minérios oxidados, prontamente lixiviáveis devido às suas características, mas também para minérios sulfetados de cobre de mais baixo teor. Isso ocorre devido ao fato do baixo teor ser inviável aos processos pirometalúrgicos, podendo, justificar o seu tratamento – incluindo etapas adicionais quando comparado ao processamento de minérios sulfetados – via rotas hidrometalúrgicas. Atualmente, o desenvolvimento deste tipo de rota tem se mostrado uma forte tendência de estudos (Sobral *et al.*, 2005).

4.2.3 Visão Geral: processos hidrometalúrgicos x pirometalúrgicos

Essas duas macro opções para o processamento mineral de cobre (que são em geral aplicáveis também a outros minerais) podem ser sumarizadas nas alternativas de processo apresentadas na Figura 4.6, que resume as principais operações discutidas ao longo dos itens 4.2.1 e 4.2.2. As análises dos dados em termos de panoramas e tendências para as *tecnologias tradicionais* proposta pela presente dissertação serão baseadas, principalmente, nas tecnologias e conceitos apresentadas na Figura 4.5 e discutidos ao longo deste Capítulo até então.

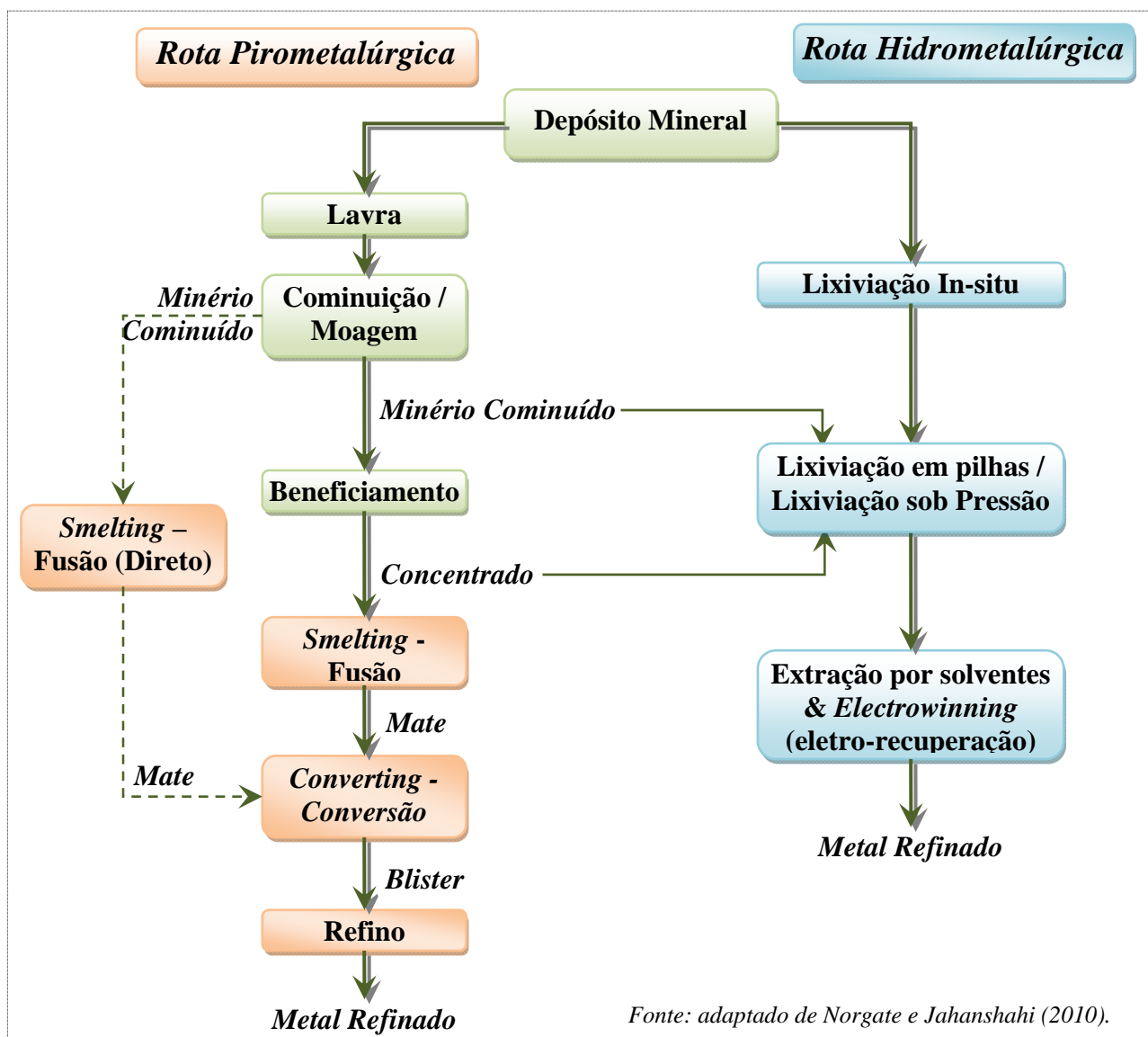


Figura 4.5 – Visão integrada das rotas de processo para cobre.

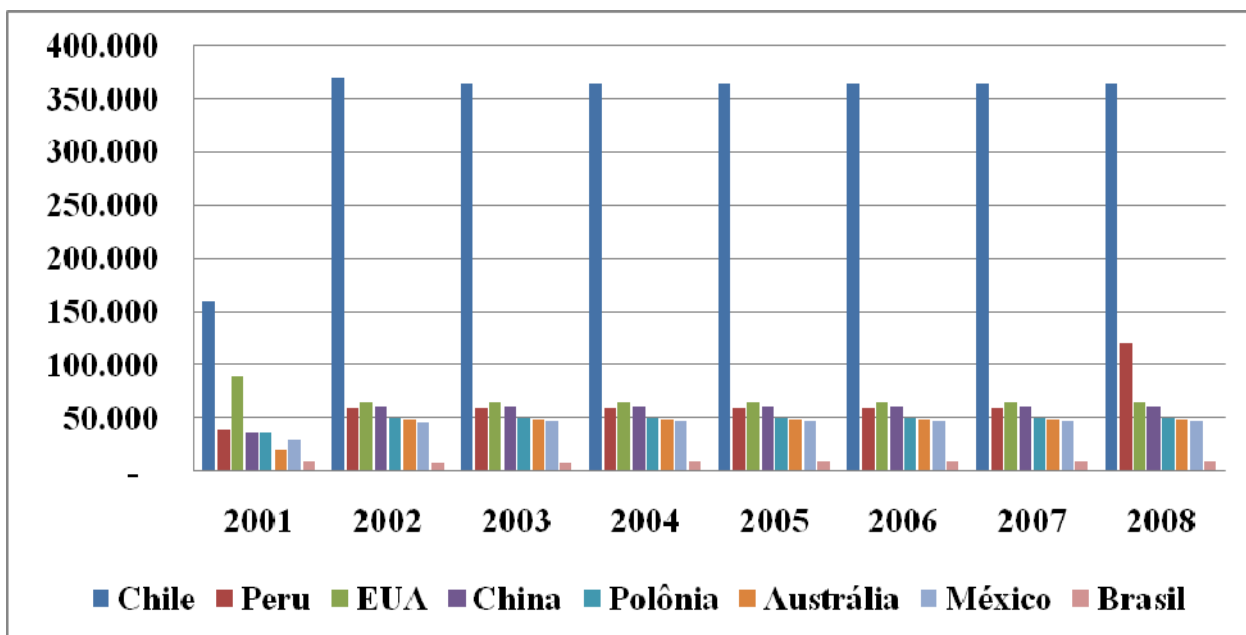
4.3 Aspectos Econômicos

4.3.1 Recursos e Reservas

O *ranking* de países detentores de reservas de cobre (ano-base 2008) apresenta a seguinte ordem: Chile (36,0%), que mantém hegemonia mundial ao longo dos anos, seguido de Peru (12,0%), cuja reavaliação de recursos em 2008 o projeta entre os maiores detentores de

recursos, Estados Unidos (7,0%) e China (6,3%), que juntos contabilizam 60% das reservas mundiais (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

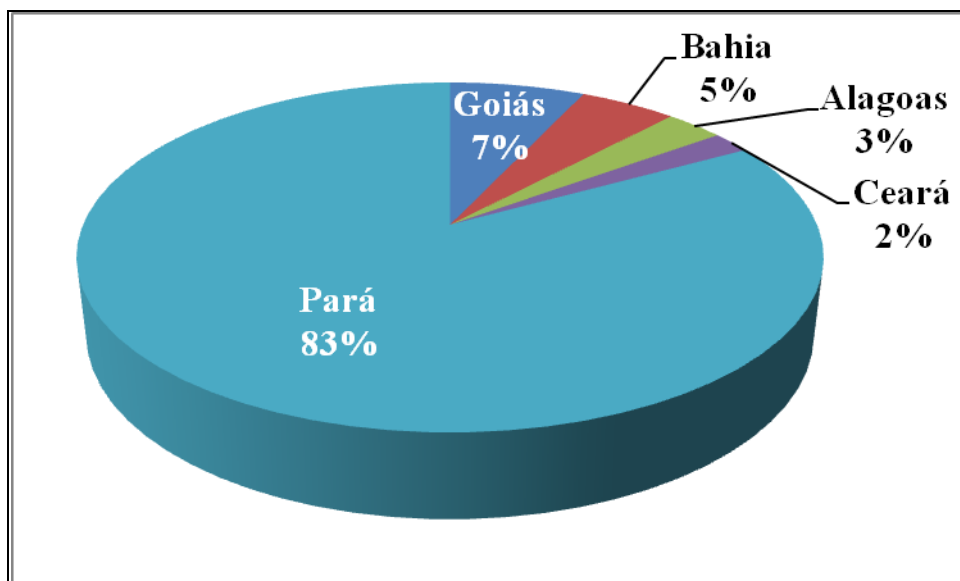
O Gráfico 4.2 mostra a evolução das reservas mundiais de cobre, por países.



Fonte: Adaptado de Fonseca, Heider e Rodrigues (2009).

Gráfico 4.2 – Evolução das reservas mundiais de Cobre, por países (em 10³ t).

No Brasil, em 2008, as reservas totalizaram 17,3 Mt Cu-contido (reservas medidas e indicadas) que representam 1,7% das reservas mundiais de cobre (13^a posição no *ranking* mundial). Na distribuição macrorregional das reservas observa-se maior concentração de recursos na região Norte do País, com destaque para o Estado do Pará. O Gráfico 4.3 mostra a distribuição das reservas brasileiras de cobre entre os Estados da Federação que possuem maior representatividade, os demais foram desconsiderados (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).



Fonte: Adaptado de Fonseca, Heider e Rodrigues (2009).

Gráfico 4.3 – Principais Reservas Brasileiras de cobre por Estado – ano-base 2008.

4.3.2 Oferta e Demanda

O ICSG – *International Copper Study Group* – lançou o Anuário Estatístico do Cobre-2009 consolidando estatísticas de oferta e demanda, no período de 1999 – 2008. Conforme essa série histórica a oferta de cobre mundial aumentou 21% neste período de 10 anos.

Em relação ao consumo mundial de cobre, houve um aumento de 26% nos últimos 10 anos. Pode-se atribuir esse aumento ao denominado ‘efeito China’ o principal elemento propulsor do crescimento da demanda mundial de cobre. Confirmando essa hipótese, a taxa de crescimento global no período (excluindo a China), foi de apenas 0,1%. Em termos regionais, o consumo cresceu na África (213%, 195.000 t)³⁹, na Ásia, excluindo-se China, (18%,

³⁹ Interessante observar que o aumento de 213% identificado na região africana se mostra expressivo em porcentagem, mas se encontra entre as menores variações em toneladas, o que pode significar que o aumento vem sendo crescente e representativo, mas não quer dizer que o volume do consumo tenha atingido os níveis de outras regiões. Há especulações sobre a instalação de siderúrgicas na África, o que leva a tendência ao aumento da demanda por cobre nessa região, o desenvolvimento industrial também pode ser responsável por esse número.

680.000 t) e na Europa, excluindo-se o UE-15⁴⁰ (108%, 768.000 t). Por outro lado, o consumo diminuiu nas Américas (-28%, 1,2 Mt), na EU-15 (-11%, 440.000 t) e na Oceania (-12%, 20.000).

A aplicação por excelência do cobre como material condutor de eletricidade impõe-se como fator determinante de demanda para a fabricação de fios, cabos, conectores e motores elétricos, respondendo por cerca de 60% do consumo mundial do metal. A condutividade térmica, por sua vez, é atributo fundamental nas aplicações de transferência de calor, em sistemas de condicionamento de ar e refrigeração, participando com cerca de 10% da demanda/consumo total citado.

Estudiosos apontam que o consumo de cobre *per capita* é indicador de desenvolvimento econômico. O consumo médio de Cu-metálico *per capita* conforme um *ranking* de países é liderado pelo Japão (9,30 kg/capita) e Estados Unidos (6,6 kg/capita). No grupo dos países emergentes, denominado BRICs, a Rússia (4,6 kg/capita) assume a ponta, seguida pela China (3,9 kg/capita), Brasil (2,0 kg/capita) e Índia (0,5 kg/capita) (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

4.3.2.1 Estrutura do Parque Mínero-metalúrgico Nacional

O parque minerador brasileiro é composto pelas minas Jaguarari (empresa Caraíba Mineração), na Bahia; minas de Sossego (Vale S.A.) e Serabi, no Pará; minas Chapada, em Alto Horizonte (Yamana), Americano do Brasil (Prometalica Centro-Oeste) e Niquelândia em Goiás; pela mina de Santa Helena, em Mato Grosso (Prometalica) e pela mina Serra da

⁴⁰ UE-15 designa os 15 primeiros países-membros da União Europeia (UE). Essa diferenciação existe, pois, os doze países que entraram na UE no período de 2004 a 2007 não têm os mesmos direitos que os outros 15. A integração à UE é progressiva.

Fortaleza, em Minas Gerais. As três principais minas do parque minerador brasileiro são Jaguarari, Sossego e Chapada, que responderam por 97% da produção nacional de cobre concentrado em 2008. A seguir são indicados dados gerais sobre cada uma delas (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

- A mina de Jaguarari está localizada na Fazenda Caraíba, Município de Jaguarari, distante 450 km de Salvador e iniciou suas operações em 1980. A produção em 2008 foi de 26.719 t Cu-contido, correspondentes a 12% da produção nacional. A mina tem vida útil estimada até 2013.
- A mina Sossego, no Pará, iniciou suas atividades em 2004, registrando uma produção de 125.918 t de Cu-contido, correspondentes a 57% da produção nacional em 2008. Estima-se a vida útil até 2019. A lavra é a céu aberto, sendo o produto transportado em esteira (4 km de extensão), até um sistema de britagem, moagem (um dos maiores moinhos do mundo, com 12 metros de diâmetro e 1.800 t/h) e lixiviação do minério. O concentrado final de cobre é transportado em caminhões até um armazém, na cidade de Parauapebas, seguindo via Estrada de Ferro Carajás para o Terminal Marítimo de São Luís, onde é embarcado para o mercado brasileiro e mundial.
- A mina Chapada (GO), que iniciou suas atividades em 2006, apresenta planejamento operacional até 2019, admitindo-se um ritmo de 60.000 t/ano de Cu-contido. A mina está localizada em Alto Horizonte, estado de Goiás, a cerca de 300 km ao norte de Goiânia. A produção em 2008 foi de 63.207 t de Cu-contido, correspondentes a 28% da produção nacional.

O parque metalúrgico, que compreende as empresas que tratam o concentrado de cobre, produzindo cobre blister, catodo e anodo, no Brasil é atualmente composto pela Caraíba

Metais, na Bahia e futuramente pela Usina Hidrometalúrgica de Carajás (UHC). Essa usina, localizada em Canaã dos Carajás-PA, que produzirá catodos de cobre, conta com investimentos de cerca de US\$ 90 milhões e terá capacidade instalada para processar 35 mil t/ano de Cu-concentrado, produzindo 10 mil t/ano de placas com 99,99% de pureza. As expectativas sobre a nova rota tecnológica hidrometalúrgica – além da eficiência no processamento de minérios de cobre com maior grau de impurezas – é de flexibilizar o tratamento da calcopirita e sulfetos secundários (bornita, calcosita) (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

A Usina da Caraíba Metais S.A., tem uma capacidade de produção anual de 210.000 t de Cu, além de 450.000 t de Ácido Sulfúrico e 300.000 t de escória. Hoje, a companhia processa cerca de 600 mil t/ano Cu-concentrado, que resultam em 220 mil t/ano de Cu-eletrolítico. A Caraíba Metais adquire o concentrados de cobre da Mineração Caraíba (cerca de 10% de seu volume total), da Vale S.A. (mina de Sossego-PA) e da mina Chapada, em Goiás, sendo o restante importado (principalmente Chile e Portugal).

A prevalência de opinião entre os analistas do *mineral negócio* é de que o cobre apresenta boas perspectivas, em grande parte devido a fatores de oferta e demanda. É neste ambiente favorável à atratividade de investimentos que sobressai o segmento minero-metalúrgico do cobre no Brasil, com desenhos de cenários nunca vistos, ante as perspectivas reais de aumento de produção.

Neste contexto, os projetos em curso e planejados permitem estimar uma capacidade de produção de Cu-contido em torno de 700.000 t/ano por volta de 2017. Os investimentos setoriais estimados aproximam-se na casa dos US\$ 4 bilhões, podem alcançar a ordem de US\$

6 e 7 bilhões. Com efeito, confirmando-se o ritmo de cronograma planejado nesses projetos, pode-se admitir que a produção brasileira alcance o patamar de 1 Mt de Cu-contido em torno de 2020.

Enfim, no Brasil, as expectativas sobre a minimização da vulnerabilidade externa do metal ganham alento com a entrada em produção da mina de Sossego, localizada em Canaã dos Carajás-PA, no ano de 2004. Na busca pela auto-suficiência em cobre despontam projetos de diversas empresas, projetando o País como possível importante exportador no mercado mundial de cobre.

A expectativa é de que se alcance a condição de auto-suficiência no metal já em 2013, com os adicionais de produção dos novos projetos da Vale S.A. e da Carajás Metais, além de outros projetos de menor porte, incluindo expansões de produção (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

4.3.2.2 Dinâmica de Preços e Flutuações de Estoques Mundiais

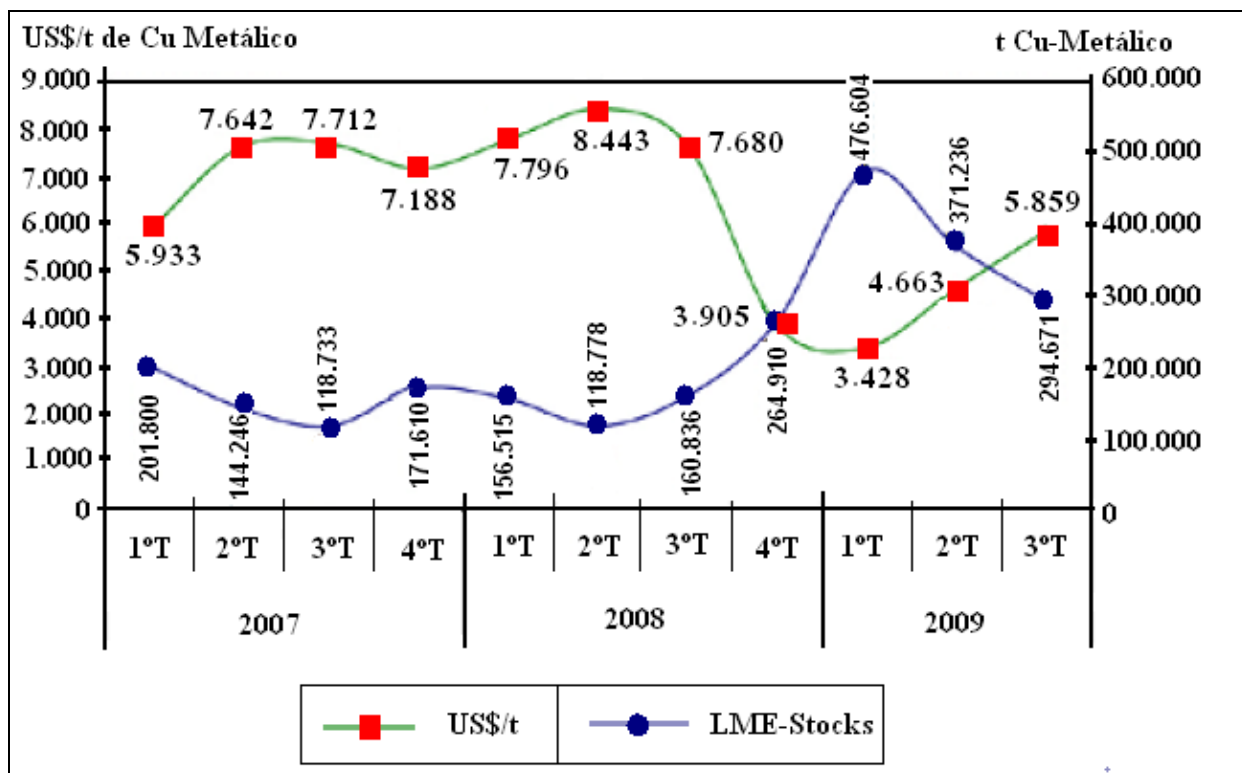
A formação do preço dos metais não-ferrosos (alumínio, cobre, chumbo, estanho, níquel e zinco) é realizada sob a influência da relação de equilíbrio entre as seguintes variáveis principais: oferta, demanda e estoques. A LME – *London Metal Exchange* (Bolsa de Metais de Londres) determina, mediante esses fatores, diariamente, as cotações desses metais.

A crise econômica mundial de 2008 refletiu imediatamente na dinâmica do movimento de preços internacionais das *commodities* minerais e na formação de estoques dos metais. O

cobre que ocupava posição de destaque no grupo de não-ferrosos cotados pela LME antes da crise, sofre impacto significativo.

Observou-se um aumento expressivo nos estoques do metal no último trimestre de 2008, correspondendo a 65% a mais do que o estoque registrado no trimestre anterior e 54% acima daquele contabilizado no trimestre equivalente de 2007. Neste ambiente, a curva de preços, por sua vez, declina a partir de setembro, atingindo a cotação de US\$ 2.901/t, em dezembro de 2008, valor aquém do ápice alcançado em maio do mesmo ano, quando foi registrado um preço de US\$ 8,686/t (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

Por outro lado, nos anos que antecederam a crise, observa-se uma significativa redução dos estoques disponíveis de concentrado no mercado mundial entre 2006 e 2007, entretanto, a análise combinada sobre a flutuação de estoques e preços internacionais do cobre na LME torna evidente a extensão da crise global que afetou o mercado de *commodities* de metálicas a partir do 3º trimestre de 2008. O Gráfico 4.4 mostra as flutuações de preços e estoques de cobre metálico entre 2007 e 2009.



Fonte: Adaptado de Fonseca, Heider e Rodrigues (2009).

Gráfico 4.4 – Flutuações de preços e estoques de Cu-metálico.

Confirmada a recuperação da economia mundial, com sinais de saída da recessão, a partir do 1º semestre de 2009, constata-se a retomada da tendência de elevação dos preços do cobre. Neste contexto, o crescimento registrado no 3º trimestre de 2009 em relação ao 2º trimestre do mesmo ano, que pode ser atribuído ao ritmo da demanda continuada da China e à recuperação gradual de alguns mercados, tem implicações favoráveis na redução observada dos estoques de cobre (-20,6%) – refletindo o aquecimento da demanda – e aumento no preço médio do metal (25,6%), no período. Ainda em 2009, considerando-se o preço médio do metal no 3º trimestre em relação a média registrada no 1º, conclui-se por um aumento de preço importante e expressivo (da ordem de 71%), ainda que se encontre cerca de 24% abaixo da média registrada no 3º trimestre do ano anterior (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

4.3.2.3 Fluxo de Comércio Brasileiro

O Fluxo de Comércio Exterior (exportações + importações), em 2008, para o cobre, foi da ordem de US\$ 3,9 bilhão, onde as importações representaram 69,8% (US\$ 2,7 bilhões) da composição desse fluxo, caracterizando um *deficit* na balança comercial do cobre da ordem de US\$ 1,5 bilhões.

O concentrado de cobre é responsável por praticamente a totalidade da pauta de bens primários brasileiros. A partir de 2004, o Brasil aparece como exportador de concentrado de forma crescente, registrando-se saldo positivo, em termos de quantidade, entre 2007 e 2008. Por outro lado, os catodos de cobre representam o item que mais impacta a balança comercial brasileira, registrando-se um saldo negativo da ordem de US\$ 1,2 bilhão, em 2008 (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

4.3.3 Perspectivas

O fator determinante à sustentação da demanda de *commodities* minerais é a ação do governo chinês ao manter o ritmo elevado de expansão do crédito e do investimento em infra-estrutura, o que pode assegurar recuperação dos preços (ainda que moderada), após forte declínio registrado no período de crise, a partir de meados de 2008 (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

Sob o ângulo da oferta e da tecnologia, admite-se que a progressiva escassez de jazidas de classe internacional aflorantes – predominantemente compostas por minérios oxidados, que ocorrem mais próximos à superfície – impõe o desenvolvimento de minas subterrâneas. A

participação da modalidade subterrânea (predominantemente de minério sulfetado) será crescente na oferta de minério de cobre, assegurando 50% da produção mundial em 2025, admitindo-se uma evolução da ordem de 9,6% a.a., enquanto as minas a céu aberto apresentariam taxas mais moderadas (3,5% a.a.) de crescimento médio no período 2007-2025 (Clayton, 2008)

No mercado interno, o cenário prospectivo mais importante está relacionado à Mina do Sossego, na província mineral de Carajás. As reservas lavráveis do Sossego (ano-base 2008) permitem estimar uma vida útil para a mina, que se iniciou em 2004, como sendo da ordem de 15 anos. A expectativa de verticalização⁴¹ da produção de minério concentrado e catodo de cobre, reside no sucesso experimental da nova rota tecnológica da hidrometalurgia empregada no projeto, cuja usina piloto terá uma capacidade instalada de 10.000 t Cu-catodo/ano (99,999% Cu).

Nesse cenário, nota-se a presença do fator tecnologia como determinante para os novos empreendimentos e para a expansão dos existentes. Dessa forma é igualmente importante se analisar os desafios que as tecnologias usuais e aquelas que estão em desenvolvimento representam para o sucesso no aproveitamento do cobre das reservas disponíveis no globo, seja ele sulfetado ou oxidado (Fonseca, Heider e Rodrigues, 2009).

4.4 Tendências e Gargalos Tecnológicos

A tendência mais expressiva no futuro da extração mineral é a necessidade de tratamento de minérios cada vez mais complexos e de mais baixos teores. Por um lado, esses fatores são

⁴¹ Verticalização implica que a empresa tem a intenção de ser seu próprio fornecedor, abrangendo todos os setores de produção para um determinado produto, sem necessitar de fornecedores externos.

aqueles que caracterizam o nicho de aplicação da hidrometalurgia, que são a razão do seu crescimento em relação aos processos pirometalúrgicos convencionais. Por outro lado, esses fatores salientam a necessidade da otimização de circuitos industriais, de forma a se manter uma relação favorável entre os custos de processo e o preço das *commodities* minerais.

É observada uma tendência maior a inovações incrementais – a melhoria e adaptação de processos existentes – do que a geração de novos processos que representam inovações radicais. A área de processos, pelas suas características intrínsecas, não é intensiva em inovações. Entretanto, não se devem ignorar os avanços importantes advindos do desenvolvimento dos processos atuais, como por exemplo, dos novos reagentes aplicados à extração por solventes de cobre, em particular, aqueles à base de oximas⁴².

Ciminelli (2007) traz reflexões, coletadas de diversos autores sobre as melhorias e *gargalos* dos processos existentes em hidrometalurgia.

As etapas que apresentam os desafios mais estudados nos últimos anos envolvem os processos hidrometalúrgicos, e em especial se concentram nas seguintes etapas/áreas: lixiviação; purificação do licor; tratamento de efluentes aquosos e recuperação do metal. Nesse contexto, serão apresentados a seguir os gargalos específicos de cada uma das quatro etapas destacadas pela autora.

⁴² Representam uma classe de compostos orgânicos empregados em processos de extração por solventes.

4.4.1 Lixiviação

As melhorias e avanços na lixiviação também decorrem da necessidade de se adaptar os processos a minérios mais complexos, de baixos teores e, ao mesmo tempo, a exigências ambientais cada vez mais rigorosas.

Os baixos teores dos depósitos apontam para a aplicação da lixiviação em pilhas e até “*in situ*”. Por outro lado, a complexidade e a difícil solubilização de alguns minérios levam à utilização de condições para favorecer a cinética da lixiviação: altas temperaturas e pressão; biolixiviação com microrganismos do tipo mesófilos e termófilos (espécies de microrganismos que suportam altas temperaturas para lixiviar o metal de interesse); e a utilização de reagentes mais agressivos, que permitam uma recuperação cada vez maior.

A experiência advinda do tratamento de minérios de ouro criou condições favoráveis para a aplicação dos processos de lixiviação sob pressão na extração de outros metais, como por exemplo, o cobre.

As pesquisas sobre a biolixiviação com microrganismos termófilos também têm recebido grandes investimentos de recursos, mas a tecnologia ainda não se encontra consolidada e competitiva em relação às rotas tradicionais. Os avanços e pesquisas sobre a etapa de lixiviação visam, de forma geral: favorecer a velocidade de dissolução de minérios de difícil solubilização; aumentar a recuperação dos metais de interesse; e reduzir os custos, de forma a possibilitar o aproveitamento de depósitos de menores teores.

De forma a ampliar a análise, alguns exemplos de desenvolvimentos e de gargalos tecnológicos dos processos de lixiviação em pilhas e em autoclaves (sob pressão) são indicados a seguir.

Dentre alguns desafios da lixiviação em pilhas destacam-se: a biolixiviação de minérios polimetálicos de Ni, Zn, Co e Cu; a biolixiviação de calcopirita; a modelagem detalhada do processo; o desenvolvimento de sensores, de forma a propiciar o melhor controle e modelagem do processo; e o aumento da recuperação do metal na lixiviação de minérios de baixo teor.

Os processos de lixiviação sob pressão abrangem uma ampla faixa de condições de operação, que promovem a oxidação total ou parcial do enxofre presente nos sulfetos. Alguns avanços nos processos de lixiviação sob pressão são indicados: utilização de catalisadores derivados de nitrato e para aplicação na lixiviação de cobre; utilização de baixas concentrações de íons cloreto, uma solução para o problema advindo da presença de cloro em alguns minérios; utilização de surfactantes para a dispersão de S (enxofre elementar) líquido no processo de oxidação total; desenvolvimento de sensores adequados a medidas de variáveis de processo em alta temperatura.

A aplicação da lixiviação em sistemas contendo cloretos para minérios oxidados de Ni-Co, sulfetos de Zn, Pb, Cu, Ni e outros metais é investigada como uma alternativa às elevadas temperaturas dos processos descritos anteriormente. Novos sensores de condições de processo foram desenvolvidos para atuar em condições de temperaturas mais elevadas e na presença de íons cloreto, que dissolveriam o eletrodo tradicional de ouro.

A biolixiviação de minérios primários de cobre, principalmente contendo calcopirita (CuFeS_2), ainda não se estabeleceu como processo industrial e aparece como um dos grandes desafios da área de bio-hidrometalurgia. A lixiviação lenta da calcopirita com os microrganismos do tipo mesófilos, utilizados na biolixiviação convencional, impulsiona diversas investigações, desde aquelas de caráter mais fundamental até outras voltadas à aplicação industrial. Do ponto de vista de mecanismo, a cinética lenta da reação é correlacionada ao controle por difusão em estado sólido na camada de produto. Dentre as experiências para aplicação industrial, destaca-se o projeto das empresas BHP-Billiton e Codelco usando o processo denominado BioCOP[®], que utiliza microrganismos termófilos em reatores com agitação, tendo sido testado em escala piloto para concentrados de cobre na usina de Chuquicamata, no Chile. O desenvolvimento de processo levou ao projeto de um sistema de agitação que atendesse a maior fragilidade dos microrganismos termófilos e, ao mesmo tempo, garantisse uma adequada transferência de massa e distribuição de oxigênio. No entanto, a planta piloto foi desativada ao final de 2005.

A busca de lixiviantes alternativos para a lixiviação de minérios de que contenham cobre e ouro motivou diversos estudos, em particular estudos que tratam do uso de tiosulfato e amônia. Mas, apesar dos avanços no entendimento dos mecanismos das reações, o consumo de tiosulfato e a dificuldade de recuperação do metal tornam o processo ainda inviável. Novas propostas envolvem a eliminação de amônia, o uso de catalisadores, o uso de ligantes para evitar a degradação de tiosulfato, a utilização de tiocianato e de soluções clorídricas. Apesar do grande número de investigações, o cianeto permanece como o lixivante universal para o ouro.

De uma maneira geral, as tendências apontam para a utilização mais ampla da lixiviação em pilhas e sob pressão.

4.4.2 Purificação do licor e tratamento de efluentes aquosos

As maiores tendências de estudos aplicados ao tratamento de licores de lixiviação via precipitação estão nas áreas de: recuperação de subprodutos e reaproveitamento de resíduos gerados com agregação de valor, redução de volumes de resíduos produzidos e diminuição de áreas impactadas. As etapas de purificação do licor e de tratamento de efluentes aquosos têm em comum a remoção de espécies dissolvidas da fase aquosa e, por esse motivo, seus desafios e novos desenvolvimentos podem ser colocados de forma conjunta.

Minérios complexos e de baixo teor exigem que o desempenho da etapa de purificação do licor seja o mais perfeito possível, tanto em relação à separação de impurezas como sobre a concentração da solução. Dentre os desafios no tratamento de licor e de efluentes via precipitação destacam-se: além dos desafios mencionados, o controle de tamanho, fase e morfologia dos precipitados através do controle da cinética de precipitação; a remoção de ânions (cianetos, cromatos, sulfetos e fluoretos) e em especial de sulfatos; a remoção de elementos-traço de grandes volumes de fase aquosa.

Quando o objetivo é concentrar a espécie dissolvida (metal ou impureza), são utilizados processos que envolvem a extração desta espécie em uma fase (líquida ou sólida) imiscível na fase aquosa. A extração por solventes (SX) é um processo plenamente consolidado, seja para o tratamento de soluções complexas, seja para operações em larga escala. Com a primeira

aplicação em 1969, o processo chega a dominar de 20-25% da produção mundial de cobre (Ramachandran, 2003).

Mesmo sendo a primeira aplicação de 1969 é importante observar que até os dias de hoje há depósitos de patentes referentes a especificidades desse processo de extração por solventes (SX), o que indica que embora incremental, o setor é propício para inovações incrementais inventivas e que podem promover vantagens competitivas.

Do ponto de vista de reagentes, os processos comerciais de SX de cobre estão baseados no uso do reagente de nome comercial Acorga[®] (nome químico: nonilsalicilaldoxima modificada), uma oxima desenvolvida pela empresa Cytec, que, em 1980, veio substituir a ketoxima, reagente mais empregado até aquele momento. Diante disso, e graças ao novo desenvolvimento o processo de SX foi também adaptado para tratar licores provenientes da lixiviação sob pressão de concentrados de cobre.

Alguns dos principais desafios para a área de purificação do licor através da utilização de extratantes líquidos ou sólidos são indicados a seguir: aplicações mais diversificadas da SX; novos reagentes e modificadores que permitam aumentar a eficiência dos processos de SX e diminuir o tamanho das usinas; recuperação de subprodutos; resinas poliméricas mais resistentes em condições abrasivas; sorventes sólidos de elevada capacidade de sorção e de fácil separação da polpa; combinação de técnicas espectroscópicas avançadas e de modelagem molecular nos estudos de mecanismo de reações de adsorção (Ramachandran, 2003).

Na área de tratamento de efluentes, os extratantes sólidos são mais utilizados do que os extratantes em fase líquida. A aplicação de resinas poliméricas de troca-iônica tem se

ampliado. Ao mesmo tempo, aumenta o número de sorventes feitos sob medida através de funcionalização de argilominerais, sílica, ferritas, dentre outros.

4.4.3 Recuperação do metal

A eletrorrecuperação (*EW*) permite a obtenção de catodos de elevada pureza diretamente, a partir de soluções aquosas contendo o metal, e constitui o mais importante processo na recuperação dos principais metais produzidos através de processos hidrometalúrgicos, dentre eles, o cobre. O consumo de energia pode ser significativo e constitui uma parcela importante do preço de venda, conforme já mencionado.

Assim, as tendências tecnológicas na área de eletrorrecuperação refletem esse cenário e apontam para: redução do consumo específico de energia; utilização de maiores densidades de corrente; construção de unidades mais compactas. Importante mencionar que a literatura, nem os documentos de patentes, tratam da busca explícita por processos substitutos, o que mais um vez reafirma a tendência a melhorar os processos já estabelecidos na indústria mineral.

4.4.4 Considerações sobre os minérios de baixo teor

Corroborando com as colocações de Ciminelli (2007), Norgate e Jahanshahi (2010) apresentam dados que mostram que as reservas de cobre com teor considerado alto e que conseqüentemente não representam desafios tecnológicos significativos, têm sua vida útil estimada em 31 anos, sem considerar processos de reciclagem e considerando as atuais taxas de consumo do metal. Os autores ressaltam que o número de reservas e seu volume tende a mudar ao longo do tempo, mas ainda assim, o dado é um indicativo de que cada vez mais as mineradoras devem investir em soluções para beneficiar minérios de baixo teor. Além disso, é

uma tendência global a redução dos teores das reservas de cobre, pois, as reservas de mais alto teor são consumidas mais rapidamente.

Os processos de produção pirometalúrgicos tendem a ser mais caros quanto mais baixo é o teor de cobre, devido ao aumento do consumo de energia. Além disso, quanto mais baixo o teor de cobre, analogamente, há mais emissões de gases que provocam o efeito estufa (CO₂) (Norgate e Jahanshahi, 2010).

Essas considerações estão alinhadas às questões discutidas sobre sustentabilidade discutidas anteriormente. Os minerais de cobre de baixo teor podem ser apontados como os responsáveis, no futuro, pelo aumento nos custos energéticos nos processos de produção de cobre metálico e conseqüente aumento das emissões de gases que provocam o efeito estufa, conforme mencionado. Nesse sentido, procurando se adequar às demandas de sustentabilidade ambiental, a escolha da melhor alternativa de processo para minérios de baixo teor, visando uma redução dos impactos mencionados não é trivial; e depende fortemente das características mineralógicas de cada depósito mineral, não sendo possível, portanto, uma regra única.

No entanto, no estudo apresentado por Norgate e Jahanshahi (2010), onde há comparações e análises referentes a esses impactos no que tange as rotas tradicionais de processo, há indicativos de que existem duas classificações:

- caso o depósito mineral a ser tratado não necessite de britagem/moagem adicionais em seus minerais, o processo pirometalúrgico, mais especificamente, as etapas de concentração convencionais e de fusão (*smelting*) são as rotas preferenciais;

- por outro lado, se a moagem em frações mais finas for requerida (abaixo de 5 μ m), a rota preferencial é compreendida nas operações hidrometalúrgicas, especificamente, a lixiviação em pilhas; para esse caso, os autores indicam ainda que um processo direto de fusão (uma opção da pirometalurgia) pode ser empregado como segunda opção e que pode significar redução dos impactos ambientais e de consumo de energia.

4.4.5 A Pesquisa e Desenvolvimento em hidrometalurgia no Brasil

Os países que hoje se destacam como grandes *players* na área de mineração, especialmente, em processos hidrometalúrgicos, e que também são reconhecidos como grandes exportadores de tecnologia são a Austrália e o Canadá. O desempenho desses países é fruto de uma série de programas de investimentos de longo prazo envolvendo indústrias, governo e instituições de ensino e pesquisa. Ciminelli (2007) destaca ainda que, no Brasil, os novos projetos da área mineral têm utilizado consultorias procedentes desses dois países. Além disso, vários projetos são totalmente desenvolvidos em laboratórios do exterior.

“Ao procurar-se fortalecer a área de hidrometalurgia, ambiciona-se contribuir no sentido de que o crescimento do país, na produção de metais não-ferrosos, venha acompanhado do seu crescimento como gerador e exportador de tecnologia. Esse esforço passa certamente pela identificação criteriosa de prioridades e das competências e vantagens competitivas e complementares das Instituições e, a partir dessa análise, da seleção de nichos de oportunidade para o estabelecimento de excelência (Ciminelli, 2007).”

O sucesso dos novos desenvolvimentos no país está profundamente relacionado a um programa bem estruturado de pesquisa e desenvolvimento, com investimentos e esforços em médio e longo prazos e comprometimento conjunto das iniciativas pública e privada.

Além disso, o uso das informações contidas em documentos patentes, cujo incentivo pode vir dessa maior estruturação e investimento em P&D no setor, é uma ferramenta fundamental nesse contexto. Assim, o contínuo aperfeiçoamento das operações de processamento, proteção dos mesmos usando depósitos de patentes e buscas por informações sobre os novos desenvolvimentos nos documentos de patentes representam o caminho que deve compor um programa bem estruturado de pesquisa e desenvolvimento tanto a nível empresarial quando nacional. E então, se insere a importância da disseminação de conhecimentos acerca de propriedade intelectual em meio aos profissionais do setor de beneficiamento mineral. É necessário haver incentivo e divulgação do sistema de propriedade intelectual e em especial da importante fonte de informação tecnológica representada pelos documentos de patente.

Assim, a pesquisa de documentos de patentes proposta pelo presente trabalho, analisada sob a ótica da metodologia a ser descrita e discutida no Capítulo 5, poderá promover um entendimento dos depósitos de patentes nesse setor e mostrar que os documentos de patente são uma fonte de informação valiosa – e facilmente acessível – para traçar panoramas tecnológicos na indústria mineral.

5. Metodologia

O beneficiamento de minerais, conforme exposto nas seções anteriores, é uma área ampla e que contém diversas interseções, em termos de palavras-chave com a área de metalurgia não-extrativa ou siderurgia (indústria de transformação). Para realizar buscas de documentos de patente na área de beneficiamento, que faz parte da cadeia da indústria extrativa, é importante conhecer com precisão o objeto a ser estudado para separá-lo da interseção com a área da indústria de transformação.

No caso do bem mineral *cobre* essas interseções podem dificultar ainda mais buscas baseadas exclusivamente em palavras-chave, por se tratar de um mineral amplamente empregado em aplicações siderúrgicas, observada ainda a diversidade de produtos finais que o contém. Além disso, e devido a esse fato, há também um interesse de sua recuperação a partir de resíduos metálicos visando seu reaproveitamento.

Nesse contexto, procurou-se, em um primeiro momento, trabalhar com a seleção de palavras-chave associadas às Classificações Internacionais de Patentes (CIP) para avaliar os resultados preliminares de buscas e averiguar se uma estratégia combinada entre palavras-chave e classificações internacionais de patente atenderia ao objetivo do presente trabalho, que é a busca de um panorama abrangente para o processamento mineral de cobre. Além disso, procurou-se estabelecer uma metodologia que pode ser aplicada para qualquer bem mineral em buscas de documentos de patente.

5.1 Delineamento do Tema da Busca usando Classificações de Patentes

Os códigos de Classificação Internacional de Patente (CIP) são compostos por letras e números que indicam as diversas áreas tecnológicas com diferentes índices de especificidades. A CIP serve para classificar o conteúdo técnico de um documento de patente. O organismo responsável pela publicação do pedido de patente atribui os símbolos da CIP válidos no momento da publicação do pedido da invenção. A CIP está disponível na página Web da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI – sigla em inglês: WIPO⁴³) e também para consulta em sua versão em português no site do INPI⁴⁴.

Cada símbolo da classificação é constituído por uma letra, indicando a Seção da CIP (p.ex. C), seguida por um número (dois dígitos) indicando a classe da CIP (p.ex. C22). Opcionalmente, o símbolo da classificação pode ser seguido por uma sequência de uma letra, indicando a subclasse da CIP (p.ex. C22B), um número (variável, 1 a 3 dígitos) indicando o grupo principal da CIP (p.ex. C22B15), uma barra oblíqua "/" e outro número (variável, 1 a 3 dígitos) indicando o subgrupo da CIP (p.ex. C22B15/02). A CIP divide a técnica em oito setores principais, contando, com cerca de 70 mil subdivisões. Conforme mencionado, cada subdivisão tem um símbolo composto de algarismos arábicos e de letras do alfabeto latino, sendo os oito setores principais (denominados seções) os seguintes:

- Seção A - Necessidades Humanas.
- Seção B - Operações de Processamento; Transporte.
- Seção C - Química e Metalurgia.

⁴³ <http://www.wipo.int>

⁴⁴ A versão atual da CIP está disponível em português por meio do link que direciona para o site do INPI: <http://pesquisa.inpi.gov.br/ipc/index.php> Nesse link é possível localizar as definições de todos os códigos da CIP, a interface de busca permite a entrada do código completo ou incompleta da classificação que se deseja buscar.

- Seção D - Têxteis e Papel.
- Seção E - Construções Fixas.
- Seção F - Eng. Mecânica / Iluminação / Aquecimento.
- Seção G – Física.
- Seção H – Eletricidade.

A Figura 5.1 traz uma ilustração de um dos códigos da CIP, exemplificando as classes, subclasses, grupos e subgrupos de cada código.

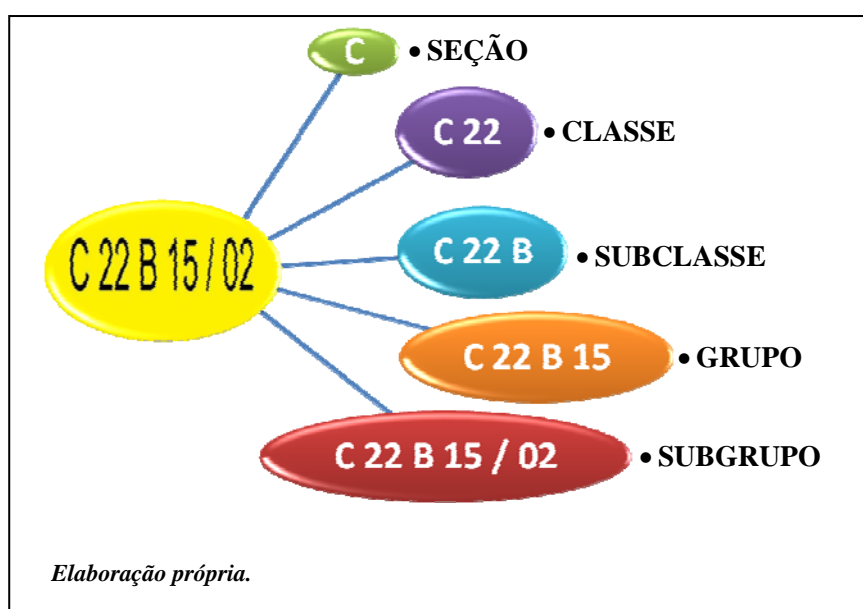


Figura 5.1 – Ilustração das definições de seção, classe, subclasse, grupo e subgrupo na CIP.

No site do INPI⁴⁵ há explicações sobre a oitava edição (2006) da CIP, que representa sua primeira publicação depois de um período de reforma, realizado de 1999 a 2005. Algumas mudanças foram introduzidas no curso dessa reforma, dentre as quais se destacam; (a) a classificação foi dividida nos níveis básico (*core level*) e avançado (*advanced level*); (b)

⁴⁵ www.inpi.gov.br (informações detalhadas sobre a CIP: http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta_classificacao/historia.html)

quando a classificação for revisada, os documentos de patente serão reclassificados de acordo com os níveis básico e avançados, e (c) o conceito de informação adicional foi acrescentado, sobre o qual será abordado quando das buscas do presente trabalho. Além disso, os escritórios nacionais de patentes foram solicitados a classificar seus documentos de patentes ou pelo nível básico ou pelo nível avançado. O nível básico representa uma parte relativamente compacta e estável da oitava edição da CIP, inclui cerca de 20 mil entradas em níveis hierárquicos de classificação: seções, classes, subclasses, grupos principais e em alguns campos técnicos, subgrupos com um pequeno número de subdivisões. As emendas propostas nas revisões no nível básico, não serão incluídas até a próxima edição do nível básico, que ocorre a cada três anos. O nível básico tem como objetivo a classificação das coleções nacionais de documentos de patentes contendo documentos de patentes publicados por pequenos e médios escritórios de patentes. O nível avançado inclui o nível básico e também subdivisões mais detalhadas de cada entrada do nível básico, ele contém aproximadamente 70 mil entradas na oitava edição. As revisões do nível avançado são preparadas através de um procedimento acelerado e são periodicamente – a cada três meses – introduzidas no nível avançado. O nível avançado tem como objetivo a classificação de grandes coleções de documentos de patentes pertencentes à documentação mínima do *Patent Cooperation Treaty* (PCT)⁴⁶ e para uso de grandes escritórios de patentes no mundo.

⁴⁶ PCT significa *Patent Cooperation Treaty* (Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes). O PCT foi estabelecido em 19 de junho de 1970, em Washington, como a finalidade desenvolver o sistema de patentes e de transferência de tecnologia. O PCT só entrou em vigor no Brasil em 1978. Até novembro de 2010 existem 184 países signatários do PCT. O PCT tem como objetivo simplificar, tornando mais eficaz e econômico, tanto para o usuário como para os órgãos governamentais encarregados na administração do sistema de patentes, o procedimento de uma solicitação para proteção patentária em vários países. No que se refere ao pedido internacional, o tratado prevê basicamente o depósito internacional e uma busca internacional. O depósito do pedido internacional deve ser efetuado em um dos países membros do PCT e tal depósito terá efeito simultâneo nos demais países membros. O Pedido Internacional, junto com o relatório internacional da busca, é publicado após o prazo de dezoito meses contados a partir da data de depósito internacional ou da prioridade, se houver. É importante ressaltar que o pedido internacional não elimina a necessidade quanto à instrução regular do pedido diante dos Escritórios Nacionais designados pelo depositante. A *Documentação mínima do PCT* é um conjunto de fontes de informação – tanto de patentes como de literatura – definidos pela OMPI/WIPO aos quais uma autoridade internacional de busca (escritório de patentes) deve ter acesso para examinar e emitir um relatório internacional de busca sobre um dado pedido de patente depositado via PCT. **Fontes:** <http://www.wipo.int/members/en/> e http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta_pct.

É importante mencionar que durante a realização deste trabalho a CIP está passando por mudanças que, em resumo, levarão a simplificação da classificação, mas diante do período de transição, as questões já discutidas permanecem válidas para as buscas efetuadas e serão assim consideradas para a presente dissertação, o que não limita o fato de que em trabalhos futuros, discussões referentes a CIP possam ser revistas e igualmente simplificadas.⁴⁷

Para o presente trabalho, inicialmente, foram definidas as classificações internacionais de patentes relacionadas à área em estudo. Com o auxílio da ferramenta TACSY, disponível no site da WIPO (<http://www.wipo.int/tacsy>)⁴⁸, foi realizada uma busca colocando-se a palavra-chave *copper* (*cobre* em inglês) no campo *Query*, conforme mostrado na Figura 5.2. Como resultado, conforme mostra a mesma Figura, foram listadas as principais subclasses e grupos da classificação internacional de patentes que continham essa palavra.

⁴⁷ As versão da CIP vigente/abordada no presente trabalho é a versão 8, no entanto, a CIP está passando por grandes mudanças neste ano (2010). No Site da WIPO é informado que a partir de 2011 o procedimento de atualização será simplificado, bem como os conceitos de níveis básico e avançado de classificação serão descontinuados, por ter sido concluído que foram causadores de confusão na classificação. Assim é importante mencionar que a CIP está em plena fase de mudança, o que impossibilitaria uma maior precisão e mesmo recuperação dessas classificações de patentes que não mais são empregadas aos processos de obtenção de cobre. O texto extratido do próprio site da WIPO, expõe algumas dessas questões: *"In the course of 2010, a number of simplifications will be introduced in the IPC. The division between the core and advanced levels will be removed and only one text of the IPC will be published. Offices classifying using the core level will use the main groups of the IPC instead. New versions of the IPC will be published in principle once a year. These changes will enter into force on January 1, 2011, and are available for consultation using the new platform. For more information, please consult the link to IPC simplification. The WIPO IPC website will be gradually updated during 2010 in order to comply with these simplifications."*

⁴⁸ A ferramenta TACSY é uma ferramenta de busca de classificações internacionais de patentes, que varre o texto das classificações em busca da palavra-chave determinada no campo *Query*. Como resultado são mostradas as classificações de patente que contém o termo procurado, conforme apresentado na Figura 4.1.

WIPO IP SERVICES
WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION

Natural language search in the IPC - TACSY version 2.1.1
IPC version used by TACSY: 2010.01

IPC Home Page - Help

Query: copper

Satisfactory results ? 0-Out of scope [Submit]

IPC code filter: [] [Search]

Search language: English []

IPC language: Default []

Answer depth: Automatic []

User feedback stats

IPC codes proposed:

Result Number	IPC Symbol	Confidence
(1)	C22B 15/00	★★★★★
(2)	C25C 1/12	★★★★★
(3)	A01N 59/20	★★★★★
(4)	A61K 33/34	★★★★★
(5)	B01J 23/72	★★★★★

>> More...

Figura 5.2 – Tela de Busca de Classificações – Ferramenta TACSY.⁴⁹

Após análise das classificações indicadas, foi selecionada a classificação que está diretamente relacionada à obtenção do cobre e não aquelas relacionadas ao seu uso final em associação com outros metais, que representam a maioria das classificações mostradas por essa busca. Há ainda CIPs que mostram o uso do elemento cobre como componente de composições de medicamentos e alimentos, que não tem relação como presente trabalho. Dessa forma, segue abaixo a descrição da classificação selecionada para as buscas de documentos de patente do presente trabalho, que foi a primeira exibida na busca de classificações mostrada na Figura 5.2.

- **Obtenção de Cobre** – Subgrupo principal **C22B 15/00**. *Descrição: Classe C22:* metalurgia; ligas ferrosas ou não-ferrosas; tratamento de ligas ou de metais não-

⁴⁹ Embora a ferramenta de buscas por palavras-chave para localizar classificações de patente não esteja disponível em português, uma vez localizados os códigos, estes podem ser inseridos na página <http://pesquisa.inpi.gov.br/ipc/index.php> do INPI, visando consultar suas definições na íntegra e em português, o que foi feito para a análise e consulta das classificações indicadas pela ferramenta TACSY.

ferrosos. **Subclasse C22B:** produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.

Os subgrupos do grupo **C22B 15**, apresentados na Figura 5.3, mostram diferentes meios de obtenção do cobre, sendo que não há como selecionar um que seja preferencial ao propósito do presente trabalho, pois, todos tratam de processos que envolvem de alguma maneira fluxogramas pirometalúrgicos, e que, embora não mencionem explicitamente os processos hidrometalúrgicos, buscas preliminares indicaram que os processos de obtenção de cobre que empregam hidrometalurgia apresentam em sua maioria o código da CIP **C22B 15/00**.

Assim, como estratégia de busca é utilizado o grupo **C22B 15**, incluindo todos os seus subgrupos, ainda que essa classificação represente a obtenção de resultados que vão além do propósito do trabalho, ela garante a recuperação de todos os documentos que possam vir a ser relevantes. Essa estratégia é possível, pois, as bases de dados aceitam a busca pelo código da CIP na sua forma incompleta (até o nível de grupos, não sendo necessário discriminar seus subgrupos) e interpretam tal entrada como solicitação de todas as “subclassificações” específicas compreendidas por aquele código.

C22B 15/00	Obtenção do cobre
C22B 15/02	• em alto-fornos
C22B 15/04	• em fornos de reverbação
C22B 15/06	• em conversores
C22B 15/14	• Refino

Figura 5.3 – Visualização dos subgrupos do grupo **C22B 15**.

Dessa forma, ao se analisar superficialmente alguns documentos que contém essa classificação como principal, nota-se que se trata de fato de um critério mais abrangente, pois, sempre que houver a obtenção de cobre, que nem sempre ocorre a partir do seu mineral –

podendo ocorrer a partir de rejeitos ou de sucatas diversas – essa classificação será aplicada. Ela é, portanto, um ponto de partida amplo para o tema em questão, cabendo, para refino da busca uma análise mais criteriosa dos documentos e o uso de palavras-chave específicas. Após a definição da base de dados, será avaliado o emprego de classificações de patentes acessórias e palavras-chave depois de uma análise preliminar das buscas e também como resultado das análises na parte de conclusões do presente trabalho. Além disso, a procura por classificações de patentes não foi exaustiva, dado o caráter abrangente do objetivo da busca e ainda, preferiu-se o critério *macro* do grupo **C22B 15** devido à possibilidade de erros à medida que se escolhem classificações de patentes no nível de subgrupos, pois, pode haver, pelas experiências em se consultar documentos de patente, deficiências no sistema de classificação adotados por diferentes escritórios de patente. A dificuldade de localizar classificações abrangentes para o setor específico da mineração é um indício dessa deficiência para certas áreas do conhecimento.

Por outro lado, a análise das classificações de patentes levantadas, bem como a da escolhida, leva à inferência de que pode ser interessante, também, se avaliar as outras fontes de obtenção de cobre que não seu mineral, ainda que não seja foco do trabalho, mas em termos comparativos. Esse indicador pode fazer parte de um panorama mais amplo, a respeito do esforço tecnológico para recuperar cobre de fontes diversas comparado à recuperação a partir de fontes naturais (minerais). Neste cenário, pode haver um indicativo de questões que envolvam sustentabilidade (em termos de recuperação de cobre de rejeitos, preocupações voltados ao meio ambiente, etc.) caso o volume de obtenção de cobre a partir de rejeitos seja maior. Assim, a classificação escolhida pode promover um panorama mais abrangente e abre caminhos para análises diversas.

Além da definição da classificação de patentes, foi também delimitado o período de abrangência da busca, definido como sendo de 20 anos, compreendendo os anos de 1990 a 2009. O tempo em questão foi definido por compreender um período próximo dos anos atuais, uma vez que o estudo pretende apresentar um panorama contemporâneo das tecnologias da área mineral. Além disso, o período escolhido foi de 20 anos por se tratar de uma indústria madura, que leva um tempo relativamente maior para concluir seus novos desenvolvimentos; não é um setor intensivo em tecnologia, portanto, um período de tempo, por exemplo, inferior a 10 anos não seria amplo o bastante para que fossem observadas mudanças tecnológicas ou tendências de forma abrangente.

5.2 Escolha da Base de Dados

Para realizar a escolha da base de dados foram considerados os seguintes fatores:

- disponibilidade de acesso;
- cobertura de países;
- qualidade das informações/resumos;
- diante da impossibilidade de usar um software de *data mining*, a disponibilidade de se obter resumos e mais informações sobre os documentos da busca na forma de planilhas pré-formatadas.

Nesse contexto, foram avaliadas duas bases de dados: o *Esp@cenet*[®] e o *Derwent Innovations Index*[®] (*DII*), cujas informações gerais são apresentadas a seguir.

5.2.1 *Esp@cenet*[®]

O *Esp@cenet*[®] é uma base de dados de documentos de patentes – tanto pedidos quanto patentes concedidas de diversos países – que possibilita acesso gratuito a suas informações. Foi desenvolvida e é gerenciada pelo Escritório Europeu de Patentes e é alimentada em conjunto com os países membros da Organização Europeia de Patentes e com alguns dos escritórios de patentes ao redor do mundo. O banco de dados possui uma interface de busca que permite o acesso aos resumos em inglês, informações gerais e patente/pedido completo, quando disponível, de todos os documentos.

O *Esp@cenet*[®] possui quatro interfaces de buscas em sua página principal: (I) uma busca simples (*Quick Search*) que permite a busca por palavras no título e resumo e também a busca por pessoas (inventores) e depositantes; (II) uma busca avançada, que permite a localização de documentos usando-se 10 critérios, apresentados na Figura 5.4; (III) uma busca pelo número do documento de patente, quando já se sabe o número do documento que se deseja localizar, sendo, portanto, pontual; e (IV) uma busca que se refere à localização não do documento de patente, mas da classificação de patentes europeia (ECLA⁵⁰ – *European Classification*), que permite a localização daquela mais adequada a determinadas áreas do conhecimento sobre as quais se deseja fazer uma busca e que podem ser usadas como critério de busca na interface avançada do *Esp@cenet*[®]. Essa busca apresentada pela alternativa (IV) é similar à busca apresentada pela ferramenta TACSY do site da WIPO, porém, específica para a classificação criada pelo EPO.

⁵⁰ A ECLA não será abordada com detalhes no presente trabalho por ser uma classificação que embora de grande utilidade não está disponível para todos os documentos dessa base de dados, e, ainda, as buscas preliminares mostraram que não haveria ganho significativo no seu emprego. No entanto, nada impede que em trabalhos futuros essa classificação do EPO seja melhor estudada e empregada como critério de busca. Essa classificação, assim como o *Derwent Class Code* e o *Derwent Manual Code*, a serem abordados nas seções seguintes desse capítulo, representa um espelho da Classificação Internacional de Patentes (CIP).

The image shows a screenshot of the Esp@cenet website. The browser address bar displays <http://ep.espacenet.com/>, which is circled in red. A red arrow points from this link to a text box that reads "Link principal de acesso ao Esp@cenet®".

On the left side of the page, there is a navigation menu with four options: "Quick Search", "Advanced Search", "Number Search", and "Classification Search". The "Advanced Search" option is circled in red. A red arrow points from this option to a text box that reads "Interface da busca avançada do Esp@cenet®".

The main content area shows the advanced search interface. At the top, there is a dropdown menu for "Select patent database:" with the selected option being "Worldwide - full collection of published patent applications from 80+ countries". Below this, the section "2. Search terms" is displayed. It contains several input fields with the following labels and values:

- Keyword(s) in title: plastic and bicycle
- Keyword(s) in title or abstract: hair
- Publication number: WO2008014520
- Application number: DE19971031696
- Priority number: WO1995US15925
- Publication date: yyyyymmdd
- Applicant(s): Institut Pasteur
- Inventor(s): Smith
- European Classification (ECLA): F03G7/10
- International Patent Classification (IPC): H03M1/12

At the bottom of the search form, there are two buttons: "SEARCH" and "CLEAR".

Elaboração própria.

Figura 5.4 – Referências sobre as interfaces de busca disponíveis no Esp@cenet®.

5.2.2 *Derwent Innovations Index*[®]

O *Derwent Innovations Index*[®], que terá seu nome abreviado para *DII* no presente texto, é uma base de dados comercial de documentos de patentes, e, da mesma forma, compreende tanto pedidos quanto patentes concedidas. Essa base de dados contém análises resumidas dos documentos de patente publicados em diversos países. Um grupo de especialistas realiza a análise de cada documento e a disponibiliza nesse banco de dados juntamente com todas as informações bibliográficas originais dos documentos. O *DII* é um dos produtos da empresa *Thomson Reuters*.

O *DII*, assim como o *Esp@cenet*[®] possui interfaces de buscas simples e avançada para localização de documentos de patentes. E, da mesma forma, também possui interfaces para busca de classificações de patentes estabelecidas pela própria base (*Derwent Class Code* e *Derwent Manual Code*) e disponibilizadas para todos os documentos da base. Essas classificações, assim como a ECLA, permitem outra visão (além da promovida pela classificação internacional de patentes) da classificação das tecnologias, o que pode ser usado, também, como critério de busca. Por ser uma base de dados paga, os links completos para seu acesso variam de acordo com a empresa/instituição que a contrata. Assim, como um dos acessos mais importantes no meio acadêmico no Brasil a essa base de dados se dá via Portal de periódicos da Capes⁵¹ (acessíveis a partir das universidades públicas e instituições de ciência e tecnologia), a Figura 5.5, ilustra a localização do *Derwent Innovations Index*[®] por meio desse Portal.

⁵¹ O Portal, na íntegra é acessível apenas a Instituições de Ciência e Tecnologia, embora possa ser consultado por quaisquer usuários, mas sem o mesmo nível de acesso dessas instituições. Endereço: <http://novo.periodicos.capes.gov.br/>. Capes: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

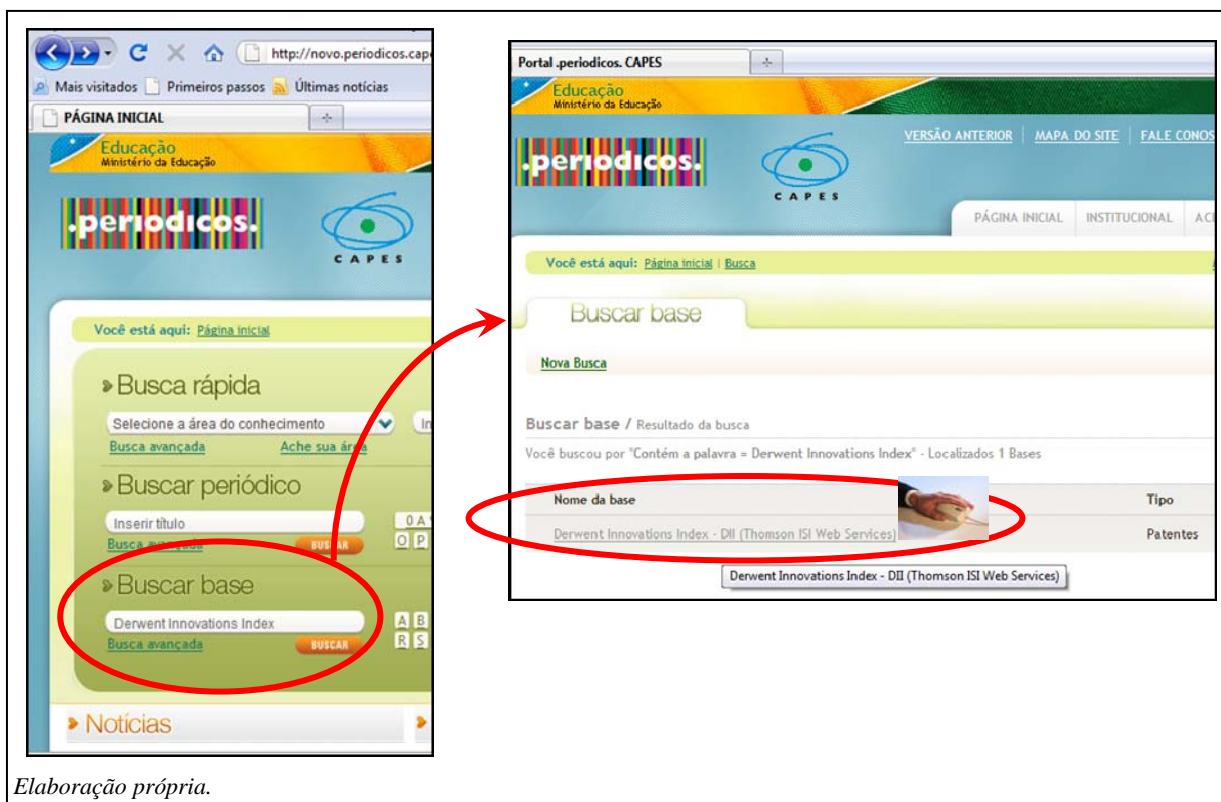


Figura 5.5 – Referências sobre a localização do *DII* via Portal de Periódicos da Capes.

A Figura 5.6 mostra a interface de busca simples; onde basta escolher o critério de busca ao lado do seu respectivo campo de preenchimento e observar a necessidade dos operadores *booleanos*.

Figura 5.6 – Interface de Busca Simples do *DII*.

A interface de busca avançada do *DII* permite a busca entre 18 critérios que podem ser combinados de acordo com a necessidade do usuário e que estão apresentados no quadro em destaque da Figura 5.7. É importante observar que para se realizar a busca das classificações de patentes específicas dessa base de dados (antes de construir a estratégia de busca) deve clicar no link representado por uma “lupa” ao lado dos critérios DC (*Derwent Code*) e MC (*Class Code*) para acessar as respectivas interfaces de busca, conforme também mostra a mesma Figura 5.7.

Local para digitação da estratégia de busca no modo avançado do Derwent Innovations Index.

Field Tags:

TS=Topic	CP=Cited Patent Number
TI=Title	CX=CP + Family
AU=Inventor	CA=Cited Assignee
PN=Patent Number	CN=Cited Assignee Name
IP=IPC Code	CC=Cited Assignee Code
DC=Class Code	CI=Cited Inventor
MC=Manual Code	CD=Cited PAN
GA=PAN	
AN=Assignee Name	
AC=Assignee Code	
AE=Assignee Name + Code	

Elaboração própria.

Figura 5.7 – Interface de Busca Avançada do *DII*.

Para avaliar as buscas em cada base de dados foram realizadas buscas exploratórias usando-se apenas a classificação de patentes selecionada no item 5.2 deste Capítulo. Os resultados das buscas exploratórias são apresentados a seguir.

5.2.3 Resultados Quantitativos para Análise e Definição da Base de Dados

As buscas apresentadas neste item foram realizadas no dia 29 do mês de Julho do ano de 2010.

Estratégia de busca: classificação **C22B 15** considerando o período de tempo entre 01 de janeiro de **1990** a 31 de dezembro de **2009**. Os resultados para essa estratégia são comentados nos pontos abaixo.

- **Derwent Innovations Index**[®]: 1.965 documentos. Nessa base de dados o filtro referente ao período é empregado em relação ao ano no qual o documento de patente foi indexado à base, não sendo possível buscas de ano de publicação ou depósito na interface, seja a simples ou a avançada; embora essa informação possa ser capturada e os dados das buscas podem ser apresentados tanto em função do ano de indexação, como dos anos de publicação ou depósito.
- **Esp@cenet**[®]: total de 5.447 documentos. Nessa base de dados o filtro do período de tempo se refere ao ano de publicação do documento de patente. Ainda, nessa base há a limitação de se fazer a busca utilizando quatro critérios em cada campo, por isso, a busca foi feita em cinco etapas⁵², conforme apresentado a seguir: (A) Anos de 1990-1993 → 679 documentos; (B) Anos de 1994-1997 → 873 documentos; (C) Anos de 1998-2001 → 1.082 documentos; (D) Anos de 2002-2005 → 1.528 documentos; e, (E) Anos de 2006-2009 → 1.285 documentos.

⁵² Em julho de 2010 havia a limitação de quatro termos por campo de busca, no entanto, quando da redação, qualificação e defesa da dissertação foi verificado que a base já permite inserção de dez critérios por campo de busca, conforme explicado no próprio site do EPO – informação consultada em outubro de 2010.

Uma observação importante sobre o *Esp@cenet*[®] é a de que, depois de realizada essa análise superficial dos números dos documentos, ao se fazer o *download* dos dados dos documentos, entrando página a página nos resultados, o número de ocorrências diminui. No site, é explicado o motivo dessa aproximação: à medida que as páginas da busca são acessadas, os documentos duplicados e da mesma família são eliminados, obtendo-se na última página de cada busca, o número exato de ocorrências, depois dessa limpeza dos dados.⁵³

Dessa forma, após entrar em cada página de resultado, o número de total de documentos encontrados no *Esp@cenet*[®] na referida busca foi corrigido, sendo na realidade de **3.243** documentos.

É importante observar que essa questão da filtragem página a página leva a diferença de 2.204 documentos entre as duas buscas feitas no *Esp@cenet*[®], o que é uma informação relevante ao se fazer buscas comparativas, onde o primeiro resultado quantitativo gerado pelo *Esp@cenet*[®] não é o número correto de documentos que deve ser considerado.

Ainda em relação à busca do *Esp@cenet*[®], esta leva em consideração a CIP tanto em nível de informações da invenção em si quanto informações denominadas informações adicionais⁵⁴, o que significa que além de considerar as classificações voltadas para a invenção do documento de patente, o examinador pode classificar as informações contidas no relatório descritivo, como descrições do estado da técnica, compreendendo tanto documentos de patente, como

⁵³ “**Why is the number of results sometimes approximate?** It is not always possible to know immediately following a search exactly how many results will be displayed. In such cases, an approximate number is given, which is generally slightly higher than the actual number of results. This approximate number might change as you go through the results pages, as we only display one patent document per family (ie duplicates are eliminated).”

⁵⁴ Texto extraído do site do *Esp@cenet*[®]: “Additional (non-invention) information appears in sections other than the claims, and can be prior art cited, or other kinds of explanations or historical information mentioned by the applicant. All of this additional information can be classified according to the IPC8 core or advanced level.”

artigos. Essas informações são consideradas adicionais por não ser o cerne da invenção, e, portanto, têm suas classificações apresentadas em separado no *Esp@cenet*[®]. Dessa forma, um documento pode não ter uma determinada CIP em sua invenção, mas pode conter essas informações adicionais classificadas com a CIP procurada. Por outro lado, ao usar a CIP na base *DII*, esta busca se baseia apenas nas classificações principais do documento, que estão relacionadas à invenção, não há a classificação de informações adicionais. Essa questão é avaliada como sendo uma das que levam a diferença de 1.278 documentos de patente, pois, conforme exposto pode haver documentos de patente que não possuem a classificação **C22B 15**, mas contém matéria considerada informação adicional que foi classificada com essa CIP de interesse. Assim, o documento que a possui esse tipo de informação adicional está contido na busca do *Esp@cenet*[®] e não na equivalente do *DII*.

Procurando ainda mais justificar e compreender as diferenças entre as bases de dados em comparação, foi feita uma análise de como são as opções de busca dos campos data de publicação e classificação internacional de patentes no *Esp@cenet*[®]. Nessa busca de informações, foram encontradas instruções de busca, no próprio *site* que são extremamente relevantes para o pleno uso da opção de busca avançada. Em resumo, os dois pontos principais aprendidos nas buscas por informações e instruções no *Esp@cenet*[®] foram:

- **Sobre o campo de busca data de publicação:** já era de conhecimento a possibilidade do uso de apenas o ano de publicação neste campo, e também a limitação quanto ao número de critérios de busca por campo, ou seja, só se poderiam elencar quatro⁵⁵ anos separados pelo operador booleano *or*. No entanto, ao contrário do que se pensava, é possível fazer uma busca usando mais anos como filtro sem que seja necessário o

⁵⁵ Atualmente (novembro de 2010) podem ser elencados dez critérios (por exemplo, anos).

emprego de operadores booleanos, ou seja, o site ensina que usando o caractere dois pontos (:) é possível se determinar qualquer intervalo de anos no campo de busca por data de publicação, sendo assim, seria possível usar a expressão **1990:2009** para se realizar apenas uma busca para o tema em questão. No entanto, indo mais a fundo, apesar dessa descoberta ser útil em termos metodológicos, ela gera um problema: o *Esp@cenet*[®] tem outra limitação relacionada ao número de documentos apresentados com o resultado de busca, que se limita a 500 documentos. Então, se a busca por período de publicação chega a um grupo de documentos de patente maior do que 500, ela não é efetiva para se avaliar quantitativamente o resultado devido ao problema já colocado – para se ter o número correto dos documentos da busca é necessário entrar página a página na busca. Logo, se o resultado é maior do que 500, a limpeza de dados não será efetiva para todos os documentos. Foi observado que dentro do período estudado e levando-se em conta a classificação de patentes desejada, a cada quatro anos se tem um número próximo ou inferior a 500 documentos de patente – exceto para os oito últimos anos, onde a cada dois anos se tem aproximadamente 500 documentos de patente, o que torna necessário um filtro por período de tempo inferior para que a análise do número correto de documentos de patente funcione.

- **Sobre o campo de busca Classificação Internacional de Patentes:** no site é ensinado que é possível se fazer um filtro pelas classificações de patente que dizem respeito apenas a invenção em si, eliminando-se aquelas que relatam as informações adicionais. Para isso, uma vez definida a classificação desejada, no caso a C22B15, é necessário se adicionar o termo **ci**⁵⁶ e o termo **ai**⁵⁷ antes da classificação. Assim, para a busca deste trabalho, o campo de busca por classificação de patentes deve ficar:

⁵⁶ *Corel level for the invention* – Nível básico de classificação de patentes para a invenção. Caso se desejasse filtrar para procurar as patentes que tem informações adicionais classificadas na CIP de interesse, o parâmetro de busca seria **cn** ao invés de **ci**, onde o “**n**” indica se tratar de informação adicional (**non-patent**). O mesmo é válido para buscas no nível avançado (onde utiliza-se o critério **an**).

⁵⁷ *Advanced level for the invention* – Nível avançado de classificação de patentes para a invenção.

ci:C22B15 or ai:C2B15. Quando testado em busca o uso de apenas um dos níveis, seja o nível básico ou avançado (apenas o termo *ci:C22B15* em uma busca, por exemplo) não foi identificada diferença numérica significativa, portanto, não se mostrou relevante para explicar possíveis diferenças em relação ao resultados de buscas comparativos com o *Esp@cenet*[®]. Como a busca parte de uma classificação mais geral (nível básico) era esperado que a estratégia que diferencia níveis básicos e avançados da CIP não fizesse diferença. No entanto, essa questão se mostra de grande utilidade para filtrar documentos em buscas de documentos de patente de forma geral. E, o uso simultâneo dos dois níveis filtra os documentos de patentes que estão diretamente relacionadas à busca pela classificação definida, conforme será testado a seguir.

Analisando essas duas questões, foi feita mais uma busca (segunda) exploratória no *Esp@cenet*[®], visando obter um número consistente com o aprendizado das buscas para comparação com os dados do *DII*. Nessa busca foram revisados os números considerando o critério de busca por documentos que contenham a classificação de patente voltada para a invenção. Nessa segunda busca o número total de documentos, mais uma vez considerado como corrigido em relação aos números anteriores, foi de **2.656** documentos. A Figura 5.8 mostra a tela dos critérios da primeira etapa dessa busca (1990 a 1993), as demais mudam apenas o campo da data de publicação, dentro dos períodos de tempo apresentados após a Figura 5.8.

Publication date:	1990:1993
Applicant(s):	
Inventor(s):	
European Classification (ECLA):	
International Patent Classification (IPC):	cl:C22B15 or ai:c22b15

Figura 5.8 – Tela dos Critérios de Busca no *Esp@cenet*[®] – Busca Avançada.

Os resultados a cada quatro anos são apresentados a seguir para essa segunda busca, ressaltando que para os dois últimos agrupamentos de anos a busca foi feita a cada dois anos, resultando em 7 etapas no total: (A) Anos de 1990-1993 → 356 documentos; (B) Anos de 1994-1997 → 419 documentos; (C) Anos de 1998-2001 → 456 documentos; (D) Anos de 2002-2003 → 339 documentos; (E) Anos de 2004-2005 → 334 documentos; (F) Anos de 2006-2007 → 327 documentos; e, (G) Anos de 2008-2009 → 425 documentos.

Esse resultado mostra que a diferença entre os documentos encontrados no *DII* e no *Esp@cenet*[®] foi reduzida, sendo agora de 691 (2.656 menos 1.965) documentos. Em comparação com a última busca do *Esp@cenet*[®] houve uma diferença de 587 (3.243 menos 2.656) documentos, que pelas análises apresentadas continham informações adicionais que se classificavam na CIP empregada e que não teriam em sua invenção abordagem diretamente relacionada ao tema estudado. Portanto, o fato de apresentar na busca os documentos considerados informação adicional contribuiu para cerca de 18% (587 em 3.243) dos documentos da busca anterior do *Esp@cenet*[®], o que mostra a importância de se compreender a particularidade da base de dados antes de afirmar que esta pode ser ou não mais abrangente que a primeira.

Foi realizada ainda uma verificação dos documentos patentes que contém essas informações adicionais classificadas pela CIP – e não sua invenção principal – para averiguar se seriam realmente irrelevantes para a busca do presente trabalho. Essa verificação foi feita por meio de uma terceira busca exploratória no *Esp@cenet*[®], cujos dados numéricos não são relevantes para essa análise, empregando-se apenas os critérios de busca *an* e *cn* discutidos anteriormente. O resultado é que dentre esses documentos há documentos relevantes, que embora não possuam o foco no beneficiamento mineral de cobre, são tecnologias importantes para o tema em questão. Um exemplo é o seguinte documento de patente, mostrado na Figura 4.9, que não contém em sua classificação principal a **C22B 15**, mas a contém nas suas informações adicionais. A Figura 5.9, mostra alguns dos campos de um dos documentos de patente localizados como relevantes em meio à busca por informação adicional que contém a CIP de interesse. É importante observar que se trata de emprego de biotecnologia para diversos fins, dentro os quais a bio-oxidação de sulfetos, tema no qual se enquadra o uso de biolixiviação para sulfetos de cobre, como mostrou o resumo apresentado para esse documento. Notar que as CIP relacionadas a informações adicionais do documento são apresentadas com formatação sem negrito, enquanto as informações referentes à classificação da invenção são apresentadas em negrito.

- international:	B09B3/00; B09C1/10; C12N1/20; C12P3/00; C22B1/00; C22B11/08; C22B3/18; C22B11/00; C22B15/00; C22B19/20; C22B23/00; C22B60/02; B01D; B09B3/00; B09C1/10; C01G; C12N1/20; C12P3/00; C22B; C22B1/00; C22B11/00; C22B3/00; C22B15/00; C22B19/00; C22B23/00; C22B60/00	more >>
- European:	B09C1/10; C12P3/00; C22B1/00; C22B11/04; C22B11/08; C22B3/18	
Application number:	JP20080114322 20080424	
Priority number(s):	US19950459621 19950602; US19950476444 19950607; US19960588589 19960118; US19960636117 19960422	
View INPADOC patent family View list of citing documents		
Report a data error here		
Abstract of JP 2008302356 (A)		
		Translate this text
<p>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of biotreating a solid material to remove an undesired compound using a nonstirred surface bioreactor. ; SOLUTION: The surface of a plurality of coarse substrates is coated with a solid material to be biotreated to form a plurality of coated coarse substrates. The coarse substrates have a particle size greater than about 0.3 cm and the solid material to be biotreated has a particle size less than about 250 [mu]m. A nonstirred surface reactor is then formed by stacking the plurality of coated coarse substrates into a heap or placing the plurality of coated coarse substrates into a tank so that the void volume of the reactor is greater than or equal to about 25%. The reactor is inoculated with a microorganism capable of degrading the undesired compound in the solid material. The solid material is then biotreated in the surface bioreactor until the undesired compound in the solid material is degraded to a desired concentration. This biotreatment method is useful for the bioremediation of contaminated soils, the desulfurization of coal, and the biooxidation of refractory sulfide ores and mineral concentrates. ; COPYRIGHT: (C)2009,JPO&INPIT</p>		

Figura 5.9 – Exemplo de documento mostrado na busca do *Esp@cenet*[®] que possui a CIP **C22B 15** para suas informações adicionais e não para a invenção.

Outra importante diferença entre as bases é o conceito de família estendida de patentes. Documentos que contém um conjunto de *documentos de prioridade*⁵⁸ idênticos são considerados componentes de uma família simples de patente, enquanto documentos que possuem documentos de prioridade em comum, porém, possuem também documentos de prioridade que não são comuns fazem parte de uma família estendida de patentes. O *Esp@cenet*[®] apresenta o conceito de família simples de patente, onde documentos que possuem algum documento de prioridade em comum, mas não o conjunto de documentos de prioridades idênticos, são colocados como documentos diferentes dentro da busca. Por outro lado o *DII* consolida os documentos pertencentes a uma família estendida de patentes em um só item. Esse fator também é determinante para justificar as diferenças numéricas entre as

⁵⁸ O termo família de patentes é o conjunto de documentos depositados nos vários países com base no mesmo *documento de prioridade*, ou conjunto de documentos de prioridade, e o direito de prioridade é uma salvaguarda dada ao inventor, por um prazo de 12 meses, que depositou seu pedido em um dos países membros da Convenção da União de Paris (CUP). (Soares e Correa, 2010).

bases de dados e é de verificação trabalhosa ao se comparar os resultados entre essas bases. Mais detalhes sobre o fato da busca do *Esp@cenet*[®] apresentar famílias simples de patentes serão apresentados na última seção deste Capítulo, onde essa verificação será apresentada para um determinado grupo de documentos.

É importante mencionar que a base *DII* não teve necessidade de análise detalhada desses campos (classificação de patentes de informação adicional) por ter sua apresentação de forma mais simples e de se apresentar sem limitações que dificultariam a coleta de um número maior de dados (como é o caso do *Esp@cenet*[®], restrição de números de critérios de busca ou parâmetros) para cada campo ou para a busca como um todo, cabendo principalmente ter sua cobertura de países a ser comparada, portanto, após essas conclusões restou analisar a abrangência/cobertura de países de cada base.

O *DII* cobre 39 países, cobre uma organização que concede patentes regionais (o Escritório de Patentes Europeu – EPO) e os pedidos de patentes depositados via PCT. O *DII* possui também em sua base de dados documentos publicado em uma publicação denominada *Research Disclosure* e em uma denominada *International Technology Disclosures*, que embora não sejam bases de dados de documentos de patentes, são revistas reconhecidas internacionalmente, onde diversos publicadores divulgam artigos que poderiam ser considerados patentes em potencial, mas que por algum motivo não foram depositados/publicados como tais. São duas revistas conhecidas por conter artigos que podem ser considerados publicações defensivas, visando-se garantir que nenhum outro concorrente patenteie o tema que estão publicando. Nessas revistas é possível identificar artigos com o formato de um documento de patente, o que pode indicar que chegou a ser cogitado o depósito como uma. Apesar de interessantes e de serem uma fonte de informação importante

em levantamentos, para o estudo em questão, na busca realizada no *DII* apenas sete documentos vieram dessas fontes (*Research Disclosure*) e nenhum deles é relevante no contexto da extração mineral de cobre.

O *Esp@cenet*[®] possui uma cobertura de 87 países, 4 organizações que concedem patentes regionais⁵⁹ e os pedidos de patentes depositados via PCT. Notoriamente, a abrangência do *Esp@cenet*[®] é maior e por isso é possível que seja esse o principal motivo na diferença numérica entre as buscas do *Esp@cenet*[®] e do *DII*, de 804 documentos. Todos os países que constam cobertos no *DII* estão na cobertura do *Esp@cenet*[®], portanto há 48 países cobertos pelo *Esp@cenet*[®] que não possuem cobertura no *DII*. No entanto, há um fator que pode reduzir essa discrepância. Caso o documento de patente depositado em um desses 48 países tenha em sua família de patentes, simples ou estendida, um documento de patente que está na cobertura do *DII*, este documento aparecerá na busca do *DII*. Mais detalhes sobre a cobertura de países de cada base de dados são mostrados no Anexo I.

A última diferença entre as bases que será analisada é a apresentação dos dados, em especial, a apresentação do resumo, que será a referência principal para as análises a serem realizadas no presente trabalho. Nesse requisito há uma grande diferença entre as bases. O *Esp@cenet*[®] apresenta o resumo em inglês, quando disponível, dos documentos, enquanto o *DII* apresenta um resumo analisado em inglês dos documentos. Em termos de análise o resumo do *DII* é mais expressivo em termos de conter dados relevantes da invenção, pois, muitas vezes, o resumo simples de um documento de patente omite informações principais sobre a tecnologia.

⁵⁹ Europa (EPO); ARIPO e OAPI (organizações regionais para concessão de patentes regionais no continente Africano), e Conselho de Cooperação do Golfo.

Ainda em relação aos dados, a diferença entre as bases de dados está na exportação dos resumos e dados dos documentos. Como o presente trabalho não lançará mão de recursos de softwares de *data mining* ou softwares para download de dados dos documentos de patente, essa diferença é crítica para determinar a base de dados a ser utilizada. O *Esp@cenet*[®] permite exportar cada 30 documentos de patente em um formato de texto separado por vírgulas. O *DII* permite exportar grupos de 500 documentos no mesmo formato. Além disso, o formato das planilhas geradas no *Esp@cenet*[®] não permite um trabalho direto na planilha e não apresenta o campo de resumo, o que inviabiliza o uso da informação contida apenas do título para análises mais detalhadas de um volume grande de documentos de patentes. A tabela exportada a partir do *DII* contém as informações dispostas de forma alinhada em uma planilha, não sendo necessários grandes ajustes para sua utilização, além de conter todas as informações necessárias para análises.

Tendo colocado essas particularidades da busca realizada em cada uma das bases, foi concluído que apesar da diferença na cobertura de países, que ainda será analisada com um pouco mais de detalhe quando das buscas finais, e apesar da diferença numérica entre as buscas, o *DII* será a base de dados escolhida, principalmente por prover informações resumidas de maior qualidade para as análises, e pela facilidade no trabalho posterior dos dados.

5.3 E as outras Classificações Internacionais de Patentes (CIPs)?

É importante mencionar que foi considerado e avaliado o uso de outras classificações de patentes acessórias à **C22B 15**, que poderiam filtrar a busca, reduzindo a ocorrência de documentos de patentes não relacionadas à área. Um grupo importante de CIPs acessórias que

foi testado foi às pertencentes à seção B (operações de processamento e transporte), que normalmente ocorrem em conjunto com a **C22B 15** ou outras CIPs referentes à obtenção de outros minerais/metals. No entanto, chegou-se a conclusão que ao elencar outras classificações não houve vantagem em relação ao número de documentos. Pelas análises preliminares, a ausência da **C22B 15** é praticamente certeza de que o documento não está contido na área estudada. Pois, as classificações de patentes que seriam acessórias sempre ocorrem relacionadas à que foi escolhida, tornando não eficiente o esforço de um segundo filtro empregando mais CIPs. Por outro lado, a análise da busca realizada para o presente trabalho poderá trazer importantes questões a serem consideradas sobre outras classificações de patentes que poderiam ser empregadas, dependendo do objetivo da busca.

5.4 Definição da Estratégia de Busca na Base de Dados Escolhida

A base *DII*, além de ser uma ferramenta semelhante ao *Esp@cenet*[®], disponibiliza resumos que possuem análises sobre a tecnologia apresentada no documento de patente, e, também, apresenta classificações de cada documento conforme uma classificação própria (que pode ser comparada ao ECLA, embora esta classificação não tenha sido estudada no presente trabalho), que permite seu emprego como elemento acessório à classificação internacional de patentes ao utilizar essa base e construir estratégias de busca.

É importante ressaltar que na seção anterior, apenas para fins comparativos chegou-se a conclusão que uma busca no *Esp@cenet*[®] que elimine documentos que não tem relação direta com a invenção poderia ser mais eficiente, embora possa haver perdas de documentos relevantes, conforme apresentado. Sendo assim, mesmo que indiretamente relacionados com a invenção em análises amplas, como a que a presente dissertação pretende fazer, pode ser útil

que a busca compreenda documentos que não sejam exclusivamente da classificação escolhida, são documentos que estão à margem da tecnologia central, mas que podem representar um suporte importante para esta, como o documento mostrado na Figura 5.9.

Dessa forma a análise das classificações específicas da base *DII* pode auxiliar no aumento dessa abrangência na busca para o presente trabalho, visando localizar esses documentos que o *Esp@cenet*[®] consegue encontrar utilizando as CIPs das informações adicionais dos documentos de patentes.

Assim, com o objetivo de se determinar a estratégia de busca a ser utilizada nesse base e procurando tornar a busca do *DII* mais abrangente, devido ao já mencionado foco de abrangência deste trabalho, foram procuradas as classificações de patente específicas da base para o tema estudado, que são denominadas *Derwent Class Code* e *Derwent Manual Code*.

Essas duas classificações específicas da base *DII* são um espelho da classificação internacional de patente (assim como a ECLA) – são atribuídas a cada documento quando de sua análise por parte do grupo de especialistas do *DII* – e podem melhorar uma estratégia de busca se bem utilizadas. A base *DII*, assim como a WIPO e o EPO, possui ferramentas para buscas de classificações a partir de palavras-chave.

Para a busca pelo *Derwent Class Code*, que representam classificações de patente mais gerais do que o *Derwent Manual Code*, inicialmente a palavra cobre (*copper*) foi utilizada. Mas ela isoladamente não possui nenhuma classificação dentro das definições de *Class Code* do *DII*, a busca por esta palavra não retornou nenhum resultado de classificação. Ao se repetir a busca usando a palavra minério em inglês (*ore*), a *Class Code* indicada foi a M-25. A seguir é

apresentada (Quadro 5.1) a definição da *Class Code* M-25 dentro do contexto das demais classificações *Class Codes*.

Quadro 5.1 – Resultados apresentados no *DII* com as classificações relacionadas à obtenção de metais e ligas – Destaque para a classificação localizada na busca M-25.

M2	METALS
M21	Mechanical working of metal without metal removal - including rolling sheet, wire, tube and profile production, extended surface tube, high energy rate forming, deep drawing, working sheet metal, rolled products, forging, hammering, pressing, where of sufficiently large scale to be of importance to the metallurgical industry (B21).
M22	Casting; powder metallurgy - including foundry moulding, moulding machines, patterns, moulds, cores and metal casting (B22).
M23	Soldering; welding - including brazing, flame cutting and scarfing, cutting and welding rods, soldering and unsoldering apparatus and solder compositions (B23K).
M24	Metallurgy of iron and steel - including manufacture and processing, treatment of steel melts and changing the physical properties of iron and steel, control/testing methods, blast furnaces and converters. Metallurgical coking processes (C21, C10B).
M25	<u>Production and refining of metals other than iron - including ore treatment, extraction, working up scrap, obtaining specific metals, control testing methods (C22B).</u>
M26	Non-ferrous alloys - including alloy production and composition (C22C).
M27	Ferrous alloys - including alloy production and composition (C22C).
M28	Electrolytic and electrothermic production and refining of non-ferrous metals - excluding heat treatment (C25).
M29	Changing the physical structure of non-ferrous metals and alloys - including tempering, annealing, work-hardening and recrystallising (C22F).

Durante a mesma busca dentro do conceito do *Derwent Manual Code*, que representa classificação em nível avançado, que contém detalhes das áreas do conhecimento, também foi empregada a palavra cobre. Nesse caso, a busca utilizando a palavra-chave cobre obteve 22 classificações sugeridas, que estão listadas no Quadro 5.2 a seguir, da mesma forma em que foram apresentadas no *DII*.

Quadro 5.2 – Resultados apresentados no *DII* para a busca pelo *Derwent Manual Codes* relacionado ao cobre.

1. G01-A13 - cobalt, nickel, copper compounds.
2. L04-C10D - semiconductor processing - copper alloys conductive layers.
3. M11-A03 - electrolytic deposition of copper.
4. M25-G08 - obtaining specific metals – copper.
5. M26-B03 - copper alloy.
6. M26-B03A - copper alloy with Al, Sb and/or As.
7. M26-B03B - copper alloy with Ba, Bi, Be and/or B.
8. M26-B03C - copper alloy with Cu, Cd, Cr, Co and/or Ca.
9. M26-B03J - copper alloy with In and/or Fe.
10. M26-B03L - copper alloy with Pb.
11. M26-B03M - copper alloy with Hg, Mg, Mn and/or Mo.
12. M26-B03N - copper alloy with Ni, Nb and/or noble metals.
13. M26-B03P - copper alloy with K and/or P.
14. M26-B03R - copper alloy with rare earth metals.
15. M26-B03S - copper alloy with Si, Na and/or S.
16. M26-B03T - copper alloy with Ta, Sn, Ti and/or W.
17. M26-B03U - copper alloy with U.
18. M26-B03V - copper alloy with V.
19. M26-B03X - copper alloy with other specified elements.
20. M26-B03Z - copper alloy with Zn and/or Zr.
21. N02-D - copper - element, (hydr)oxide, inorganic salt, carboxylate catalyst.
22. N02-D01 - copper - element, oxide or sulphide catalyst.

Após a análise dessas *Derwent Manual Codes*, que inclui consulta a alguns documentos de patente sobre cada uma destas classificações, conclui-se que apenas duas tem relação com o trabalho em questão, que são a M25-G08, já apontada como M25 na classificação anterior (*Derwent Class Code*), sendo esta específica para o cobre; e a M11-A03, que trata de processos eletrolíticos, característicos da etapa final de processos pirometalúrgicos para obtenção de cobre, conforme apresentado no Capítulo 4. Há uma hipótese que só poderá ser confirmada quando dos resultados de busca: a de que essa segunda classificação talvez possa ser excluída de uma busca focada em obtenção de cobre a partir de seus minérios. No entanto,

os processos eletrolíticos são uma parte do refino eletrolítico, realizado ao final do processo na obtenção de cobre por meio de pirometalurgia, caberia se avaliar o quanto a ocorrência deste refino se dá em documentos de patentes da área. Então, como a busca visa ser abrangente, optou-se por considerar ambas as classificações, cabendo o refino da busca, em relação a essa questão, ser realizado manualmente.

Assim, as classificações do *DII* selecionadas para fazer parte da estratégia de busca foram a M11-A03 e a M25-G08.

Dessa forma, caso a estratégia de busca para o presente trabalho se baseie exclusivamente em classificações de patentes ficaria assim colocada: classificação internacional de patentes como sendo **C22B 15** (considerando esta e seus subgrupos) em conjunto com as duas classificações específicas selecionadas (operador *or* entre esses critérios), dentro do mesmo período de tempo determinado. O desenho desta estratégia está representado na tela de busca do *DII*, na Figura 5.10 a seguir.

The screenshot shows the ISI Web of Knowledge interface for the Derwent Innovations Index. At the top, there are navigation tabs: 'All Databases', 'Select a Database', and 'Derwent Innovations Index'. Below these are search options: 'Search', 'Cited Patent Search', 'Advanced Search', 'Search History', and 'Marked'. The main heading is 'Derwent Innovations Index SM'. A section for 'Advanced Search' provides instructions and an example query: 'Example: TS=(nanotub* SAME carbon) NOT AU=Smalley #1 NOT #2 more examples | view the tutorial'. The search query entered is 'IP=C22B-015* OR MC=M25-G08 OR MC=M11-A03'. A 'Search' button is present, along with the note 'Searches must be in English'. Below the search area, 'Current Limits' are shown, with a link to '[Hide Limits and Settings]'. The 'Timespan' filter is set to 'From 1990 to 2009'. A results box on the right shows 'Results: 4.421' and 'Page 1'.

Figura 5.10 – Tela de Busca Avançada do *DII* com a estratégia escolhida e resultados coletados 29/07/2010.

O número de documentos encontrado nesse caso foi de 4.421 considerando documentos com o filtro para aqueles indexados à base *DII* entre 1990 e 2009.

5.5 Avaliação do Emprego de Palavras-chave na Estratégia de Busca

Em um primeiro momento foi averiguada a possibilidade do uso de palavras-chave em conjunto com as classificações de patentes escolhidas ou ainda com outras classificações. Foram realizadas buscas exploratórias na base de dados *DII* empregando uma série de conjuntos de palavras-chave. As palavras-chave consideradas mais relevantes e abrangentes para o estudo em questão seriam: cobre (*copper*), minério (*ore*), mineral (*mineral*), beneficiamento (*beneficiation*) e processamento (*processing*).

Essas palavras promovem de fato um excelente filtro em relação aos documentos que não estão relacionados à área em estudo, porém foi identificado um problema crítico durante as buscas exploratórias. Conforme discutido anteriormente, uma das áreas crescentes em processamento mineral de cobre é o emprego de biotecnologia, a análise das buscas exploratórias mostrou que documentos desse tema eram omitidos, pois, algumas vezes não continham nenhuma dessas palavras, embora possuíssem a classificação de patentes selecionada. Como são documentos de relevância para a busca, principalmente por se tratar de uma tendência de desenvolvimento da área, optou-se pelo não emprego de palavras-chave, podendo essa questão ser revista e diante dos resultados poderá ser sugerido um grupo de palavras-chave e classificações que possa compreender esses documentos.

5.5.1 Estratégia de Busca

Diante das exposições e colocações a estratégia de busca adotada é a sugerida no item 4, que considera as duas classificações do *DII* identificadas e a CIP **C22B 15**.

5.6 A Busca – Validação da Escolha da Base de Dados

Uma vez determinada a estratégia da busca a ser realizada, será também apresentada uma validação comparativa da busca em si e como se dará o tratamento dos dados finais.

Primeiramente, antes da determinação do tratamento de dados, será averiguada a qualidade da busca em termos comparativos com as buscas do *Esp@cenet*[®], visando-se responder às seguintes perguntas: a diferença no número de resultados se deve apenas a diferenças do

número de países da cobertura de cada base? E como esse fator afeta a abrangência da busca, dado que a base de dados escolhida foi a de menor abrangência?

Para realizar essa comparação, foi feito o download de todos os dados dos 4.421 documentos da busca no *DII* e dos dados dos 3.244 documentos da busca intermediária (segunda) do *Esp@cenet*[®] (a que considera, também, as classificações de patentes das informações adicionais). Foi escolhida essa busca do *Esp@cenet*[®] por ser mais abrangente, dado que a busca realizada do *DII* para o presente trabalho contém classificações além da **C22B 15**, conforma já explicado.

Os dados obtidos na busca foram dispostos em planilhas e consolidados em uma única planilha para cada base de dados. Para realizar a comparação, inicialmente, foram utilizados os números dos documentos de patentes, para isso, a informação disponível no *Esp@cenet*[®] era apenas a do documento principal (o *Esp@cenet*[®] elenca o documento de publicação mais recente da família) da busca, enquanto que o *DII* continha na planilha todos os documentos de cada família de patentes. Dessa forma foi possível colocar em uma só coluna de MS Excel[®] todos os documentos do *DII* e os documentos apresentados no *Esp@cenet*[®]. Uma dificuldade ao se realizar esse procedimento foi a de uniformização da sintaxe dos dados. Como exemplo dessa dificuldade estão os seguintes fatos: de um lado uma base usa parênteses e traços para colocar o *kind code*⁶⁰ do documento de patente, enquanto a outra usa apenas um espaço

⁶⁰ Código que indica a que se refere o documentos de patente: se é um pedido, se já é uma patente ou outros status, sendo que essa classificação é específica de cada país. **Além disso, é importante mencionar que na folha de rosto dos documentos de patentes existem uma série de informações que podem ser facilmente analisadas**, devido a existência dos códigos **INID** (*International Agreed Numbers for the Identification of Data*), que identificam a nível internacional todas essas informações. Seguem alguns *exemplos* de códigos INID: **Indicação de números** → (11) Número do documento; (31) Prioridade do documento; **Indicação de datas** → (22) Data de depósito da solicitação; (32) Data de prioridade; (45) Data de concessão da patente. **Identificação propriamente dita** → (19) Nome do país ou organização regional ou internacional que publicou; (33) País ou países do primeiro documento (prioridade); (71) Nome do depositante; (72) Nome do inventor. **Indicação técnica** → (51) Classificação Internacional de Patente; (54) Título da Invenção; (57) Resumo. (Oliveira *et al.*, 2005)

separando os números dos *kind codes*. Outro exemplo é a sintaxe de documentos do PCT, para determinados anos, o *DII* apresenta as letras WO seguidas do ano completo (WO1998, WO2001, WO2002, etc), enquanto o *Esp@cenet*[®] apresenta o ano abreviado para anos anteriores a 2000 (apresentando WO98, WO99, etc). Portanto, antes de realizar comparações automáticas foi necessário um esforço para uniformizar os dados à medida que se identificavam os padrões de cada base de dados.

Uma vez uniformizados os dados, as comparações levaram a indicação direta de que 2.392 documentos constavam em ambas as buscas, restando, portanto 902 documentos que são apresentados pelo *Esp@cenet*[®] e não pelo *DII*. Para sanar prontamente a questão desses documentos restantes a melhor alternativa seria consultar as famílias de patentes no *Esp@cenet*[®] e comparar com a família de patentes do *DII*; essa comparação é trabalhosa, podendo ser inviável dependendo do volume de documentos, uma vez que não é possível exportar os dados das famílias de patentes no *Esp@cenet*[®] de forma única para grandes volume de informações, mas para o presente trabalho, quando não for possível encontrar similaridades em outras análises, essa comparação será feita.

Para buscar mais comparações entre esses 902 documentos não encontrados na busca *DII* foram primeiramente comparados os dados de prioridade dos documentos. Nesse caso houve também uma limitação, pois, enquanto o documento de prioridade (considerado como sendo o mais antigo) no *DII* é apresentado na forma do número da patente concedida, quando é o caso, no *Esp@cenet*[®] é apresentado o número do pedido de patente, o que inviabiliza uma comparação direta. Optou-se então, usar a data de prioridade acompanhada da checagem de outros dados para averiguar se há documentos equivalentes em cada busca. A data de prioridade e os dados de prioridade possibilitaram ainda localizar documentos da busca do

Esp@cenet[®] que faziam parte de uma mesma família estendida de patentes, e que são, portanto, agrupados em um só documento na base de dados *DII*, como o objetivo é validar a metodologia escolhida – o uso da base de dados *DII* – não foi contabilizado o número exato de documentos em que isso ocorreu, mas fazendo uma análise geral, essa questão é responsável por cerca de 200 documentos a mais na busca do *Esp@cenet*[®]. A análise dos dados de prioridade foi útil ainda para localizar no *DII* documentos que, apesar de não fazerem parte da cobertura da base, tinham em sua família documentos que fazem.

Essa checagem manual, que também utilizou recursos de filtros e substituição do MS Excel[®], levou à localização de 534 documentos de patentes que estavam tanto na busca *DII* quanto na apresentada pelo *Esp@cenet*[®]. Assim, restaram 368 documentos encontrados usando-se o *Esp@cenet*[®] que não puderam ser localizados na busca *DII*. Esses documentos provavelmente constam na busca *DII*, mas a diferença na apresentação dos dados de prioridade, especialmente do documento de prioridade, conforme falado, pode ter dificultado sua localização. No entanto, para esgotar a validação da metodologia, será realizada uma tentativa de localização desses documentos na busca realizada na base *DII*.

Primeiramente, desses 368 documentos, um grupo de 44 documentos não possui nenhum dado além do número de publicação e data de prioridade no *Esp@cenet*[®], assim, não sendo possível a leitura do resumo, a localização do depositante ou de outros membros da família de patente, fica inviável realizar qualquer tentativa de localização para esses documentos. Portanto, os 44 serão descartados – lembrando que no procedimento anterior de comparar as datas de prioridade foi possível a localizar outros documentos que não possuíam esses dados, mas que possuíam informação de prioridade equivalente à apresentada no *DII*, mas no caso desses 44, isso não foi possível. Assim, restaram 324 documentos.

Desse último grupo de documentos, 42 são de países não abrangidos pela base *DII*, e não possuem família de patentes designadas no *Esp@cenet*[®], portanto, são documentos que de fato não seriam encontrados na busca *DII* e não há como incluí-los, no caso de uma possível junção das buscas, devida a falta de informações para análise – alguns desses não contêm resumo, mas apenas o título, e quando o contém é restrito, sendo necessário consultar o documento completo, que nesses casos está disponível em outras línguas que não inglês.

Assim, para os 282 documentos restantes a única forma de se uniformizar e procurar por mais documentos que estariam presentes em ambas as buscas seria acessá-los nas duas bases de dados e fazer a comparação dos dados. Ao executar essa comparação, foram ainda localizados mais 50 documentos de patentes que constam em ambas as buscas, o que mostra a grande incompatibilidade de dados, pois, não foi possível, anteriormente, separar tal grupo de documentos. Dessa forma, chegou-se a conclusão de que 232 documentos que foram apresentados na busca do *Esp@cenet*[®] não estão contidos na busca do *DII*, mas que tem possibilidade de conter informações relevantes. Por isso, para esses documentos, optou-se pela identificação dos motivos que fizeram com que não constassem na busca *DII*, que foram:

- **132 desses documentos** não contêm em sua classificação internacional de patentes principal a classificação procurada. Além disso, também não contêm, ao serem analisadas na base *DII* nenhuma das duas classificações desta base que foram selecionadas (o *Derwent Class Code* e o *Manual Code*). Isso indica que são documentos que tiveram a ocorrência na busca do *Esp@cenet*[®] devido às suas informações adicionais. E diante da não recuperação desses documentos pela busca *DII* (o emprego das classificações acessórias do *DII* não foi capaz de detectá-los)

pode-se afirmar que não contém informações relevantes para o tema estudado. A breve checagem dos títulos permitiu esse descarte.

- **18 desses documentos** não foram localizados pela busca *DII* devido à limitação do período de tempo de abrangência dentro dos países cobertos pela base. Em outras palavras, apesar dos países a que se referem esses documentos estarem abrangidos na base *DII*, o tempo de cobertura não abrange as datas de disponibilização desses documentos ao público.⁶¹
- **64 desses documentos** não foram localizados na busca *DII* devido à questão do conceito do período de tempo adotado em cada busca. No *Esp@cenet*[®] o período de tempo foi delimitado pelo ano de publicação e no *DII* pelo ano de inclusão do documento na base (não sendo possível nessa base uma busca que considere o período de publicação). Assim, embora alguns documentos tenham sido publicados dentro do período escolhido para estudo, eles foram inseridos na base de dados *DII* fora desse período. É importante mencionar aqui, que, embora o critério de busca tenha se baseado no ano de entrada na base de dados, os resultados do presente trabalho vão considerar a data de prioridade de cada família de patentes da busca *DII*, informação de possível extração dos dados exportados a partir dessa base. Os resultados também vão considerar uma análise dos países de prioridade dessas famílias (países originários de cada tecnologia/invenção).
- **Os 18 documentos restantes** não foram identificados na base *DII*, embora tenham sido identificados individualmente na base *Esp@cenet*[®]. Esses documentos não possuem famílias de patentes e não está disponibilizado no *Esp@cenet*[®] nem o documento completo e algumas vezes nem o resumo em inglês. Não foi identificado um motivo, seja por cobertura de bases de dados ou data de inclusão que fizesse com

⁶¹ Ver Anexo I para detalhes sobre a cobertura de cada base de dados (países) e período de cobertura da Base *DII*.

que esses documentos não constem na base *DII*, possivelmente, a sintaxe dos números publicados pode estar colocada de forma diferente – talvez, não sendo possível compreender e corrigir a sintaxe apresentada – e como não há outros documentos de família para auxiliar nas comparações e alternativas de buscas não foi possível localizá-los no *DII*. Devido ao volume de documentos e análise de alguns dos títulos disponíveis, esses documentos também foram desconsiderados.

Com base nas comparações realizadas é notado que a diferença de abrangência de países não foi responsável por uma grande diferença no volume de documentos entre a base de dados escolhida e o *Esp@cenet*[®]. Além disso, pode-se concluir que aspectos como disposição dos dados e apresentação do número do documento de patente são questões mais complexas do que uma possível falha técnica na recuperação de documentos da base *DII*. Outra questão relevante é a de que a breve análise dos títulos (quando disponível) dos documentos que não foram localizados pelo *DII*, mas sim pelo *Esp@cenet*[®], mostra que não houve perda significativa de dados ao se escolher a base de menor abrangência de países. E o ganho maior se dará nas análises devido à qualidade de apresentação de dados dessa base (*DII*).

5.7 Tratamentos dos Dados

Para se atingir o objetivo do trabalho, de se obter um panorama para o beneficiamento mineral de cobre e poder extrair desse panorama informações como melhores práticas de buscas de documentos de patente na área de beneficiamento mineral e promover uma análise da distribuição dos dados ao longo do tempo, foram elaboradas algumas classificações que serão aplicadas a cada um dos 4.421 documentos.

Depois de realizado o *download* dos dados dos documentos, o que já foi feito para a validação da base de dados escolhida, os dados serão trabalhados em uma planilha de MS Excel[®] e posteriormente colocados em um banco de dados do MS Access[®] que servirá para consultas e trabalhos futuros, além de também contribuir para a consolidação de informações a serem analisadas na seção de resultados.

5.7.1 Identificação das Áreas de Conhecimento de Interesse e Classificação dos dados da Busca

Conforme exposto no Capítulo 4, o processamento mineral de cobre se dá por meio de processos de pirometalurgia e de hidrometalurgia. Por isso essas serão as duas classificações de área do conhecimento principais nas quais deverão ser classificados os documentos da busca. Além dessas áreas, duas outras se mostram relevantes no contexto da obtenção do metal cobre: sua obtenção a partir de resíduos de processos de beneficiamento mineral, o que é cada vez mais frequente em mineração e sua obtenção a partir de rejeitos diversos, onde estariam incluídos rejeitos metálicos, reciclagem de fios, baterias, chapas metálicas, dentre outros. Assim, essas duas classificações de área do conhecimento não se enquadram nas duas primeiras, sendo, portanto, necessário seu emprego no conjunto de dados da busca em questão.

Além dessas quatro áreas, devido à escolha pela abrangência da busca, é fato que ela contém documentos não relacionados com a obtenção do cobre em si, mas relacionados ao seu processamento na indústria de transformação ou siderúrgica visando à obtenção de produtos finais. Como o objetivo da busca, a partir da filtragem será elaborar também uma busca mais eficiente, perdendo um mínimo de dados, esses documentos não relacionados com o tema em

questão também serão classificados, recebendo a classificação de emprego em siderurgia/indústria de transformação.

Assim, todos os resumos obtidos a partir do *DII* serão analisados e terão seu conteúdo classificado em uma das seis alternativas, definidas a seguir.

- **Hidrometalurgia:** processos de obtenção de cobre a partir de minerais que empregam técnicas de hidrometalurgia, descritas no Capítulo 4. Nesse caso, pode haver documentos de patentes de equipamentos ou reagentes empregados nesses processos.
- **Pirometalurgia:** processos de obtenção de cobre a partir de minerais que empregam técnicas de pirometalurgia, descritas no Capítulo 4. Nesse caso, também pode haver documentos de patentes de equipamentos ou reagentes empregados nesses processos.
- **Siderurgia/Indústria de Transformação:** processos ou produtos finais obtidos a partir do refino de cobre para produção de ligas, circuitos integrados, dentre outros materiais.
- **Obtenção de cobre a partir de resíduos de processamento mineral:** os documentos que tem o foco na eliminação de cobre de soluções residuais de processamento mineral, seja para seu reaproveitamento como produto, seja para adequação ambiental do resíduo líquido.
- **Obtenção de cobre a partir de resíduos não oriundos de processamento mineral:** obtenção do metal cobre a partir de resíduos metálicos diversos (baterias, escória, ligas descartadas, etc) e a partir de soluções em que não foi possível identificar se podem ser oriundas de processamento mineral, ou aquelas provenientes de processos de produção de outros artigos (tecidos, por exemplo) em que o resíduo deve sofrer eliminação do cobre para ser descartado.

- **Outros:** processos que não puderam ser classificados em nenhuma das alternativas anteriores, para esses casos, será discutido nos resultados o motivo dessa alocação.

É importante ressaltar que para facilitar, a posterior consolidação dos dados, para a classificação de área do conhecimento, cada documento deve ser classificado em apenas uma área. Pela experiência em trabalhos com dados desse setor, pode haver dúvida e alguma dificuldade em relação à classificação entre esta ou aquela área, o que será solucionado e discutido quando dos resultados da análise.

Além dessa macro classificação, será empregada uma classificação para se localizar os documentos de patentes, dentro de cada área de interesse, que estariam relacionadas a produtos finais, processos, reagentes ou equipamentos. Como em geral os documentos de patentes de beneficiamento mineral envolvem documentos de patente de processos, conforme já discutido, essa classificação será útil para averiguar essa questão e gerar mais informações para análise. Assim, além da classificação de área do conhecimento todos os documentos serão classificados ainda como documentos de patentes de:

- **Produto:** documentos que tem foco na proteção de um produto para uso final, em geral relacionados à siderurgia, como ligas específicas com características determinadas.
- **Processo:** documentos que tem o foco na proteção do meio de produção de um dado produto, sendo que a mesma pode ser um documento de patente com os dois focos, produto e processo, quando for o caso do objetivo da proteção ser também o do produto obtido;

- **Equipamento:** documentos com o foco na melhoria de um equipamento ou desenvolvimento de uma nova parte para um determinado equipamento; ou
- **Reagente:** documentos que tem foco no desenvolvimento e objetivam proteção de um determinado reagente empregado em processos químicos diversos, como em processos hidrometalúrgicos ou pirometalúrgicos para obtenção de cobre.

Um documento de patente pode ter mais de uma dessas últimas classificações apresentadas acima, ou seja, pode ser, por exemplo, uma invenção que se refere ao produto e ao processo e não apenas a uma das duas alternativas, conforme será apresentado na seção de resultados.

Além dessas duas categorias de classificações, ao longo da análise e leitura dos dados serão relacionados aqueles documentos que realmente e diretamente estão ligados à obtenção de cobre a partir de seus minerais e estes – apenas estes – poderão ainda ser classificados conforme as tecnologias específicas identificadas durante a análise, correlacionando-as com as tecnologias apresentadas no Capítulo 4, agrupando-as, na medida em que forem identificadas durante a leitura dos resumos da base *DII*, entre as tecnologias tradicionais, apresentadas de forma resumida na Figura 4.6 do Capítulo 4; e as tecnologias que podem ser consideradas inovadoras, ou que se situam fora desse paradigma dominante, como é o caso dos processos de biopurificação e dos processos que envolvem o uso de fontes não tradicionais de minerais.

O banco de dado em MS Access[®] com todas as classificações apresentadas, bem como o resumo e dados dos documentos de patentes ficarão disponíveis para consulta, mas os resultados serão apresentados em forma quantitativa e discutidos no contexto geral das

tecnologias e classificações apresentadas, sem entrar nos detalhes de cada documento de patente, dada a abrangência do estudo.

5.7.2 Análises dos Documentos de Patentes

A análise dos resultados, tendo-se finalizado as classificações de todos os documentos será apresentada com dois focos:

- comparação de agrupamentos (classificações) ao longo do tempo para determinados conjuntos de dados a serem escolhidos – por exemplo, documentos de pirometalurgia versus documentos de hidrometalurgia; evolução do depósito de documentos relacionados a biotecnologia mineral, etc. Esses agrupamentos irão de encontro ao objetivo de prover um panorama que mostre tendências dentro do período de 20 anos com indicativos de trajetórias de tecnologias; e
- análise dos resumos e classificações dos documentos de interesse para sugestão de melhores práticas em buscas de documentos de patente para a área de processamento mineral;

A Figura 5.11 a seguir sintetiza os passos apresentados e indica o caminho para os resultados do presente trabalho.

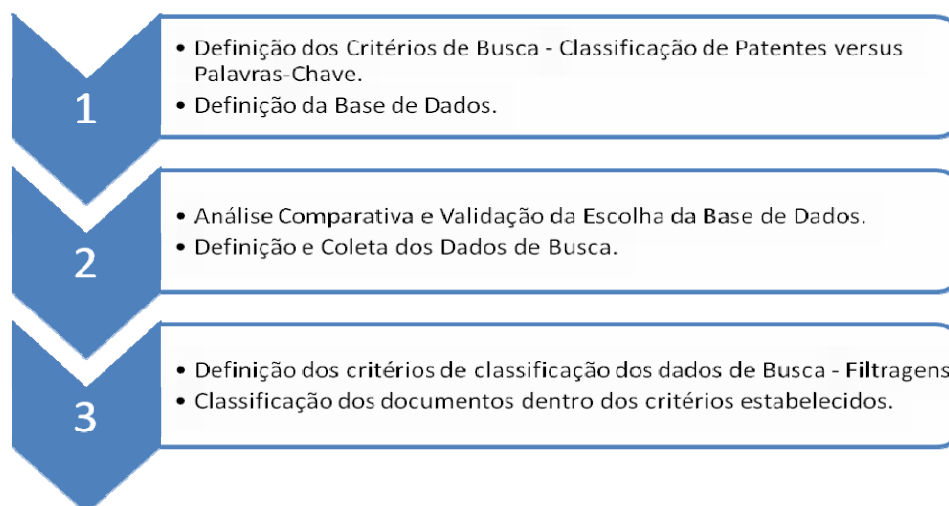


Figura 5.11 - Síntese da Metodologia.

O segundo item da etapa 3 mostrada na Figura 5.11 será apresentado na seção de resultados, sendo o ponto de partida para as análises e definição de panoramas de depósitos de patentes na área estudada.

6. Resultados

6.1 Resultados das Classificações Gerais dos Documentos

Em uma primeira leitura dos títulos e resumos disponibilizados pelo *DII*; e também análise das classificações *DII* e internacionais de patentes que cada documento possuía, foram selecionados aqueles que estão diretamente relacionados à obtenção de cobre a partir de seus minerais, independentemente dos meios de processamento mineral.

É importante ressaltar que dos 4.421 documentos levantados pela busca *DII*, 15 não possuíam resumo, apenas título. Esses documentos foram procurados no *Esp@cenet*[®], mas também nesta base de dados só continham o título, então, a análise desses documentos foi restrita a esse campo, devido a impossibilidade de consulta a outras informações.

Após a análise inicial, os números encontrados foram de 3.447 documentos que não tratam diretamente de invenções em processos de extração de cobre a partir de seus minerais. Assim, os demais 974 documentos foram analisados e classificados como invenções relevantes e inseridas diretamente no contexto do beneficiamento mineral de cobre.

Os 3.447 documentos considerados fora do escopo do tema central do trabalho foram analisados para compreender a sua presença e relevância no grupo de documentos recuperado. Assim, a seção seguinte – 6.1.1 – apresenta considerações gerais sobre todo o grupo de documentos da busca; seguida pela seção 6.1.2 que abordará as considerações sobre os 3.447 documentos considerados não relevantes dentro do tema central do trabalho e por fim, a seção 6.1.3 mostra os resultados de panoramas sobre a evolução dos depósitos para o grupo de 974 documentos considerados relevantes para o beneficiamento mineral de cobre.

Antes da apresentação dos dados, que em sua maioria estarão na forma de gráficos, três colocações precisam ser feitas:

(I) Todos os gráficos que mencionam *anos* estão relacionados ao ano da prioridade mais antiga de cada uma das famílias de patentes identifica pelo *DII* (que totalizaram 4.421). A escolha pela data de prioridade se dá devido ao fato de esta ser a mais próxima do nascimento do desenvolvimento tecnológico, sendo mais adequada para a presente análise do que a data de publicação ou mesmo a data de inclusão dos documentos na base de dados. Para os anos de 2008 e 2009 está indicada uma linha pontilhada para seus respectivos dados, pelo fato de essas informações não representarem o número total de documentos depositados no período (cabe atualização quando da publicação de seus dados) por questões da obrigatoriedade do período de sigilo dos documentos depositados nos últimos anos, conforme será discutido nos primeiros resultados ou ainda por não terem sido incluídos na base de dados *DII*.

(II) Em todos os gráficos que contém dados de quantidade, a não ser quando esta está expressa em porcentagem, se refere à quantidade de documentos, onde o termo “documento” está simbolizando cada conjunto de família de patentes, pois, estas possuem a mesma unidade de invenção.

(III) Em todos os gráficos na forma de gráficos de pizza as categorias apresentadas seguem a ordem: nome da categoria; quantidade de documentos; porcentagem equivalente à quantidade de documentos.

6.1.1 Visão Geral dos Documentos Analisados

Em relação às classificações definidas na metodologia, os 4.421 documentos se subdividem conforme apresentado no Gráfico 6.1.

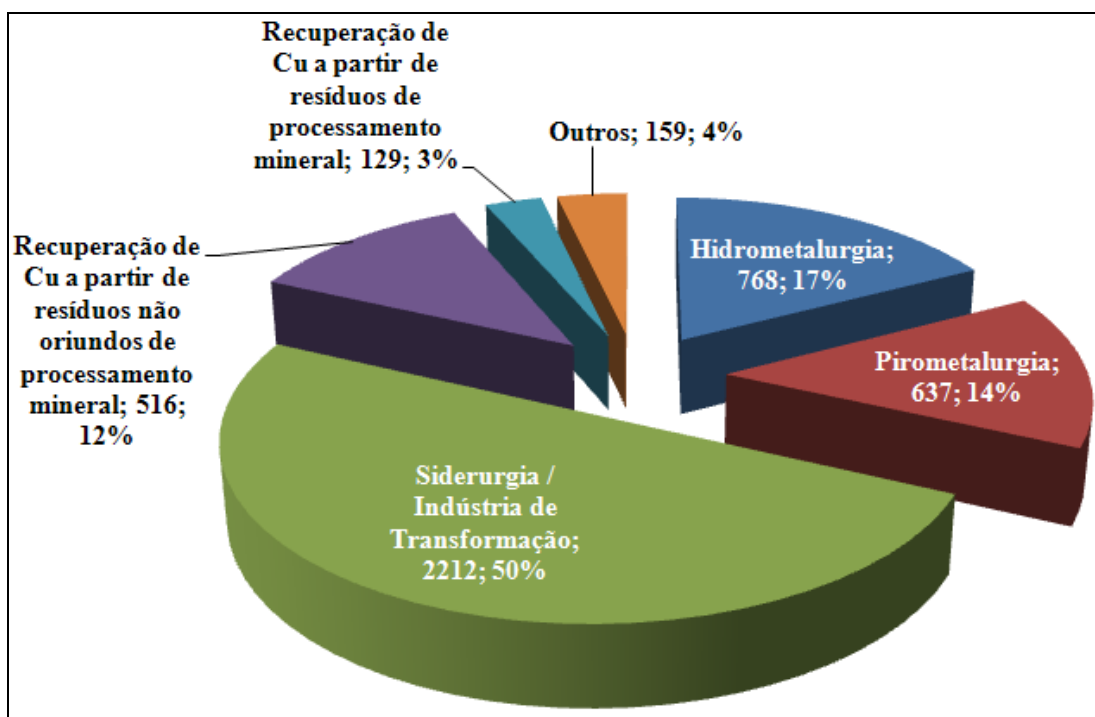


Gráfico 6.1 – Distribuição das classificações dadas aos 4.421 documentos analisados

O Gráfico 6.1 permite observar que aproximadamente metade dos documentos da busca estão relacionados com o tema de Siderurgia, não sendo, portanto, relevantes diretamente para o beneficiamento de cobre. Esse resultado indica que a maior parte dos documentos não relevantes se encontra nessa categoria e, ainda que, uma das classificações da base *DII* definidas para a busca (a M11-A03 – *Electrolytic Deposition of Copper*), apesar de ter sido empregada no sentido de expandir a busca, devido ao fato de processos pirometalúrgicos envolverem eletrodeposição em alguns casos, esta pode ter sido a grande contribuidora para esse volume de documentos de patentes não relevantes no contexto da busca. Isso mostra que,

caso a intenção da busca fosse ser mais precisa, esta classificação poderia ser descartada de uma estratégia, pois, o custo-benefício não se mostrou satisfatório.

Em relação às demais classificações, é interessante observar que foi próxima a relação entre os documentos de pirometalurgia e hidrometalurgia, o que mostra não haver, nesse contexto geral uma predominância clara. O Gráfico 6.1 mostra ainda a importante contribuição no volume de documentos de patente que tratam da obtenção diversa do metal cobre de resíduos, seja de processamento mineral ou não. Nesses casos, deve ser ressaltado que a busca trouxe documentos onde a recuperação de cobre a partir de resíduos não oriundos de processamento mineral também compreende o tratamento de águas residuárias de processos em geral. Quando isso ocorreu, e, não estava implícito que o referido processo envolve beneficiamento mineral, foi considerada a classificação de recuperação de cobre a partir de outros resíduos, inclusive quando os resíduos são de processos da siderurgia/indústria de transformação.

Sob o aspecto da distribuição geral dos dados entre as diferentes classificações de patentes de produtos, processos, reagentes e equipamentos, o Gráfico 6.2 apresenta os detalhes das análises. Nesse Gráfico são consideradas as divisões entre documentos que compreendem ao mesmo tempo duas categorias.

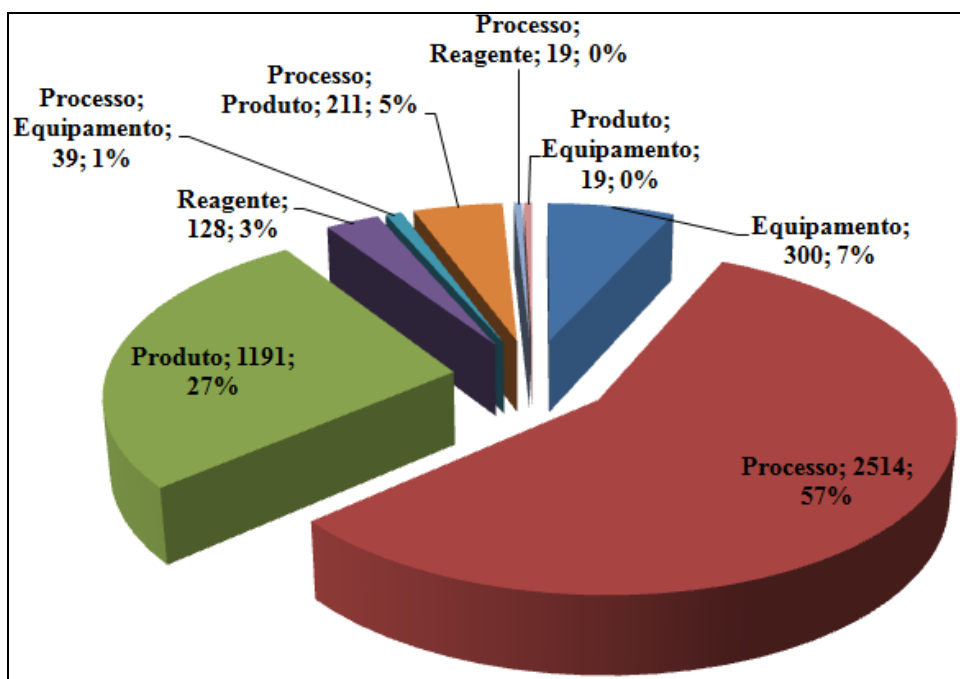


Gráfico 6.2 – Divisão dos documentos analisados entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento.

Para melhor visualizar os dados do Gráfico 6.2, foi construído o Gráfico 6.3, que considera o número de ocorrências, independentemente se em conjunto ou não, das quatro categorias definidas.

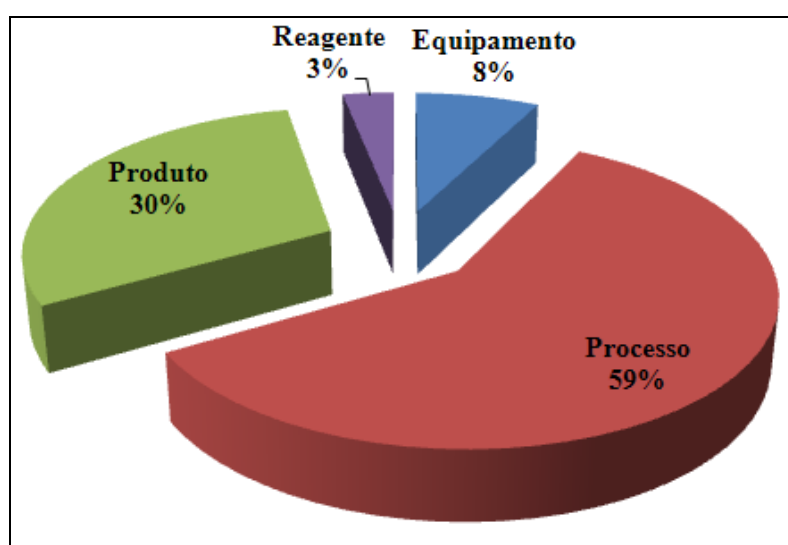


Gráfico 6.3 – Divisão dos documentos analisados entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento – Forma agrupada.

Observa-se nos Gráficos 6.2 e 6.3 que na busca como um todo houve a predominância de documentos de patentes de processo, o que está relacionado com o esperado e discutido na seção de características do setor mineral em relação ao setor extrativista e de transformação: ambos os setores têm um forte tendência em empregar patentes de processo. Além disso, pode-se inferir que a porcentagem de documentos de patente relacionados a produto é de fonte em sua maioria da indústria de transformação.

Em relação às classificações apresentadas no Gráfico 6.1 foi ainda construído o Gráfico 6.4, que mostra a evolução temporal dos depósitos de documentos de patente na forma de quantidade de documentos (famílias) em função do ano do documento de prioridade mais antigo. Nesse Gráfico, o eixo das abscissas mostra o ano de prioridade de cada família de patente, lembrando que para os fins das análises de panoramas do presente trabalho não será feita a diferenciação entre patentes concedidas ou não, dado que a informação disponibilizada pelas bases de dados é baseada nas publicações de documentos de patentes, não compreendendo o contexto desse trabalho avaliar o mérito individual de cada documento, mas o contexto tecnológico em que ele se insere. Para a construção desse Gráfico, as duas classificações de obtenção a partir de resíduos foi consolidada em uma só, denominada “Resíduos em Geral”.

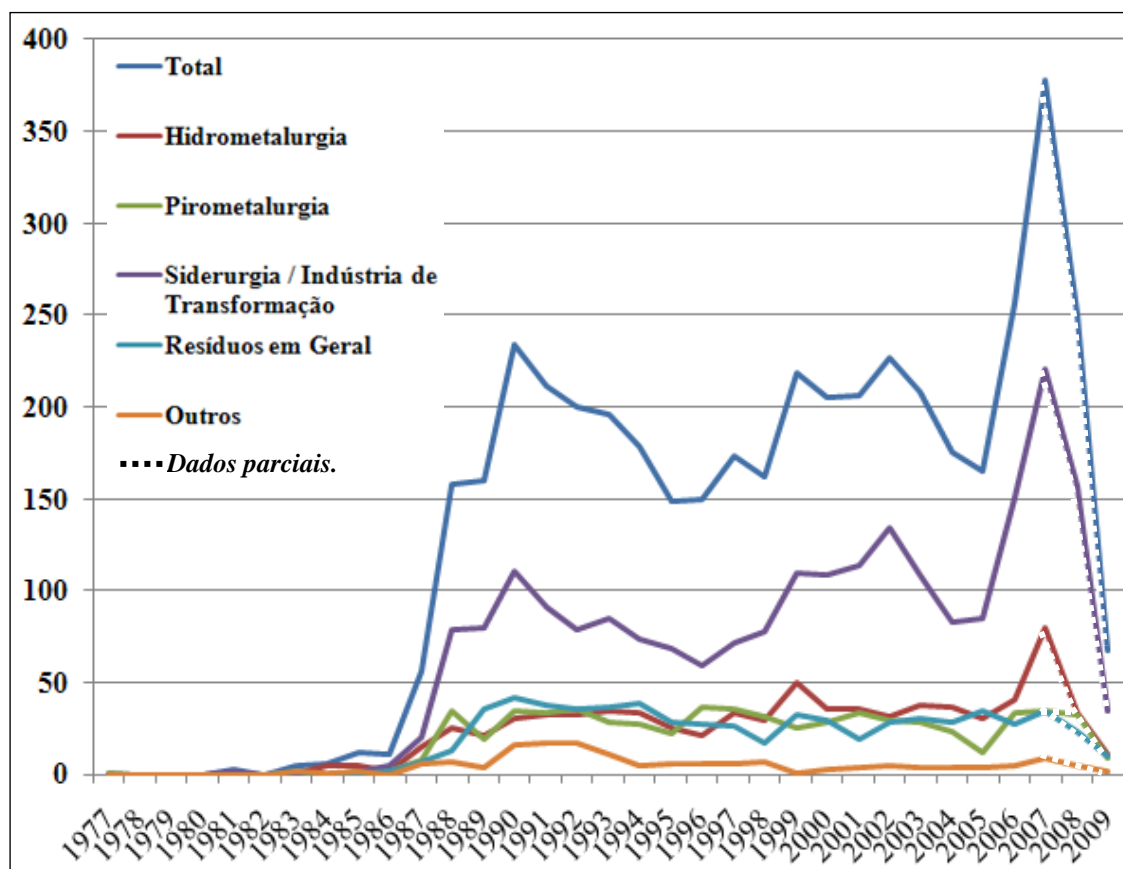


Gráfico 6.4 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado.

Os depósitos referentes a 2008 e 2009, embora devam estar de fato mais baixos do que o do ano de pico (2007), pode estar defasado, principalmente, devido à característica da base de dados *DII* buscar pelo ano de entrada do documento na base. Assim, alguns documentos desses anos podem ter sido incluídos em 2010, ou ainda não terem sido incluídos, o que prejudica a análise para esses anos, em especial, 2009. Para melhor visualizar a evolução, foi selecionado o período a partir dos anos 90 no Gráfico 6.4 e construído o Gráfico 6.5 com as principais classificações.

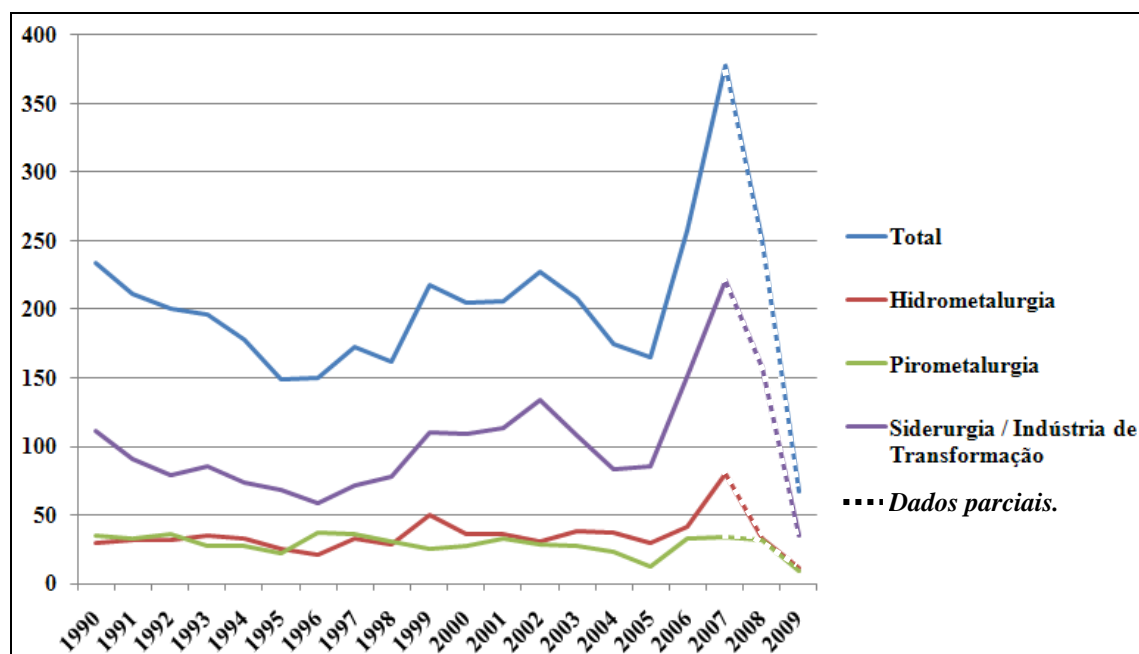


Gráfico 6.5 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente – entre 1990 e 2009.

O Gráfico 6.5 mostra que o panorama total é fortemente influenciado pelo expressivo grupo de documentos de patentes da área de siderurgia/indústria de transformação. No entanto, o padrão da evolução é semelhante entre as diferentes classificações, o que mostra que são grupos de tecnologias que evoluem em uma mesma velocidade e possivelmente influenciado por fatores semelhantes. Interessante observar que o grupo de pirometalurgia é o único que não contribui para o pico de depósito entre os anos de 2006 a 2008, o que pode indicar uma tendência à queda e, ainda, uma possível tendência a saturação para novos desenvolvimentos nessa área. O pico baixo que se destaca no ano de 2008 e 2009 pode estar influenciado, conforme mencionado, pelas questões de inclusão de documentos na base de dados *DII* e pelo tempo de sigilo dos documentos de patentes depositados recentemente.

6.1.2 Documentos considerados não relacionados com o tema central da busca

Os 3.447 documentos analisados que não se relacionam diretamente com o tema central da busca foram classificados resultando em uma distribuição apresentada pelo Gráfico 6.6.

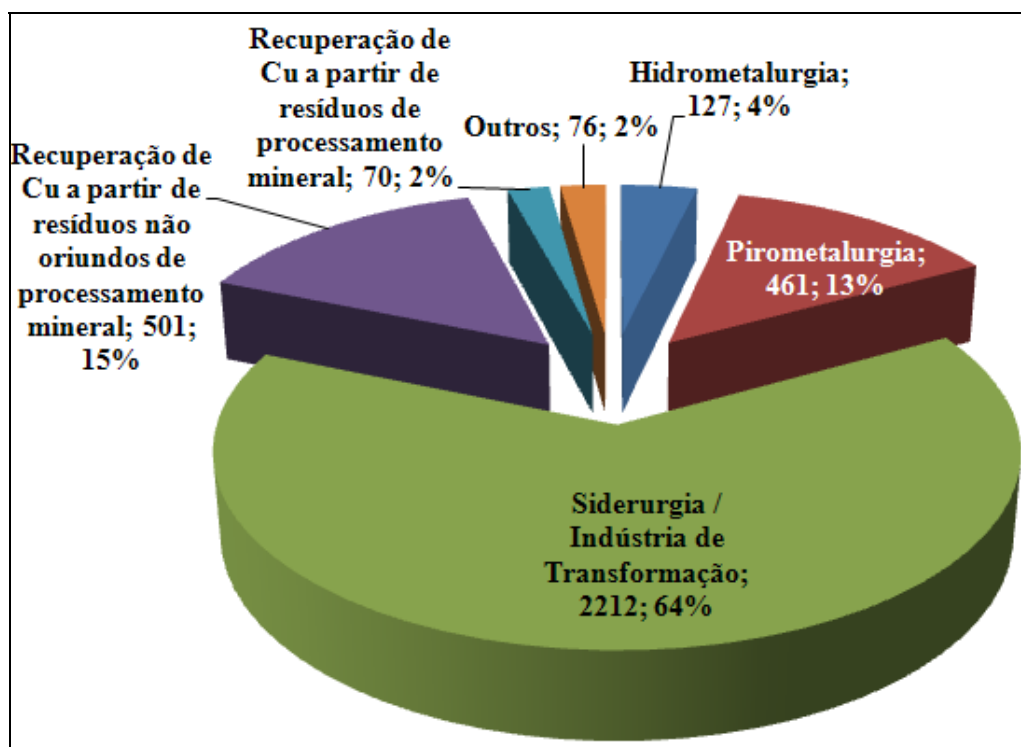


Gráfico 6.6 – Distribuição das classificações dadas dos documentos considerados não relacionados com beneficiamento mineral de cobre.

Conforme esperado, sua maioria pertence à área de siderurgia/processamento mineral, no entanto, é importante notar que há documentos que embora possam ter uma classificação relacionada à extração mineral, não foram considerados diretamente relacionados ao tema. Isso se deve ao fato de tecnologias semelhantes serem aplicadas para a obtenção de diferentes tipos minerais, e algumas vezes até mesmo à obtenção conjunta desses diferentes tipos, o que não só dificulta a classificação, como exige uma análise detalhada de cada documento quando o objetivo da análise for avaliar o mérito da tecnologia, o que não é o caso.

Além disso, esses 3.447 documentos têm as seguintes particularidades, relacionadas ao que foi mencionado anteriormente:

- Alguns documentos são invenções relacionadas a equipamentos, principalmente de pirometalurgia, nos quais não é possível, a partir da leitura do resumo, identificar se são utilizados para a extração de cobre apenas a partir de seus minerais ou se podem ser empregados de maneira mais ampla, como a sua obtenção a partir de resíduos. No caso dos documentos apresentados no Gráfico 6.6, cerca de um terço daqueles classificados em pirometalurgia se refere a equipamentos, o que é um indicativo de que essa hipótese é possível.
- Os documentos que tratam de hidrometalurgia aqui apresentados possuem foco na extração mineral de outros metais que não o cobre.
- Os documentos que são relacionados à extração de cobre a partir de resíduos de processamento mineral, nem sempre estão relacionados ao processamento mineral de cobre, mas sim de outros metais básicos, não sendo possível classificá-los como relevantes exclusivamente no contexto do beneficiamento mineral de cobre, por isso, os 70 documentos – Gráfico 6.6 – foram assim classificados.

Além disso, outro tipo de documento não considerado relevante para o foco de beneficiamento mineral de cobre são aqueles que tratam de processos de adequação dos efluentes do processamento mineral de cobre. O foco da invenção desses documentos é tornar o rejeito aceitável dentro das normas dos órgãos ambientais, e não no processo de produção do cobre em si.

A leitura dos resumos desses documentos indicou que o emprego de apenas a palavra-chave ‘*ore*’ na busca seria a melhor forma de filtro desses documentos, chegando a resultados próximos dos que foram alcançados depois do filtro manual, embora nesse caso, conforme mencionado na metodologia, a perda de alguns documentos deva ser muito bem avaliada em relação ao objetivo da busca.

Para se ter uma visão geral das categorias de tipos de documentos de patente, foi construído o Gráfico 6.7, que considera a ocorrência de documentos relacionados a produtos, processos, reagentes e equipamentos.

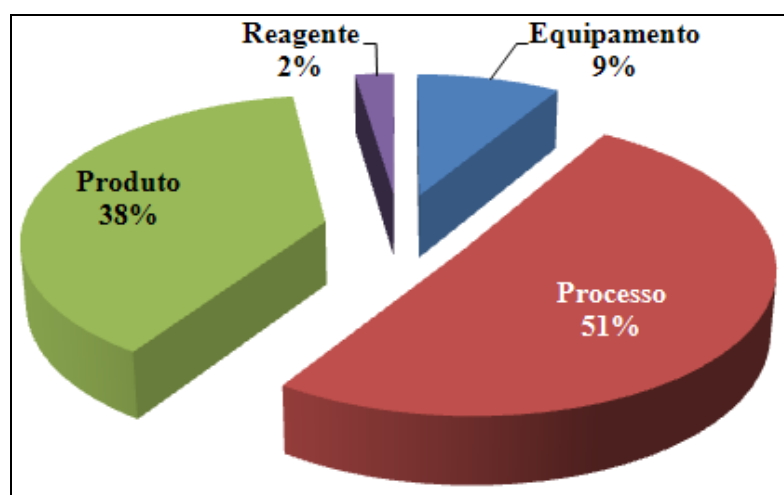


Gráfico 6.7 – Classificação dos documentos não relacionados com beneficiamento mineral de cobre entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento.

Pelo Gráfico 6.7 é possível observar a presença marcante dos documentos relacionados a processos, mas é destacado o maior componente dos documentos de patentes de produto neste caso do que no Gráfico 6.3, referente a todo o grupo de documentos analisados. Esse é um indicativo da contribuição dos documentos relacionados à siderurgia/indústria de transformação em termos de terem tendência a um foco maior em documentos de patente de produto do que as demais classificações.

6.1.3 Documentos Considerados Diretamente Relacionados com o Tema Central da Busca

Os 974 documentos classificados nessa categoria se distribuem dentro das classificações definidas conforme mostrado pelo Gráfico 6.8.

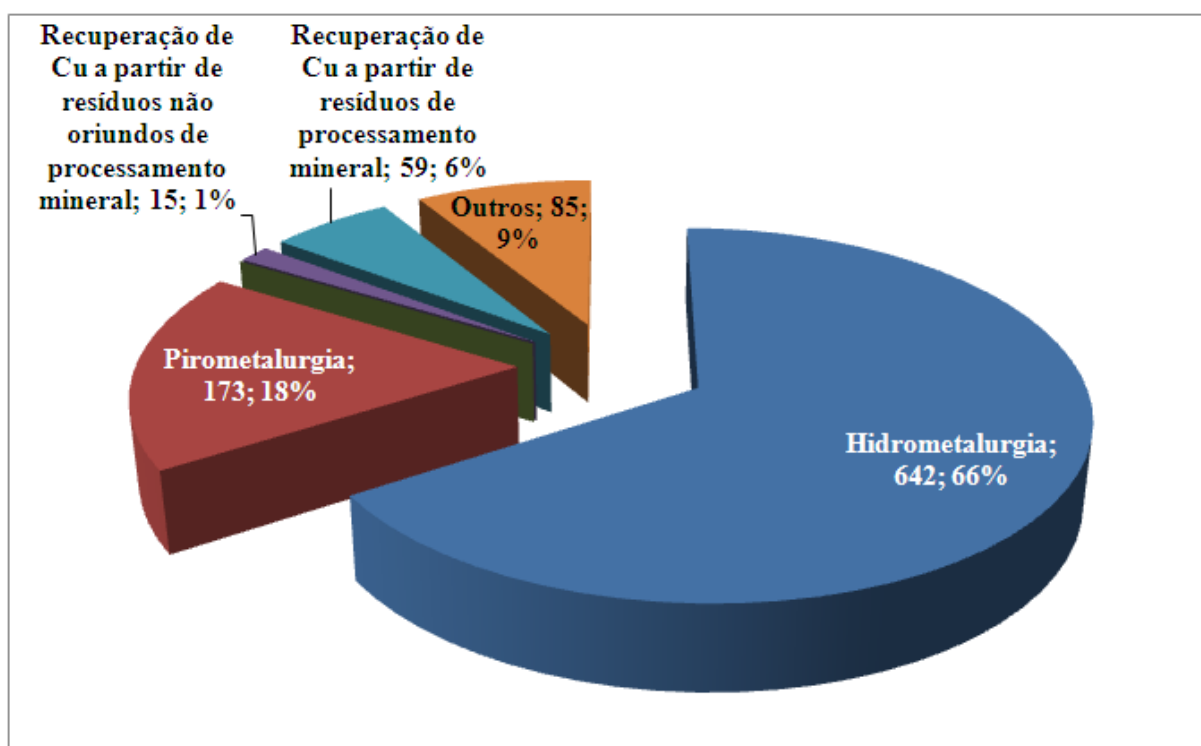


Gráfico 6.8 – Distribuição das classificações dadas aos documentos relacionados diretamente com o tema central da busca.

O Gráfico 6.8 mostra que a maioria dos documentos está classificada como hidrometalurgia, o que indica que para essa área os documentos estão mais focados em obtenção de cobre do que para pirometalurgia, por exemplo. Esse fato pode indicar ainda que a área de pirometalurgia pode estar saturada em termos de novos desenvolvimentos voltados ao beneficiamento em si; o foco dos documentos de patente pode não ser mais o processo de extração como um todo, mas os processos e detalhes acessórios, o que pode ter levado ao descarte maior de documentos para essa área do que para a de hidrometalurgia. Outra hipótese é o fato de que

por haver um menor desenvolvimento e aplicação em processos pirometalúrgicos, o desenvolvimento de criações incrementais ficaria mais limitado quando comparado ao dos processos hidrometalúrgicos, o que conseqüentemente irá gerar uma quantidade menor de documentos que representem esses pequenos aperfeiçoamentos.

Em termos da distribuição entre as diferentes categorias de documentos de patente, o Gráfico 6.9 apresenta dos resultados para o grupo dos 974 documentos selecionados.

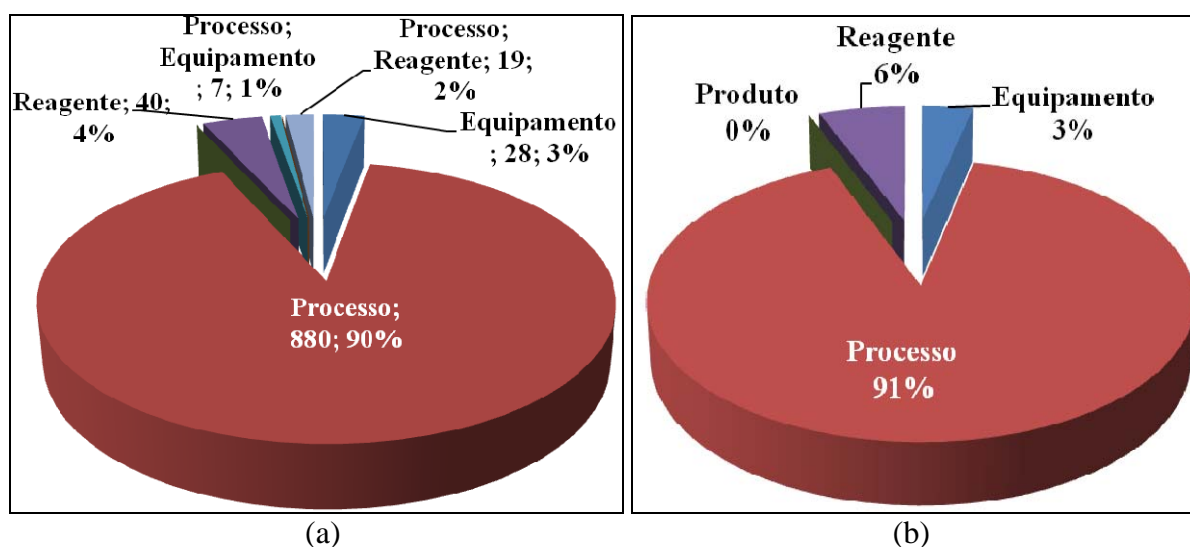


Gráfico 6.9 – (a) Classificação dos documentos diretamente relacionados com o tema central da busca entre documentos de patentes de produto, processo, reagente e equipamento, e (b) consolidação agrupada das categorias.

O Gráfico 6.9 confirma a hipótese de que a maioria dos documentos selecionados pertencem ao desenvolvimento de processos. É importante notar que nenhum dos documentos selecionados é voltado para a produção de um produto em específico, mas apenas para o seu processo de obtenção. Destaca-se a presença de documentos de patentes de reagentes, itens fundamentais em alguns processos de extração mineral e que podem ser objetos de documentos de patentes que estão relacionadas apenas a produção deste reagente, quando este tem o objetivo de auxiliar o beneficiamento de cobre. Esses documentos de patentes de

reagentes são ainda um indicativo de que os processos globais parecem estabelecidos, pois, as possíveis inovações já começam a ser centradas em especificidades dos processos.

Além disso, o uso do *DII* facilitou a localização desse tipo de documentos, pois, o resumo analisado contém a informação do emprego do reagente, mesmo quando o documento de patente tem um foco no processo de produção do mesmo. Essa identificação facilitada do emprego do reagente produzido pode não estar expressa no resumo original dos documentos de patentes depositados nos diferentes escritórios de propriedade industrial e indexados nas diferentes bases, como na base *Esp@cenet*[®].

O Gráfico 6.10, a seguir, apresenta os resultados da evolução do depósito de patentes para os documentos selecionados, apresentando as principais classificações, pirometalurgia, hidrometalurgia e o grupo de processos de obtenção a partir de rejeitos agrupado.

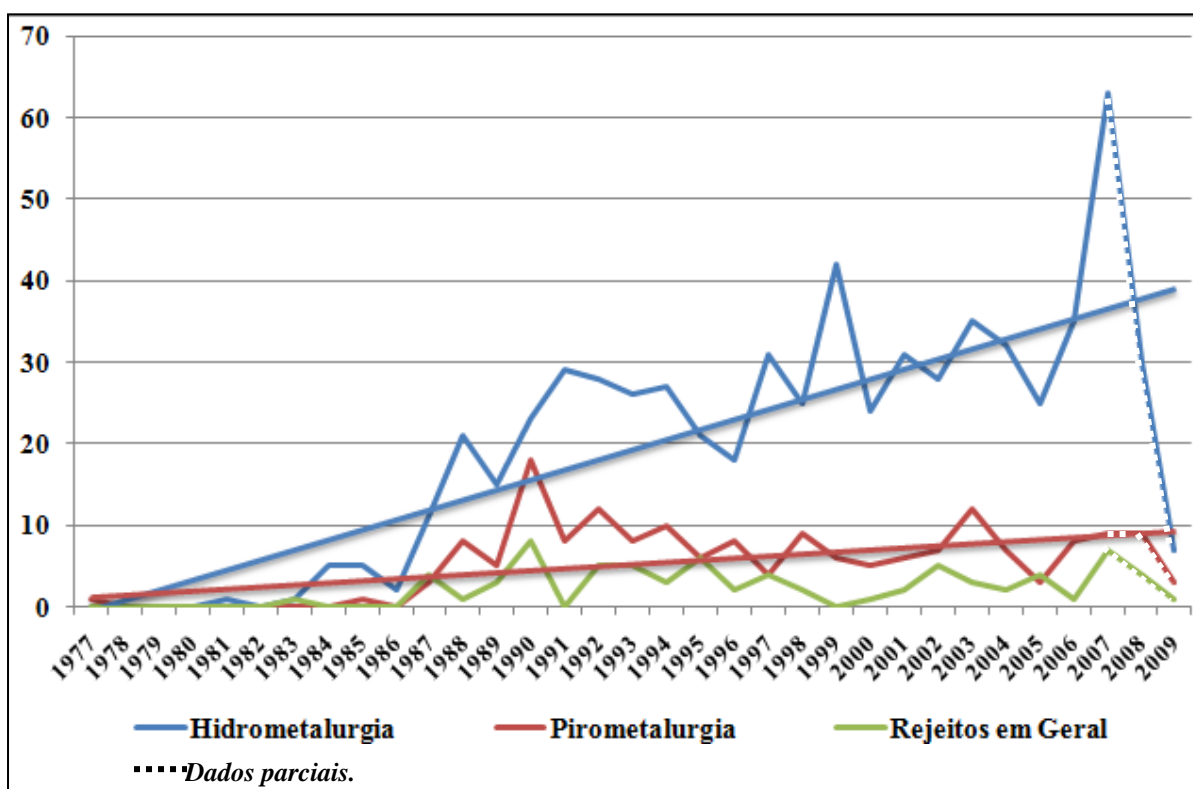


Gráfico 6.10 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado e que está relacionado com o tema central da busca.

Para avaliar de forma aproximada a tendência ao crescimento, no Gráfico 6.10 foi ainda traçada uma linha para as séries de hidrometalurgia e pirometalurgia (usando regressão linear), que mostra que a tendência ao crescimento do depósito de patentes na área de hidrometalurgia é maior, o que está alinhado às discussões anteriores.

O Gráfico 6.11, nesse mesmo contexto apresenta uma visualização da abrangência comparativa entre as duas categorias consideradas principais: hidrometalurgia e pirometalurgia. No Gráfico pode-se mais uma vez observar a predominância dos documentos de hidrometalurgia e seu crescimento de depósitos a partir do começo da década de 90.

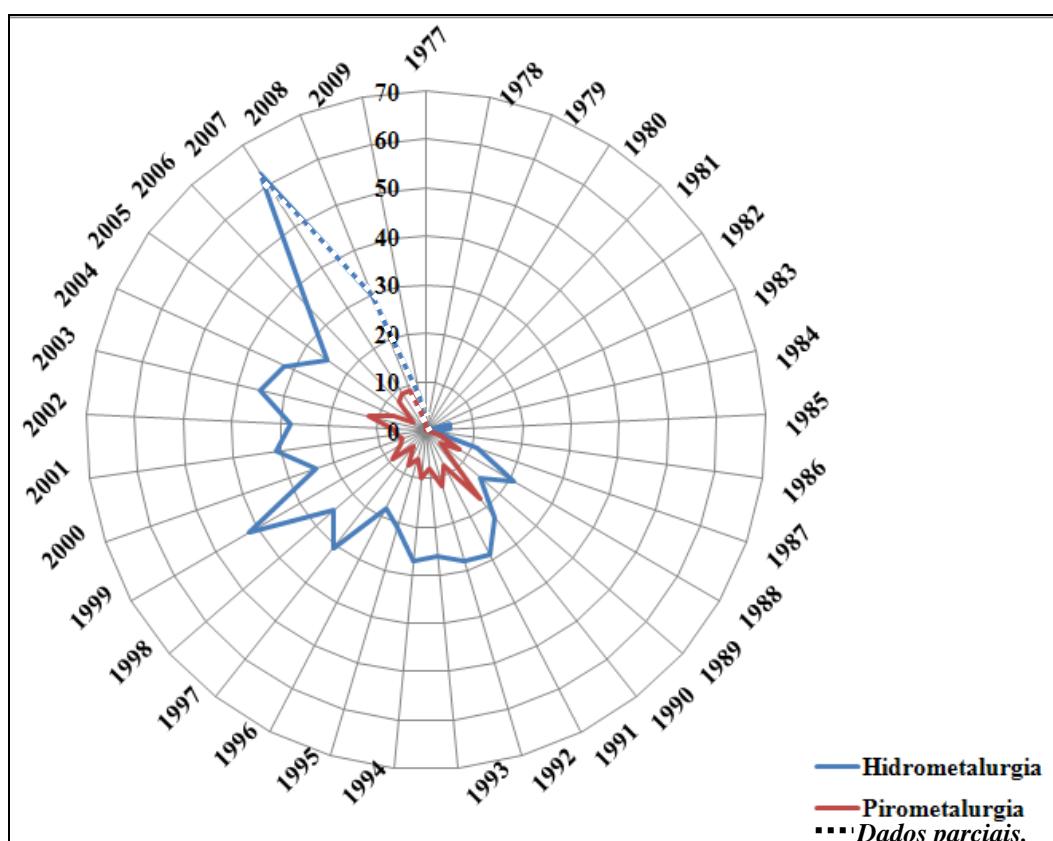


Gráfico 6.11 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos analisado e que está relacionado com o tema central da busca – Hidrometalurgia e Pirometalurgia.

Em relação aos documentos voltados à extração de cobre a partir de rejeitos, aparentemente não há um padrão de evolução que possa ser destacado ou comparado aos demais. Como o foco da busca foram os processos de beneficiamento voltados ao cobre, os resultados apresentados até aqui, ao contrário do que foi previsto, não permitem um panorama conclusivo sobre esses documentos. O que se pode notar é que é significativa sua quantidade, mas não é possível afirmar que documentos que tratam de temática “ambiental” (recuperação a partir de rejeitos de uma maneira geral) em termos de processamento mineral de cobre se restringem a esse grupo, pois, pode haver tecnologias que não foram localizadas pela busca, por não terem o foco em um bem mineral. Além disso, dentro do grupo de hidrometalurgia e pirometalurgia há processos que possuem foco no reaproveitamento de fluxos de processo, ou seja, no reprocessamento de materiais para evitar desperdício tanto de matéria-prima, quanto de reagentes, aumentando a economicidade do processo. Logo, esses documentos também têm um cunho ambiental, não sendo abrangidos nessas categorias de obtenção a partir de rejeitos.

6.1.3.1 Apresentação das Tecnologias Temas das Invenções

Dentre os 974 documentos selecionados puderam ser identificadas uma série de tecnologias descritas no Capítulo 4. Além disso, dentre os documentos classificados como “outros” (83), 74 descrevem melhorias em processos de flotação, que são processos acessórios tanto para o tratamento em pirometalurgia quanto para o de hidrometalurgia, promovendo uma preparação do concentrado que passará por esses processos. Os demais documentos se referem a invenções mais ligadas à atividade de lavra (operações em mina) do que ao beneficiamento em si, mas tem igual relevância para a produção de cobre.

Outras áreas tecnológicas identificadas foram: processos de biolixiviação (cerca de 90 documentos); desenvolvimento de extratantes para extração por solventes (SX); processos de extração por solventes em si; variedades de processos de lixiviação (em termos de parâmetros de operação); processos de eletrorefino; melhorias em equipamentos de pirometalurgia voltadas a um maior rendimento da produção de cobre metálico; alguns (4) que destacam o uso de fontes não tradicionais de cobre, mas que usam processos conhecidos e ainda, alguns processos que explicitamente tratam minerais de cobre de baixo teor.

Em geral, os documentos descrevem melhorias aparentemente incrementais em processos estabelecidos, visando, principalmente, economicidade.

6.2 Classificações Específicas das Tecnologias contidas nos 974 Documentos Selecionados

As tecnologias brevemente descritas no item 6.1.3.1 serão classificadas em termos mais específicos nesta seção e será realizada uma seleção das principais para análise temporal dos depósitos, bem como análise de depositantes e países de origem dos depósitos.

Além disso, as análises por meio da leitura dos resumos disponíveis do *DII* e consulta a alguns documentos completos, quanto foi necessário, teve o objetivo de identificar os principais problemas técnicos que as invenções procuram solucionar, também expostos nessa seção. Inicialmente, fez-se uma análise geral da ocorrência de classificações internacionais de patentes dentre o grupo de 974 documentos selecionados como relevantes para o tema extração mineral de cobre. Essa análise, apresentada na seção seguinte procurou localizar dentre as CIP nas quais cada documento foi classificado aquelas que possam ser relevantes

para uma análise temporal e aquelas que representariam problemas técnicos importantes dentre os discutidos no Capítulo 4 do presente trabalho.

6.2.1 Análise das Classificações Internacionais de Patentes no Grupo de Documentos Seleccionados

Dos 974 documentos, 832 contém em sua classificação de patentes o grupo C22B⁶² e desses, 684 contém a classificação de patentes C22B-015, que é a classificação específica para a obtenção de cobre. Assim, há 148 documentos, que embora não contenham a classificação de patentes voltada para a obtenção do cobre, contém a C22B, e indicam uma CIP para a obtenção de outros metais ou processos correlatos. Para esse grupo dos 148 documentos foi analisada a ocorrência de classificações de patente da subclasse C22B, para verificar as áreas tecnológicas envolvidas e ao mesmo tempo justificar, por meio do uso de Classificação Internacional de Patentes, sua presença dentro do grupo de documentos considerados relevantes. É importante ressaltar que, esse número comprova ainda que, embora eficaz, o uso exclusivo da classificação de patentes **C22B 15** pode acarretar perda de documentos importantes, dado que os 148 documentos aqui mencionados não a contem. O Quadro 6.1 mostra as classificações internacionais de patentes que ocorreram no mencionado grupo dos 148 documentos analisados. No Quadro 6.1 é considerada apenas a ocorrência da CIP, lembrando que um mesmo documento pode conter mais de uma classificação. A subclasse C22B foi escolhida para essa análise por ter sido a subclasse de maior ocorrência nesse grupo e por ser a subclasse mais relacionada à extração de minerais dentre aquelas nas quais foram classificados os 148 documentos.

⁶² Recordando, definição dessa CIP: C22B: produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias –primas.

Quadro 6.1 – Classificações Internacionais de Patentes da subclasse C22B em que foram classificados os 148 documentos que *não contém a classificação C22B 15*.

<i>CIP</i>	<i>N^{63o}</i>	<i>Definição da CIP</i>	<i>CIP</i>	<i>N^o</i>	<i>Definição da CIP</i>
C22B-003/00	46	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido.	C22B-011/08	3	Obtenção de metais nobres por cianuteração.
C22B-003/04	21	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por lixiviação.	C22B-047/00	3	Obtenção do manganês.
C22B-003/08	17	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados que emprega ácido sulfúrico.	C22B-001/02	2	Processos de ustulação.
C22B-003/44	15	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos químicos.	C22B-001/14	2	Aglomerado; Briquetagem; Aglutinação; Granulação.
C22B-003/06	13	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados em soluções inorgânicas ácidas.	C22B-003/16	2	Extração em soluções inorgânicas orgânicas.
C22B-000/00	12	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.	C22B-003/40	2	Extração de Minérios por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos contendo misturas.
C22B-003/20	12	Tratamento ou purificação de soluções, por ex., obtidas por lixiviação.	C22B-007/02	2	Processamento de cinzas de chaminés.
C22B-007/00	11	Processamento de matérias-primas outras que não minérios por ex., sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos.	C22B-011/02	2	Obtenção de metais nobres por processos a seco.
C22B-011/00	10	Obtenção de metais nobres.	C22B-001/04	1	Processos de ustulação a ar.
C22B-001/08	9	Processos de ustulação por cloridização.	C22B-001/06	1	Processos de ustulação por sulfatação.
C22B-023/00	9	Obtenção do níquel ou do cobalto.	C22B-003/10	1	Extração de minérios que empregam ácido clorídrico.
C22B-003/42	8	Extração mediante a troca de íons.	C22B-003/38	1	Extração de Minérios por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos contendo fósforo.
C22B-001/00	7	Pré-tratamento de minérios ou de sucatas.	C22B-004/00	1	Tratamento eletrotérmico de minérios ou produtos metalúrgicos para obtenção de metais ou ligas.
C22B-003/14	7	Extração que emprega solução contendo amônia ou sais de amônia.	C22B-005/12	1	Processos gerais e redução a metais por gases.
C22B-003/18	7	Extração de minérios com o auxílio de micro-organismos ou enzimas, por ex., bactérias ou	C22B-005/14	1	Processos gerais e redução a metais, empregando material fluidizado.
C22B-003/46	7	Extração por substituição, por ex., por cimentação.	C22B-009/05	1	Refino por tratamento com gases, por ex., degaseificação.
C22B-003/30	6	Extração de Minérios por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos do tipo oximas.	C22B-009/10	1	Processos gerais de refino ou refusão de metais com agentes fundentes ou de refino; Uso de materiais para este fim.
C22B-003/24	5	Extração de Minérios por absorção em substâncias sólidas, por ex., extração com resinas sólidas.	C22B-009/16	1	Refusão de metais.
C22B-003/26	5	Extração de Minérios por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos.	C22B-013/08	1	Separação de metais do chumbo por precipitação.
C22B-007/04	4	Processamento de escórias.	C22B-019/20	1	Obtenção do zinco por outros meios que não a destilação.
C22B-003/02	3	Aparelhos para extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a	C22B-025/00	1	Obtenção do estanho.
C22B-003/12	3	Extração em soluções inorgânicas alcalinas	C22B-030/00	1	Obtenção de antimônio, arsênio ou bismuto.
C22B-005/00	3	Processos gerais e redução a metais.	C22B-030/04	1	Obtenção de arsênio.
C22B-011/06	3	Obtenção de metais nobres por cloridização.	C22B-060/02	1	Obtenção do tório, do urânio ou dos outros actínídeos.

⁶³ O número se refere ao número de ocorrências da CIP dentre o grupo de 148 documentos de patentes.

O Quadro 6.1 traz um importante resultado e referência de classificações de patentes acessórias em buscas no setor mineral. A classificação de maior ocorrência traz na sua definição um indicativo de processos hidrometalúrgicos, por serem processos que ocorrem a úmido. Considerando todo o grupo de documentos da listagem que possui a subclasse C22B 003 – e que não possuem a classificação C22B 15 –, pelas classificações apresentadas no item 5.1, observou-se que, de fato, todos os documentos foram classificados nos grupos de (a) hidrometalurgia; (b) em alguns casos no grupo de recuperação de cobre a partir de rejeito de processamento mineral, e (c) em poucos casos (8) no grupo de pirometalurgia, por conter alguma etapa a úmido. Esse indicativo é de grande importância para buscas de documentos de patente no setor, pois, ainda que não mencione diretamente o metal de interesse (o que deve ser e foi capturado por meio de leitura de mais informações dos documentos), a ocorrência da C22B 003 é um importante indício de que se trata de um processo hidrometalúrgico. O uso da palavra-chave *cobre* pode auxiliar em uma busca por documentos patentes que empregue essa classificação, de forma complementar.

As demais classificações, de um modo geral, também estão relacionadas ao tema de interesse, por tratarem de processos específicos dentro do tema de beneficiamento mineral ou por estarem relacionados à obtenção de metais/minerais que ocorrem em conjunto com o cobre na natureza ou ainda que podem ter o cobre extraído de seus resíduos de processamento mineral.

A análise dessa seção procurou apenas compreender quais seriam as outras classificações de patentes nas quais os documentos que não possuíam a classificação principal voltada ao cobre estavam alocados. Essa análise também permite concluir que as classificações de patentes acessórias do *DII* foram fundamentais para detectar esses documentos.

Assim, em termos de número, em resumo, tem-se: os 148 documentos que tiveram suas classificações expostas, os 684 que possuem a classificação C22B 15, e, por fim 142 documentos que não possuem em suas classificações nenhuma ocorrência da subclasse C22B. Para esses documentos (142) também foi feita uma análise das classificações, porém, para simplificar a apresentação dos dados, uma vez que esse grupo de documentos apresentou 173 diferentes classificações de patentes, as classificações foram agrupadas em subclasses, não considerando os subgrupos das mesmas. Os dados são apresentados no Quadro 6.2.

Os neste Quadro, conjuntamente com a análise dos resumos e documentos (142), mostram que de fato todas essas classificações podem ser consideradas no contexto na obtenção de cobre a partir de minerais em maior ou menor grau, conforme mostra o número de ocorrências. Há um destaque para a subclasse que teve o maior número de ocorrências (87), que é a referente a processos de flotação, onde, muitos desses documentos foram classificados com a categoria de “outros”, conforme explicitado no Capítulo 5. Ainda, conforme confirmado na seção 6.1, a maioria dos documentos classificados como “outros” dentro do grupo total de documentos selecionados de fato se referem a processos de flotação, que representam importantes acessórios tanto em fluxogramas de piro quanto nos de hidrometalurgia para a obtenção do cobre metálico.

Ainda sobre o Quadro 6.2 é interessante observar a ocorrência de classificações que dizem respeito à atividade de lavra, embora o foco desses documento seja alguma melhoria para o processo de beneficiamento posterior, o que justifica a presença desses documentos no grupo dos selecionados. Além disso, há classificações específicas de biotecnologia, embora em número bem reduzido, que mostram a ocorrência destas sem que a classificação do metal cobre (C22B 15) ocorra em conjunto.

Quadro 6.2 – Classificações Internacionais de Patentes dos 142 documentos que *não contém a classificação C22B*.

<i>CIP</i>	<i>Nº</i>	<i>Definição da CIP</i>
B03D	87	Processos de flotação; sedimentação diferencial.
C25C	48	Processos para a produção, a recuperação, ou refino eletrolítico dos metais; aparelhos para esse fim.
B01D	23	Separação (evaporação, destilação, cristalização, filtração, precipitação de poeira, purificação de gás, absorção, adsorção).
C07C	21	Compostos acíclicos ou carbocíclicos.
C01G	14	Compostos contendo metais não abrangidos pelas subclasses C01D ou C01D (todas as ocorrências foram as do subgrupo referente a compostos de cobre - C01G-003).
C07D	11	Compostos heterocíclicos.
B03B	10	Separação de materiais sólidos utilizando líquidos ou mesas ou peneiras pneumáticas.
C25D	9	Processos para produção eletrolítica.
C02F	7	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
B02C	5	Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão.
C09K	5	Matérias para aplicações diversas, não incluídas em outro local; aplicações de materiais não incluídos em outro local.
E21C	5	Mineração ou exploração de pedreiras (lavra).
B01J	4	Processos químicos ou físicos, por ex., catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos.
B03C	4	Separação magnética ou eletrostática de materiais sólidos dos materiais sólidos ou de fluidos.
C01B	3	Elementos não-metálicos; seus compostos.
C12N	3	Micro-organismos ou enzimas; suas composições.
C21B	3	Manufatura de ferro ou aço.
C23C	3	Revestimento de materiais metálicos; revestimento de materiais com materiais metálicos; tratamento da superfície de materiais metálicos por difusão, por conversão química ou substituição; revestimento por evaporação a vácuo, por pulverização catódica, por implantação de íons ou por deposição química em fase de vapor.
B32B	2	Produtos em camadas, i.e., produtos estruturados com camadas de forma plana ou não plana, por ex., em forma celular ou alveolar.
C04B	2	Cal; magnésia; escória; cimentos; suas composições.
C07F	2	Compostos acíclicos, carbocíclicos ou heterocíclicos contendo outros elementos que não o carbono, o hidrogênio, o halogênio, o nitrogênio, o enxofre, o selênio ou o telúrio.
E21B	2	Perfuração do solo ou rocha.
B05B	1	Aparelhos de pulverização; aparelhos de atomização; bocais.
C08	3	Compostos macromoleculares orgânicos; sua preparação ou seu processamento químico; composições baseadas nos mesmos. Essa classificação foi apresentada em seu grupo principal por ter ocorrida em 5 grupos da C09, sendo todos relacionados a compostos orgânicos, estando relacionados a fabricação de reagentes para processos de extração de cobre).
C12S	1	Processos que utilizam enzimas ou micro-organismos para liberar, separar ou purificar um composto ou uma composição pré-existentes.
C22C	1	Tratamento de ligas (o documento de patente que menciona essa classificação emprega um tratamento de um material que compreende ligas e minério de cobre, embora esteja apenas classificado na C22C-001/04).
F27B	1	Fornalhas, fornos, estufas ou retortas em geral; aparelhos de sinterização a céu aberto ou similar.
B05B	1	Aparelhos de pulverização; aparelhos de atomização; bocais.

Assim como o Quadro 6.1, o Quadro 6.2 aponta classificações, que, embora possam ser consideradas menos relevantes do que as apresentadas no quadro 6.1, são importantes no

contexto da obtenção de cobre a partir de seus minerais. Além disso, o Quadro 6.2 mostra a importância dos processos de separação, sem que se tenha definido o contexto do metal na classificação de patente, o que mais uma vez, só pode ser identificado a partir de dados mais específicos dos documentos. Ainda, essas classificações mostram o quão ampla é a abrangência de CIPs para a área estudada e, ao mesmo tempo, confirma que, embora trabalhosa e ampla, a estratégia de busca escolhida proveu resultados que contém informações de grande relevância para outras buscas no setor.

Cabe destacar novamente que vários documentos que estão diretamente ligados a extração do cobre não possuíam em suas classificações internacionais a classificação C22B 15, o que demonstra uma deficiência dos escritórios de propriedade industrial no momento de classificar os pedidos depositados, devendo servir de alerta aos pesquisadores que realizam estas classificações, melhorando assim a indexação e recuperação dos documentos. Além disso, é igualmente um importante alerta aos usuários de buscas de documentos de patentes, para não se limitarem a determinadas classificações em suas buscas.

6.2.2 Análise de Classificações Internacionais de Patentes no Grupo de Documentos Selecionados que possuem a CIP C22B 15

Para o grupo selecionado de documentos que foram classificados na CIP C22B 15 (684), será feita uma análise mais detalhada das classificações de patente, mostrando-as da mesma forma que os dois grupos anteriores e analisando, dentro dos subgrupos dessa classificação, qual foi o perfil de ocorrência. Para simplificar a apresentação dos dados foram escolhidas as classificações que tiveram pelo menos 10 ocorrências no grupo de documentos. O Quadro 6.3 mostra o resultado.

Quadro 6.3 – Classificações Internacionais de Patentes dos 684 documentos que *contém a classificação C22B15*.

<i>CIP</i>	<i>Definição da CIP</i>	<i>nº</i>	<i>CIP</i>	<i>Definição da CIP</i>	<i>nº</i>
C22B-003	Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido.	1108	C01B-017	Enxofre; Seus compostos.	25
C22B-015	Obtenção do cobre.	781	C22B-034	Obtenção de metais refratários.	25
C22B-023	Obtenção do níquel ou do cobalto.	166	C25C-007	Peças estruturais das células ou seus conjuntos; Operações ou manutenção das células.	21
C22B-000	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.	149	C22B-026	Obtenção de metais alcalinos, alcalino-terrosos ou do magnésio.	19
C22B-019	Obtenção do zinco ou do óxido de zinco.	139	C12N-001	Micro-organismos por ex., protozoários; Suas composições.	18
C22B-011	Obtenção de metais nobres.	132	B01D-000	SEPARAÇÃO: evaporação, destilação, cristalização, filtração, precipitação de poeira, purificação de gás, absorção, adsorção.	15
C25C-001	Produção, recuperação ou refinação eletrolítica dos metais por eletrólise de soluções.	132	C01G-049	Compostos de ferro.	15
C22B-001	Pré-tratamento de minérios ou de sucatas.	106	C22B-061	Obtenção de metais não incluídos em outro local desta subclasse.	13
B01D-011	Extração com solventes.	67	C12P-003	Preparação de elementos ou de compostos inorgânicos exceto dióxido de carbono.	12
B03D-001	Flotação.	60	C25C-000	Processos para a produção, a recuperação, ou refino eletrolítico dos metais; aparelhos para esse fim.	12
C22B-005	Processos gerais e redução a metais.	57	C08F-008	Modificação química por pós-tratamento.	11
C22B-007	Processamento de matérias-primas outras que não minérios por ex., sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos.	54	C21B-015	Outros processos para a manufatura do ferro à base de compostos de ferro.	11
C22B-009	Processos gerais de refino ou refusão de metais.	36	B01J-000	Processos ou dispositivos para a granulação de materiais, em geral.	10
C01G-003	Compostos de cobre.	33	C01G-009	Compostos de zinco.	10
C22B-030	Obtenção de antimônio, arsênio ou bismuto.	32	C08F-212	Copolímeros de compostos tendo um ou mais radicais alifáticos insaturados, tendo cada qual apenas uma ligação dupla carbono-carbono, e sendo pelo menos um terminado por um anel carbocíclico aromático.	10
C22B-013	Obtenção do chumbo.	31	C09K-003	Matérias diversas não incluídas em outro local.	10
C02F-001	Tratamento de água, águas residuais, ou de esgotos.	26	C22B-047	Obtenção do manganês.	10
C22B-060	Obtenção de metais tendo um número atômico de 87 ou mais, i.e., metais radioativos.	26	C25B-001	Produção eletrolítica de compostos inorgânicos ou de não metais.	10

Assim como no Quadro 6.1 observa-se aqui a maioria de documentos classificados em processos a úmido, possivelmente hidrometalúrgicos, conforme falado. Além disso, é nítida a

ocorrência de classificações que determinam as características do processo e suas operações individuais. A similaridade de processos de extração de outros metais com os voltados ao cobre também pode ser vista nessa análise, pois, ocorrem simultaneamente à classificação foco (C22B 15), classificações que envolvem a obtenção de outros metais.

Procurando compreender melhor a ocorrência das subdivisões da classificação C22B 15, foi realizada uma análise do número de ocorrência de cada uma das suas subclasses. A análise quantitativa da ocorrência dos subgrupos da classificação C22B 15 dentro dos 684 documentos é mostrada no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Classificações Internacionais de Patentes dos 684 documentos que *contém a classificação C22B15*.

<i>CIP</i>	<i>Definição da CIP</i>	<i>Nº de ocorrências</i>
C22B-015/00	Obtenção do cobre	663
C22B-015/06	. Em conversores.	48
C22B-015/14	. Refino.	45
C22B-015/02	. Em alto-fornos.	8
C22B-015/08	. Com lixiviação com ácidos e soluções salinas.	8
C22B-015/10	. Com lixiviação com amônia ou soluções de sais de amônia.	4
C22B-015/04	. Em fornos de reverbação.	2
C22B-015/12	. Por precipitação.	2

Ao se realizar a contabilização das classificações foram localizadas três que não estavam previstas pelas classificações de patentes expostas na metodologia (Versão 8 da CIP). Elas estão em destaque no Quadro 6.4. Essas três classificações envolvem nitidamente os processos de obtenção de cobre voltados à área da hidrometalurgia, mas, pela pesquisa realizada para compreender o que são e como ocorreram indicam que não foram amplamente empregados, por terem sido descontinuados durante as revisões da Classificação Internacional

de Patentes. Inclusive, cabe reafirmar que as buscas de classificações voltadas à obtenção de cobre foi realizada nas versões atuais, disponíveis no site da WIPO, nas quais não seriam localizadas essas classificações pela ferramenta TACSY. Elas foram localizadas em uma versão anterior da CIP (Versão 4). É importante recordar que durante as revisões da CIP, algumas classificações de patentes podem ser incorporadas ou retiradas, como foi o caso destas. Assim reforça-se o fato de que para análises e buscas de documentos de patentes é importante conhecer as versões da CIP em vigência *dentro do período definido para a busca*, pois, os documentos que possuem classificações que foram descontinuadas não são reclassificados.

A observação dessas classificações traz importantes questionamentos para o presente trabalho, pois, assim como elas expressam processos um tanto mais específicos que as demais, elas, nas versões mais atuais da CIP estão na verdade expressas nas diversas classificações que ocorreram paralelamente a C22B 15/00, por terem sido descontinuadas. Do ponto de vista técnico elas seriam de fato mais precisas para caracterizar processos de lixiviação, porém, assim como mostrado pelas classificações levantadas, há uma infinidade de variações de parâmetros que elas não são capazes de definir. O número de ocorrências dessas classificações não é representativo, pois, as datas de prioridades dos documentos a que se referem ocorrem bem próximas do início do período de tempo definido para a busca do presente trabalho, que coincidiu com a descontinuidade do seu uso.

Por outro lado, as demais classificações da planilha também trazem uma observação relevante: a grande maioria dos documentos foi classificada na CIP C22B 15/00, provavelmente por não ser possível, na maioria das vezes, encontrar definições precisas no emprego das demais classificações que estão em uso. Isso mais uma vez reforça o papel de

outras classificações para definir as tecnologias de extração. Além disso, com a exclusão das classificações em destaque no Quadro 6.4, nenhuma das demais é exclusiva da obtenção de cobre a partir de seus minérios (nem mesmas as três excluídas o são, porém, estas são mais relacionadas ao setor mineral do que aquelas); o que indica que para o setor de beneficiamento mineral, embora essa classificação seja um ponto de partida em termos de abrangência, ela não se basta, sendo necessárias análises específicas e seleção de outras classificações de acordo com as tecnologias que se deseja encontrar.

Como o objetivo do presente trabalho foi ser abrangente, as classificações mostradas indicam que essa abrangência foi atingida, levando a um refinamento, por meio da análise individual dos dados de cada documento, que não seria atingido de outra forma além da investigação detalhada das classificações de patentes, tal como mostrado.

Dentro do grupo dos documentos de patentes considerados relevantes ao setor mineral (974), foram elencadas tecnologias chave no processamento de cobre que serão apresentadas em termos de evolução dos seus depósitos nas seções seguintes.

6.3 Seleção de Categorias Tecnológicas para Análise Temporal dos Depósitos de Documentos de Patente

A análise dos documentos e suas classificações; mais dos documentos do que das classificações, visando-se obter categorias voltadas às tecnologias apresentadas no Capítulo 4, permitiu a identificação de 10 categorias tecnológicas de destaque, dentro das quais se encaixam 744 dos 974 documentos de patentes selecionados. As categorias são elencadas e analisadas a seguir.

A) Lixiviação: 337 documentos abordam a temática de lixiviação (excluindo-se aqui os que tratam em específico da biolixiviação, tema do próximo tópico). Esses documentos procuram, por meio de melhoria de parâmetros de processos, ou ainda, emprego de operações unitárias rearranjadas, ou ainda que empreguem reciclo de determinados reagentes, o aumento na extração do metal cobre ao final do processo. Em linhas gerais, as características do minério tratado são determinantes nas etapas e sub-tecnologias empregadas em lixiviação, ou seja, há minérios que tem o cobre extraído empregando-se soluções ácidas, outros, utilizam soluções básicas, além de haver diferenças na disposição física do processo de lixiviação. Há documentos que citam lixiviação em pilhas, outros sob pressão, e ainda, outros mencionam a lixiviação *in-situ* do corpo mineral. Essas diferenças dentro do grupo de documentos que tratam de lixiviação dizem respeito principalmente a dois aspectos: a mencionada característica do mineral e a economicidade do processo como um todo. São incrementos relativamente não disruptivos, mas que podem servir tanto de inspiração para o desenvolvimento de novas rotas, pois, as possibilidades de alteração de parâmetros que venham a culminar em um circuito inventivo são muitas, quanto para proporcionar ganhos técnicos representativos. Conforme mencionado os problemas técnicos principais giram em torno do consumo de reagentes, principalmente de ácidos e da complexidade dos processos para tratamento de minerais de diferentes origens. Para essa categoria, não seria representativo e efetivo se realizar uma subdivisão, dada a generalidade dos problemas técnicos e a possibilidade de sumariá-los, tal como exposto. A única ressalva são os processos de lixiviação que empregam bio-oxidação, que por terem aparecido em volume nas buscas, merecem uma categoria à parte.

B) Bio-oxidação: 96 documentos abordam essa categoria. São documentos que empregam o uso de microorganismos no processo de oxidação de minérios para extração do cobre e de

metais correlatos. Há documentos que empregam processos de biolixiviação, nos quais a lixiviação é intermediada por bactérias que possuem a capacidade de oxidar o ferro, eliminando-o da solução que contém o metal de interesse. Os documentos de patente dessa categoria têm o foco tanto no processo como um todo, estabelecendo parâmetros de operação que são sujeitos às características fisiológicas dos microorganismos, como no desenvolvimento de microorganismos com características tais a se adaptarem a extração de diferentes tipos de minérios. Os problemas técnicos que os documentos procuram resolver se devem ao fato de que os microorganismos podem ser sensíveis a determinadas condições, de temperatura, contaminantes, entre outras, e, que, portanto, precisam ser específicas para cada tipo mineral ou meio, o que demanda pesquisa para desenvolver as características necessárias e para encontrar os parâmetros ótimos de operação. Mais uma vez é nítida a dependência da tecnologia para com as características dos minérios de cobre, que não são uniformes. A categoria seguinte trata de um dos processos que sucedem a lixiviação. Essas categorias apresentaram vertentes bem definidas nos documentos analisados e que por isso foram divididas entre os 5 próximos itens.

C) Extração por Solventes (SX): ao todo 58 documentos abordam processos de extração por solventes, podendo ser ainda subdivididos em importantes categorias a serem identificadas (classificações seguintes – D; E e F). Os processos que não fazem parte dessas subdivisões e que tratam de processos de extração por solventes de uma maneira geral – tema dessa categoria – totalizam 26 documentos. Esses documentos tratam do processo de extração do cobre como um todo, mas tem um foco diferenciado na etapa de extração por solventes devido ao emprego de reagentes específicos em dosagens diferenciados promovendo efeitos técnicos diversos. A novidade desses processos consiste no conjunto e não apenas na etapa de

extração por solventes. A categoria seguinte, D, vai abordar os documentos de patentes que possuem foco nos reagentes empregados nos processos de SX.

D) Reagentes de Extração por Solventes: foram encontrados, dentro do grupo de SX (58), 23 documentos que abordam especificamente os reagentes empregados para extração por solventes, sendo desses 14 voltados aos reagentes do tipo oximas (que é tema da categoria seguinte, E) e 9 voltados ao desenvolvimento de reagentes diversos para o processo de SX. Interessante observar que o foco desses documentos é o processo de desenvolvimento de reagentes específicos para extração mineral de cobre, ou seja, são reagentes que têm sua concepção voltada para que possuam uma maior seletividade para extrair o cobre de uma solução com dadas características, assim, mais uma vez, se visa à economicidade e aumento de porcentagem de recuperação do Cu de soluções. Os reagentes do tipo oximas, considerados pela literatura um marco inovador no beneficiamento mineral de cobre são temas de documentos de patentes até os dias atuais, e são mostrados na categoria E.

E) Reagentes do tipo oximas para Extração por Solventes: conforme mencionado, foram encontrados 14 documentos com o foco no desenvolvimento de novas oximas para processos de SX em fluxogramas de obtenção de cobre. As oximas, compostos orgânicos, podem ter variações em sua estrutura química gerando reagentes diferenciados, e essa diferenciação é explorada nesses documentos de patentes. A questão técnica principal é produzir um reagente para extração por solventes que seja de fácil reextração, pois, isso implica em um menor consumo de reagente novo no processo de SX. A etapa seguinte à SX em processo de extração hidrometalúrgico é a de recuperação do metal contido em solução, para que ele seja precipitado em sua forma sólida, isso pode ser feito por um dos processos que se destacou na busca, o processo de eletro-recuperação ou *electrowinning* (EW), tema das duas categorias

seguintes, onde na primeira (F) as invenções abordam questões técnicas inventivas que são comuns ao processo conjunto de SX seguido de EW (e não seguido das outras opções de processamento apresentadas no Capítulo 4) e na segunda (G), questões particulares do processo de EW.

F) Extração por Solventes e Eletro-recuperação: 9 documentos se enquadram nessa categoria. São documentos que trazem inovações em ambas as etapas de processo; assim como os demais, trazem novidade pelo conjunto, por abordarem o processo de beneficiamento mineral desde o seu começo. As inovações envolvem o uso de reagentes de SX que reduzam as impurezas para o processo de EW, para que a deposição eletrolítica seja mais eficiente. O conjunto SX-EW tem se mostrado solução técnica para soluções que vêm da extração de minerais de baixo teor, e, embora os documentos não tenham permitido uma análise mais profunda dessa questão, esse é um dos problemas técnicos (beneficiamento de minerais de baixo teor) que podem ser resolvidos por meio da aplicação bem sucedida do processo conjunto, guardadas as devidas especificidades dos minerais e condições. A categoria seguinte tem o foco nos processos de EW em si.

G) Eletro-recuperação (*Electrowinning*) – EW: 21 documentos se enquadram nessa categoria e em geral tratam do problema técnico que envolve o grande consumo energético que ocorre nesse processo. As invenções nessa categoria têm dois focos: alternativas de arranjos do processo eletrolítico para consumir menos energia e também parâmetros voltados para a extração de minerais de baixo teor. Interessante notar que um desses documentos de patentes aborda um processo específico para tratar minerais de baixo teor de origem em nódulos marinhos, que a literatura aponta como uma fonte não usual de cobre que poderá ter crescimento no seu emprego como fonte deste metal. Essa categoria encerra as que se

relacionam com processos hidrometalúrgicas, assim as duas seguintes versam sobre os processos pirometalúrgicos.

H) Fusão (*Smelting*): entre os documentos voltados a pirometalurgia, conforme mencionado anteriormente algumas vezes é difícil identificar tecnologias voltadas especificamente a problemas técnicos que envolvem a extração mineral de cobre a partir. Assim para a pirometalurgia foram identificadas duas categorias de destaque, o *Smelting*, tratado nessa categoria, sobre o qual foram encontrados 104 documentos e o *Converting* abordado na categoria seguinte. O *Smelting* é o processo de fusão que ocorre no forno Flash, que forma o cobre blister e é exatamente em melhorias sobre esse equipamento que se voltam à maioria dos documentos de patentes dessa categoria. Há também questões técnicas que tratam do aproveitamento da escória gerada no processo de fusão, que pode ser reprocessada junto a minério ‘novo’ no forno, reduzindo o volume de rejeitos. Outras invenções versam sobre meio de controle de temperatura interna ao forno, para obtenção de um blister de maior qualidade (teor de cobre).

I) Conversão (*Converting*): 6 documentos foram selecionados como sendo específicos para a etapa de conversão de cobre, da fase mate para blister, uma etapa intermediária do processamento de cobre via pirometalurgia. Esses documentos tratam em sua maioria de questões e melhorias no forno conversor e suas partes internas, são aspectos específicos que visam a otimização no uso desse equipamento. Há também documentos que tratam da otimização dos meios de injeção de gases no forno, visando o melhor rendimento para a conversão do cobre mate e blister. Apresentadas as categorias específicas para hidro e pirometalurgia houve ainda uma que, conforme já mencionado, permeia ambos os processos:

são os documentos voltados aos processos de flotação, descritos na décima e última categoria a seguir.

J) Flotação: 122 documentos abordam essa categoria. São diversas as abordagens desses documentos, há os que tratam de equipamentos – células – de flotação diferenciadas, há os que tratam do emprego de reagentes específicos, e mesmo do desenvolvimento e produção de reagentes específicos para flotação de minérios de cobre, há alguns que tratam do processo de flotação (sendo este a etapa inovadora) em meio a um fluxograma completo de beneficiamento e ainda alguns processos que empregam flotação para remover impurezas comuns aos minérios de cobre. Os problemas técnicos mais relevantes são o desenvolvimento de reagentes de flotação que não gerem prejuízo ao meio ambiente ao serem descartados e a eliminação de impurezas no minério de cobre para gerar concentrados mais limpos para serem tratados pelas etapas posteriores de beneficiamento. Apesar de se apresentarem como mais relevantes é importante notar que os reagentes tema das invenções ainda são os mais conhecidos do estado da técnica, sendo incrementalmente modificados. Pela análise, aparentemente, a área carece de desenvolvimentos – em volume – que visem aspectos ambientais.

Apresentadas as 10 categorias selecionadas, na seção seguinte são apresentadas visualizações conjuntas das mesmas para que seu panorama evolutivo ao longo do tempo possa ser investigado.

6.3.1 Análise dos Depósitos dos Documentos de Patentes entre as Tecnologias Seleccionadas

Observa-se que tanto os perfis de evolução temporal, bem como o volume de depósitos oscilam significativamente ao longo do tempo dentre as 10 categorias seleccionadas, conforme apresenta a visão conjunta das categorias mostrada no Gráfico 6.12.

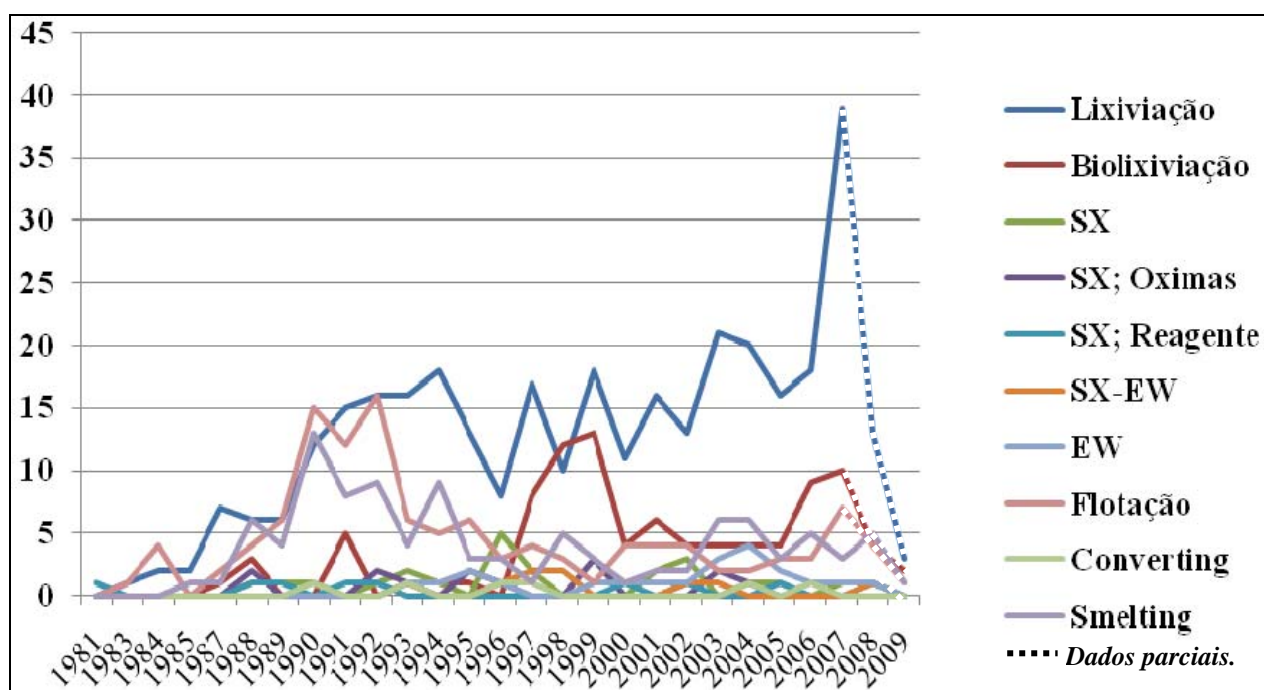


Gráfico 6.12 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas diferentes categorias tecnológicas.

O Gráfico 6.12 mostra que é confusa a análise de todas as tecnologias de forma conjunta, principalmente, por haver uma categoria com elevado volume de depósitos, a de lixiviação, por isso, foi construído, os Gráficos 6.13 e 6.14, que permite uma visualização conjunta mais clara, por agrupar as tecnologias relacionadas a Extração por Solventes (SX) e Eletro-recuperação (EW) em uma só.

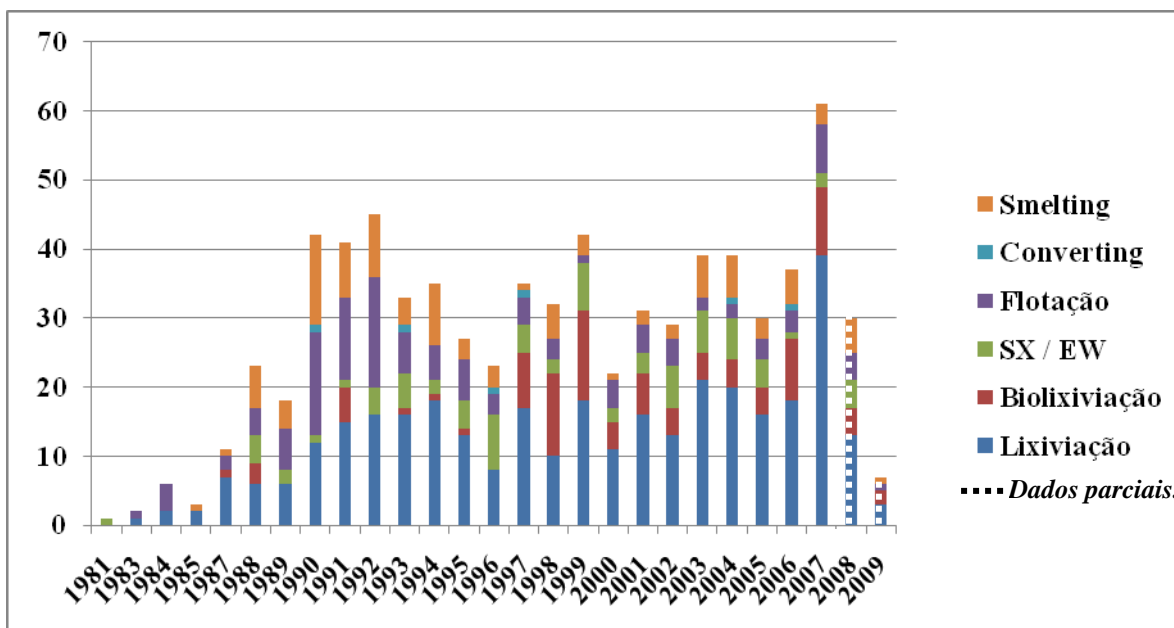


Gráfico 6.13 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas diferentes categorias tecnológicas.

No Gráfico 6.13, assim como no anterior é notório o volume de documentos relacionados a lixiviação, bem como é observado que em todos os anos de prioridade colocados há pelo menos um depósito, tornando a tecnologia de característica de constante desenvolvimento e constante possibilidade de evolução. As técnicas de lixiviação podem ser consideradas um paradigma tecnológico dominante, dentro do qual vem surgindo as técnicas de biolixiviação, também chamadas de bio-oxidação, conforme denominação dada a categoria na seção anterior. Os depósitos relacionados a biolixiviação, que podem ser vistos como uma das trajetórias tecnológicas dentro da hidrometalurgia, apresentam um crescimento expressivo a partir do ano de 1996, aparente estabilidade de depósitos entre 2000 e 2005 e ligeiro aumento nos anos seguintes. Esse perfil pode indicar, associando aqui informações da literatura, que é de fato uma tecnologia que ainda não se estabeleceu por completo, teve seu início com investimentos por volta de meados dos anos 90, mas ao que tudo indica, não se consolidou industrialmente, caso se consolidasse, é provável que o período do início dos anos 2000 apresentasse mais pedidos de patente na área.

Os processos relacionados a flotação parecem competir com os de biolixiviação, dada a proximidade do perfil destas categorias no Gráfico 6.13, mas não tem relação direta, dada a relação entre essas tecnologias. No caso da Flotação os depósitos se apresentam de forma aproximadamente uniforme, não havendo períodos de pico expressivos, mas indicando queda nos últimos anos. A literatura indica que é uma operação já estabelecida, portanto, esse perfil de depósitos apenas representaria a constância de investimentos na melhoria dos processos de flotação para cobre. Em resumo, no Gráfico 6.13 é observada a presença constante dos processos de lixiviação, SX / EW e *Smelting* ao longo de todos os anos.

As tecnologias de SX e EW também apresentam um perfil sem destaques que possam ser conclusivos, por isso, foi realizado um gráfico à parte apenas para essas categorias, apresentadas no Gráfico 6.14. Esse gráfico indica desenvolvimentos relacionados a Extração por Solventes, bem como a processos de eletro-recuperação estão presentes na maioria dos anos. O desenvolvimento de melhorias que abordam o processo conjunto SX-EW surge a partir de 1993 em matérias de documentos de patentes, e devido ao sucesso que representou na temática da hidrometalurgia, se mostra como uma importante inovação. Essa observação é importante, pois, as análises dos gráficos nessa seções dão indicativos do panorama de depósitos de documentos de patentes e conseqüentemente das tecnologias, mas dados da literatura recetente, apresentados no Capítulo 4, são também essenciais para se compreender o contexto dos desenvolvimentos e caracterizar este ou aquele como mais inovador.

No Gráfico 6.14, também, é possível observar a temática dos reagentes voltados aos processos de SX. E sobre esses depósitos, há um contraponto com a literatura, pois, do ponto de vista industrial o emprego de determinadas oximas é considerado recente, no entanto, há depósitos

sobre essa categoria tecnológica que datam de antes da década de 90, o que mostra que os documentos de patentes, quando analisados por especialistas da área tem a possibilidade de antever futuros desenvolvimentos importantes no setor.

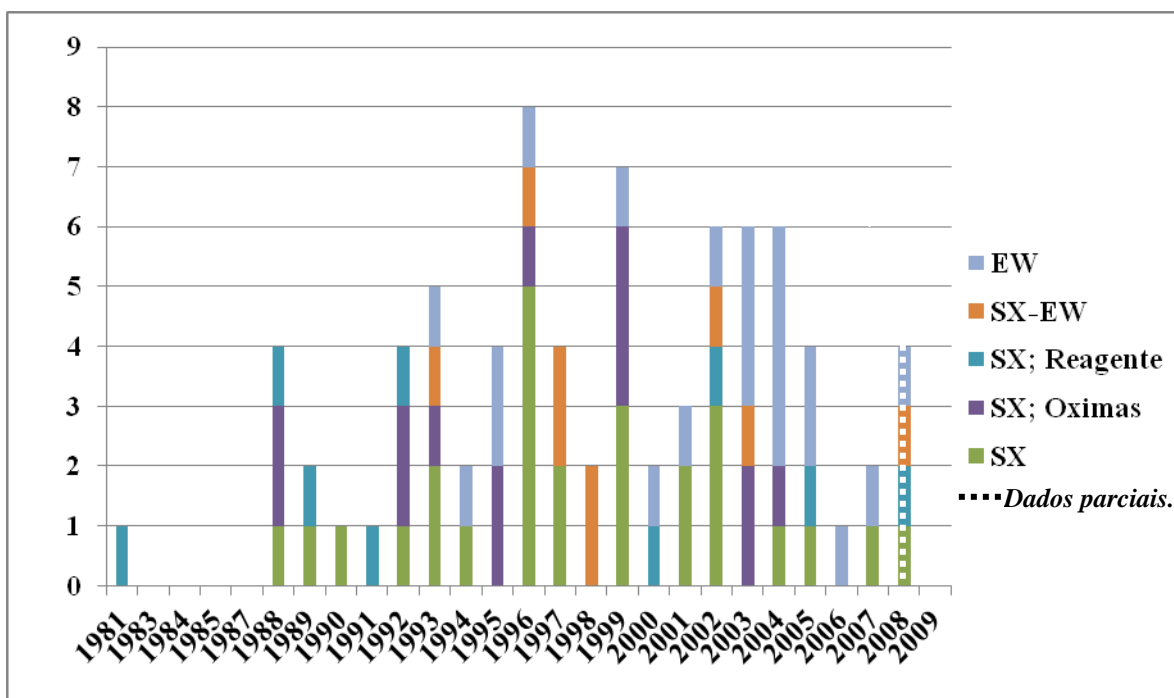


Gráfico 6.14 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias relacionadas a SX e EW.

As categorias voltadas a pirometalurgia, representadas no Gráfico 6.13 pelos processos de *Smelting* e *Converting*, serão melhor analisadas no Gráfico 6.15, que as apresenta em separado comparando-as apenas com os desenvolvimentos dos processos de flotação. Comparações com processos de flotação serão feitas tanto para essas, como para as tecnologias de hidrometalurgia, pois, será avaliada como se deu a evolução de um processo acessório aos beneficiamento mineral de cobre, em comparação com os dois paradigmas tecnológicos principais (pirometalurgia e hidrometalurgia).

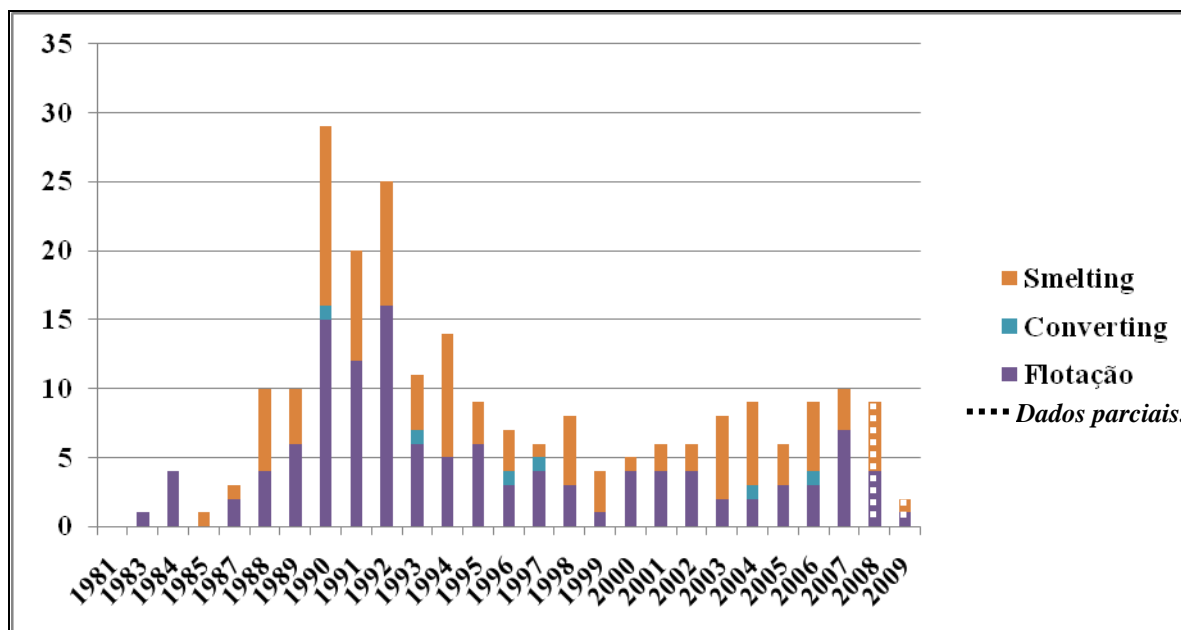


Gráfico 6.15 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias Flotação, *Converting* e *Smelting* – Quantidade de documentos depositados em função do ano do ano da prioridade mais antiga.

O Gráfico 6.15 mostra que os depósitos de *Smelting* e Flotação em um perfil semelhante. Como ambos são tecnologias consolidadas, paradigmas estabelecidos, era de se esperar eu pudessem ter perfis próximos. Como os processos de flotação acompanham tanto os desenvolvimentos de pirometalurgia quanto de hidrometalurgia, e pirometalurgia pode ser considerada uma ciência que se estabeleceu antes desta, é interessante notar que os picos de depósitos de patentes de flotação e smelting coincidam, o que mostra que podem ter sido tecnologias que cresceram em paralelo de acordo com a demanda tecnologia dos processos de produção de cobre.

As tecnologias que envolvem conversão do cobre em blister não tiveram destaque no Gráfico 6.15, o que pode indicar que sua definição como categoria tecnológica não foi bem sucedida, ainda que os documentos de patentes descrevam bem essas etapas, é possível que existam outros documentos de patente, até mesmo que envolvem smelting, que tratam, de uma maneira menos específica de etapas de conversão. Dado o volume, e como sabe-se que

também se trata de uma tecnologia estabelecida, não se podem tirar conclusões relevantes a partir do pequeno número e inconstância de depósitos mostrada.

No Gráfico 6.16 são apresentadas comparações entre as categorias tecnológicas voltadas a hidrometalurgia e os processos de flotação.

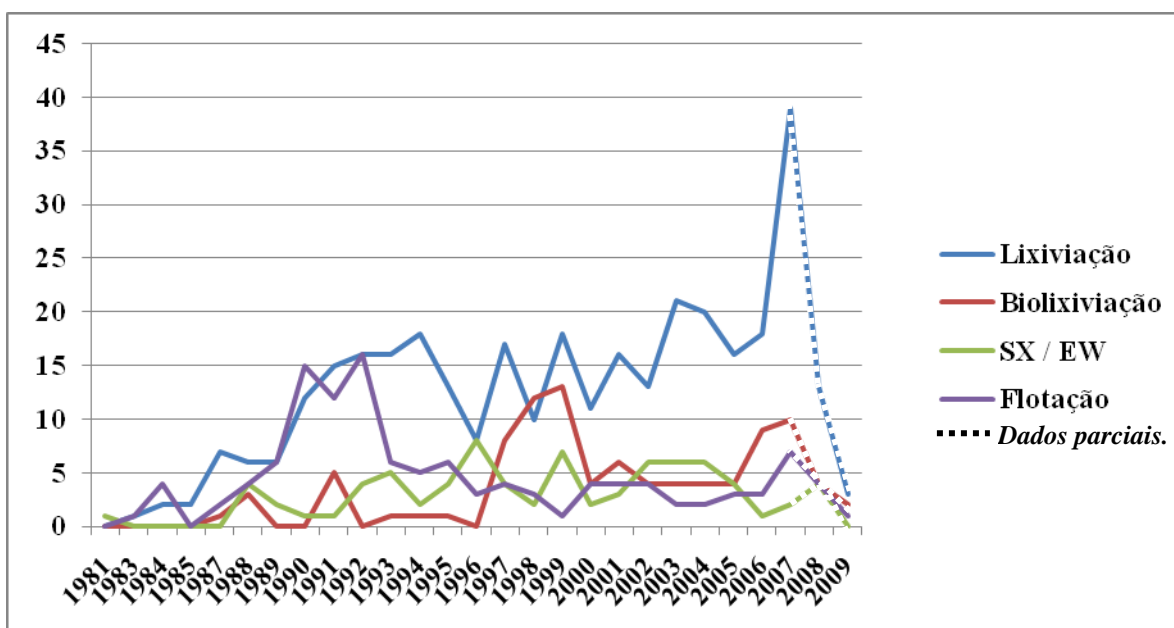


Gráfico 6.16 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos classificados nas categorias Lixiviação, Biolixiviação, SX ou EW, e, Flotação.

No Gráfico 6.16, diferentemente do Gráfico 6.15, nota-se que as tecnologias voltadas à flotação não evoluíram durante todo o período de forma semelhante aos desenvolvimentos de hidrometalurgia, embora os anos de desenvolvimento iniciais apresentem perfil semelhante. Nos processos hidrometalúrgicos observa-se uma tendência maior ao crescimento nos anos recentes, salvo as observações já colocadas anteriormente sobre os anos de 2008 e 2009, o que não é observado na mesma proporção para os processos de flotação.

Além dessas percepções, a análise dos documentos de patente identificou alguns que mencionam diretamente o tipo mineral que é tratado pelo processo compreendido pelas invenções. O Gráfico 6.17 apresenta as categorias que puderam ser identificadas pela leitura dos dados do *DII*. É importante mencionar que não é o fato de um documento não citar explicitamente o tipo mineral a que se refere que este não possa tratar em específico de um tipo mineral determinado. No entanto, para evitar interpretações errôneas nesse contexto, uma vez que os parâmetros de processos são semelhantes e ainda, alguns processos que tratam minerais de baixo e alto teor vão diferir principalmente no que tange ao gasto energético, o que dificulta ainda mais a suposição deste ou daquele tipo mineral, não foi feita uma análise exaustiva de todos os documentos nesse contexto. Foram, então, apresentados no Gráfico 6.17 apenas aqueles que demonstraram com clareza os minerais a que se referem.

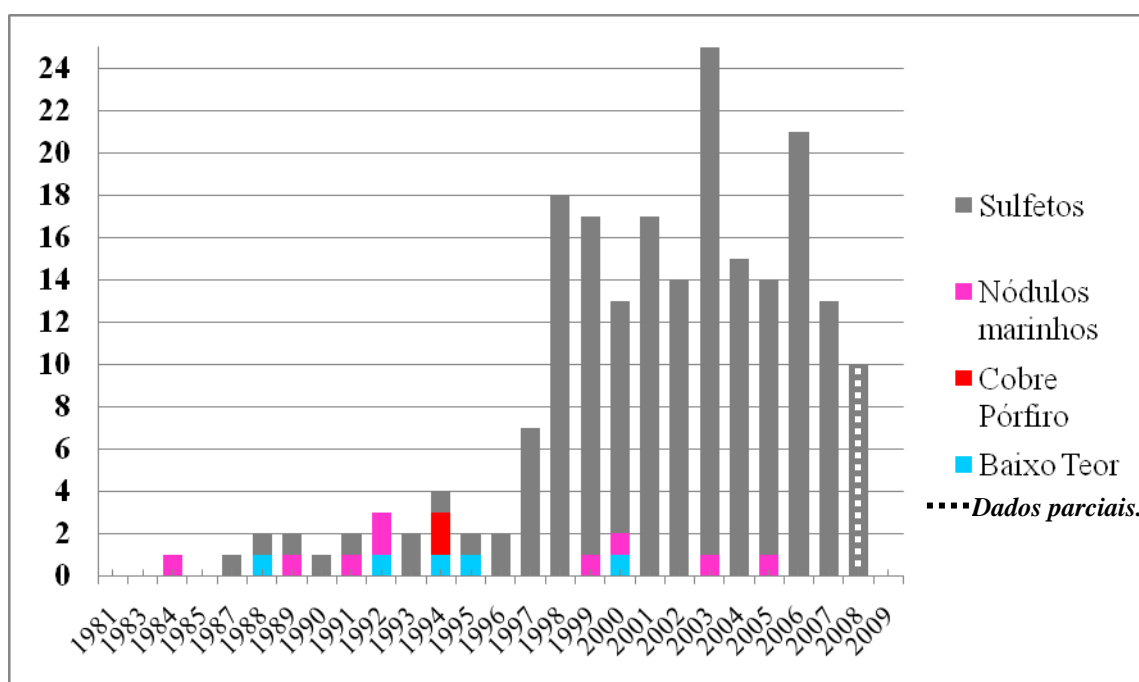


Gráfico 6.17 – Evolução temporal dos depósitos de documentos de patente para o grupo de documentos que compreendem diferentes tipos de minérios.

No Gráfico 6.17 nota-se a presença expressiva de depósitos de patentes que abordam beneficiamento de sulfetos de cobre, o que é esperado, pois a literatura menciona que a

maioria do cobre produzido no mundo advém de sulfetos (cerca de 80%). No entanto é importante observar que embora os minérios sulfetados sejam tradicionalmente tratados por processos pirometalúrgicos, o resultado das análises indica que há tipos minerais dentro da categoria de minérios sulfetados que têm sido tema de estudo de aplicação de rotas hidrometalúrgicas. Esse fato é corroborado pelas análises, pois, a maioria dos documentos versa sobre hidrometalurgia e, além, disso, embora não esteja explicitamente descrito nos documentos de patente representados pela categoria *Sulfetos* no Gráfico 6.17, pode haver dentro desse grupo de documentos voltados aos sulfetos de baixo teor.⁶⁴

Essa análise detalhada dos tipos minerais mostrou que um importante tema tecnológico que seria uma trajetória tecnológica em ascensão e desenvolvimento ao longo dos anos é o emprego de lixiviação para minérios de baixo teor, sejam sulfetados ou oxidados. E as soluções técnicas para essa questão são abordadas de forma clara nos documentos de patente, por meio da sugestão de reagentes específicos e mais seletivos e o próprio processo de biolixiviação, que embora não tenha se estabelecido industrialmente é promissor para resolver o problema do beneficiamento de minerais de baixo teor, que no futuro tenderão a ser uma das fontes disponíveis de cobre mais relevantes, devido a já mencionada possibilidade de esgotamento das reservas. A categoria *baixo teor* expressa as mesmas questões, mas como foi mencionada relativamente poucas vezes, e devido às questões colocadas no parágrafo anterior, não se podem tirar maiores conclusões.

A categoria de Cobre Pórfiro⁶⁵ foi salientada apenas por ter sido identificado de forma extremamente específica, o que foi pouco comum nos documentos, mas essa categoria representa o fato de que muitos processos são desenvolvidos voltados não somente para um

⁶⁴ À medida que os depósitos minerais são explorados podem haver tanto minerais oxidados como sulfetados de baixo teor.

⁶⁵ Tipo geológico de cobre, em geral, associado a rochas magmáticas.

tipo mineral específico, mas para um tipo mineral específico e de um determinado local, o que mostra a não uniformidade de características dos minerais de uma forma geral e a consequente possibilidade de geração de diferentes parâmetros de processo para atender as especificidades.

A categoria nódulos marinhos, pouco explorada na literatura, mas que é considerada uma fonte não tradicional de cobre chamou a atenção durante as análises por ser mencionada de maneira específica e por ter invenções direcionadas ao tratamento desse tipo mineral com parâmetros bem definidos para esse fim (apesar de se tratar de processos dentro das categorias conhecidas). Embora possa ser uma preocupação recente, nota-se pelo Gráfico 6.17 que há depósitos de patentes bem distribuídos ao longo do período exposto, o que indica um esforço inovativo peculiar nessa área. Como a literatura indica uma tendência ao uso de fontes não tradicionais em um horizonte de longo prazo, esses depósitos de patentes podem ser precursores de processos inovadores no futuro.

6.4 Análise dos Depósitos de Documentos de Patentes na área de Hidrometalurgia: Depositantes e Países de Origem.

As tecnologias de maior desafio tecnológico se inserem no contexto da hidrometalurgia, conforme mostrado pela literatura e confirmado por meio das análises dos documentos de patentes. Assim, será apresentada nesse tópico uma análise dos depositantes dos 642 documentos de patentes que foram classificados como sendo tecnologias voltadas para essa área. Para esse grupo de documentos, o Gráfico 6.18 apresenta os países de origem dos documentos de prioridade mais antigos de cada família de patentes nesse setor.⁶⁶

⁶⁶Cada documento de patente analisado nesse trabalho possui uma família, que consequentemente possui um grupo de documentos de prioridade (algumas vezes esse grupo na verdade é apenas um documento), nesse

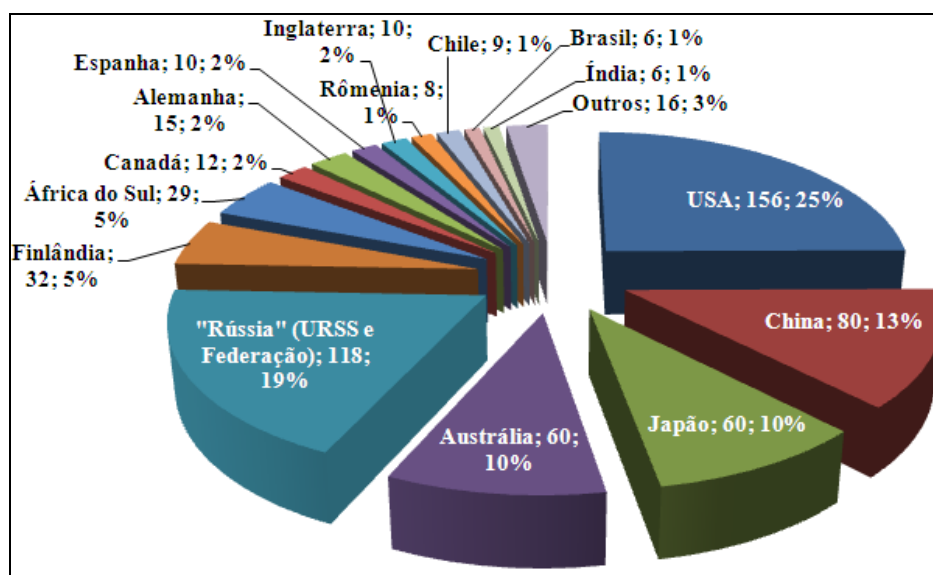


Gráfico 6.18 – Países de origem dos desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre.

Procurando-se avaliar quais seriam os países pioneiros nos desenvolvimentos, foi construído o Gráfico 6.19, que mostra a situação temporal dos depósitos dos documentos de patente para os 5 países que mais possuem documentos registrados.

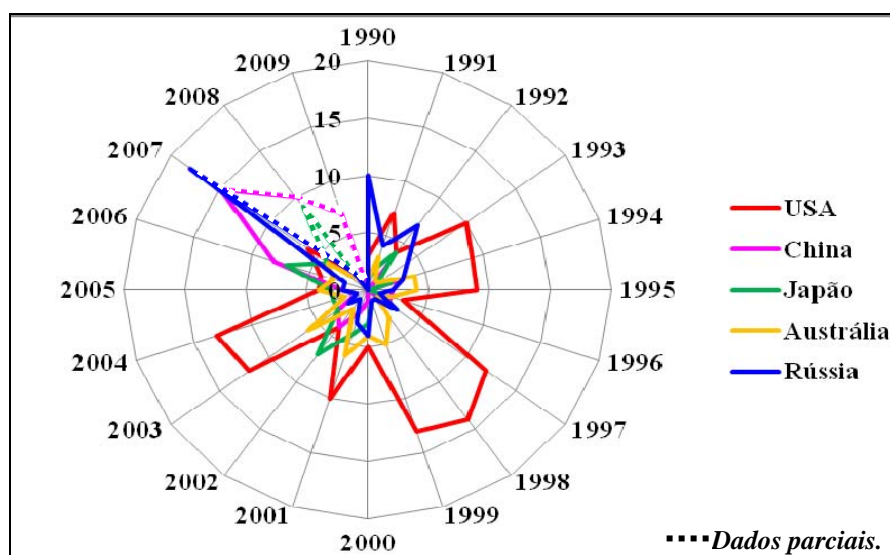


Gráfico 6.19 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para os 5 maiores depositantes (países) de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre.

grupo, para todas as análises apresentadas, foi escolhido o documento de prioridade mais antigo, ou seja, a possível fonte 'inicial' do desenvolvimento daquela tecnologia.

Os Gráficos 6.20 e 6.21 apresentam, respectivamente, uma visualização em separado para os dois países que mais possuem depósitos de patentes (EUA e Rússia) e a mesma visualização para os três países seguintes (Japão, China e Austrália).

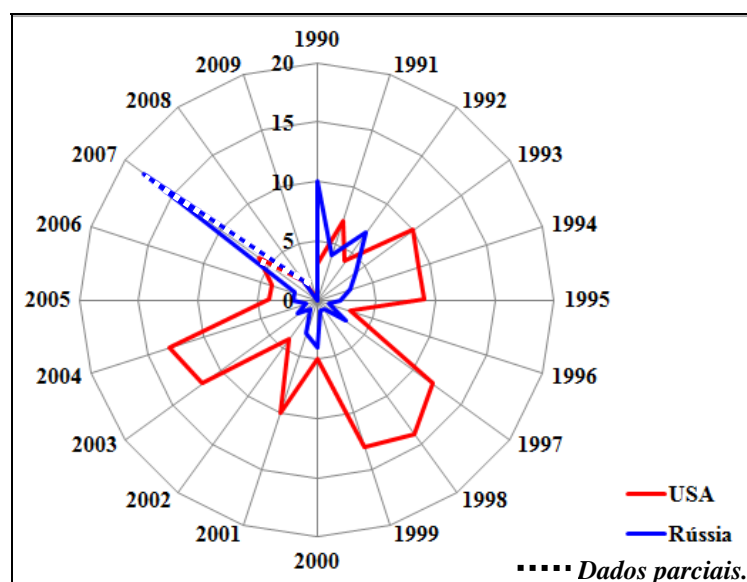


Gráfico 6.20 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para os 2 maiores depositantes (países) de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre.

É interessante observar pelos Gráficos 6.19 a 6.21 que em geral há patentes depositadas regularmente vindas de todos os países, exceto pela China que desponta recentemente como ícone no depósito de patentes, representado pelo pico de documentos referente ao ano de 2007, o que indica também o crescimento dessa nação como referencial para desenvolvimento de novas tecnologias. Um fator relevante no contexto chinês é que a maioria dos documentos é de titularidade de universidades e instituições de ciência e tecnologia, sendo comum o depósito de patentes em conjunto entre esses atores.

Além disso, um dos países que a literatura aponta como um dos principais desenvolvedores tecnologias no setor mineral, a Austrália, aparece nos Gráficos apresentados como um depositante regular de patentes na área de hidrometalurgia.

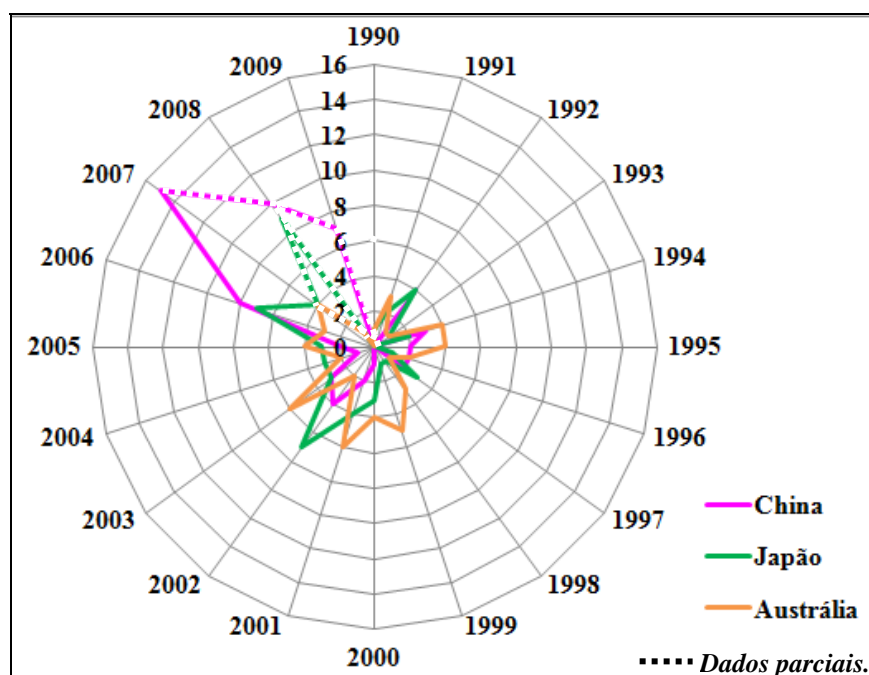


Gráfico 6.21 – Evolução temporal dos depósitos de patentes para a China, Japão e Austrália na área de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre.

Em relação às empresas e instituições titulares dos depósitos de documentos de patente na área em estudo nesta seção, foi verificado que dos 642 pedidos de patente, há cerca de 300 diferentes depositantes. Esse número é mencionado de maneira aproximada por dois motivos: (I) é comum ao setor mineral a aquisição de empresas por parte de empresas maiores, o que faz com que muitos dos documentos de patente que apresentam diferentes titulares, venham a ser, atualmente, na verdade, de um mesmo titular, o que não pode ser identificado de uma maneira ampla pelo presente trabalho; e, (II) muitos titulares usam diferentes ‘instituições’ para depósito dos seus pedidos de patente, muitas vezes, são empresas de um mesmo grupo. Esse fator (II) é mais facilmente tratável, pois, o *DII* traz códigos de identificação de empresas que usam ‘nomes’ diferentes para depositar pedidos de patente (agrupando-as como uma mesma empresa). Porém, ainda assim, o esforço de elencar e identificar diferentes depositantes como sendo de uma mesma empresa deve ser considerado como não sendo exaustivo, pois, uma empresa conhecida (a BHP Billiton) apresentou diferentes códigos de

classificação nos resultados de busca do *DII*, sendo que, sabe-se que se trata da mesma empresa. Além desses fatores, foram encontrados 57 documentos de patentes que tem como titulares apresentados no *DII* nomes de pessoas físicas; alguns desses nomes podem representar funcionários de empresas, sendo que, na verdade, a empresa deva ser seu titular. No entanto, da mesma forma, o presente trabalho não abordará detalhes sobre os documentos que foram apresentados como sendo de inventores individuais.

Assim, os 584 documentos restantes se distribuem entre 250 diferentes depositantes. Foi interessante observar que 66 desses documentos de patente, o que representa cerca de 10% do total de documentos voltados a hidrometalurgia no beneficiamento mineral de cobre, foram depositados de forma conjunta, seja entre diferentes empresas (maioria), entre diferentes universidades (na China e Japão essa questão foi mais destacada), ou, entre universidades (ou Instituições de Ciência e Tecnologia – ICTs) e empresas, sendo esta última em minoria, mas merece destaque um desses depósitos, que envolve um pedido de patente de titularidade conjunta do CETEM (Instituição de Ciência e Tecnologia) com a empresa Caraíba Metais, que emprega tecnologias voltadas à lixiviação e flotação de minérios de calcopirita.

Os depositantes desses 584 documentos de patentes que possuem pelo menos 5 documentos cada um estão apresentados na Tabela 6.1. Esse recorte permitiu identificar os 22 maiores depositantes, não tornando a exposição extensa, pois, detalhes se encontram no banco de dados criado. Para as empresas e instituições apresentadas na Tabela 6.1 é mostrado entre parênteses a nacionalidade da empresa. Esse dado confirma a nacionalidade da maioria dos depósitos de documentos de patente identificados de cada depositante, o que confirma e salienta a importância da escolha da análise pelo pedido de prioridade mais antigo de cada família de patentes, por este ser um indício da nacionalidade da empresa e conseqüentemente

do país que é a fonte primária de cada tecnologia. No entanto, não se deve desconsiderar a possibilidade de uma empresa realizar um primeiro depósito de pedido de patente em um país que não é o seu de origem, isso pode se dar devido a facilidades processuais no depósito neste ou naquele país ou interesse estratégico, pois, há a possibilidade de extensão da proteção para quaisquer países após o primeiro depósito.⁶⁷

Tabela 6.1 – Maiores depositantes de documentos de patente na área de hidrometalurgia

<i>Empresa / Instituição</i>	<i>Nº de Documentos</i>
OUTOTEC OYJ (Finlândia)	33
BHP BILLITON (Austrália)	30
SUMITOMO METAL MINING CO (Japão)	22
COGNIS CORP (EUA)	21
NIPPON MINING&METALS CO LTD (Japão)	19
COMINCO ENG SERVICES LTD (EUA)	15
MOSCOW STEEL ALLOYS INST (Rússia)	14
PHELPS DODGE CORP (EUA)	12
BEIJING CENT RES INST NON FERROUS METALS (China)	9
HENKEL CORP (EUA)	9
VALE (Brasil)	9
PHELPS DODGE CORP e FREEPORT-MCMORAN CORP (EUA)	8
NORILSK MINE-METAL (Rússia)	7
GEOBIOTICS INC (EUA)	6
MINTEK (África do Sul)	6
HENKEL CORP e COGNIS CORP (EUA)	5
JINCHUAN GROUP CO LTD (China)	5
MITSUBISHI MATERIALS CORP (Japão)	5
PLACER DOME INC (EUA)	5
UNIV CENT SOUTH (China)	5

Assim como para os países de origem dos depósitos e para as categorias tecnológicas, procurou-se avaliar ao longo do tempo os depósitos de patentes das principais empresas

⁶⁷ Um pedido de patente depositado no Brasil, por exemplo, tem um ano para ser estendido para outros países, levando-se em conta a data de depósito no Brasil.

apresentadas na Tabela 6.1. Uma visualização para a evolução de depósitos ao longo do tempo é mostrada para as 13 primeiras empresas da Tabela 6.1 no Gráfico 6.22.

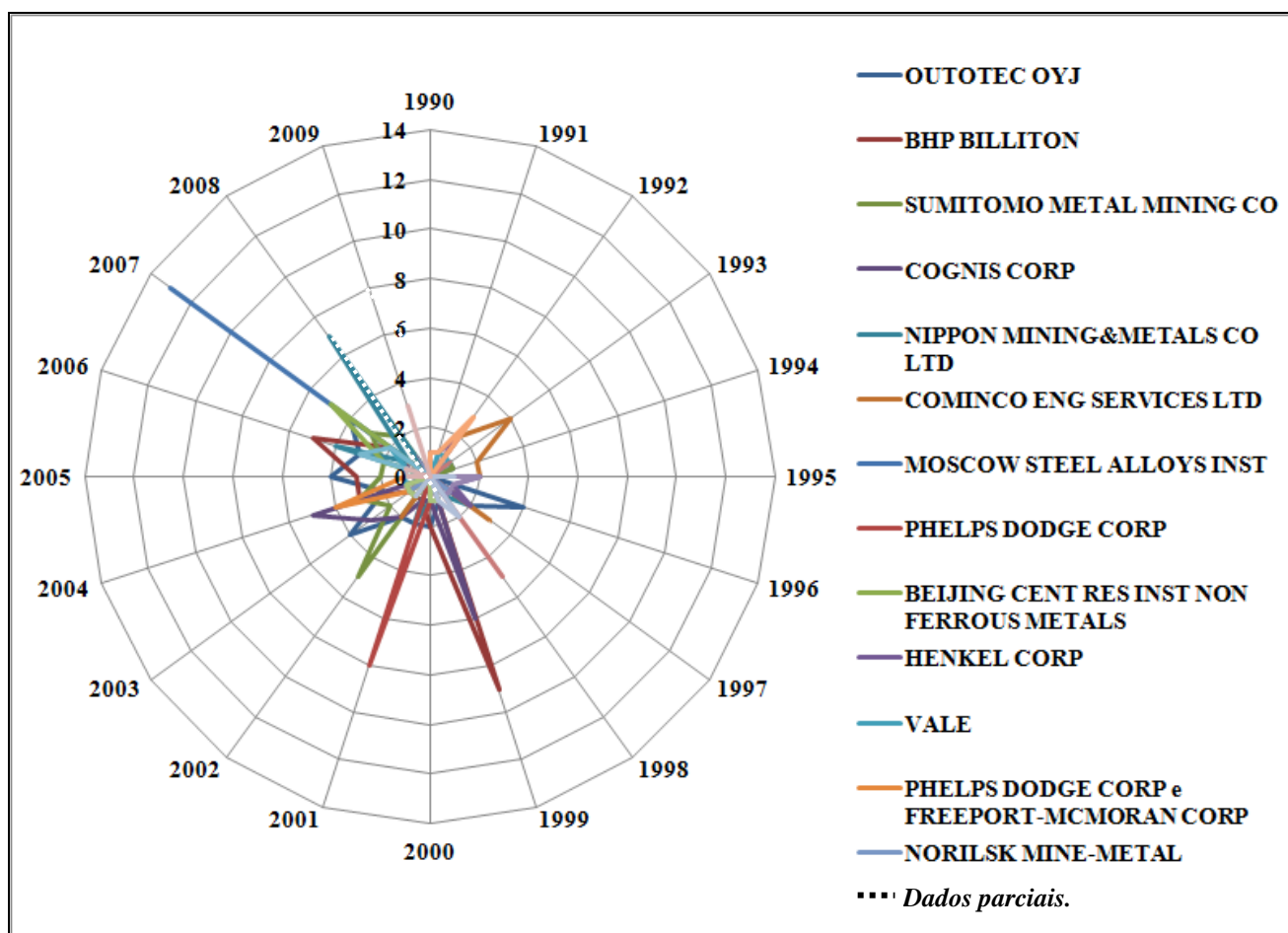


Gráfico 6.22 – Evolução temporal dos depósitos de patentes os 13 maiores depositantes de patentes na área de desenvolvimentos tecnológicos temas dos documentos de patente da área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento mineral de cobre.

O Gráfico 6.22 não permite uma visualização detalhada, mas mostra as empresas que se destacam nos anos recentes. Um detalhamento para os 3 principais depositantes e para a empresa brasileira Vale S.A. é mostrado no Gráfico 6.23. Nesse contexto é interessante observar algo mencionado anteriormente: a empresa de origem brasileira Vale S.A. possui 9 depósitos de patentes dentre os documentos selecionados em hidrometalurgia, como mostra a Tabela 6.1, no entanto, pelo Gráfico 6.18 o Brasil possui 6 documentos de patentes originados

neste país no mesmo grupo. Essa diferença se deve ao fato de a empresa brasileira ter realizado o primeiro depósitos de alguns de seus documentos de patentes em outros países, seja por opção estratégica ou por ter relação com o desenvolvimento da tecnologia. Essa observação é importante para que interpretações de resultados sejam feitas com cautela, pois, mesmo sendo a prioridade um parâmetro importante, situações como essas podem ocorrer e para uma avaliação específica de tecnologias deve ser considerada toda a família de patentes do documento que se deseja analisar. E, embora possa ser uma tendência as empresas realizarem o primeiro depósito de seus pedidos de patente em seus países de origem, pode haver exceções, logo, a estratégia de patenteamento deve ser levada em conta em análises como essa.

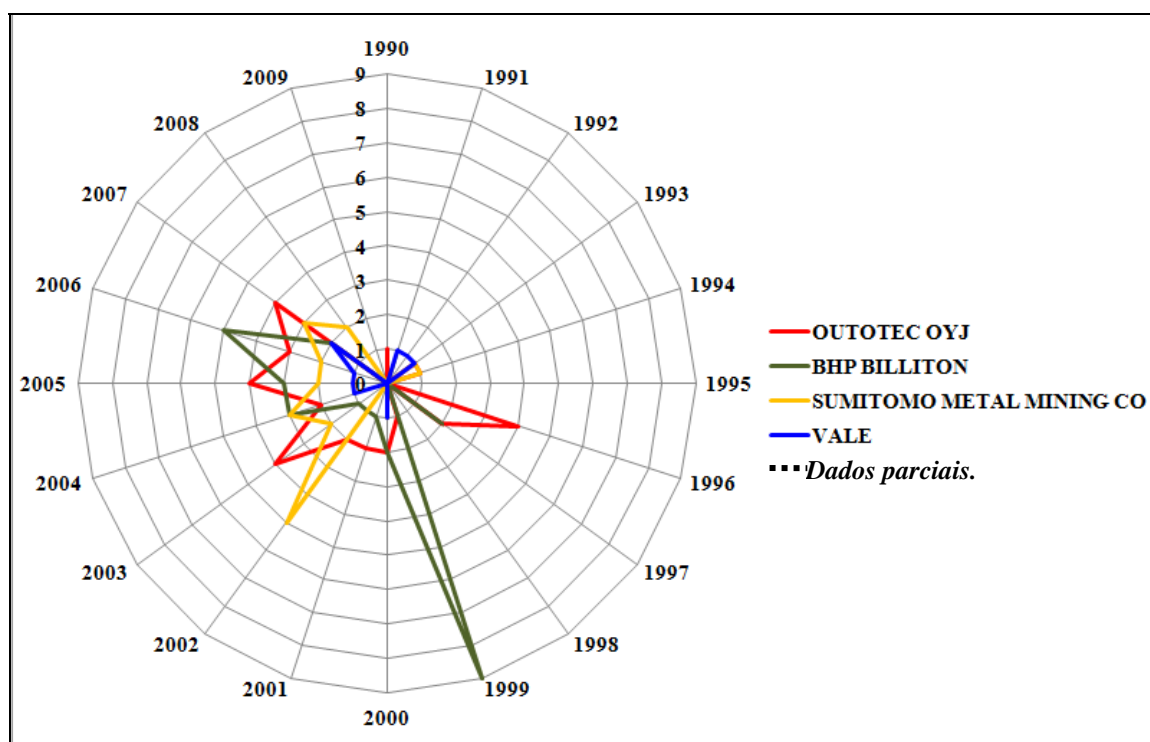


Gráfico 6.23 – Evolução temporal dos depósitos de patentes os 3 maiores depositantes de patentes *versus* a empresa Vale - na área de hidrometalurgia voltados ao beneficiamento.

Concluindo a análise dos depositantes e países para a área de hidrometalurgia, e resgatando as informações contidas no Gráfico 6.18, o Gráfico 6.24 apresenta uma visualização integrada

das três empresas que mais depositam patentes no setor e sua nacionalidade, que é a mesma nacionalidade de origem de seus depósitos de pedidos de prioridade.

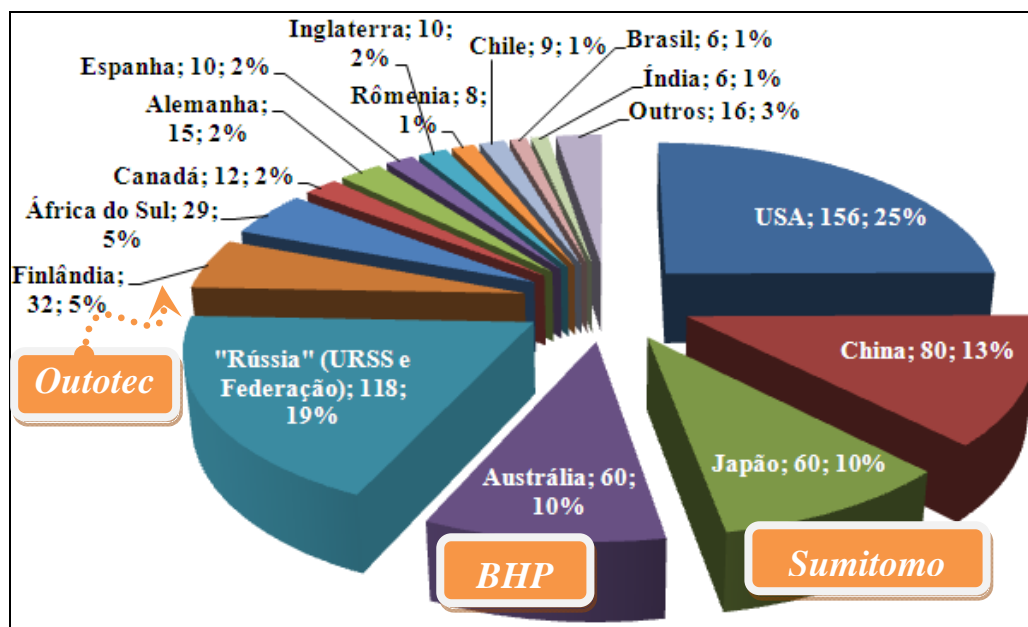


Gráfico 6.24 – Países de origem dos depósitos dos documentos de patente em hidrometalurgia e as três principais empresas depositantes.

É interessante observar a partir do Gráfico 6.24 que as empresas principais não estão dentro do grupo dos países que mais depositam. Nesses países (EUA e China), conforme analisado no grupo de documentos estudado, os depósitos são pulverizados entre um número maior de empresas, considerando ainda que muitas delas têm especialidades pontuais. Por exemplo, no caso dos EUA, há a ocorrência de muitas empresas especializadas na produção de reagentes, que não são, portanto, mineradoras, como o são as três empresas principais mostradas. Seria complexa, e não compreende o objetivo do trabalho, a apresentação de uma análise detalhada das tecnologias e especialidades das empresas de cada país, uma análise como essa deve partir da tecnologia específica e pode seguir os princípios metodológicos e algumas das classificações de patentes expostas e analisadas na presente dissertação.

6.5 Atualização da Busca *DII*

Dada a identificação de que muitos dos depósitos de documentos de patentes de interesse se deram nos anos finais do período de tempo determinada para a busca, foi realizada uma atualização da busca de documentos patentes, que considera os documentos incluídos no *DII* no ano de 2010 até a data de 02 de novembro. Exceto o período, os mesmos critérios de busca foram empregados para essa atualização.

Foram localizados 200 documentos de patente da base *DII* nesse período⁶⁸. Apenas para compreender a evolução da tecnologia de uma forma mais atualizada, esses documentos também foram analisados, e, chegou-se em um número de 91 documentos de patente que interessam para a extração mineral de cobre. A ausência desses documentos não apresenta prejuízo às análises expostas, pois, eles representam tecnologias que estão nelas compreendidas. No entanto, a existência desse volume de documentos indica que o aumento do investimento em diversificações de alternativas tecnológicas – e que empregam patentes – vem crescendo recentemente. Desses 91 documentos relevantes, 49 versam sobre processos de hidrometalurgia, o que mais uma vez confirma a importância dessa área tecnológica no setor de beneficiamento mineral de cobre.

Ainda, pode-se ressaltar que pelo menos os três principais depositantes da área de hidrometalurgia também estão presentes nesse grupo de 49 documentos, o que indica a continuidade no investimento nessa área dessas empresas. Outro dado importante é que 96 desses 200 documentos são de origem chinesa, o que indica a propensão desse país em

⁶⁸ Documentos indexados na Base *DII* entre 01 de janeiro de 2010 e 02 de novembro de 2010.

investimentos no setor, mas uma observação importante é a de que documentos chineses são publicados mais rapidamente do que os de outros países, o que pode indicar que a mencionada propensão, embora nitidamente grande, deva levar esse fato em consideração.

Maiores detalhes sobre esses 200 documentos serão disponibilizados em um banco de dados MS Access[®], bem como os detalhes dos 4.421 documentos analisados ao longo do trabalho.

6.6 Banco de Dados em MS Access[®]

Os 4.421 documentos bem como suas classificações aplicáveis estão dispostos em um banco de dados em MS Access[®], disponibilizado como resultado consolidado do presente trabalho.

Os 200 documentos mencionados na seção 6.3 igualmente se encontram com seus dados disponíveis no mesmo banco de dados. As Figuras 6.1 a 6.3 mostram as telas principais do banco de dados criado.

Buscas e análises específicas das tecnologias, que podem ser feitas em trabalhos futuros, são facilitadas por meio do uso dos relatórios que podem ser gerados via MS Access[®]. Além disso, a inclusão de documentos é customizada por meio do *template* criado (Figuras 6.2 e 6.3), o que permite que mais documentos de patentes sejam adicionados e analisados à medida que forem identificados.

Identific	Documento	Título	Inventores	Depositante	Resumo	Classificaçã	Classificaçã	Inform
1	SU693980-A1	Copper concer	SHKODIN V G;	AS KAZA META	The procedur	M25 (Producti	C22B-001/14	SU6939
2	JP90019199-B;	Metal gasket p	Not available	MITSUBISHI HE	Producing met	M11 (Electropl	C25D-007/00;	JP9001
3	SU963282-A	Copper, zinc ar	RADUSHEV A V	MARIUPOLSK I	The developm	M25 (Producti	C22B-003/00	SU9632
4	IT1226374-B	High resistanc	Not available	GRASSI O (GRA	Not available	L03 (Electro-(ir	B21F	IT1226
5	DD270322-A	Detoxification	SCHMIDT J; BA	VEB JENAPHAF	Detoxification	E32 (Compoun	C02F-001/70;	DD2703
6	CA1336520-A;	Frothing agent	HARRIS J W; R;	SHELL CANADA	A process for c	A97 (Miscellan	B03D-001/02	CA1336
7	SU1200580-A1	Non-ferrous m	CHLISHCHEV N	RARE ELEMENT	This procedur	M25 (Producti	C22B-003/06;	SU1200
8	SU1132550-A1	Processing of c	TARASOV A V;	NONFERR MET	The method is	M25 (Producti	C22B-007/04	SU1132
9	SU1136485-A1	Non-ferrous m	RADUSHEV A V	MARIUPOL ME	The procedur	E37 (Mixtures	C22B-003/00	SU1136
10	SU1665703-A1	manganese an	ROMANCHUK J	NONFERR NOE	The extr. proc	M25 (Producti	C22B-047/00	SU1665
11	SU1663948-A1	nickel@, cobal	ROMANCHUK J	NONFERR NOE	The Fe/Mn no	M25 (Producti	C22B-047/00	SU1663
12	IT1177898-B	Flocculant-disj	Not available	CONSIGLIO NA	The electric hc	M25 (Producti	C22B-000/00	IT1177
13	SU1280902-A1	Processing cop	MEDKOV M A;	AS USSR FAR E	The method is	M25 (Producti	C22B-015/00;	SU1280
14	SU1569347-A	Enrichment of	BAESHOV A; B	AS KAZA CHEM	The process fo	M28 (Electroly	C22B-015/00	SU1569
15	SU1569346-A	Electrolysis of	Not available	AS KAZA CHEM	The process ca	M28 (Electroly	C22B-015/00	SU1569
16	DD301359-A7	Raising uraniu	NEUDERT A; V	WISMUT SPAR	Raising the U y	K05 (Nuclear r	C22B-060/02	DD3013
17	DD292676-A	Continuous me	ZEPNIK S; ALBI	VEB LOKOMOT	Metal recover	A35 (Other prc	C22B-007/00	DD2926
18	US5240687-A	Geothermal br	GALLUP D L; DI	UNION OIL CO	Method for tre	D15 (Treating	C22B-003/44	US5240
19	US4921612-A;	Transferring sc	SIRKAR K K	STEVENS INS T	Solute is trans	D16 (Fermenta	B01D-011/04;	US4921
20	SU1625896-A1;	Converting cop	VASILEV M G;	SIBE SIBTSVETI	The conversio	M25 (Producti	C22B-015/06	SU1625
21	CA1263540-A	Oxidn. leachin	PETERSEN A E	PETERSEN A E	(Prepn. for ox	M25 (Producti	C22B-003/00;	CA1263
22	SU1349422-A1	Horizontal con	CHUNAEV V V;	NONFERR MET	A horizontal cc	M25 (Producti	C22B-015/06;	SU1349
23	SU1290754-A	Pulp reprocess	TRETYAKOV R I	MINING ENRIC	A pulp reproc	M28 (Electroly	C22B-061/00;	SU1290
24	SU1360210-A1	Extn. of rare e	RADUSHEV A V	MARIUPOL ME	The method us	E37 (Mixtures	C22B-003/26;	SU1360
25	EP196153-A; U	Extn. of metal	DEVONALD D F	IMPERIAL CHEP	Metal value	E13 (Heterocy	B01D-011/04;	EP1961
26	US4989647-A	Appte. for mfr	LUCER M; BER	GUILD INC/GC	Surface treat	A95 (Electrical	C05C-001/04	US4989

Figura 6.1 – Imagem da planilha do banco de dados em MS Access® com todos os 4.621 documentos mencionados.

Banco de Dados - Processos de Produção de Cobre

ID: É extração de Cu a partir de minerais? Ano de Prioridade: País de Prioridade: Doc Prioridade mais Antigo:

Título:

Depositantes:

Área

Hidrometalurgia
Pirometalurgia
Siderurgia / Indústria de Transformação
Recuperação de Cu a partir de resíduos de processamento mineral
Recuperação de Cu a partir de resíduos não oriundos de processamento mineral
Outros

Classificação

Produto
 Processo
 Reagente
 Equipamento

Observações e/ou Classificações Específicas

Resumo:

Figura 6.2 – Imagem do *template* de Formulário aplicado a cada documento da planilha.

Banco de Dados - Processos de Produção de Cobre

Banco de Dados - Processos de Produção de Cobre

ID: 4551 É extração de Cu a partir de minerais? Ano de Prioridade: 2009 País de Prioridade: CN Doc Prioridade mais Antigo: CN10025858

Título: Biological soaking-solvent extraction-electrodeposit recycling for heavy metal of copper in mud by dissolving copper from mud via biological soaking, purifying and enriching the copper, and recycling the copper via electrodeposit method

Depositantes: UNIV NANJING AGRIC (UYNA)

Área	Classificação	Observações e/ou Classificações Específicas
Hidrometalurgia	<input type="checkbox"/> Produto	Biolixiviação; uso de oximas na SX.
Pirometalurgia	<input checked="" type="checkbox"/> Processo	
Siderurgia / Indústria de Transformação	<input type="checkbox"/> Reagente	
Recuperação de Cu a partir de resíduos de processamento mineral	<input type="checkbox"/> Equipamento	
Recuperação de Cu a partir de resíduos não oriundos de processamento mineral		
Outros		

Resumo: NOVELTY - Biological soaking-solvent extraction-electrodeposit recycling for heavy metal of copper in mud comprises dissolving copper from mud via biological soaking, purifying and enriching the copper via copper extracting agent-kerosene-sulfuric acid system, and recycling the copper via electrodeposit method. USE - The method is useful for biological soaking-solvent extraction-electrodeposit recycling for heavy metal of copper in mud (claimed). ADVANTAGE - Not only can the method eliminate heavy copper from mud, kill pathogen and make the processed mud uneasy to be dehydrated and deposited, but also can recycle the dissolved-out heavy metal copper, so as to analyze the target of harmless treatment, quantity reducing and reuse of mud. DETAILED DESCRIPTION - Biological soaking-solvent extraction-electrodeposit recycling for heavy metal of copper in mud comprises dissolving copper from mud via

Registro: 14 4551 de 4621 Sem Filtro Pesquisar

Modo formulário Num Lock

Figura 6.3 – Exemplo do preenchimento do *template* de Formulário com um dos documentos analisados.

7. Conclusões

Todo o resultado apresentado, que derivou da análise dos 4.421 documentos de patente (ou famílias de patentes) trouxe a percepção e confirmação de que uma análise da literatura em conjunto com as buscas de documentos de patente é fundamental para compreender o contexto no qual se inserem os desenvolvimentos. A análise integrada promoveu a identificação nos documentos de patentes das trajetórias e paradigmas tecnológicos vivenciados pela indústria e descritos na literatura do setor. Essa conclusão é fundamental para mostrar que os documentos de patente, de fato, são fontes de informações representativas e que podem ser amplamente exploradas pelos setores de P&D das empresas de mineração.

O setor de beneficiamento mineral tem sua importância clara no contexto brasileiro e mundial, por representar parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Assim como o cobre, segundo metal mais consumido no mundo tem sua relevância afirmada pela infinidade de aplicações a que se propõe. Nesse contexto, o presente trabalho atingiu aos dois objetivos principais a que se propôs: apresentar referências metodológicas que podem ser empregadas no setor, por meio da análise e exposição das classificações internacionais de patentes e categorias tecnológicas que podem ser localizadas em buscas de documentos de patentes; e, apresentar os panoramas de evolução temporal das principais tecnologias que foram tema das invenções analisadas, que indicaram que predominam paradigmas tecnológicos que vem perdurando ao longo dos anos e que importantes aperfeiçoamentos vêm sendo constantemente empregados. O presente trabalho permite a reflexão de que as tecnologias consideradas incrementais e que podem levar a impressão de que a indústria mineral não inova, são, na verdade tão importantes quanto os desenvolvimentos considerados disruptivos de outras indústrias ainda não tão maduras. Assim, a dissertação alcançou o estabelecimento de uma primeira correlação entre três vertentes não exploradas em conjunto

pela literatura: as buscas de documentos de patente e seu uso como importante fonte de informação tecnológica, o setor de beneficiamento mineral e inovações em setores intensivos em escala.

Além disso, foi possível identificar categorias tecnológicas principais nas buscas: lixiviação, biolixiviação, extração por solventes (SX), eletro-recuperação (EW), flotação e tecnologias de pirometalurgia (sendo dessa última, a mais representativa o processo de *Smelting*). Nesse contexto é importante mencionar que o presente trabalho não procurou ser exaustivo na identificação de tecnologias, pois, a própria literatura, bem como as análises realizadas mostram o quão amplas são as possibilidades de desenvolvimentos incrementais – e na maioria das vezes elas estão atreladas ao desenvolvimento dos paradigmas de hidrometalurgia e pirometalurgia. Assim, para melhores práticas em termos de buscas de documentos de patente, deve-se observar a metodologia no sentido de localizar as classificações de patentes mais relacionadas ao tema tecnológico de interesse, por exemplo, tecnologias voltadas à produção de reagentes de flotação permitem, por si só, uma gama considerável de buscas e análises de panoramas, por serem muitas as possibilidades de desenvolvimento de reagentes com diversas características que venham a se aplicar aos diversos tipos minerais de cobre. As palavras-chave devem ser empregadas com cautela, sendo, de toda a análise realizada, as palavras-chave *ore* e a palavra-chave do bem mineral, no caso *cobre*, as mais relevantes para filtro de buscas, devido a sua recorrência nos resumos e títulos da base de dados usada na análise.

A respeito dos aspectos voltados à inovação no setor, trata-se de um tema que, embora presente no setor mineral, precisa ser explorado, melhor compreendido e aplicado no setor de modo a se tornar uma ferramenta para sanar os constantes desafios em termos, principalmente, de sustentabilidade e da possível escassez e complexidade dos recursos e

reservas minerais. Na área de beneficiamento mineral de cobre predominam questões intrínsecas ao setor mineral como um todo: trata-se de uma área cuja importância de produção em escala é predominante, mas também uma área em que a inovação é cada vez mais demandada. Um indício forte desse fato é a questão de que os depósitos de patentes muitas vezes estão ligados às características geológicas do cobre, assim, à medida que a exploração mineral avança tipos diferenciados de minerais ocorrem, que demandarão tecnologias cruciais, sejam incrementais ou não, para seu beneficiamento.

A discussão metodológica exposta é extensível não somente ao beneficiamento de outros minerais, como níquel, cobalto, entre outros, mas traz questões que devem ser observadas em quaisquer buscas de documentos de patente, tais como: questões que envolvem a compreensão das particularidades da base dados, conhecimentos das classificações de patentes sobre o tema procurado e cuidado com os filtros utilizados.

Em relação ainda às buscas, embora trabalhosa, a questão metodológica mostrou ainda que, deve haver igual cautela ao se interpretar resultados oriundos de softwares ou sistemas que realizam *data mining* automático para documentos de patentes, pois, se mesmo com a análise individual foi possível identificar palavras que são comuns a áreas que não são correlatas e ainda, classificações de patentes diversas, bem como sintaxes de dados complexas, o mesmo pode ocorrer em maior proporção quando a análise é automática. Portanto, a compreensão metodológica promoveu enorme aprendizado para análises críticas quando da realização de outros estudos que eventualmente venham a empregar tratamento automático de dados. Essa conclusão está alinhada diretamente aos propósitos do mestrado profissional, por prover um aprendizado que poderá ser refletido no dia-a-dia profissional. Ademais, foi observado que as palavras que envolvem a obtenção eletroquímica de cobre a partir de seu minério e aquelas que estão relacionadas ao tratamento eletroquímico para eletrodeposição posterior (atividades

da indústria de transformação) se confundem; o que tornaria ainda mais difícil um trabalho de *data mining* automático.

Nesse mesmo contexto, foi identificado que a CIP possui classificações relacionadas a cada bem mineral (uma para obtenção de cobre, outra para obtenção de cobalto, outra para níquel e assim por diante) e dentro dos subgrupos estão alguns dos processos tradicionais de produção. Assim, as análises mostraram que importantes processos estão expressos em outras classificações de patentes e não apenas nestas. Dessa forma, é fundamental notar que embora os processos que estão no grupo que envolve a obtenção de cobre – **C22B 15** – não tenham relação direta com processos de hidrometalurgia, a maioria dos processos de hidrometalurgia que visam à obtenção de cobre, tem a classificação C22B15/00, o que confirma e mostra que a divisão por tecnologia está em outras classificações. Esse fato mostra ainda um possível *gargalo* em relação aos processos de classificação de patentes realizados nos diversos escritórios de patentes no mundo.

As análises permitiram concluir ainda que uma estratégia de busca razoável, quando o foco for processos voltados para **um bem mineral** em específico pode envolver a classificação internacional de patentes daquele bem mineral e a exclusão das demais que envolvem outros bens minerais que não tenham propriedades semelhantes. No entanto, é importante uma avaliação caso a caso, pois, caso o foco de uma determinada busca seja a tecnologia em si, a restrição apenas pelo mineral/metalo pode ser prejudicial; nesse caso o ideal é selecionar metais de características semelhantes para fazer a busca, ao invés de apenas um que possa ser o principal.

De uma maneira geral, os resultados indicam que o setor da hidrometalurgia tem maior tendência ao crescimento e é o que representa os maiores desafios tecnológicos. Além disso, indicam que os desenvolvimentos apresentados nos documentos de patentes dessa área são incrementais, mas nem por isso menos importantes, e, levam a confirmação de que o setor de beneficiamento mineral de cobre, por se inserir no contexto de uma indústria madura, tem tradição pelo investimento em melhorias contínuas de operações conhecidas visando, entre outros fatores, a economicidade.

Em relação à análise das nacionalidades dos documentos de prioridades, confirma-se a presença de grandes mineradoras de origem australianas, chinesas, russas e japonesas como desenvolvedoras das tecnologias voltadas a hidrometalurgia, o que confirma, principalmente, a informação da literatura de que a Austrália seria um dos principais países desenvolvedores de tecnologias nessa área. No contexto brasileiro, não foram encontradas invenções em número significativo, embora, por esse motivo e pelos dados mostrados, exista espaço para o desenvolvimento de tecnologias correlatas nos próximos anos, o que dependerá fortemente do investimento em P&D das empresas do setor. Ainda em relação aos países, a literatura indica que um país importante por ser o que possui o maior número de reservas de cobre é o Chile, que não teve representação em volume nos documentos de busca, o que se justifica pelo fato de o Chile não estar coberto na base *DII*, e mesmo no *Esp@cenet*[®] os dados desses documentos não são suficientes para análises. No entanto, empresas chilenas apareceram como depositantes nas análises, o que mostra que mesmo a ausência do país enquanto cobertura não foi limitante a ponto de excluir a percepção de tecnologias de origem chilena (devido à família de patentes desses documentos), embora uma análise verdadeiramente completa só possa ser feita se for possível o acesso aos dados do escritório de patentes chileno.

Com tudo, o trabalho atende ainda a sua intenção de suprir a escassez de estudos que correlacionam mineração, inovação e propriedade intelectual. Além disso, devido às inúmeras questões metodológicas e às análises dos resumos dos diversos documentos de patentes à luz da literatura, o trabalho confirma que as buscas de documentos de patentes permitem a elaboração de panoramas tecnológicos precisos e são uma fonte de informação que precisa ser mais bem difundida tanto no setor mineral como em muitos outros.

Trabalhos futuros no sentido de detalhar tecnologias e mesmo melhor compreender sua evolução de forma individual podem ser realizados. Além disso, baseando-se nas indicações metodológicas, outros levantamentos semelhantes podem ser feitos relativos a *commodities* diversas, o que poderá promover a compreensão contínua das questões que envolvem inovação no setor e da disseminação do emprego das buscas de informações contidas em documentos de patentes na cadeia de beneficiamento mineral, não somente do cobre.

Referências Bibliográficas

Albuquerque, E. M. E. **A apropriabilidade dos frutos do progresso técnico**. Em: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Hucitec-Ordem dos Economistas do Brasil, Cap. 10, 2006.

Almeida, J. T. **Uso e Importância dos Bens Minerais**. Publicações do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, novembro de 2007.

Andrade M. L. A., Cunha L. M. S., Gandra G. T. **O cobre brasileiro em ascensão no cenário mundial**, Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), Rio de Janeiro, 2001.

Andrade, M. L. A., Cunha, L. M. S., Fulda, R. S., Keller, M. C., Vieira, J. R. M. **Indústria do Cobre**, Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), Rio de Janeiro, agosto de 1997.

Amara, R.; Salanik, G. *Forecasting: from conjectural art toward science*. Technological Forecasting and Social Change, New York, v.3 n.3, 1972.

Arundel, A. Smith, K., Patel, P., Sirilli, G. *The future of innovation measurement in Europe: concepts, problems and practical directions*. IDEA Paper Series, n. 3, 1998.

Arundel, A., Kabla, I. *What Percentage of Innovations are Patented? Empirical estimates for European Firms*. MERIT, Research Policy n° 27, 1998.

Barbosa, D. B. **Tipos de patentes de Invenção**. Incluído em Uma Introdução à Propriedade Intelectual, 2a. Edição, Ed. Lumen Juris, 2003. Disponível em: <http://denisbarbosa.addr.com/131.doc>. Acesso em 18 de julho de 2009.

Barreto, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2001.

Bartos, P. J. **Is mining a high-tech industry? Investigations into innovation and productivity advance**. Resources Policy, 32, abril, 2007.

Bahruth, E. B. **Prospecção tecnológica na priorização das atividades de C&T: caso QTROP-TB**. Dissertação de Doutorado. UFRJ. Volume 1, 2004.

Bessant, J. *et al.* **Rediscovering continuous improvement**. Technovation, v.14, n.1, 1994.

Carneiro, A. **Inovação – estratégia e competitividade**. Lisboa, Texto Editora, 1995.

Carvalho, H. G., Fontanini, C. A. C., Fontanini, J. I. C. **Inovações incrementais em processos e seus principais fatores em um ambiente industrial**. Bauru, São Paulo. Artigo apresentado ao XII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, novembro de 2005.

Chaves, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. V.1, 1.ed., Signus Editora, 1996.

Chesbrough, H. W. **Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology**. Harvard Business School Press, 2003.

Christensen, C.M. **The innovator's dilemma: the revolutionary national bestseller that changed the way we do business**. New York, HarperBusiness, 2002.

Ciminelli, V. S. T. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral. Capítulo 4 – Hidrometalurgia**, Editores Eds. Francisco R. C. Fernandes, Adão B. da Luz, Gerson M. M. Matos, Zuleica Carmen Castilhos, Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2007.

Ciminelli, V. S. T., Salum, M. J. G., Rúbio, J., Peres, A. E. C. **Água e Mineração. Capítulo 13, livro Águas Doces no Brasil**, Org. e coord. científica de Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi, 2000.

Clayton, B. **Coper's future and Rio Tinto's future in copper**. Em: CRU 7Th World Copper Congress April 2008. Disponível em: <http://www.authorstream.com/Presentation/Camilla-64022-CRU-7th-World-Copper-Congress-April-2008-Coppers-Future-Rio-Tintos-Cautionary-statement-2007-records-across-board-Tinto-c-Education-ppt-powerpoint/>. Acesso em: 01 de julho de 2010.

Coelho, G.M. **Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais**. Projeto CTPetro Tendências Tecnológicas: Nota Técnica 14. Instituto Nacional de Tecnologia. 2003.

Cohen, W. M., R. R. Nelson, J. Walsh. **Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not)**, Working paper no. 7552, National Bureau of Economic Research, February, 2000.

CONCLA – Comissão Nacional de Classificação. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em www.ibge.gov.br/concla. Acesso em 13 de novembro de 2010.

Di Blasi, G., Garcia, M. S., Mendes, P. P. M. **A propriedade industrial**. Editora Forense. Rio de Janeiro, 2002.

Dison, L., **Technical note on patents and the mining industry-Part I. Publication of The South African Institute of Mining and Metallurgy**, vol. 92, n.º 1. Jan. 1992.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral – **Dicionário de Mineralogia**. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Detalhes/Minerio.htm>, acesso em 16/09/2009.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Boletim Informativo do Departamento Nacional de Produção Mineral** - Ministério de Minas e Energia, Ano Um, n.º 7, Jul., 2005.

Dosi, G. *Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*. Reseach Policy. v. 11, North Holland Publishing Company, 1982.

Dosi, G., *The nature of the innovative process*. Em Dosi *et al.*, Technical Change and Economic Theory. London: Pinter, 1988.

Drucker, P. **Inovação e espírito empreendedor: prática e princípios**. 2. Edição. São Paulo, Editora Pioneira, 1985.

Fabry, B., Ernst, H., Langholz, J., Köster, M. *Patent Portfolio analysis as a useful tool for identifying R&D and business opportunities – an empirical application in the nutrition and health industry*. World Patent Information, n. 28. Elsevier, 2006.

Fonseca, D. S.; Heider, M. e Rodrigues, A. F. S. **Cobre**. Economia Mineral Brasileira – 2009, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2009.

Frank D., Galloway J., Assmus k. **The Life Cycle of a Mineral Deposit - A Teacher's Guide for Hands-On Mineral Education Activities**, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2005.

Freitas L. R., Costa R. S. **Extração de Ouro – Recuperação do ouro dissolvido**. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2005.

Ghose, A. K. **Technology vision 2050 for sustainable mining**. Procedia Earth and Planetary Science, Volume 1, Issue 1, Proceedings of the International Conference on Mining Science & Technology (ICMST2009), setembro, 2009.

Gossi, A. R. **Inovação em mercados emergentes**. São Paulo: Harvard Business Review Brasil, Fevereiro, 2004.

Heumann W. L. **Industrial Air pollution control systems**; McGraw – Hill, 1997.

Hitzman, M. W. **R&D in a Declining industry (mining): support for the development of revolutionary Technologies?**, Technology in Society, nº 24, 2002.

IDS – Instituto Dannemann Siemsen de Estudos de Propriedade Intelectual. **Comentários à Lei da Propriedade Industrial**. Editora Renovar, Rio de Janeiro, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PINTEC – Pesquisa de Inovação Tecnológica. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>. Acesso em 15 de setembro de 2010 e 13 de novembro de 2010.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial – **Pesquisas na UFPB deixam a PB na vanguarda dos Biocombustíveis**. Clipping de 05 de novembro de 2009. Disponível em http://www.inpi.gov.br/menu-superior/imprensa/clipping/novembro-2009/05-10-2009?portal_status_message=Changes%20saved. Acesso em 30 de maio de 2010.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial – Site insitucional – Menu “**O instituto**”. Disponível em <http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/instituto>. Acesso em 12 de dezembro de 2009.

Instituto Inovação. **A inovação: Conceitos, a importância de inovar, a dinâmica da inovação**. Edição online do radar Inovação – Parte de Conceitos. Disponível em: <http://www.institutoinovacao.com.br/internas/inovacao/idioma/1>. Acesso em 07 de junho de 2010.

Laranja, M.D., Simões, V.C., Fontes, M. **Inovação Tecnológica- experiência das empresas portuguesas**. Lisboa: Texto Editora, 1997.

Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G. **Appropriating the Returns from Industrial Research and Development**. Brookings Pap. Econ. Activity 3, 1987.

Malerba F. Orsenigo L. *Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities*, Industrial and Corporate Change, 1997.

Lima, M. H. R.. **Inovação tecnológica e setores da indústria brasileira: o contexto da indústria extrativa e de transformação mineral**. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, XX ENTMME (Encontro Nacional de tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa), 15 a 18 de junho de 2004, Florianópolis-SC.

Martino, R. N., Oliveira, J., Souza, J. M. **Mineração de Dados Científicos para Prospecção Tecnológica e Identificação de Especialistas**. V Workshop em Algoritmos e Aplicações de Mineração de Dados. Ceará, 2009.

McNulty, T. P. **Innovative technology; its development and commercialization**, em: MC KUHN, Editor, *Managing Innovation in the Minerals Industry*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, Colorado, 1998.

Neves, C. A. R., Silva, L. R., **Universo da mineração brasileira**, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral, Brasília – DF, 2007.

Noble, D. F., **The wedding of science to the useful arts**, in: *America by Design. Science, Technology and the Rise of Corporate Imperialism*. New York, Knopf, 1977.

Norgate, T. Jahanshahi, S. **Low grade ores – Smelt, leach or concentrate?** Minerals Engineering, nº 23, 2010.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data**. 3rd Edition, Paris, 2005.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development**, 2002. Disponível em: <http://www.oecd.org>. Acesso em: 10 de outubro de 2010. Versão em português disponível: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4639.html>.

Oliveira, L. G. de *et al.* **Informação de patentes: ferramenta indispensável para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico**. Quím. Nova. 2005, vol.28.

Pavitt, K. *Technologies, products and organization in the innovating firm: what Adam Smith tell us and Joseph Schumpeter doesn't*. *Industrial and Corporate Change*. v.7, n.3, 1988.

Pereira, G. S. P. **Lixiviação em pilhas de minério oxidado de cobre**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

Perez, C., *Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil*. Revista de la CEPAL. No. 75, 2001. em LIMA, M. C. **As mutações da mundialização ou quando o capitalismo financeiro direciona o capitalismo cognitivo: desafios para a América Latina**. Colômbia Internacional 66, Bogotá, 2007.

Porter, A. *et al. Forecasting and management of technology*. New York: J.Wiley, 1991.

Porter, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*. New York, The Free Press, 1990.

Ramachandran, V. **Recent Advances in the Solvent Extraction of Cu, Ni, Co**. JOM, julho, volume 51, p.23, 2003.

Reis, D. R. **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo, Editora Manole, 2004.

Ribeiro J. A. S. **Cobre**. Balanço Mineral Brasileiro, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2001.

Schumpeter, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Os economistas, São Paulo, Abril Cultural, 1982.

SECEX, Secretaria de Comércio Exterior, Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Acesso em 05 de outubro de 2010. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1955>.

Sferra, H. H., Corrêa, A. M. C. J. **Conceitos e Aplicações de Data Mining**. Revista de ciência & tecnologia, v. 11, nº 22, jul/dez, 2003.

Soares, J. M. Correa, M. C. D.V. **Como pesquisar o perfil patentário de um fármaco: o caso Efavirenz**. *Quím. Nova*. 2010, vol.33, n.5.

Sobral L. G. S., Lima R. B., Xavier P. G., Oliveira D. M. **Biolixiviação de concentrado de flotação de sulfeto de cobre**, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Rio de Janeiro, 2005.

Teece, D. J. *Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy*, Research Policy , Volume 15, Issue 6 , December 1986.

Tidd, J., Bessant, J. R., Pavitt, K. **Gestão da inovação**. 3. ed., Porto Alegre, RS. Bookman, 2008.

WIPO – World Intellectual Property Organization (OMPI – Organização Mundial da Propriedade Intelectual). *World Intellectual Property Indicators*. 2010 Edition.

Anexos

Anexo I – Cobertura de Países das Bases de Dados *DII* e *Esp@cenet*⁶⁹

Quadro I.A – Cobertura da Base de Dados *DII*.⁶⁹

Country/Abbreviation	Initial Year of Coverage	Country/Abbreviation	Initial Year of Coverage
Argentina (AR)	1974-1976 only	Korea (KR) (South)	1986
Australia (AU)	1983 (also 1963-1969)	Luxembourg (LU)	1984
Austria (AT)	1975	Mexico (MX)	1997
Belgium (BE)	1963	Netherlands (NL)	1963
Brazil (BR)	1976	New Zealand (NZ)	1993
Canada (CA)	1963	Norway (NO)	1974
China (CN)	1987	PCT (WO)	1978
Czech Republic (CZ)	1994	Philippines (PH)	1995
Czechoslovakia (CS)	1975-1994	Portugal (PT)	1974
Denmark (DK)	1974	Research Disclosure (RD)*	1978
European Patents (EP)	1978	Romania (RO)	1975
Finland (FI)	1974	Russian Federation (RU)	1994 (Russia)
France (FR)	1963	Singapore (SG)	1995
Germany (East) (DD)	1963	Slovakia (SK)	1994
Germany (DE)	1963	South Africa (ZA)	1963
Hungary (HU)	1975	Soviet Union (SU)	1963-1994
India (IN)	2004	Spain (ES)	1983
International Technology Disclosures (TP)*	1984-1993	Sweden (SE)	1974
Ireland (IE)	1963-1969; 1995	Switzerland (CH)	1963
Israel (IL)	1975	Taiwan (TW)	1993
Italy (IT)	1966-1969; and from 1978	United Kingdom (GB)	1963
Japan (JP)	1963	United States (US)	1963

*revistas de cunho tecnológico que também fazem parte da cobertura da base.

⁶⁹ Dados disponíveis em http://images.isiknowledge.com/WOKRS410B4/help/DII/hcodes_country.html (há restrição de acesso – o *DII* é acessível aos assinantes do serviço e via Portal Capes).

Quadro I.B – Cobertura da Base de Dados *Esp@cenet*⁷⁰.

Country Coverage - World Wide Patent Database managed by EPO		
Albania (AL)	Gulf Cooperation Council (GC)	Norway (NO)
ARIPO (AP)	Georgia (GE)	New Zealand (NZ)
Argentina (AR)	Greece (GR)	OAPI (OA)
Austria (AT)	Hong Kong S.A.R (HK)	Panama (PA)
Australia (AU)	Croatia (HR)	Peru (PE)
Bosnia and Herzegovina (BA)	Hungary (HU)	The Philippines (PH)
Belgium (BE)	Indonesia (ID)	Poland (PL)
Bulgaria (BG)	Ireland (IE)	Portugal (PT)
Brazil (BR)	Israel (IL)	Romania (RO)
Canada (CA)	India(IN)	Republic of Serbia (RS)
Switzerland (CH)	Iceland (IS)	Russia (RU)
Chile (CL)	Italy (IT)	Sweden (SE)
China (CN)	Japan (JP)	Singapore (SG)
Costa Rica (CR)	Kenya (KE)	Slovenia (SI)
Czechoslovakia (CS)	Korea (South) (KR)	Slovakia (SK)
Cuba (CU)	Liechtenstein (LI)	San Marino (SM)
Cyprus (CY)	Lithuania (LT)	Soviet Union (SU)
Czech republic (CZ)	Luxembourg (LU)	El Salvador (SV)
German Democratic Rep. (DD)	Latvia (LV)	Tajikistan (TJ)
Germany (DE)	Morocco (MA)	Turkey (TR)
Denmark (DK)	Monaco (MC)	Taiwan (TW)
Algeria (DZ)	Moldova (MD)	Ukraine (UA)
Eurasia (EA)	Republic of Montenegro (ME)	United States of America (US)
Ecuador (EC)	Former Yugoslav Republic of Macedonia (MK)	Uruguay (UY)
Estonia (EE)	Mongolia (MN)	Viet Nam (VN)
Egypt (EG)	Malta (MT)	PCT (WO)
European Patent Office (EP)	Malawi (MW)	Former Serbia and Montenegro (YU)
Spain (ES)	Mexico (MX)	South Africa (ZA)
Finland (FI)	Malaysia (MY)	Zambia (ZM)
France (FR)	Nicaragua (NI)	Zimbabwe (ZW)
Great Britain (GB)	Netherlands (NL)	

⁷⁰ Dados disponíveis em

[http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/2464E1CD907399E0C12572D50031B5DD/\\$File/global_patent_data_coverage_0110.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/2464E1CD907399E0C12572D50031B5DD/$File/global_patent_data_coverage_0110.pdf)