

Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral - META
Contrato 001/2016 - SEDP/ SE/ MME

**Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração
em Pequena Escala (MPE) no Brasil**



Relatório 4
Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Metálicos
São Paulo, Março 2018.



Pesquisa/Produto/Trabalho executado com recursos provenientes do Acordo de Empréstimo nº 8.095-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD, em 1º de março de 2012

Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (MPE)

Relatório 4

Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Metálicos

Consórcio

Projekt-Consult/RCS Global



Com apoio de

NAP.Mineração/USP

Líder do Consórcio: Projekt-Consult

Eulenkrugstasse, 82
22359 Hamburg, Alemanha
Tel. +49 (0) 40 60303 740
E info@projekt-consult.de
I www.projekt-consult.de

Escritório em São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes, 2373
Cidade Universitária, USP
CEP 05508 030 São Paulo, SP
Tel 011 2648 6196 - 7
E wini.schmidt@projetompe.com
I www.projetompe.com

Termo de Responsabilidade

Este documento foi preparado para o Ministério de Minas e Energia - MME, sendo financiado pelo Banco Mundial/BIRD, por meio do contrato de empréstimo 8096-BR Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral - META e elaborado por consultores externos. As opiniões expressas neste documento são de exclusiva responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a opinião do MME. Autoriza-se a sua reprodução parcial ou total, sempre que for citada a fonte de referência.

Relatório entregue em 17 de março de 2017. Primeira revisão entregue em 21 de julho de 2017, segunda revisão entregue em 20 de fevereiro de 2018, terceira revisão entregue em 25 de maio de 2018, quarta revisão entregue em 07 de junho de 2018.

São Paulo, 07 de junho de 2018.

Winfried Schmidt
Coordenador Geral Projekt-Consult

Ministro de Minas e Energia
Moreira Franco

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Vicente Humberto Lôbo Cruz

Secretário Executivo
Márcio Félix

**Diretora de Desenvolvimento Sustentável
na Mineração**
Maria José Gazzi Salum

**Diretor-Geral do Departamento Nacional de
Produção Mineral**
Victor Hugo Froner Bicca

Ministério de Minas e Energia – MME
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM
Esplanada dos Ministérios Bloco U – 4º andar
70065-900 – Brasília – DF
Tel.: (55 61) 2032 – 5175 Fax (55 61) 2032– 5949

Elaboração do Relatório 4: “Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Metálicos”

Coordenador Técnico pelo MME

Maria José Gazzi Salum

Comitê Técnico Supervisor

Membros Titulares

Mauricyo José Andrade Correia
(Secretário-adjunto/SGM)

Fernando Ramos Nobrega
(Diretor do DPGM/SGM)

José Luiz Amarante
(Diretor do DTTM/SGM)

Lilia Mascarenhas Sant'Agostino
(Diretora do DGPM/SGM)

Membros Suplentes

Dione Macedo (DDSM/SGM)

Patricia da Silva Pego (DPGM/SGM)

José Augusto Vieira Costa (DTTM/SGM)

José Luiz Ubaldino de Lima (DGPM)

Membros do Grupo de Trabalho pelo Consórcio Projekt-Consult e RCS Global

Giorgio de Tomi (NAP.Mineração/USP)

Jacopo Seccatore (NAP.Mineração/USP)

Arthur Pinto Chaves (EP/USP)

Vagner Elis (IAG/USP)

Colaboração e Apoio Técnico

Tatiane Marin (NAP.Mineração/USP)

Carlos H. X. Araújo (NAP.Mineração/USP)

Ricardo Tichauer (NAP.Mineração/USP)

Manoel Neves (EP/USP)

Claudio Scliar

Editoração Eletrônica e Capa

Diego Costa

Equipe de Redação

Winfried Schmidt (Projekt-Consult)

Giorgio de Tomi (NAP.Mineração/USP)

Revisão

Martha Argel

Fotos Capa: Tatiane Marin, Projeto Rochas
Ornamentais MME, dollarfotoclub.com

ÍNDICE

SIGLAS	12
SUMÁRIO EXECUTIVO	16
EXECUTIVE SUMMARY	20
1. INTRODUÇÃO	24
1.1. Definição de MPE	25
1.2. Organização das informações do relatório e apresentação das substâncias metálicas estudadas	27
2. METODOLOGIA	32
2.1. Definição das variáveis mensuráveis/ indicadores e determinação da amostra	32
2.2. Coleta dos dados primários em campo	35
2.3. Unidades Produtoras na AMBweb	38
3. ANÁLISE DOS DADOS PRIMÁRIOS	43
3.1. Panorama geral das unidades produtoras visitadas pelo Projeto META MPE	43
3.2. Perfil das unidades produtoras metálicas visitadas	47
3.3. Características da lavra, produção e comercialização.....	51
3.3.1. Métodos de lavra	52
3.3.2. Produção e comercialização	64
3.3.3. Insumos	67
3.3.4. Preços verificados no campo	69
3.4. Características dos trabalhadores, regimes de trabalho e saúde e segurança	69
3.5. Grau de cooperação com outros agentes da cadeia produtiva.....	75
3.6. Considerações sobre informalidade	77
3.7. Desafios reconhecidos para a produção	78
3.8. Aspectos críticos da gestão operacional no grupo de substâncias metálicas.....	85
3.8.1. Controle geológico	85
3.8.2. Explosivos.....	88
3.8.3. Mercúrio.....	90
4. RESERVAS, PRODUÇÃO, CONSUMO E PREÇOS	95
4.1. Ouro.....	98
4.2. Cassiterita.....	104
4.3. Columbita-tantalita	110
4.4. Scheelita	116
4.5. Ilmenita	120
5. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS CADEIAS PRODUTIVAS	123
5.1. Características tecnológicas das cadeias produtivas	123
5.2. Destinos da produção	131
6. SÍNTESE DAS DISCUSSÕES	135
7. RECOMENDAÇÕES	140
8. CONCLUSÕES	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
LISTA DE FIGURAS	151
LISTA DE TABELAS	153
ANEXO I – METODOLOGIA E CÁLCULO DA POPULAÇÃO DE AMOSTRAGEM	155
ANEXO II – LISTA DE VARIÁVEIS/INDICADORES E FORMA DE COLETA	158
ANEXO III – LISTAGEM DAS CAMPANHAS DE CAMPO	166
ANEXO IV – PREÇOS EXTREMOS EXCLUÍDOS DA ANÁLISE	167
ANEXO V – MAPA SÍNTESE DO RELATÓRIO 4	170
ANEXO VI – UNIDADES PRODUTORAS VISITADAS	173

SIGLAS

AMB	Anuário Mineral Brasileiro
AM	Amazonas
AMBweb	Anuário Mineral Brasileiro web
ANFO	Ammonium Nitrate Fuel Oil
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANORO	Associação Nacional do Ouro e Câmbio
AP	Amapá
APL	Arranjo Produtivo Local
APT	Paratungstênio de Amônio
ARIM	Área de Relevante Interesse Mineral
ARM	Alliance for Responsible Mining
BA	Bahia
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BR	Brasil
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados do Ministério do Trabalho
CE	Ceará
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CFEM	Compensação Financeira Pela Exploração Mineral
CIP	Circuito de Peneiramento Industrial
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
COOGAMPA	Cooperativa dos Garimpeiros de Mutum-Paraná
COOGAVEPE	Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto
COOMIGASP	Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Serra Pelada
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração
DDSM	
DF	Distrito Federal
DGPM	Departamento de Geologia e Produção Mineral
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPGM	Departamento de Gestão das Políticas de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
DTTM	Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral
DTVIM	Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários
EP/USP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos
GeoODK	Geographical Open Data
GO	Goiás
GPS	Global Positioning System
IAG/USP	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGM	Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICTs	Instituições de Pesquisa Científica e Tecnológica
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ITCAM	International Training Centre for Artisanal Miners
LME	London Metal Exchange
MA	Maranhão
MAPE	Minerações Artesanais de Pequena Escala de Ouro
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
META	Projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral
METAMAT	Companhia Mato-Grossense de Mineração
MG	Minas Gerais
MINERALCOOP Ltda	Cooperativa de Garimpeiros (Ariquemes)
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Ministério Público
MPE	Mineração em Pequena Escala
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
NAP.Mineração/USP	Núcleo de Pesquisa para a Pequena Mineração Responsável da Universidade de São Paulo
NR	Norma Regulamentadora
OCB	Organização das Cooperativas Brasileiras
OEMA	Órgão Estadual de Meio Ambiente
OMMA	Orgão Municipal de Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
OTGM	Ordenamento Territorial Geomineiro
PA	Pará
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
PI	Piauí
PIM	Polo Industrial de Manaus
PLG	Permissão de Lavra Garimpeira
PR	Paraná
RAL	Relatório Anual de Lavra
RCS Global	Resource Consulting Services
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
RO	Rondônia
ROM	Run of Mine
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina

SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE)
SHT	Segurança e Higiene do Trabalho
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SP	São Paulo
SSM	Small-Scale Mining
TdR	Termo de Referência
TO	Tocantins
UC	Unidade de Conservação
UF	Unidade da Federação
UNEP	United Nations Environment Programme
USD	Dólar estadunidense
USGS	United States Geological Survey
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO EXECUTIVO

Este volume constitui o Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Metálicos, produzido como parte do Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (Projeto META MPE), em execução pelo Consórcio Projekt-Consult/RCS Global. A mineração em pequena escala (MPE), foco do Projeto META MPE, é constituída por unidades produtoras de porte micro, pequeno e médio, e pela mineração artesanal.

O objetivo deste inventário é apresentar o panorama nacional da MPE dos minerais metálicos incluindo informações sobre mercados, polos produtivos, recursos e reservas minerais, produção, características tecnológicas da cadeia produtiva, trabalho, considerações sobre informalidade e os principais desafios do setor. As substâncias metálicas tratadas são: ouro, cassiterita, columbita-tantalita, scheelita e ilmenita.

Para a elaboração do inventário, foram reunidos dados secundários, obtidos de fontes atualizadas de dados do setor mineral, disponíveis em arquivos e publicações oficiais, bibliografia técnica e científica e outros documentos complementares. Ainda, foram realizadas campanhas de campo para coleta de dados primários, a partir de uma amostragem estratificada das unidades produtoras. As campanhas de campo resultaram na visita a 45 minas de substâncias metálicas, distribuídas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país. As informações provenientes das fontes secundárias e do trabalho de campo foram depuradas e compiladas em um banco de dados integrado ao Projeto META MPE. Esse banco de dados (apresentado no Relatório 7) serviu como base para análises estatísticas qualitativas e quantitativas, a partir de um conjunto de variáveis e indicadores selecionados para caracterizar a MPE.

Os maiores desafios identificados nas visitas de campo referem-se a aspectos como controle ambiental, condições legais da operação e processos de pós-produção, incluindo transporte, acesso aos mercados e atuação dos intermediários. Muitos mineradores relatam o abastecimento e a geração de energia como os maiores desafios ligados à produção. Ainda, de modo geral, a dificuldade de acesso às tecnologias atuais para lavra e beneficiamento mineral, assim como a falta de

capital para investimentos, são fatores que limitam o desenvolvimento do setor de minerais metálicos.

Em relação às conclusões do inventário de minerais metálicos, destacam-se os seguintes aspectos:

- A falta de conhecimento geológico afeta diretamente o desempenho e o desenvolvimento da MPE.
- Os mineradores entrevistados que trabalham no setor de minerais metálicos da MPE apontam a complexidade e a demora dos processos legais como um dos principais entraves para sua atuação.
- Os mineradores também destacaram a falta de agilidade na gestão dos processos minerais pelo DNPM (atual ANM).
- Os mineradores do setor relataram diversas dificuldades relacionadas à presença de operações informais ou ilegais, devido à concorrência e a pressão sobre os preços.
- Quanto à cooperação entre os agentes das cadeias produtivas no setor de minerais metálicos, foi identificada, sobretudo no comércio de ouro, a atuação de intermediários na comercialização do produto.
- Um dos principais desafios apontados pelos mineradores de substâncias metálicas produzidas pela MPE diz respeito ao fornecimento de energia, tanto em termos de disponibilidade quanto de qualidade do fornecimento.
- No que diz respeito à lavra e beneficiamento de minerais metálicos, foram percebidos diferentes níveis tecnológicos. Nas operações de cassiterita e de tantalita-columbita, constatou-se que os processos produtivos são mais rudimentares que na lavra de scheelita e nas operações de ouro.
- Nas operações formais foi observado, com frequência, que o envolvimento dos responsáveis técnicos pelas operações limita-se à tramitação dos processos legais, minerais e ambientais, sem necessariamente incluir o suporte e a assistência técnica aos mineradores.

- Em algumas ocasiões, foi constatada a comercialização não documentada da produção, mesmo em operações formais.
- Na MPE de minerais metálicos, o pequeno minerador frequentemente se vê obrigado a vender o concentrado produzido e, assim, perde a oportunidade de participar da etapa de transformação na cadeia de valor dos produtos finais.

A participação da MPE na produção nacional de minerais metálicos é reduzida, frente aos grandes produtores. No entanto, o setor da MPE desempenha um papel importante na produção de elementos importantes como o tungstênio, ou de alto valor, como o ouro. Muitas práticas observadas na MPE de minerais metálicos, de caráter técnico, ambiental ou social, não estão alinhadas aos conceitos atuais de desenvolvimento sustentável. Nota-se uma necessidade urgente de renovação do setor para o aproveitamento de seu potencial econômico.

EXECUTIVE SUMMARY

This report represents the Inventory of the Small-Scale Mining of Metallic Mineral commodities, part of the Diagnostic of Social, Economic and Environmental Aspects of the Small-Scale Mining in Brazil (Project META MPE), carried out by the Consortium Projekt-Consult/RDC Global. The focus of Project META MPE is on the production units that are considered micro, small, and medium-scale mining as well as artisanal mining.

The objective of the inventory is to present an overview, on a national scale, of the small-scale mining (SSM) of metallic mineral commodities in Brazil, including aspects of the market, the production clusters, mineral resources and reserves, technological features of the value chain, labor, informality and the main challenges of this sector. The mineral commodities included in the inventory are: gold, cassiterite, columbite-tantalite, scheelite e ilmenite.

The methodology adopted in the development of the inventory included the consultation of updated secondary data sources on the mineral sector, accessible in government archives and official publications, as well as technical and scientific bibliographical sources and other relevant documents. Besides, data collection in the field was undertaken from a stratified sample of mining operations taking into account 45 production units representing all the country's federal regions. The information of the data sources and the field work were processed and stored in the integrated database of Project META MPE (presented in report no. 7), about which qualitative and quantitative statistical analysis have been carried out, using a set of pre-established MPE-specific indicators and variables.

The main findings of the field campaigns refer to aspects like environmental control, legal conditions of mining operations and post-production issues, including transportation, market access and the interaction of intermediaries. Many SSM operators report that the major challenges related to their production process is the generation and supply of energy. Generally speaking, the difficulty in accessing modern technologies for mining and processing and the lack of capital are the main factors that limit the development of the small scale non-metallic mineral sector.

The main conclusions of the inventory of metallic mineral commodities are:

- The general lack of geological knowledge has a direct impact on the development of the SSM sector.
- The SSM operators that have been in contact with the field team have mentioned the complexity and the delays in the analysis of the legal processes as the main challenges of their operations.
- The SSM operators have mentioned the need for more agility in speeding up the decision-making related to DNPM (now ANM) processes.
- The presence of informal and illegal operations is perceived as a major problem for the formal miners, resulting in unhealthy competition and stressing prices.
- Concerning the cooperation among the various actors of the value chain of the metallic minerals sector, the presence of intermediaries was especially noted in the trade of gold.
- One of the principal challenges pointed out by the SSM miners of metallic minerals is related to energy supply, both in terms of availability and quality of supply.
- Concerning mining and processing of metallic minerals, different technological levels were observed, where operations mining cassiterite, tantalite-columbite were characterized by a more rudimentary technological level as the mining operation of scheelite and gold.
- In formal operations, it was frequently observed that many times the involvement of the person in charge of technical responsibility over the operation is limited to bureaucratic processes concerning legal,

mineral and environmental aspects only, without including technical assistance to the miners.

- Undocumented sales of mineral concentrates have been found on some occasions, even in formal operations.
- In the SSM metallic minerals sector, the small-scale miner is obliged to sell the concentrate produced, thus not having the opportunity to participate in further steps of transformation in the value chain.

The SSM of metallic mineral commodities has a reduced scale in relation to the large-scale producers. However, it has a critical role in the production of important elements like tungsten, or of mineral commodities of elevated value such as gold. Many of the practices observed concerning technical, environmental and social aspects of small-scale mining are not aligned with current concepts of sustainable development. There exists an urgent need for renewal of the sector in order to take advantage of its economic potential.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral (META), do Ministério de Minas e Energia (MME), financiado pelo empréstimo 8095-BR do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e gerenciado pelo Banco Mundial, contratou o consórcio Projekt-Consult/RCS Global para realizar o Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil. O consórcio conta com o apoio do Núcleo de Apoio à Pequena Mineração Responsável da Universidade de São Paulo (NAP.Mineração/ USP).

O objetivo deste diagnóstico é a atualização do conhecimento sobre o universo da Mineração em Pequena Escala (MPE), visando fornecer subsídios para a elaboração de políticas públicas. Ele está organizado em oito produtos:

- Produto 1: Identificação Preliminar das Fontes de Dados e Levantamento Bibliográfico e Documental.
- Produto 2: Relatório Jurídico-Institucional da Mineração em Pequena Escala.
- Produto 3: Relatório Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala.
- Produto 4: Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Metálicos.
- Produto 5: Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala das Gemas.
- Produto 6: Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala dos Minerais Não Metálicos.
- Produto 7: Banco de Dados Georreferenciado.
- Produto 8: Relatório Final Integrado, contendo o Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil.

O presente relatório corresponde ao Produto 4 e tem como objetivo apresentar o panorama nacional da MPE de minerais metálicos. É apresentado aqui o

inventário desse segmento, sendo analisados os seguintes aspectos: mercado, polos produtivos, recursos e reservas minerais, produção, características tecnológicas da cadeia produtiva, dados relativos ao trabalho, considerações sobre informalidade e os principais desafios do setor. As informações de cunho socioeconômico, regional, institucional, ambiental e de políticas públicas referente ao segmento são apresentadas nos Relatórios 2 e 3.

Este Produto aborda os temas definidos no Termo de Referência nº 30 (TdR nº 30), consensado com o MME, e está estruturado como se segue.

A introdução (Capítulo 1) apresenta a definição utilizada para a MPE e a estrutura do documento. O Capítulo 2 apresenta a metodologia adotada para o levantamento de dados e para a elaboração deste relatório. O Capítulo 3 contém a análise de dados primários coletados durante as campanhas de visitas de campo, realizadas entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017, apontando o perfil das unidades produtoras visitadas. O Capítulo 4 apresenta as estatísticas oficiais (AMBweb e outros) e um panorama geral das substâncias metálicas, abordado: reservas minerais lavráveis e sua vida útil; polos produtores, conhecidos e registrados na Agência Nacional de Mineração (ANM), antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), incluindo estimativas de produção e informações sobre os mercados consumidores nacional e internacional, assim como as tendências de preços praticados. O Capítulo 5 aborda características tecnológicas das cadeias produtivas do setor. O Capítulo 6 traz uma discussão dos dados primários das substâncias metálicas. O Capítulo 7 apresenta recomendações e o Capítulo 8 traz as conclusões deste relatório.

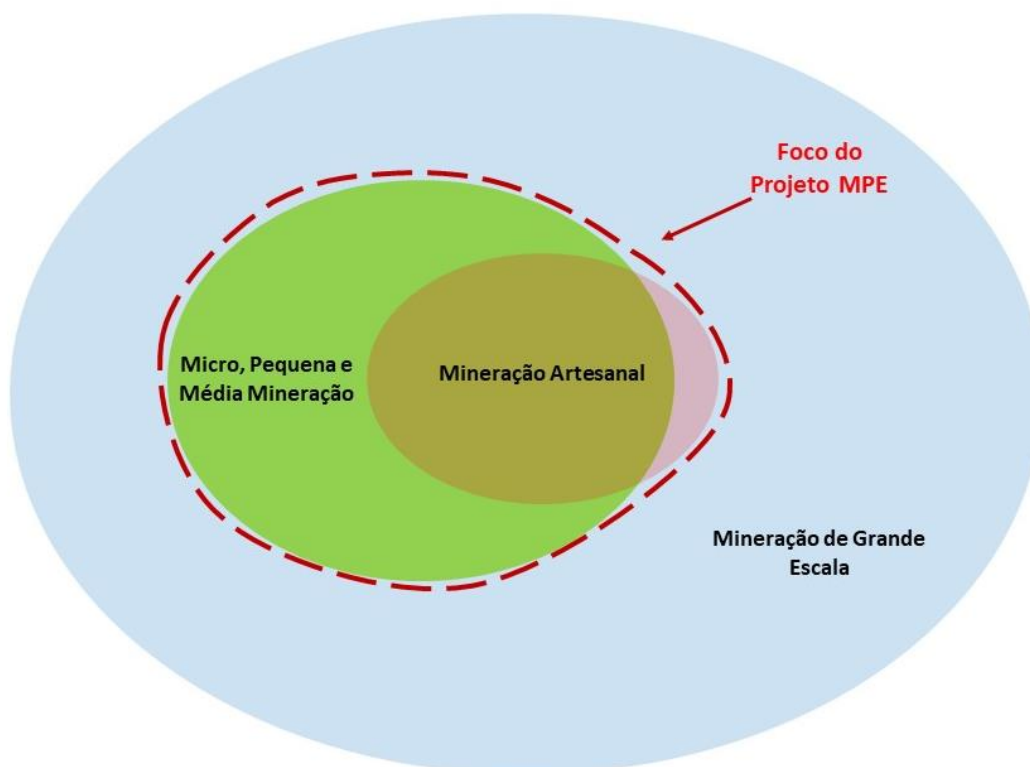
1.1. Definição de MPE

A determinação do porte de uma mina pode ser feita com base em diversos parâmetros, sendo muito adotada a produção bruta de minério, ou ROM (do inglês *Run of Mine*). A ANM, antigo DNPM usa o critério de produção mineral anual para definir as seguintes categorias:

- a) Mina Grande – maior que 1 milhão t/ano
- b) Mina Média – de 100 mil a 1 milhão t/ano
- c) Mina Pequena – de 10 mil a 100 mil t/ano
- d) Mina Micro – abaixo de 10 mil t/ano

O escopo deste Diagnóstico, conforme o TdR nº 30, inclui a micro, a pequena e a média mineração, além da mineração artesanal, como mostra a Figura 1, na qual a abrangência do projeto está delimitada pela linha pontilhada. Observe-se que a mineração artesanal (elipse menor) não apresenta completa coincidência com a MPE (elipse média), existindo uma pequena fração da Mineração de Grande Escala (elipse maior) que é conduzida de forma artesanal.

Figura 1 – Visão conceitual de mineração em micro, pequena e média escala, e mineração artesanal



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

As definições desses segmentos utilizadas no Projeto META: Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil são as que se seguem.

A micro, pequena e média mineração formam um subconjunto do universo da mineração definido exclusivamente pelo ROM, seguindo as já citadas categorias utilizadas pela ANM. Como mostra a Figura 1, boa parte da mineração artesanal enquadra-se neste universo.

A mineração artesanal, por sua vez, constitui uma parcela do universo da mineração caracterizada pelo uso de tecnologia tradicional e ineficiente e por mão de obra pouco qualificada (HILSON, 2014; HRUSCHKA, ECHAVARRÍA, 2011). Em geral é praticada em unidades independentes, muitas vezes informais, sem títulos ou licenças, seguindo um modelo de negócios familiar e de subsistência. Tem grande sobreposição com operações de micro e pequena mineração, mas há exceções em que a mineração de porte médio e mesmo algumas poucas de grande porte operam de forma artesanal.

Cabe salientar que, no Brasil, a mineração com tais características, praticada de modo formal, informal ou até ilegal, é comumente chamada de garimpo, quando relacionada com a extração de ouro, diamante e demais gemas. No entanto, esse termo adquiriu uma definição legal precisa a partir da Lei nº 7.805/1989, que institui o regime de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), e da Lei nº 11.685/2008, que cria o Estatuto do Garimpeiro; segundo tais leis, o garimpo é caracterizado pela substância mineral produzida, a partir de minérios secundários (aluvião, colúvio) e pela não obrigatoriedade da existência de uma fase de pesquisa mineral anterior à lavra. A partir dessas definições, nem sempre um garimpo estará enquadrado na categoria de mineração artesanal. Nos trabalhos de campo deste diagnóstico, por exemplo, foram visitadas PLGs onde são empregadas tecnologias modernas. Por outro lado, existem concessões de lavra que mantêm certas tecnologias artesanais.

1.2. Organização das informações do relatório e apresentação das substâncias metálicas estudadas

Os Relatórios 4, 5 e 6 foram organizados de modo a permitir a leitura independente de cada um. Cada relatório traz, primeiramente, uma análise geral da MPE como um todo. Na sequência, são apresentadas em cada volume as

informações e análises específicas para o grupo de substâncias nele inventariado. A Tabela 1 descreve os tipos de dados coletados e analisados para o presente relatório, bem como as suas origens.

Tabela 1 – Organização dos dados coletados e analisados neste relatório

Dados primários	Análise geral dos dados de campo	Visa caracterizar o perfil das unidades de MPE visitadas e sua relação com o entorno em que atua.
	Análise de dados de campo (geotécnicos e socioambientais) por grupo de substâncias.	Visa caracterizar as variáveis/indicadores das substâncias predefinidas no TdR n° 30 do MME.
Dados secundários	Análise de dados disponíveis em arquivos e publicações oficiais, bibliografia técnica e científica e outros documentos complementares.	Os dados referem-se ao Sistema AMBweb 2010-2015 do DNPM, estudos e estatísticas específicos.

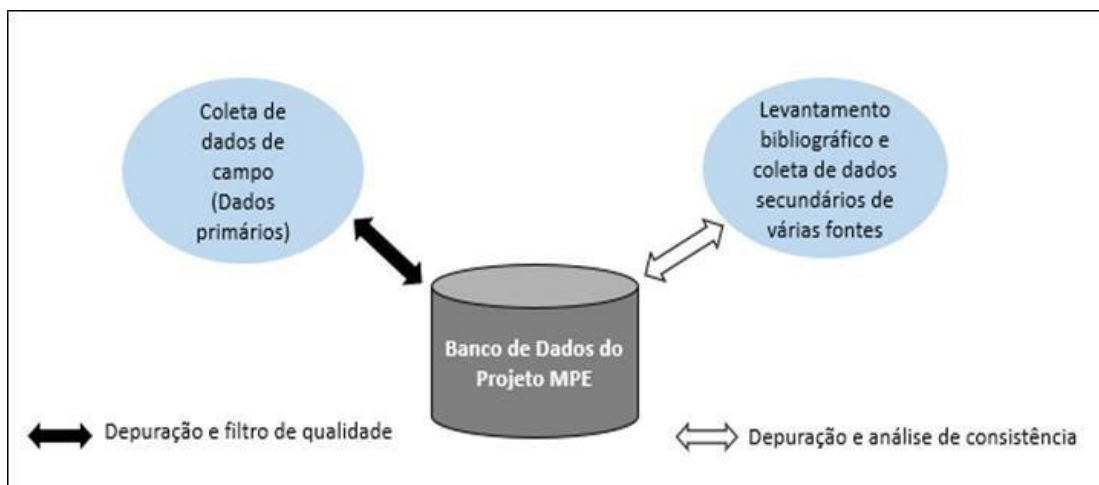
Fonte: Elaborado pelos autores

As informações utilizadas na elaboração deste inventário e incorporadas ao Banco de Dados do Projeto META MPE (Produto 7) estão sintetizadas na Figura 2 e incluem:

- a) Dados primários: são os dados coletados pelos pesquisadores, em campo, com o propósito de atender às necessidades específicas da pesquisa em andamento (MATTAR, 1996). Durante as campanhas de campo, foram levantadas informações referentes a cada mineradora visitada, por meio de (i) aplicação de questionários a representantes da operação e (ii) observações dos pesquisadores. Os dados primários incluem a avaliação da situação da lavra a partir da visão da equipe geotécnica, no que se refere à informalidade, segurança ocupacional, licenciamento ambiental, mercado consumidor, mercado produtor, cadeia de valor, logística local e mão de obra (Tabela 5).
- b) Dados secundários: são os dados constantes de fontes pré-existent, coletados, tabulados, ordenados e, por vezes, já analisados, os quais estão catalogados e à disposição dos interessados (MATTAR, 1996). As principais fontes secundárias utilizadas para este relatório são os relatórios técnicos do DNPM

(Anuário Mineral Brasileiro, Sumário Mineral), os dados do AMBweb 2010-2015 (BRASIL, 2016), bibliografia técnico-científica e documentos necessários para complementar, atualizar ou retificar as informações porventura defasadas, inconsistentes e/ou limitadas.

Figura 2 – Dados utilizados e processo de sua verificação



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

As substâncias minerais metálicas selecionadas pelo MME para este projeto, conforme o TdR n° 30, são: ouro, cassiterita, columbita-tantalita, scheelita e ilmenita. (BRASIL, 2014). A Tabela 2 apresenta a correspondência entre as substâncias pesquisadas no Projeto META MPE e a nomenclatura utilizada no Anuário Mineral Brasileiro (AMB).

Tabela 2 – Correlação entre substâncias pesquisadas pelo projeto e a correspondente nomenclatura AMB

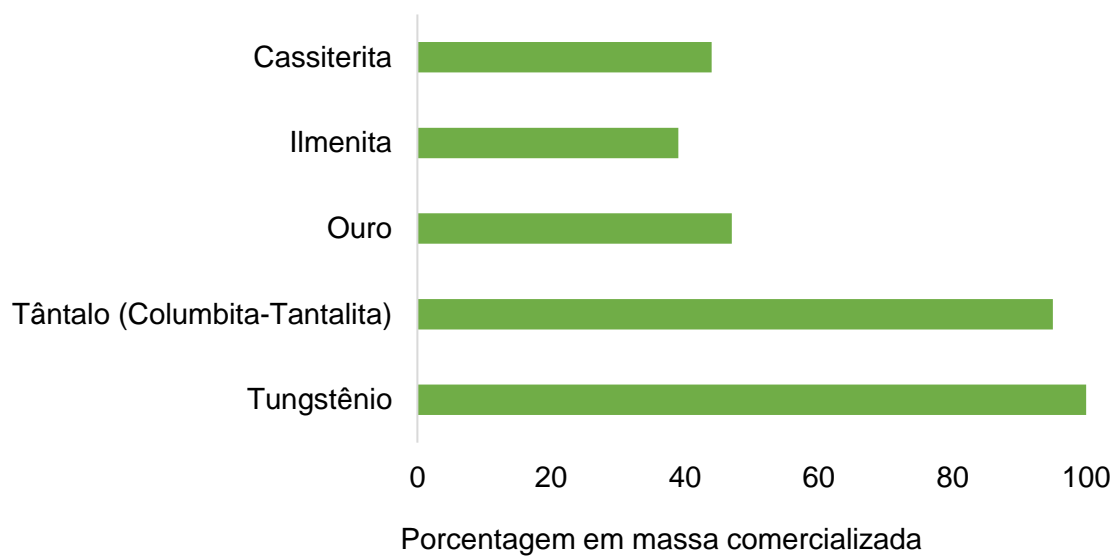
Substância Projeto	Substância AMB
Cassiterita	Cassiterita (Primária); Cassiterita (Secundária)
Columbita-Tantalita	Nióbio (Columbita-Tantalita) – Primário; Nióbio (Columbita-Tantalita) – Secundário Tântalo (Columbita-Tantalita) – Primário; Tântalo (Columbita-Tantalita) – Secundário
Ouro	Ouro (Primário); Ouro (Secundário)
Scheelita	Tungstênio
Ilmenita	Ilmenita

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Neste relatório, sempre que possível, as análises e avaliações foram realizadas conforme as substâncias minerais definidas pelo TdR n° 30. No entanto, como algumas fontes consultadas agrupam estas substâncias conforme a nomenclatura comercial, em alguns casos, as análises foram realizadas de forma conjunta, como é o caso apontado na Tabela 2 para a columbita-tantalita.

A importância econômica das operações de micro, pequeno e médio portes ou artesanais no segmento das substâncias ou minerais metálicos pesquisados neste relatório é ilustrada na Figura 3, que mostra a participação da produção de tais substâncias pela MPE na massa comercializada no país.

Figura 3 – Participação, em porcentagem, da produção da MPE na massa comercializada no Brasil em 2015 no segmento dos minerais metálicos



Fonte: BRASIL (2016)

2. METODOLOGIA

A seguir é apresentada a metodologia utilizada para a definição das variáveis mensuráveis e dos indicadores de campo; para a coleta de dados primários durante as visitas de campo, incluindo ferramentas e conceitos; e para as análises desenvolvidas durante a elaboração dos inventários. A metodologia de amostragem, que inclui o cálculo da população amostral para programação das visitas de campo, encontra-se detalhada no Anexo I.

Também é descrita a metodologia utilizada para a depuração dos dados disponíveis no sistema AMBweb 2010-2015, do DNPM, e dos demais dados secundários.

Note-se que as informações sobre a metodologia de coleta de dados socioeconômicos, institucionais, ambientais e de políticas públicas estão apresentadas nos Relatórios 2 e 3, onde tais temas são tratados.

2.1. Definição das variáveis mensuráveis/ indicadores e determinação da amostra

O objetivo desta fase do planejamento da coleta de dados foi estabelecer variáveis mensuráveis para o levantamento de campo, que fossem fáceis de determinar e coletar durante as visitas às lavras. À parte destas variáveis mensuráveis, foram selecionados indicadores geotécnicos utilizados na caracterização de minas convencionais.

É importante que estas variáveis (aspectos técnicos e outros fatores), assim como os indicadores, sejam representativas para a caracterização da MPE e possam contribuir, de forma padronizada, para a criação de uma base estatística. Além disso, é importante que as variáveis e os indicadores permitam a comparação de forma objetiva entre as características técnicas das minas localizadas em diferentes regiões. As variáveis e indicadores selecionados obedecem às seguintes exigências:

- a) Devem ser facilmente registráveis durante uma curta visita de campo. Os dados devem ser fornecidos pelos mineradores ou acessíveis por simples observação, com aplicação de testes rápidos, realizados em campo por meio de equipamento portátil. Os dados históricos são aceitos somente se for possível sua verificação em documentos.
- b) Devem ser quantitativos, sempre que possível, a fim de evitar imprecisão e interpretação subjetiva. As variáveis foram escolhidas de forma a serem independentes da subjetividade do operador que registra os dados.
- c) Devem ser capazes de medir as características específicas da MPE que a distinguem das atividades de mineração em grande escala.

As variáveis e os indicadores são descritos de forma sumarizada na Tabela 3. A lista completa e a forma como os dados foram coletados estão apresentados no Anexo II.

Tabela 3 – Grupos de variáveis mensuráveis e indicadores aplicados no trabalho de campo

	DESCRIÇÃO
Informação Geral	O objetivo deste conjunto de dados é identificar a mina, sua propriedade e concessionário, o tipo de outorga mineral e produção. Os dados a serem fornecidos incluem a localização da mina – a partir de coordenadas do <i>Global Positioning System</i> (GPS) e outros aspectos do local, definindo a infraestrutura de transporte, acesso a serviços básicos, consumos de água e energia, e destino dos produtos.
Controle Geológico da Operação	Entrevistas com os mineradores são uma boa ferramenta para perceber o grau de conhecimento sobre a geologia local (litotipos, planos de cama, presença e localização de falhas e contatos geológicos) que, por sua vez, apontam para o uso racional do recurso mineral. Embora apenas os afloramentos e as faces das minas sejam acessíveis em termos de exploração geológica preliminar, geralmente é possível obter informações básicas sobre o corpo de minério e a inclusão da rocha em termos de litologia, geologia, hidrologia e mineralogia. Assim, o nível de controle geológico da mina foi uma das variáveis analisadas.
Geotécnica	Os indicadores geotécnicos coletados são os mesmos que os utilizados para as atividades convencionais de mineração. Para a caracterização básica, é importante concentrar-se em dados representativos das características da mina, bem como aqueles que podem ser facilmente mensurados durante uma visita de campo preliminar com instrumentos portáteis simples. A informação cruzada entre fatores geotécnicos e tipo/condição dos suportes de teto e parede atua como um indicador da conscientização dos mineradores sobre riscos geotécnicos e sobre a adaptação racional das técnicas de escavação ao meio geotécnico.

Operação	As variáveis operacionais descrevem os métodos de lavra empregados e sua eficiência. Os dados de campo obtidos devem incluir uma descrição geral do método e técnicas de lavra. Uma lista dos equipamentos presentes na mina também oferece um panorama quanto ao grau de mecanização. Os dados registrados incluem: idade dos equipamentos, qualidade da manutenção e a presença eventual de adaptações que possam ser consideradas perigosas.
Substâncias Perigosas	Avaliação do uso indevido de material explosivo, uma das causas mais comuns de acidentes significativos imediatos, e do emprego de substâncias tóxicas, com consequências de longo prazo para o meio ambiente e para a saúde dos trabalhadores. Durante a caracterização preliminar da mina, são anotados o tipo e o fabricante dos explosivos e dispositivos de iniciação. É, também, observado se o material explosivo é corretamente armazenado, transportado e manuseado. Para as substâncias tóxicas, é observado o tipo de emprego, reciclagem e/ou neutralização e despejo.
Segurança e Higiene do Trabalho (SHT)	A escassa literatura disponível sobre Segurança e Higiene do Trabalho (SHT) (WALLE; JENNINGS, 2001) na MPE, tende a adotar uma abordagem prescritiva simples, definindo certas regras de segurança básicas que os mineradores devem seguir para atingir um nível de segurança mínimo aceitável. Para caracterização preliminar, as variáveis críticas devem ser investigadas como uma prioridade, referindo-se à estrutura global da mina e às condições de trabalho durante as operações individuais. Em termos de organização geral, as principais variáveis de SHT avaliadas incluíram: acesso a sanitários, acesso às estruturas em caso de emergência, presença de pessoal treinado em práticas de segurança e a existência de algum tipo de sistema de gestão de riscos, como um “caderno de acidentes”. Verificou-se, também, a existência de um seguro de acidentes para os trabalhadores e a disponibilidade e utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI). Além disso, foram avaliados fatores ambientais básicos, como as condições do ar e os níveis de ruído.

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

O número de visitas de campo para cada substância foi determinado a partir de uma metodologia de amostragem proporcional, com base na frequência da ocorrência de cada substância estudada na listagem de processos que declararam sua produção mineral no Relatório Anual de Lavra (RAL). Este procedimento foi aplicado a cada uma das cinco regiões geográficas do Brasil, sendo realizados ajustes conforme questões logísticas e operacionais, localização de ações de extensionismo do DNPM e o mapa de Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs) (CPRM, 2009), entre outros. Os detalhes do cálculo estatístico do número de visitas por substância são apresentados no Anexo I.

O número de processos RAL, obtido a partir dos dados secundários (AMBweb), cujas minas reportaram produção das substâncias AMB de interesse do Projeto META MPE, é bem maior que o número de visitas realizadas pela equipe do projeto. Conforme detalhado anteriormente, o número das visitas de campo

realizadas foi limitado pelo método de amostragem estratificada adotado pelo projeto, bem como pela quantidade de operações que aceitaram ser visitadas pela equipe. Um exemplo de amostragem a priori, com seu posterior ajuste, é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Número de visitas por substância (exemplo da Região 1 – Norte)

Substância	Processos	% do Total	Visitas	Ajuste	Visitas'
Areia	266	27%	32		32
Brita	225	22.6%	27		27
Ouro	152	15.2%	18		18
Argila	144	14.4%	17		17
Cassiterita	70	7.0%	8	1	9
Calcário	53	5.3%	6	1	7
Caulim	38	3.8%	4	1	5
Gema	12	1.2%	1	1	2
Granito	11	1.1%	1	1	2
Columbita	10	1.0%	1	1	2
Diamante	6	0.6%	0		0
Scheelita	5	0.5%	0		0
Gipsita	3	0.3%	0		0
Tantalita	2	0.2%	0		0
Ilmenita	0	0.0%	0		0
Ardósia	0	0.0%	0		0
Feldspato	0	0.0%	0		0
Mica	0	0.0%	0		0
Quartzito	0	0.0%	0		0
Mármore	0	0.0%	0		0
Total	997	100.0%	115		121

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

2.2. Coleta dos dados primários em campo

Os dados foram coletados em campo durante as visitas às unidades produtoras amostradas. A coleta das informações foi executada por cinco equipes, compostas por profissionais das áreas de geologia e engenharia de minas. Os dados foram inseridos no aplicativo *Geographical Open Data* (GeoODK), instalado em telefones celulares e tablets (ver também o relatório do Produto 7).

Para que a coleta de dados fosse desenvolvida de forma consistente, as equipes responsáveis pelo levantamento de dados primários passaram por treinamentos (Figura 4), que consistiram em:

- a) apresentações do conteúdo técnico do questionário, ministradas pela equipe que o elaborou;
- b) treinamento presencial com palestras e debates sobre o funcionamento do aplicativo, procedimentos em campo, planejamento de visitas e abordagens de entrevista;
- c) visitas em campo durante dois dias para a realização de testes, com o intuito de praticar a coleta de dados, garantir o procedimento padrão e a consistência das informações.

Figura 4 – Coleta de dados em uma pedreira de calcário em São Paulo (SP)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Para cada unidade produtora visitada, foi preenchido um formulário e foram registradas as coordenadas geográficas por meio do aplicativo GeoODK. Além dos formulários envolvendo aspectos geotécnicos e de mineração propriamente dita, foram respondidas perguntas sobre indicadores socioeconômicos, de forma a complementar as informações que subsidiaram a análise socioeconômica e ambiental do Projeto META MPE. Estas informações são apresentadas no Relatório 3.

Os dados quantitativos coletados por meio do aplicativo GeoODK foram transmitidos ao banco de dados após depuração e aplicação de um filtro de qualidade. A equipe geotécnica organizou um formulário padrão para a elaboração do descritivo técnico das campanhas de campo e os relatórios realizados para cada uma das 35 campanhas de campo se encontram anexos ao Relatório 7 (Banco de Dados). A listagem das campanhas de campo está no Anexo III. Estes dados complementam e, ocasionalmente, contrapõem as observações e entrevistas

realizadas com os mineradores.

As avaliações são resultado da percepção das equipes do projeto, especializadas e treinadas para a verificação de padrões ideais e melhores práticas aplicadas na mineração em pequena escala (Tabela 5).

Tabela 5 – Formulário padrão para elaboração do descritivo técnico das campanhas de campo

Campanha no.	nn ; onde nn = 01 a 35
Local	Descrição da área
Datas	
Equipe	
Considerações sobre Informalidade	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o grau de informalidade na região? • Quais os bens minerais extraídos na informalidade? • Houve queixas/reclamações sobre a atuação dos ilegais? • Qual a posição do pessoal sobre informalidade na mineração?
Considerações sobre segurança ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> • Quais as condições de segurança ocupacional? • Trabalhadores e lideranças mostraram preocupação com o tema? • Existe interesse das partes em melhorar essas condições?
Considerações sobre licenciamento ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Quais os principais entraves mencionados? • Quais os órgãos responsáveis pela emissão das licenças? • As operações da região possuem licença ativa? Quantas?
Considerações sobre mercado consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Quem compra a produção local? Vai para outros estados? • A compra é por terceiros (intermediários) ou direta ao consumidor? • Há sazonalidade de mercado e de preços?
Considerações sobre mercado produtor	<ul style="list-style-type: none"> • Os produtores locais se organizam em sindicatos ou associações? • Existem ideias de como agregar valor aos produtos? • Foram mencionadas barreiras para aumento de produção?
Considerações sobre a cadeia de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o grau de integração entre fornecedores e consumidores? • Existe compra centralizada (explosivos, diesel, outros suprimentos)? • Existe cooperação entre os agentes da cadeia de valor?
Considerações sobre a logística local	<ul style="list-style-type: none"> • Como é o acesso à região? Estradas, meios de transporte? • Como se dá o escoamento da produção? • Quais melhorias de infraestrutura que poderiam beneficiar a região?
Características da mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Como é capacitada a mão de obra local? Existem escolas e cursos? • Quais as características gerais de idade e gênero? • A população local é empregada ou os mineradores vem de fora?

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

O Anexo VI apresenta a listagem das unidades produtoras visitadas, dentro do grupo de substâncias metálicas. As informações incluem: coordenadas geográficas (apresentadas em longitude e latitude), grupo substância, nome da mina, razão social, titulares/proprietários, ano de início da operação, município, unidade da federação (UF), tipo de lavra, outorga mineral, número do processo minerário, licenciamento ambiental e existência de instrumentos de ordenamento territorial.

A outorga mineral apresenta a situação atual do direito minerário de cada mina visitada. Já no caso do licenciamento ambiental, a equipe do projeto enfrentou dificuldades para obter informações mais detalhadas, em função da resistência dos proprietários em apresentar as informações específicas. Por conta disso, alguns registros das visitas não contêm informações sobre licenciamento ambiental. Quanto ao ordenamento territorial, os dados refletem as informações fornecidas pelos proprietários sobre a inserção de suas operações em planos diretores municipais ou em outros instrumentos de ordenamento do território.

As visitas de campo levaram em consideração a situação legal das empresas a serem visitadas e, para tal, aplicou-se as seguintes definições:

- a) Operação legal: mina devidamente documentada e registrada junto aos órgãos competentes;
- b) Operação informal: mina não regularizada junto aos órgãos competentes, mas que pode ser formalizada; e
- c) Operação ilegal: mina que tem impedimentos legais para sua formalização.

2.3. Unidades Produtoras na AMBweb

Os dados das unidades produtoras do grupo de minerais metálicos referentes ao período de 2010 a 2015 foram obtidos a partir do sistema AMBweb, do DNPM, via Lei de Acesso à Informação, por meio de 12 planilhas eletrônicas. A consolidação do banco de dados foi realizada seguindo os procedimentos descritos a seguir:

- a) seleção das substâncias que compõem o escopo do projeto;
- b) limpeza dos dados – exclusão de dados nulos, em branco, sem município informado e sem produção;
- c) homologação dos códigos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizando mudança no nome dos municípios e codificação numérica das unidades federativas e dos municípios;
- d) análise de consistências;
- e) classificação nos três grupos (metálicos, não metálicos, diamantes e demais gemas); e
- f) separação manual da produção realizada por mina de grande porte em 2015.

É possível que persistam inconsistências na consolidação dos dados das unidades produtoras AMBweb, pelos seguintes fatores:

- a) Imprecisões inerentes ao RAL, que baseia-se em informações de caráter auto declaratório. Além disso, é possível que mais de um processo mineral esteja unido por meio de poligonais distintas, ou que mais de uma substância seja vinculada à mesma declaração. Adicionalmente, os módulos de cadastro geral de mina e de usina são apresentados separadamente, o que gera desvinculação da informação. Isso pode causar, por exemplo, a sobreposição de dados e, conseqüentemente, a não determinação da origem do material.
- b) Eventuais desatualizações das planilhas de dados fornecidas aos pesquisadores do Projeto META MPE pelo DNPM, uma vez que o órgão não autorizou a consulta direta a seu banco de dados.
- c) Informações incompletas por parte de mineradores, que comunicam a substância principal da mina, mas não as secundárias.
- d) Erros gerados pelos sistemas RAL e AMBweb, como, por exemplo, campos de preenchimento obrigatório que foram deixados em branco.

A Tabela 6 apresenta os números de processos que declaram produção mineral no RAL das substâncias metálicas. As minas de produção mista são contabilizadas mais de uma vez.

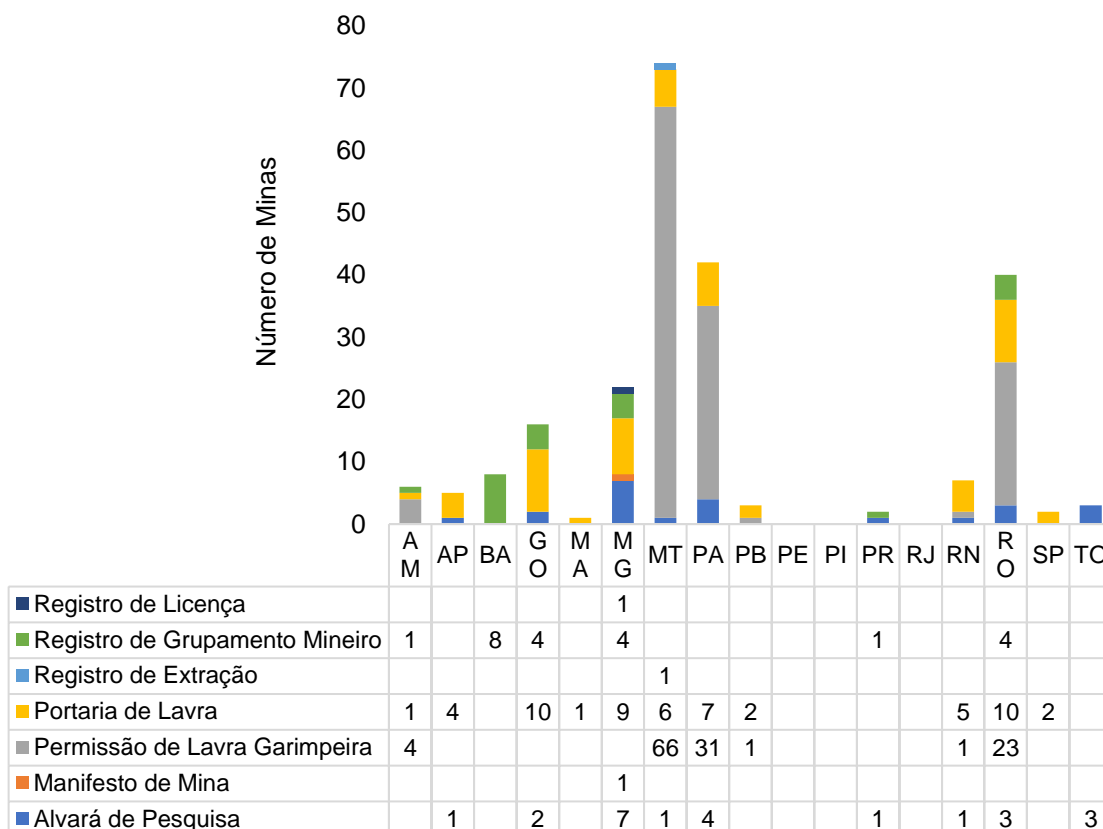
Tabela 6 – Quantidade de processos de direitos minerários de mina de substâncias metálicas no intervalo 2010 - 2015

Porte	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Grande	36	18	21	20	23	22
Média	49	56	52	58	58	50
Pequena	24	34	50	49	70	75
Micro	22	55	50	55	86	84
Total	131	163	173	182	237	231

Fonte: BRASIL (2016)

A Figura 5 mostra o total de operações cadastradas no sistema AMBweb em 2015 que declararam produção de substâncias metálicas no RAL, por estado.

Figura 5 – Minas de substâncias metálicas cadastradas no banco de dados AMBweb em 2015 e seus respectivos regimes junto ao DNPM



Fonte: BRASIL (2016)

A categoria “Alvará de Pesquisa” refere-se às operações que declararam produção no RAL por meio de guia de utilização. Já a categoria “Registro de Grupamento Mineiro”, segundo o Código de Mineração, refere-se à existência, em uma só unidade de mineração, de várias concessões de lavra da mesma substância mineral, outorgadas somente a um titular, em área de uma mesma jazida ou zona mineralizada.

A Tabela 7 apresenta um histórico (2010 a 2015) dos direitos minerários outorgados às atividades de micro e pequeno porte de extração de ouro, por estado.

Tabela 7 – Número de processos de direito minerário para extração de ouro envolvendo micro e pequenos empreendimentos, por estado

Estado	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MT	18	30	25	37	70	60
PA	3	4	10	14	19	25
MG	3	6	4	1	5	7
RO	3	8	5	5	10	6
GO	0	0	1	1	3	5
AM	0	1	1	4	3	4
BA	0	1	0	1	8	4
TO	2	0	1	3	3	3
AP	2	2	3	1	2	2
RN	0	1	1	2	2	2
PR	0	0	1	2	1	1
RJ	0	1	0	0	0	0
Total	31	54	52	71	126	119

Fonte: BRASIL (2016)

Observa-se na Tabela 7 um aumento médio crescente da quantidade de processos de direito minerário para minerações de micro e pequeno portes, com destaque para os estados de Mato Grosso e do Pará. Nestes dois casos, o crescimento pode ser atribuído, principalmente, ao crescimento da quantidade de minas de pequeno porte e de garimpos de ouro.

Para a elaboração do banco de dados do Projeto META MPE (Produto 7), foram utilizados, além do AMBweb, os seguintes dados secundários de fontes acessadas junto ao DNPM e outros órgãos:

- a) Compensação Financeira Pela Exploração Mineral (CFEM), por município e por substância.
- b) poligonais dos processos de direitos minerários do DNPM;
- c) informações minerárias cadastradas no DNPM (área de servidão, arrendamento, bloqueios, proteção fonte, reserva garimpeira);
- d) Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs), publicadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2009);
- e) Ações de extensionismo do DNPM (2010-2014);
- f) Arranjos Produtivos Locais (APLs); e
- g) Projeto de Construção de Cenários e Indicadores orientados ao Ordenamento Territorial Geomineiro, OTGM (MME, 2008).

3. ANÁLISE DOS DADOS PRIMÁRIOS

A seguir são analisados os dados primários coletados pelas equipes de pesquisadores. Inicialmente é traçado um panorama geral de todas as unidades produtoras visitadas, incluindo substâncias metálicas, não metálicas, e diamante e demais gemas. Na sequência, apresenta-se a análise específica dos dados referentes às unidades produtoras de substâncias metálicas, que são o foco deste inventário.

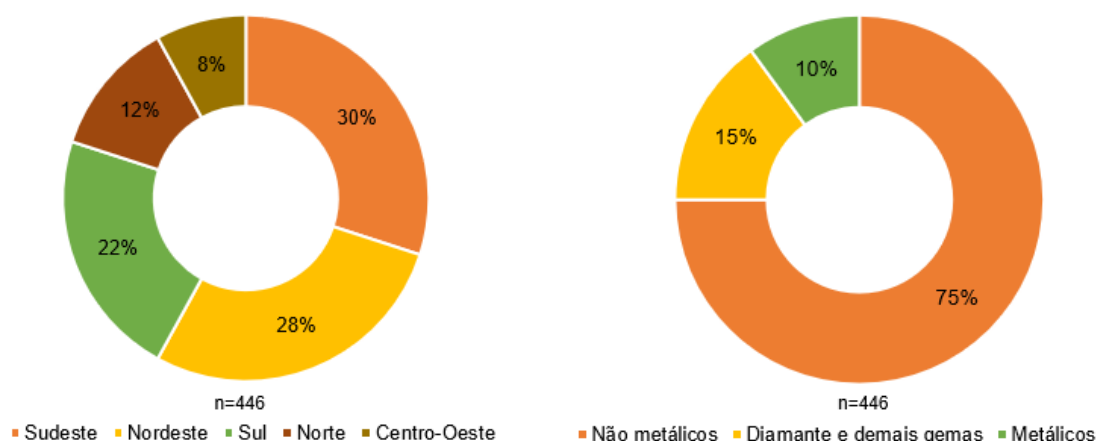
Neste último caso, é analisada a qualificação tecnológica das unidades produtoras visitadas, incluindo método de lavra, produção e comercialização, insumos, preços praticados, e formas de trabalho e organização. Também constam considerações sobre o grau de cooperação com outros agentes da cadeia produtiva, informalidade e os desafios reconhecidos para a produção.

No Anexo V é apresentado um mapa síntese do grupo de substâncias metálicas, elaborado a partir dos pontos de trabalho de campo das equipes técnicas do Projeto META MPE.

3.1. Panorama geral das unidades produtoras visitadas pelo Projeto META MPE

Entre setembro de 2016 e março de 2017, foi visitado um total de 446 unidades produtoras de substâncias minerais metálicas, não metálicas e diamante e demais gemas, distribuídas por todo o território nacional (Figura 6).

Figura 6 – Distribuição das visitas de campo do Projeto META MPE, por região brasileira (esquerda) e por grupo de substâncias (direita)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A Tabela 8 apresenta a quantidade de minas visitadas durante os trabalhos de campo, por região e por grupo de substâncias minerais produzidas. Os totais são superiores ao número de empreendimentos visitados (n=446) porque cinco deles produzem substâncias pertencentes a mais de um grupo.

Tabela 8 – Número de minas visitadas durante os trabalhos de campo, por grupo de substância e por região

Região	Metálicos	Não metálicos	Diamante e demais gemas	Total Região*
Centro-Oeste	17	26	3	45
Nordeste	4	93	33	129
Norte	23	40	2	65
Sudeste	---	106	23	127
Sul	1	73	7	80
Total*	45	338	68	446

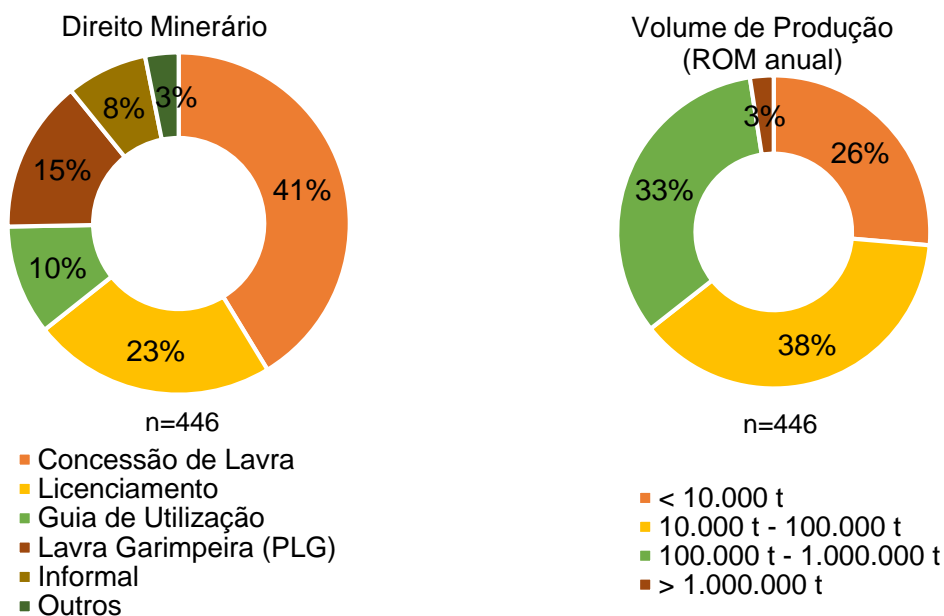
*Os totais incluem as minas que produzem substâncias de grupos diferentes

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Quanto ao regime de aproveitamento (Direito Minerário), a Figura 7 mostra que o tipo mais frequente é o regime de Concessão de Lavra (41% das unidades visitadas), seguido por Licenciamento (23%), PLG (15%), Alvará de Pesquisa Mineral com Guia de Utilização (10%); outros tipos representam 3% do total de unidades, englobando regime misto e requerimento de lavra. Quanto ao volume de produção, a maior parte das unidades visitadas foi de micro (menos de 10 mil t/ano)

e pequeno (entre 10 mil e 100 mil t/ano) volume de produção (ROM anual), respectivamente 26% e 38%, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Perfil das unidades produtoras visitadas pelo Projeto META MPE



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A Tabela 9 apresenta a situação das minas visitadas em termos de regularidade em relação ao direito minerário e licença ambiental.

Tabela 9 – Formalidade das operações visitadas (metálicas, não metálicas, e diamante e demais gemas)

Número de minas visitadas	Situação junto à ANM	Situação da Licença Ambiental
374	Regularizada	Regularizada
3	Sem informação	Regular
22	Regularizada	Sem informação
14	Irregular	Regularizada
13	Regularizada	Irregular
20	Irregular	Irregular

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Como mostrado na Tabela, 84% das minas visitadas estão regularizadas junto à ANM e aos órgãos ambientais. Entre as 47 minas não regularizadas, 14 possuem

apenas licença ambiental regularizada e 13 estão apenas com a situação regularizada junto à ANM. As 20 minas restantes não possuem licença ambiental e nem estão regularizadas junto à ANM. No entanto, a formalidade da MPE não depende exclusivamente dos registros na ANM ou nos órgãos ambientais, pois a aderência a outras exigências e obrigações de legislações federais, estaduais e municipais também precisa ser observada, como por exemplo, as regras de saúde e segurança dos trabalhadores, tributações diversas pelo uso do solo, pagamento de taxas a Consórcios de Bacias ou outras entidades oficialmente criadas na região, entre outros. No Projeto META MPE, as análises de formalidade foram direcionadas à regularização junto à ANM e aos órgãos ambientais.

O número de operações que se encontram na informalidade devido à falta de renovação de licença ambiental pode ser maior do que o apresentado na Tabela 9, uma vez que tal licença nem sempre foi mostrada aos pesquisadores. Como exemplo, pode ser citada uma operação no estado de Mato Grosso em que o minerador informou estar em situação regular, embora na parede estivesse afixada uma licença vencida. Quando questionado novamente, o minerador informou ao pesquisador que a renovação estava pendente devido a um atraso do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Embora neste caso tenha sido possível verificar a licença *in loco*, nem sempre os mineradores disponibilizaram a documentação aos pesquisadores, que, assim, só podiam contar com as respostas deles.

Constatou-se que os mineradores não entendem a falta de renovação como um “não definitivo”, sendo interpretada apenas como um atraso do órgão. Ou seja, eles acreditam estar dentro das exigências da legalidade quando a licença, apesar de vencida, encontra-se em processo de renovação.

As operações informais visitadas estão localizadas, sobretudo, no Nordeste (33%), seguido pelas regiões Norte (29%), Sudeste (25%), Centro-Oeste (10%) e Sul (3%). Entre elas, 46% correspondem a operações de minerais não metálicos, 29% a operações de diamante e demais gemas e 25% a operações de minerais metálicos. As substâncias produzidas em operações informais de não metálicos são, principalmente, bens minerais para construção civil, em todas as regiões do Brasil. As operações informais de metálicos correspondem a extrações de ouro nas regiões Norte e Centro-Oeste. Já as operações informais de gemas situam-se na

região Nordeste.

Das unidades produtoras visitadas, 12 estão localizadas dentro de Unidades de Conservação (UCs) de uso sustentável, integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Destas, oito são operações de extração de substâncias metálicas, a saber: quatro minas de ouro na Área de Proteção Ambiental do Tapajós (Itaituba, PA), três minas de ouro na Floresta Nacional do Crepori (Itaituba, PA) e uma mina de cassiterita na Floresta Nacional do Jamari (Itapuã, RO).

Das 45 unidades produtoras de substâncias metálicas visitadas, 10 (22%) informaram que foram consultadas ou participaram de discussões sobre ordenamento territorial junto a algum tipo de organização relacionada a essa política. Dentre elas, a Cooperativa Mista de Desenvolvimento do Creporizão (Itaituba, PA), a Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Serra Pelada (Curionópolis, PA) e a Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Vila Nova (Porto Grande, AP), as quais promovem conceitos de ordenamento territorial, entre outros aspectos.

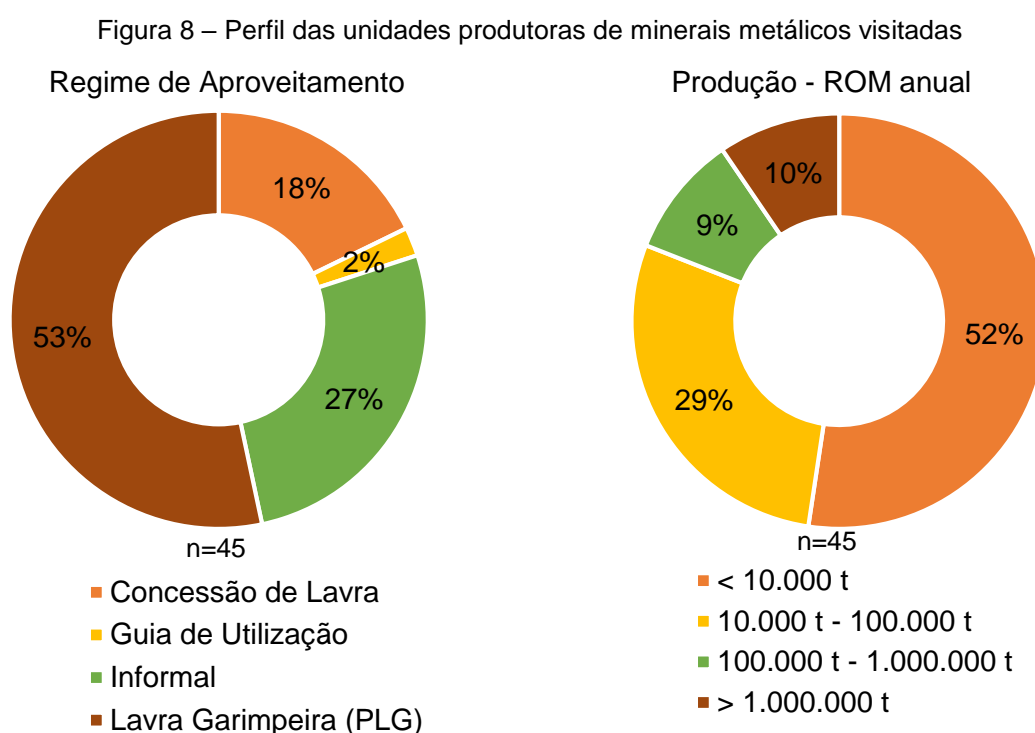
3.2. Perfil das unidades produtoras metálicas visitadas

Nesta seção, são apresentadas as análises qualitativas e quantitativas dos dados obtidos durante as visitas às operações de substâncias minerais metálicas. São abordados regimes de autorização e concessão, métodos de lavra, produção e comercialização, insumos (água e energia), preços praticados, formas de trabalho e organização das atividades minerais.

Ao longo do trabalho de campo do Projeto META MPE, como já mencionado, foram visitadas 45 unidades produtoras de minerais metálicos. Como resultado dos critérios de amostragem, a maioria das visitas (51%) foi realizada na região Norte, seguida pelas regiões Centro-Oeste (38%), Nordeste (9%) e Sul (2%). Devido a questões de planejamento do calendário de trabalho em campo, as visitas à região Sudeste foram feitas depois das outras regiões, quando um número significativo de minas de minerais metálicos já haviam sido visitadas. Assim, embora o Sudeste abrigue 11% dos processos de minerais metálicos no país (incluindo uma

quantidade relevante de minas de ouro no estado de Minas Gerais), o número de minas visitadas na região não correspondeu a esta realidade.

A maioria das unidades visitadas trabalha com regime PLG, como mostra a Figura 8. Quanto ao licenciamento ambiental, 62% estavam regulares, 27% irregulares e 11% não responderam à questão. As informações de escala de produção (ROM) foram fornecidas por 47% das operações de minerais metálicos visitadas (45 visitas no total). A maioria das minerações que informaram a produção encaixa-se na categoria de microescala.



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A substância lavrada mais presente nas 45 operações de minerais metálicos visitadas é o ouro (80%), vendido em forma de doré¹ e subsequentemente refinado. A predominância das visitas às minas de ouro explica-se pelo fato de que os mineradores dessa substância foram mais receptivos a participar das pesquisas de campo. As visitas de minerais metálicos, além do ouro, incluem cassiterita (11% das visitas), scheelita (7% das visitas) e tantalita (2% das visitas).

Durante os trabalhos de campo, não houve visitas a minas de ilmenita, já que

¹ Ouro de 93% a 96% de teor, vendido nas casas de compra de ouro para posterior refinamento

a maioria das operações existentes dessa substância consiste em minas de grande porte. Não obstante, na região de Floresta, no estado de Pernambuco, a equipe de pesquisadores identificou um novo projeto de mineração de ilmenita em fase de implantação, pertencente à empresa Casaforte Mineração². Considerando o porte do projeto, ele poderia ser encaixado no escopo da mineração em média ou pequena escala, mas ainda não se encontrava em fase de produção.

No caso da mineração de ouro, as visitas concentraram-se em regiões com reconhecido potencial para essa substância e que, historicamente, têm sido lavradas sobretudo sob a forma de garimpo. Todas as áreas visitadas estão inseridas na lista de ARIMs da CPRM (MATOS; MELLO; GONÇALVES, 2009), conforme descrito a seguir:

- a) As visitas no estado de Mato Grosso foram realizadas em áreas que fazem parte da Província Aurífera de Alta Floresta, na porção sul do Cráton Amazônico. Dentro desta província, a região de Peixoto de Azevedo-Novo Mundo é uma das principais produtoras de ouro. De acordo com Barros (2007), as mineralizações auríferas da região de Peixoto de Azevedo-Novo Mundo ocorrem sob a forma de filões em milonitos formados ao longo de zonas de cisalhamento, disseminadas nos granitos Novo Mundo e Santa Helena em veios de quartzo e *stockwork* alojados em granitos do tipo Nhandu e Peixoto de Azevedo.
- b) Outra área visitada em Mato Grosso foi a região de Poconé. Nessa província, as ocorrências de ouro estão associadas às rochas metamórficas do Grupo Cuiabá, caracterizado por rochas metassedimentares dobradas e afetadas por metamorfismo regional na fácies xistos verdes. Durante o processo metamórfico, houve a intensa atividade hidrotermal, com remobilização de veios de quartzo, sericitização, sulfetação e fluidos carregando ouro.
- c) Também foi visitada a região de Itaituba, localizada no estado do Pará, na Província do Tapajós. Nessa região, ocorrem gnaisses migmatíticos cortados por veios de quartzo, metamórficos do tipo *greenstone belt* e intrusões magmáticas, litotipos favoráveis a ocorrências de ouro (LEAL et al., 1996). Estudos mais recentes

² Disponível em <<http://casaforteinvestimentos.com.br/minerios>>

indicam mineralizações de ouro e de metais associadas a evento magmático, o que sugere um maior potencial da Província para ocorrência de depósitos minerais de grande porte.

- d) Na Província de Rondônia, ocorrem mineralizações de ouro associadas a intrusões de rochas félsicas, sedimentares e sedimentos inconsolidados. Nesta província, foram visitadas operações na região de Porto Velho, que lavram ouro secundário dos sedimentos.
- e) Foram realizadas visitas no Garimpo de Serra Pelada, em Curionópolis, Pará, na Província Carajás-Rio Maria. O depósito de ouro ocorre junto a uma sequência metassedimentar arqueana discordantemente sobreposta a xistos, sendo que o depósito principal apresenta um forte controle estrutural.
- f) Também foram realizadas visitas em Almas, estado do Tocantins, na Província Arco Mágmató de Goiás. Nesse local, as ocorrências de ouro estão associadas a veios de quartzo relacionados a fraturas e dobras em zonas de cisalhamento em rochas graníticas, e em anfíbolitos e formação ferrífera bandada.

No caso da scheelita, foram visitadas operações na região da ARIM da Província Borborema, cujo principal bem mineral de interesse é o tungstênio. A zona mineralizada localiza-se próxima à cidade de Currais Novos, no Rio Grande do Norte. As mineralizações estão associadas a scarnitos nos contatos mármore/metassedimentos e mármore/rochas intrusivas na estrutura Brejuí/Barra Verde. As operações visitadas são caracterizadas por minas subterrâneas cujos principais desafios apontados para melhoria da produção são relacionados à tecnologia.

Um destaque deve ser dado ao fato de que os rejeitos da lavra são aproveitados por apenas 4% das unidades produtivas de minerais metálicos visitadas. Tratam-se de operações de ouro que vendem os rejeitos contendo ouro e mercúrio para empresas que processam o minério por lixiviação. Essa situação indica a existência de dificuldades para que os mineradores desenvolvam subprodutos e, assim, agreguem valor aos seus rejeitos, seja por motivos culturais, tecnológicos ou de mercado.

Quando questionados sobre alternativas que agreguem valor à produção,

15% dos entrevistados apresentaram ideias e sugestões sobre o tema. Alguns exemplos são destacados a seguir:

- a) organizar mecanismos que promovam a venda dos materiais que hoje não são aproveitados na mineração, como solo para adubação, areia, rejeitos com cobre e rejeitos com fluorita (identificados na visita a uma mina de scheelita);
- b) promover a participação e o engajamento dos mineradores em programas de uso de tecnologias limpas para produção de ouro³, para reduzir e gradualmente eliminar o uso de mercúrio, (sugestão de um minerador da região de Poconé, MT);
- c) encorajar a instalação de unidades próprias de metalurgia (sugestão de uma mineração), por meio de incentivos e subsídios;
- d) investir na produção de ligas de Fe-W (sugestão de um minerador de scheelita).

De modo geral, as sugestões apresentadas pelos mineradores nas operações de minerais metálicos indicam a existência de características de empreendedorismo, alinhadas a conceitos de desenvolvimento sustentável na MPE, embora tais iniciativas estejam restritas a uma porcentagem limitada de mineradores. As sugestões dos mineradores sobre oportunidades de agregação de valor à suas produções e seu alinhamento aos conceitos de desenvolvimento sustentável são discutidas nos estudos de casos apresentados no Relatório 3 (Volume I e II).

3.3. Características da lavra, produção e comercialização

As informações analisadas quanto à qualificação e caracterização das unidades produtoras visitadas incluem: métodos de lavra, produção e comercialização, insumos, preços verificados no campo.

³ A iniciativa de Ouro Verde engloba padrões sustentáveis para produção de ouro, levando em conta os aspectos sociais, econômicos e ambientais para mineração responsável de ouro, promovidos principalmente pela *Alliance for Responsible Mining* (ARM). Mais informações: <http://www.responsiblemines.org/en/>

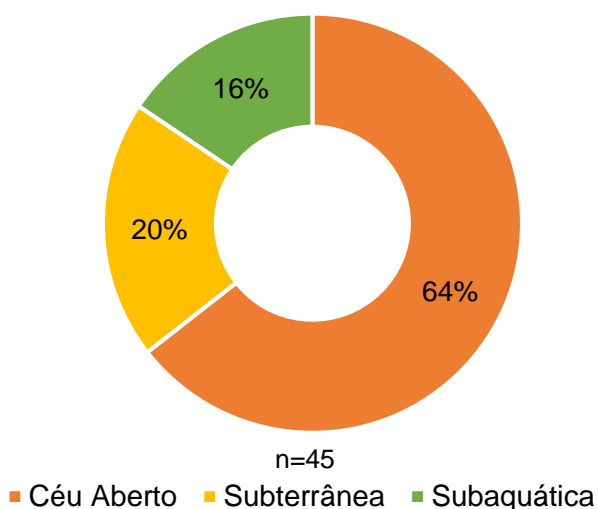
3.3.1. Métodos de lavra

Este item corresponde às observações de campo relativas aos métodos de lavra utilizados, as técnicas de escavação, tipo de desmonte de rochas, carregamento e transporte do material desmontado, além de questões geotécnicas de estabilidade de taludes.

Dadas as características geológicas dos depósitos e os níveis tecnológicos das operações, a maior parte das minas de minerais metálicos visitadas opera com o método de lavra a céu aberto. Contudo, foi observada a presença crescente de minas subterrâneas, em contraste com a situação de 30 anos atrás, quando os mineradores preferiam migrar para outras regiões em vez de abrir minas subterrâneas (VEIGA, 1997). Outro método de lavra constatado foi a lavra subaquática, que ocorre predominantemente em operações que utilizam dragagem em leitos de rios.

As informações sobre métodos de lavra, apresentadas na Figura 9, foram preenchidas em todas as unidades de minerais metálicos visitadas. Observa-se que 64% das operações visitadas são a céu aberto, 18% são subterrâneas e 16% são subaquáticas.

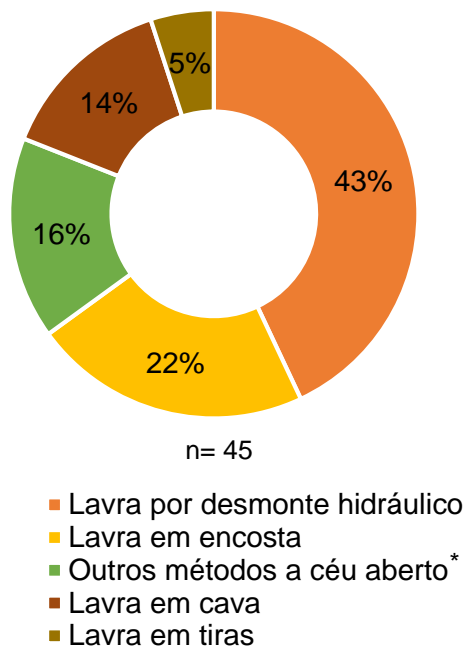
Figura 9 – Métodos de lavra



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

No caso das operações a céu aberto foi observado que o método de lavra mais utilizado nas operações de minerais metálicos visitadas é o desmonte hidráulico (43%), como mostra a Figura 10.

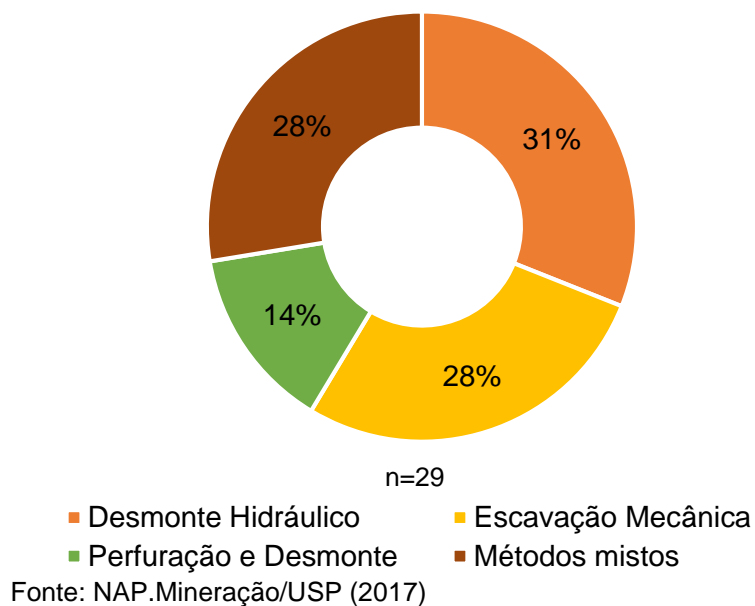
Figura 10 – Métodos de lavra a céu aberto



(*) inclui as operações com mais de um método de lavra a céu-aberto
Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

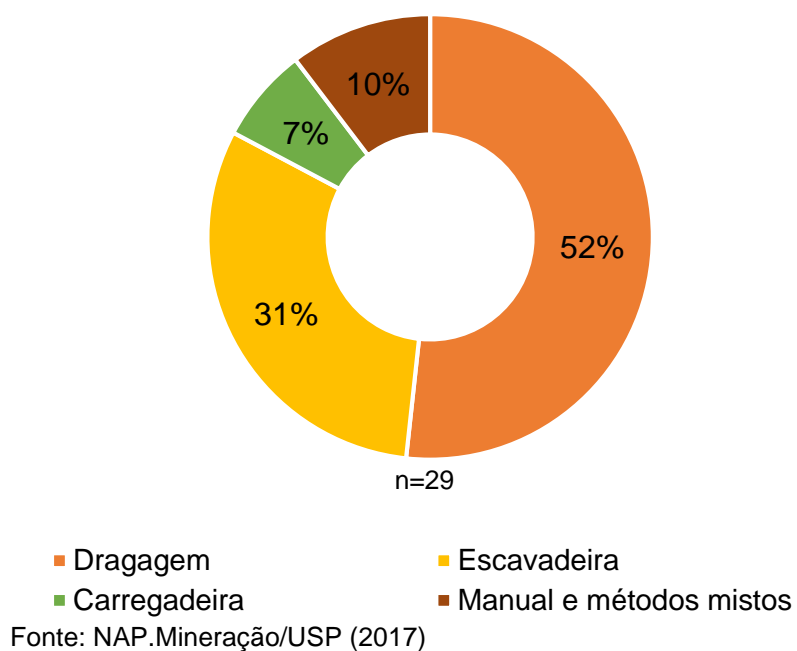
A Figura 11 apresenta as técnicas de escavação mais comuns nas operações de minerais metálicos a céu aberto. Também, devido às características dos depósitos metálicos superficiais, principalmente constituídos por materiais não coesos, tem-se o desmonte hidráulico (31%), a escavação mecânica (28%) e métodos mistos (28%).

Figura 11 – Técnicas de escavação a céu aberto



A Figura 12 apresenta a distribuição dos métodos de carregamento do material lavrado nas operações visitadas de minerais metálicos a céu aberto. Os métodos mais utilizados são a dragagem de materiais em polpa (52%) e o carregamento por escavadeiras (31%).

Figura 12 – Método de carregamento na lavra a céu aberto



A Figuras 13 e 14 ilustram o método de desmonte hidráulico, em situações registradas durante os trabalhos de coleta de dados em campo.

Figura 13 – Lavra por desmonte hidráulico de depósito de sedimentos não coesos em Peixoto de Azevedo (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Este método é realizado por meio do jateamento de água com alta pressão, que resulta na desagregação do mineral de interesse; é aplicado predominantemente em operações de ouro. A polpa resultante consiste de uma mistura de água com os sólidos em suspensão, que é transportada por uma tubulação até a unidade de beneficiamento de minério.

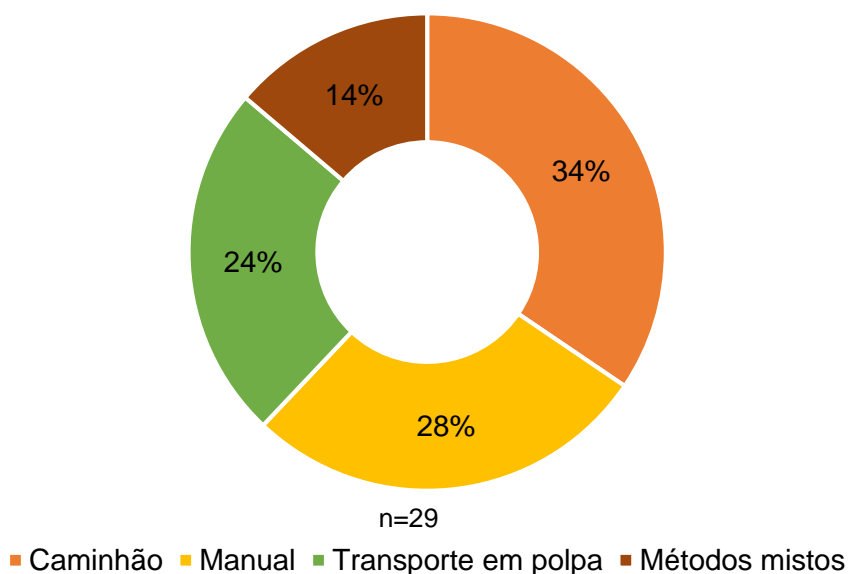
Figura 14 – Transporte de material em polpa por dragagem e sucção em Peixoto de Azevedo (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A Figura 15 apresenta os tipos de transporte observados nas visitas às operações de minerais metálicos em lavras a céu aberto. Transporte por caminhão aparece em primeiro lugar (34%), seguido por manual (28%) e transporte em polpa (24%); métodos mistos de transporte são usados em 14% das minas visitadas.

Figura 15 –Tipos de transporte utilizado a céu aberto



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

É necessário destacar o caráter crítico das condições geotécnicas e de segurança, em particular no que diz respeito à estabilidade das escavações, nas operações a céu aberto, conforme apresentado nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 – Talude irregular, sem medidas de controle de estabilidade em Nossa Senhora do Livramento (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 17 – Talude com evidências de erosão e escorregamento em Nova Guarita (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Entre as 29 operações visitadas, apenas uma possuía talude regular, em operação mista, com produção de brita e, ocasionalmente, de ouro. Nas demais operações visitadas, como os exemplos ilustrados nas Figuras 16 e 17.

Entre as operações de minerais metálicos a céu aberto que apresentaram taludes irregulares, a maioria apontou sinais de escorregamentos (67%) e de erosão (59%). Apenas 4% delas mencionaram a existência de estudos geotécnicos, e em 74% do total visitado foi constatada a adoção de sistemas de drenagem.

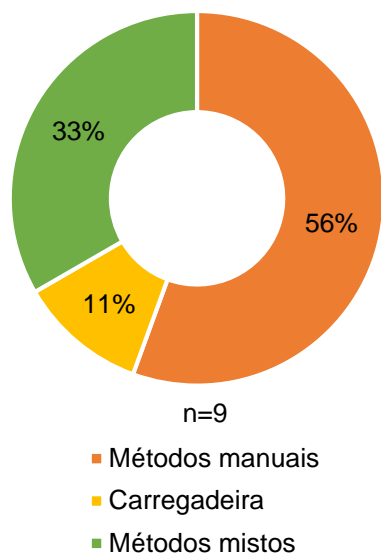
No caso das operações de lavra subterrânea de minerais metálicos, foram visitadas nove minas, sendo três de scheelita (duas em Currais Novos e uma em Lajes, RN) e seis de ouro (uma em Porto Grande, AP; uma em Itaituba, PA; duas em Peixoto de Azevedo, MT; uma em Guarantã do Norte, MS; uma em Campo Largo, PR). Os principais métodos de lavra subterrânea observados são câmaras e pilares, lavra por poço vertical e lavra por sub níveis.

O método de câmaras e pilares, adotado nas operações visitadas, é simples, sendo constituído pela abertura de cavidades irregulares, com pilares posicionados de forma também irregular. Em geral, estes pilares não são dimensionados com o apoio de estudos geomecânicos e, portanto, sua capacidade de suportar o “teto” das minas é limitado – o que foi verificado na maior parte das operações visitadas.

As operações de minerais metálicos em lavras subterrâneas ocorrem principalmente em depósitos de rochas competentes e, por isto, a maioria das operações faz uso de explosivos. Entre as nove unidades visitadas que operam em lavra subterrânea, sete utilizam perfuração e desmonte por explosivos; uma utiliza métodos manuais; e uma utiliza técnicas mistas (que também inclui o desmonte por explosivos). O acesso aos explosivos, considerado um ponto crítico para a MPE, será discutido na seção deste relatório dedicada à análise de dados gerais, no Capítulo 6.

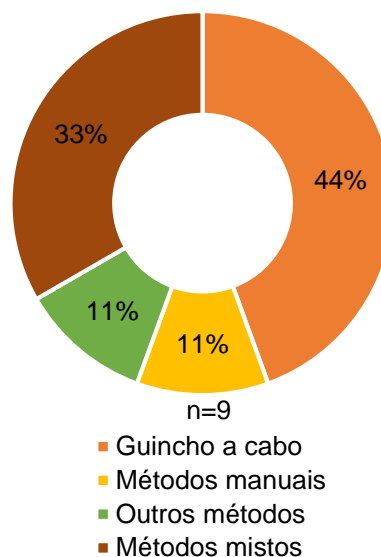
Como mostra a Figura 18, das nove minas com lavra subterrânea visitadas, em cinco foi constatada a falta de mecanização no método de carregamento, uma utiliza carregadeira e as outras três empregam sistemas mistos de carregamento.

Figura 18 – Distribuição do método de carregamento subterrâneo



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 19 – Distribuição do método de transporte subterrâneo



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Os sistemas de transporte utilizados, analisados na Figura 19, são predominantemente guincho a cabo (observado em quatro minas visitadas) e métodos mistos (em outras quatro minas); apenas uma utiliza métodos manuais de transporte do minério. As Figuras 20 e 21 ilustram as condições observadas nas minas visitadas.

Figura 20 – Guincho para transporte vertical de material e pessoas em Novo Horizonte (BA)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 21 – Ferramentas básicas da mineração manual subterrânea em Novo Horizonte (BA)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Para os pesquisadores, um aspecto a ser destacado nas operações subterrâneas visitadas, é a necessidade de uma maior conscientização e um maior cuidado quanto à estabilidade geotécnica, especialmente em comparação às operações visitadas a céu aberto. Embora 43% das operações subterrâneas de minerais metálicos visitadas possuam algum tipo de estudo geotécnico, é um percentual baixo, pois este é um aspecto crítico para a segurança dos trabalhadores e da operação.

A despeito da situação geotécnica nas minas subterrâneas visitadas não ser a ideal, situações de instabilidade nesta forma de operação de lavra foram menos frequentes do que as observadas nas operações a céu aberto. De modo geral, os operadores mostraram cuidado com as condições de estabilidade, removendo blocos instáveis (“chocos”) e instalando suportes nas aberturas. No entanto, também foram observadas situações em que as estruturas de suporte não foram devidamente instaladas.

A Tabela 10 apresenta os indicadores de riscos geotécnicos de instabilidade observados nas operações subterrâneas de minerais metálicos.

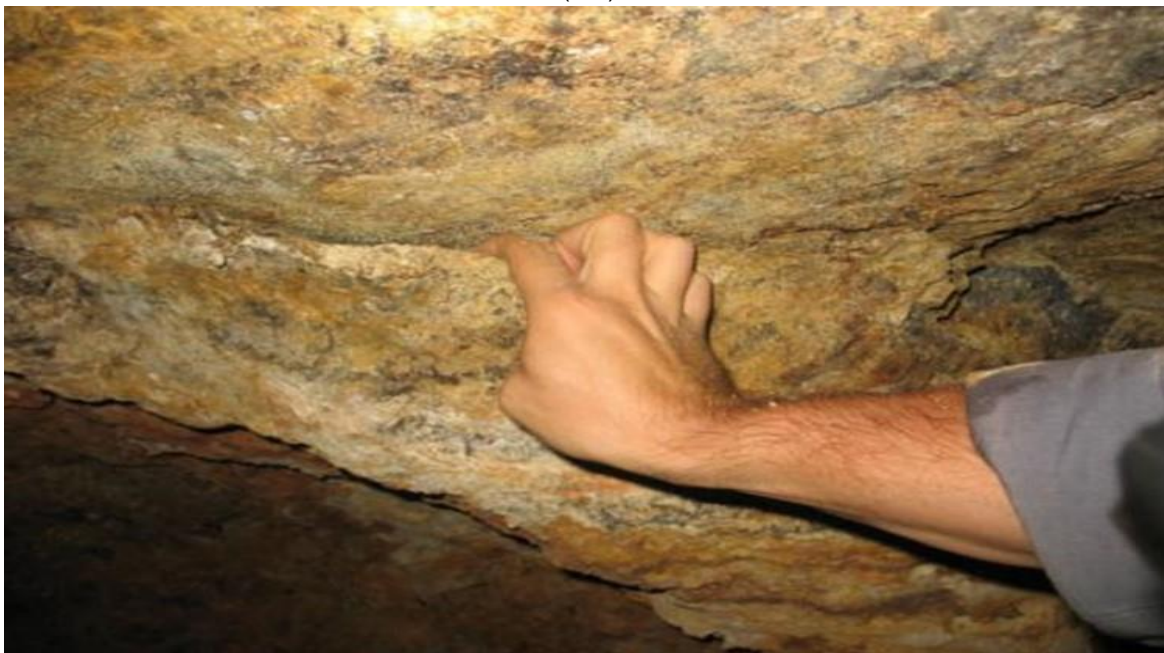
Tabela 10 – Indicadores geotécnicos em lavra subterrânea de metálicos

Indicador	Nenhuma	Escassa	Ocasional	Frequentes	Sistemática
Fendas de Tensão	8 minas	1 mina			
Cunhas Instáveis	5 minas	4 minas			
Evidência de Choco	3 minas	2 minas		3 minas	1 mina
Cavidades não suportadas	4 minas			1 mina	3 minas
Evidência de <i>pillar robbing</i>	9 minas				

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A Figura 22 mostra um exemplo de risco geotécnico observado na mina visitada em Currais Novos (RN).

Figura 22 – Cunha instável observada em uma das visitas em minas subterrâneas, Currais Novos (RN)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Quanto ao uso de suporte, nas minas subterrâneas visitadas, três utilizam estruturas de suporte, incluindo tirantes de aço (sistema antigo, porém funcional); as demais utilizam outros sistemas como tirantes de aço combinados com malha de proteção e concreto projetado (sistema também antigo, porém funcional), e quadros de suporte em madeira (sistema atual).

Em operações de lavra subaquática de minerais metálicos, foram visitadas unidades que operam em balsas flutuantes, tanto escavando os leitos de rios por meio de um sistema conhecido como 'escariante' (desagregação do material do leito do rio por escarificação e o sucessivo bombeamento do material), quanto lavrando por meio de dragagem. Foram realizadas visitas a sete operações de lavra subaquática de minerais metálicos, todas de ouro, incluindo:

- a) quatro operações em balsas, que utilizavam equipamentos semi-mecanizados. A extração do material do fundo do rio é realizada por meio de "chupadeiras"⁴ sob a direção de operadores. Em alguns casos, mergulhadores são utilizados para guiar o avanço da lavra. As balsas são constituídas por um par de flutuantes que sustentam um

⁴ Bomba com mangueira que varia de 4" a 8".

piso de madeira, no qual são dispostos os equipamentos da operação. A dimensão das balsas varia entre 6 e 14 metros e a profundidade de lavra pode chegar a 12 metros (Figura 23).

Figura 23 – Balsa em operação com flutuantes em aço e estrutura em madeira, Alta Floresta (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

b) três operações por dragagem, com equipamentos de operação mecanizada, fazendo a extração do material do fundo do rio por meio de bombas de sucção, com um sistema de escavação hidráulico. Neste tipo de operação não são utilizados mergulhadores. A potência dos equipamentos de uma draga é bem maior do que a dos equipamentos das balsas. As dimensões das dragas visitadas variam de 30 a 40 metros (Figuras 24 e 25). A profundidade de lavra também é maior, podendo chegar a 45 metros.

Figura 24 – Dragas em operação com flutuantes e estrutura em aço, Porto Velho (RO)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

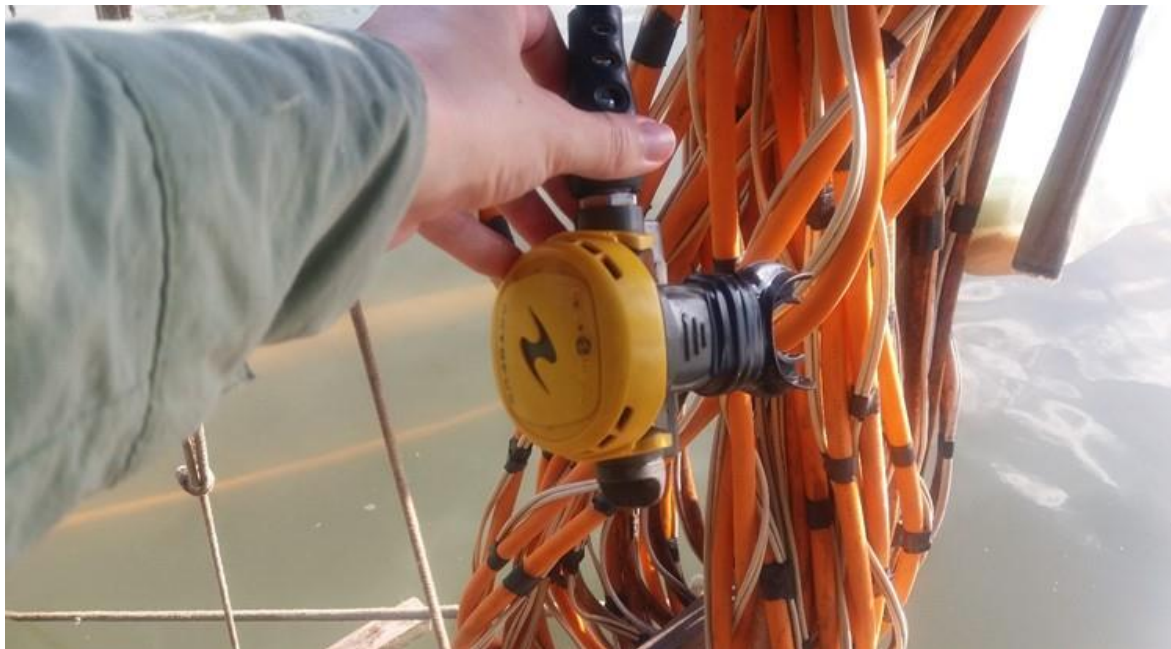
Figura 25 – Dragas em operação, Porto Velho (RO)



Fonte: NAP. Mineração/USP (2017)

A Figura 26 ilustra equipamento de mergulho observado nas visitas de campo.

Figura 26 – Sistema de respiração de um mergulhador, Paranaíta (MT)



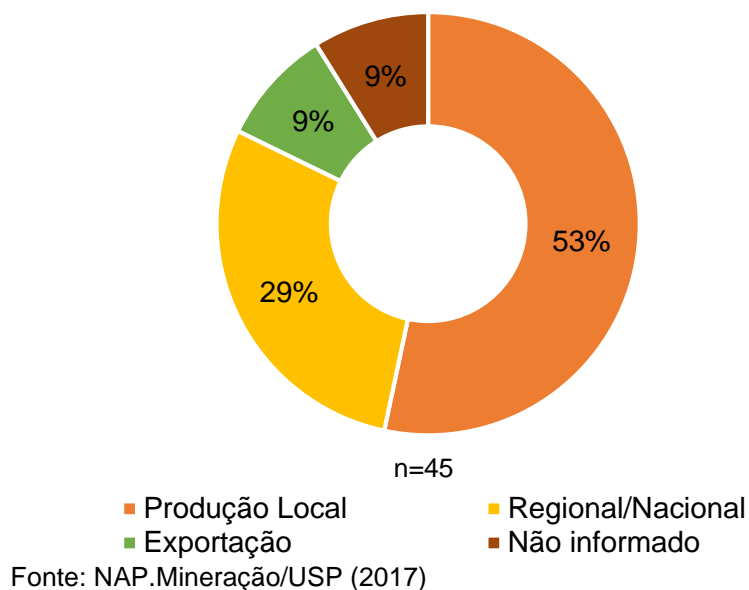
Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Todas as balsas visitadas utilizam mergulhadores. Esta atividade apresenta riscos ocupacionais, uma vez que o mergulhador trabalha em condições de risco à saúde e à segurança, em função da falta de iluminação e das baixas temperaturas da água. Operadores de balsas entrevistados relataram dificuldades em manter a vazão de ar adequada para os mergulhadores. Estes também correm risco em decorrência de desmoronamentos do material escavado. Foi observado, em algumas operações visitadas, que o mergulhador trabalha sem os descansos periódicos necessários a este tipo de atividade.

3.3.2. Produção e comercialização

A Figura 27 apresenta os diversos destinos da produção, levando em conta os mercados local, regional, nacional e a exportação. Nota-se que, para os minerais metálicos, a maior parte da produção é fornecida para o mercado local.

Figura 27 – Destino da produção de minerais metálicos como um todo



O levantamento indicou que no caso do ouro (Figura 28), o principal mecanismo de comercialização utilizado pelos produtores é a venda a um distribuidor local, que transfere o produto aos demais mercados. Para as outras substâncias metálicas, a distribuição do destino da produção é mais equilibrada (Figura 29).

Figura 28 – Distribuição do destino da produção de ouro

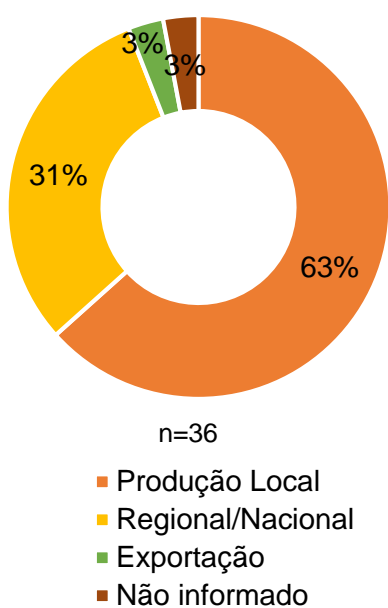
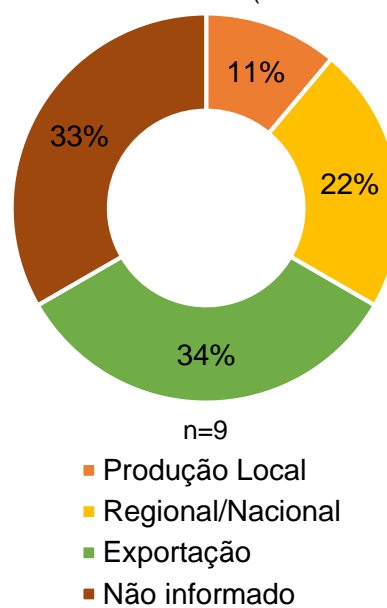


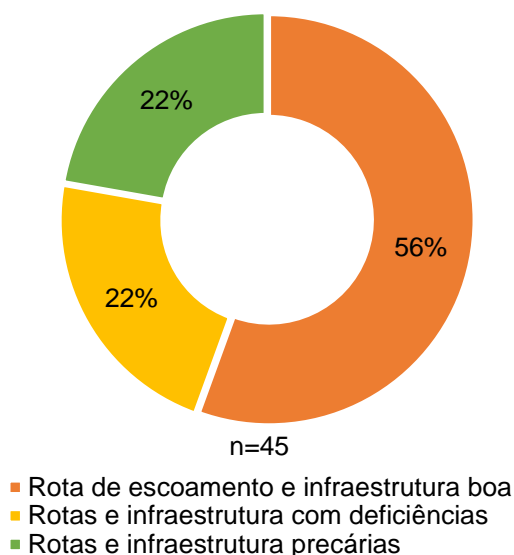
Figura 29 – Destino da produção de outros minerais metálicos (exceto ouro)



Durante as visitas a operações de minerais metálicos, as equipes técnicas coletaram informações sobre a qualidade das rotas de escoamento da produção e sobre a infraestrutura logística. A Figura 30 mostra que, na maioria dos casos, as condições observadas foram consideradas entre médias e boas (56%); 22% apresentaram infraestrutura logística com deficiência e o mesmo percentual, 22%, tinham condições precárias.

As condições de acesso e escoamento foram consideradas boas, principalmente nas regiões de Porto Velho (RO) e entorno, para ouro e cassiterita; de Peixoto de Azevedo (MT), para ouro; de Marabá (PA), para ouro; de Tocantins (TO), para ouro; de Curitiba (PR), para ouro.

Figura 30 – Rotas de escoamento e infraestrutura logística a partir das informações e observações obtidas no campo.



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Quanto às rotas de comercialização, o levantamento de dados primários não incluiu o detalhamento dos destinos específicos da produção, tendo sido estabelecidas as categorias local/municipal, estadual, outros estados e exportação. As informações das principais rotas não locais de comercialização das substâncias metálicas abrangidas neste Diagnóstico foram obtidas a partir do AMBweb (BRASIL, 2016) e são apresentadas no Capítulo 4.

3.3.3. Insumos

Na MPE de substâncias minerais metálicas, as operações a céu aberto consomem mais insumos do que as operações subterrâneas e subaquáticas (Tabela 11).

Tabela 11 – Insumos por tipo de lavra para substâncias metálicas

Método de lavra	Consumo médio de água [l/mês]*	Consumo médio de energia [kWh/mês]*	Consumo médio de diesel [l/mês]*
Céu aberto	275.226	42.230	42.921
Subaquática	-	não informado	25.300
Subterrânea	5.115	76.500	6.939

(*) os valores representam as médias das operações visitadas que forneceram dados sobre insumos
 Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Para fins de comparação com os valores reportados sobre o consumo médio de energia na Tabela 11, o Boletim Energético do Governo do estado de São Paulo indica que o consumo médio de energia elétrica em instalações industriais no estado de São Paulo, o estado mais industrializado do país, foi de 36.610 kWh/mês em 2016 (SÃO PAULO, 2018).

De modo geral, os dados indicam que as operações a céu aberto consomem mais água do que as minas subterrâneas. A Tabela 12 apresenta o consumo médio de água das 19 operações visitadas que forneceram informações sobre esse insumo. As minas que produzem ouro foram as que reportaram maior consumo. Uma das operações visitadas de ouro não utiliza desmonte hidráulico, o que diminui o consumo de água.

Tabela 12 – Consumo médio de água por substância lavrada

Substância mineral	Nº de unidades produtoras visitadas	Consumo médio de água [l/mês] nas unidades
Ouro	12	1.553.767
Cassiterita	3	866.495
Scheelita	3	4.525
Tantalita	1	1.576
Total	19	2.426.363

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Para fins de comparação com os valores reportados na Tabela 12, o consumo médio de água na mineração de substâncias metálicas pode ser igual ou superior a 0,2 m³ por tonelada produzida na mina (GUNSON et al., 2012). Como a produção média das minas visitadas é de 5.800 t de ROM/mês, a média do consumo de água nessas operações poderia chegar a 1.160.000 litros por mês (SÃO PAULO, 2018). Logo, os números apresentados na Tabela 12 mostram que o consumo de água na produção de ouro é significativamente superior àquele esperado para as substâncias minerais metálicas. É possível supor que o uso de desmonte hidráulico nas lavras de ouro seja o maior responsável por este maior consumo de água.

É importante destacar que todas as operações visitadas dispõem de captação própria, seja de poço ou de rio. As operações da MPE de substâncias metálicas usam grande quantidade de água para diversos fins e, mesmo quando próximas de centros urbanos, não utilizam para fins industriais água tratada.

Como informado na Tabela 8 (seção 3.1. deste relatório), foram visitadas unidades produtoras de substâncias metálicas nas regiões Norte (23 unidades), Centro-Oeste (17), Nordeste (4) e Sul (1). Nem todas as unidades produtoras visitadas forneceram dados de consumo de água, de energia e de diesel. Dessa forma, os dados coletados não permitiram a análise detalhada, estatisticamente representativa, da utilização desses insumos por região ou por substância produzida.

3.3.4. Preços verificados no campo

Apenas 24% das operações de minerais metálicos responderam à questão referente ao preço do produto. No caso do ouro, a maioria das operações vende o produto para a Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários (DTVM), de compra de ouro. Somente uma operação visitada exportava o material diretamente⁵.

Na operação de compra de ouro, o concentrado fornecido pelo minerador é submetido a um processo de queima final com maçarico, sendo pesado para determinar o teor de ouro em função da densidade. O preço atual de mercado do ouro é usado como base de cálculo no valor de compra. Informações sobre o preço de compra do ouro foram fornecidas por nove operações (visitadas entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017) e indicaram uma variação de R\$ 117,00/g a R\$ 130,00/g, com média de R\$124,00/g.

Duas unidades produtoras de scheelita responderam à questão do preço, indicando que os preços praticados variam de R\$ 32.000,00/t a R\$ 40.000,00/t. Ambas as operações estão localizadas em Currais Novos (RN) e vendem o concentrado para o consumidor final. As unidades produtoras de cassiterita e de columbita-tantalita não forneceram informações sobre o preço de venda de seus produtos.

3.4. Características dos trabalhadores, regimes de trabalho e saúde e segurança

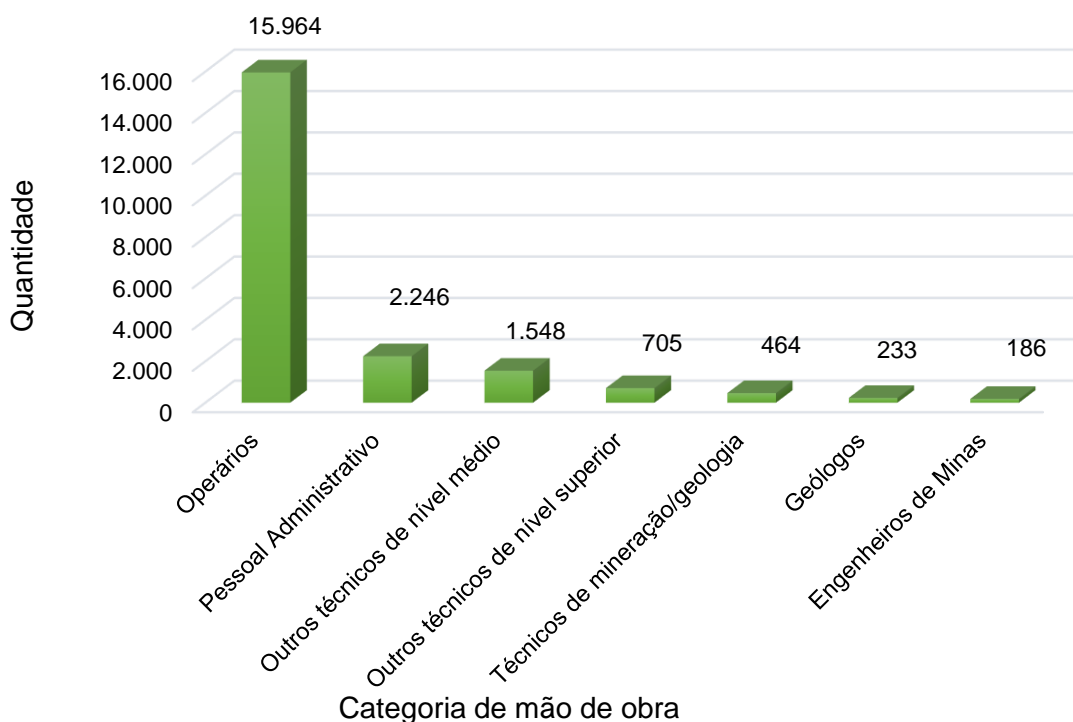
As informações analisadas quanto as características dos trabalhadores das unidades produtoras visitadas incluem: mão de obra, média de idade dos trabalhadores, gênero, regimes de trabalho, escolaridade e saúde e segurança.

⁵ No Relatório 3 do Projeto META – MPE, a prática atual de compra e venda do ouro foi analisada em maiores detalhes.

Mão de obra

Com base em dados do AMBweb (BRASIL, 2016), para o ano de 2015 foi estimado um total de 21.347 trabalhadores atuando na MPE de minerais metálicos. A Figura 31 apresenta a distribuição da mão de obra por categoria de atividade, destacando-se a mão de obra operária e o pessoal administrativo. A reduzida presença de engenheiros de minas, geólogos e técnicos de mineração/geologia é preocupante, uma vez que tais profissionais são os responsáveis pelo planejamento e manutenção das minas.

Figura 31 – Distribuição da mão de obra, por categoria de atividade, na MPE do setor de minerais metálicos

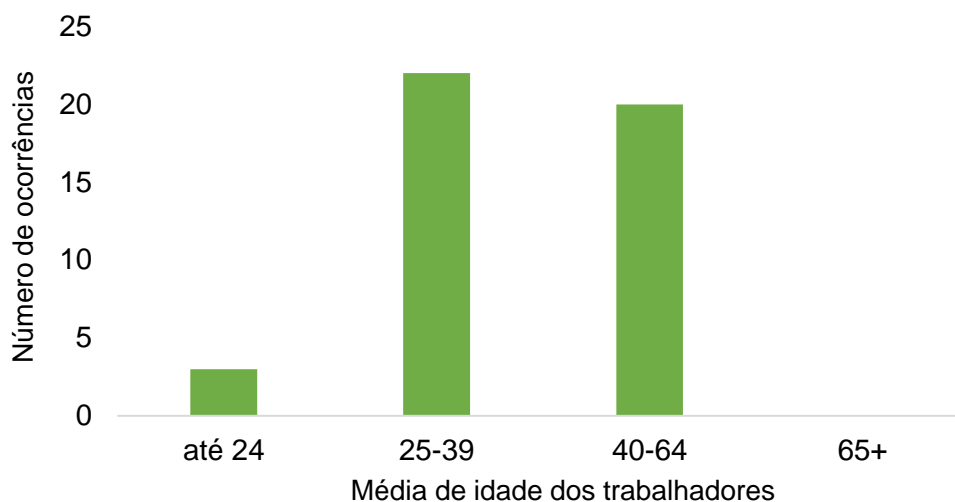


Fonte: BRASIL (2016)

Média de idade dos trabalhadores

De modo geral, as operações de minerais metálicos visitadas utilizam mão de obra regularmente contratada, em sua maioria homens, com idade entre 25 e 39 anos, conforme Figura 32.

Figura 32 – Média de idade dos trabalhadores nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas (n=45)



Faixas etárias segundo o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados do Ministério do Trabalho (CAGED)

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

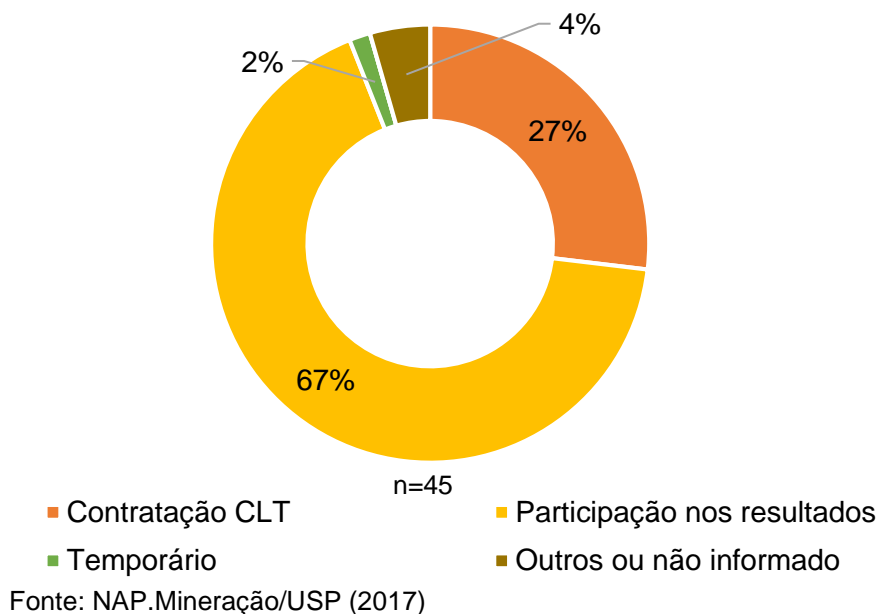
Gênero

Quanto à questão de gênero nas unidades produtoras de substâncias metálicas, observou-se que a maioria dos trabalhadores nas operações de minerais metálicos é homem (95%); as mulheres representam apenas 5% da força de trabalho e a principal função que desempenham é a de cozinheiras. O detalhamento da presença feminina nas atividades de mineração está detalhada nos itens socioeconômicos apresentados no Relatório 3.

Regimes de trabalho

Nas operações visitadas, a maioria dos trabalhadores (67%), está sob regime de trabalho que tem como base um percentual sobre a produção. Outros tipos de regime de trabalho observados foram, como mostra a Figura 33: Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) com 27%; outros tipos de contratação ou de parcerias (4%); e empregos temporários não previsto na CLT (2%). Destaca-se uma situação observada em campo, que nas operações de ouro visitadas, é comum o pagamento no regime de porcentagens sobre a produção em ouro, em vez de moeda.

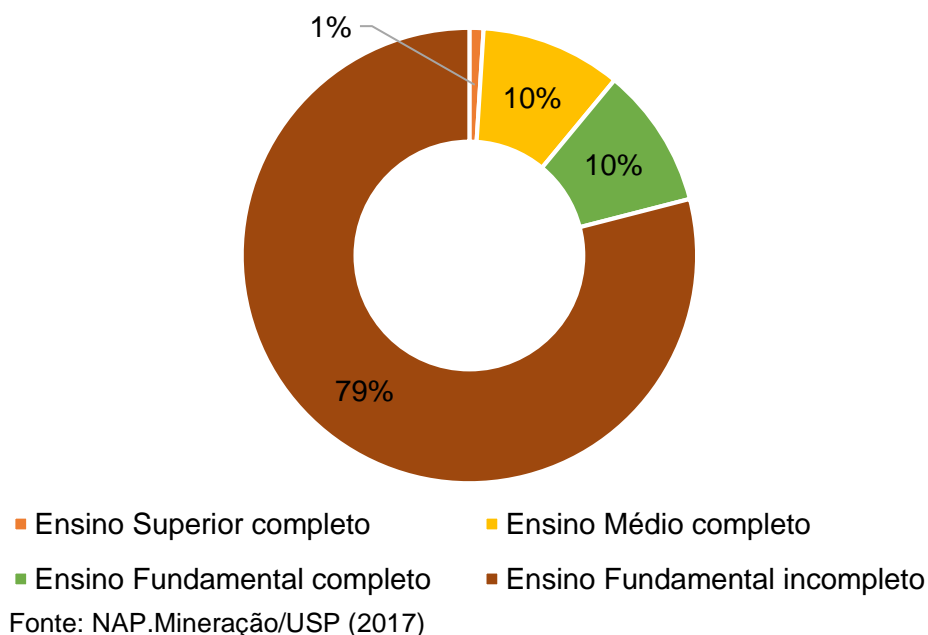
Figura 33 – Regimes de trabalho nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas



Escolaridade

Também foi avaliado o nível de escolaridade dos trabalhadores nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas, como mostrado na Figura 34. Essas informações foram fornecidas por 22 (49%) dos 45 empreendimentos visitados.

Figura 34 – Nível de escolaridade dos trabalhadores nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas que informaram escolaridade



Em relação ao nível de escolaridade: 79% dos trabalhadores tinham ensino fundamental incompleto; 10% cursaram o ensino fundamental completo; 10% cursaram o ensino médio completo. O percentual das operações que contam com trabalhadores que possuem ensino superior completo dentro do seu quadro, é de 1%.

Saúde e segurança

Quanto ao uso de EPIs, as equipes do projeto constataram que em 33% das operações visitadas os trabalhadores utilizam EPIs, sistematicamente ou não, enquanto 17% não utilizam EPIs (Tabela 13).

Tabela 13 – Porcentagem de utilização de EPI nas operações visitadas de minerais metálicos

Utilização de EPI	Número de operações visitadas	% das operações visitadas
Não utiliza EPI	17	38%
Baixo uso de EPI (<25%)	3	7%
Médio uso de EPI (25% a 75%)	5	11%
Alto uso de EPI (>75%)	7	15%
Não informado	13	29%
Total	45	100%

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Considerando a obrigatoriedade do uso de EPIs nas operações de mineração, observa-se que os micros, pequenos e médios empreendimentos estão muito aquém de cumprir com os requisitos legais de saúde e segurança dos trabalhadores.

Em relação aos demais aspectos de segurança no trabalho, 55% das minas visitadas possuem caixa de primeiros socorros e 22% das operações têm seguro de acidentes para os operadores. A maioria das operações (47%) está localizada em regiões próximas a um hospital ou posto de saúde.

Quanto à exposição aos riscos de segurança ocupacional, em 40% das operações visitadas (18 das 45 visitas), os mineradores relataram que sua rotina de trabalho os expõe a situações de risco. Algumas delas se encontram ilustradas nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Operador próximo à área de operação da escavadeira, em condição de risco, Peixoto de Azevedo (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 36 – Situação de risco devido ao manuseio e carregamento de explosivos, Equador (RN)

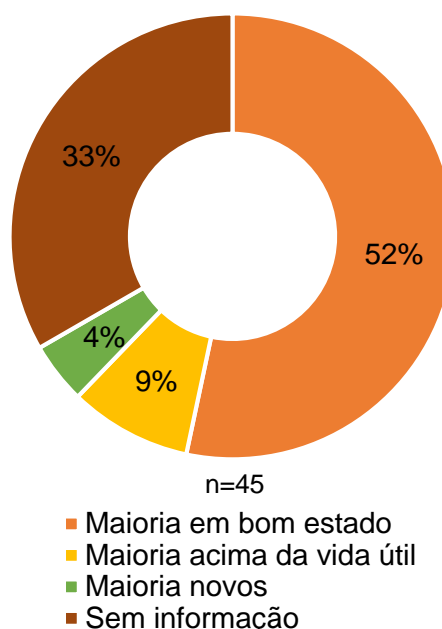


Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Também foram avaliadas as condições gerais de manutenção dos equipamentos de lavra nas operações de minerais metálicos visitadas, sendo classificados da seguinte forma: (i) maioria dos equipamentos acima da vida útil recomendada pelos fabricantes; (ii) maioria dos equipamentos em bom estado de manutenção; (iii) maioria dos equipamentos novos; e (iv) sem informação.

A maior parte das operações visitadas (58%) apresentaram equipamentos em bom estado de manutenção, como mostra a Figura 37.

Figura 37 – Condições gerais de manutenção dos equipamentos de lavra



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

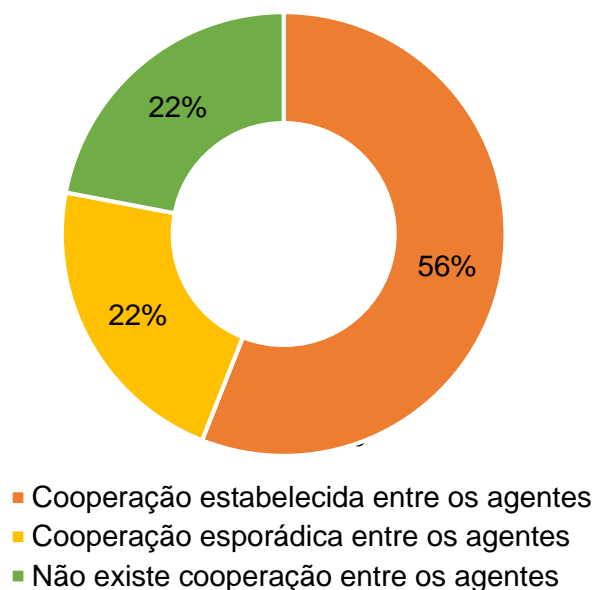
3.5. Grau de cooperação com outros agentes da cadeia produtiva

Na maioria das regiões visitadas, foi constatada a organização dos mineradores em cooperativas, sindicatos e APLs. No entanto, de modo geral, estas associações dispõem de poucos recursos e não conseguem oferecer aos mineradores todo o apoio necessário para a regularização, o aumento da produtividade das atividades, e o fortalecimento da integração destes com a cadeia produtiva e a sociedade local. O Relatório 3 apresenta informações mais detalhadas sobre o grau de cooperação entre os agentes da cadeia produtiva

observado nos estudos de caso.

Cerca de 56% das operações de minerais metálicos visitadas mantêm algum tipo de cooperação com outros agentes da cadeia, enquanto 22% apresentaram interações esporádicas e 22% não têm nenhum tipo de cooperação (Figura 38).

Figura 38 – Grau de cooperação entre os agentes da cadeia produtiva



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A seguir estão descritos exemplos de cooperação entre agentes da cadeia produtiva das operações de minerais metálicos que foram registrados durante os trabalhos de campo.

- a) No entorno de Macapá (AP), os mineradores de ouro se organizam em cooperativas. Foi observado um elevado grau de cooperação estabelecida entre fornecedores e consumidores nas visitas realizadas nesta região.
- b) Na região de Peixoto de Azevedo (MT), os produtores locais também se organizam em cooperativas. Por exemplo, a Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto (COOGAVEPE) possui aproximadamente 5.000 associados e promove uma cooperação na cadeia produtiva, incluindo suprimentos e atendimento às demandas dos órgãos de fiscalização e controle (ver também o Estudo de Caso

Peixoto de Azevedo, Relatório 3 , Volume II).

- c) Em Campo Largo (PR), foi visitada uma operação de ouro, onde foi observada uma cooperação esporádica entre o produtor e os fornecedores, em função da distância da mina aos centros de abastecimentos.

3.6. Considerações sobre informalidade

As campanhas de campo para coleta de dados do Projeto META MPE foram planejadas com base nas informações oficiais de direitos minerários disponibilizadas pelo DNPM. Entretanto, mesmo não sendo objeto deste levantamento, durante as campanhas foram observadas, em todas as regiões visitadas, situações de informalidade.

É possível presumir que os principais limitadores e pontos de estrangulamento para a formalização sejam, basicamente, aqueles já apontados anteriormente pelos mineradores detentores de títulos minerários entrevistados, como por exemplo:

- a) o alto nível de exigência dos órgãos responsáveis pela regularização dos direitos minerários e pela obtenção da licença ambiental;
- b) a burocracia para a elaboração de toda a documentação necessária;
- c) os custos relativos aos processos de regularização, considerados altos, em especial se considerada a dificuldade de acesso a crédito;
- d) a morosidade dos órgãos para realizar as vistorias necessárias e encaminhar os processos.

No grupo das substâncias metálicas, a percepção da equipe do projeto foi que há ocorrências de informalidade tanto nas operações de lavra de ouro em Itaituba (PA), quanto nas operações de ouro em Cuiabá e Peixoto de Azevedo (MT). As equipes de campo não levantaram dados específicos de informalidade porque a pesquisa esteve focada nas operações formais que aceitaram receber as visitas.

Mais informações referentes à informalidade na MPE e sua vinculação com as questões ambientais, tributárias e trabalhistas são discutidas no Relatório 3.

Complementando os dados coletados em campo, a literatura indica que o grupo mais prejudicado pela informalidade da atividade são os trabalhadores da MPE. A falta de observância das regras da legislação trabalhista nega à força de trabalho condições adequadas de seguridade social (MELO, 2011).

Além disso, publicações recentes discutem a transição da informalidade para a formalidade como sendo um processo desafiador. Macedo et al. (2016) enumeram, para a formalização através do associativismo e cooperativismo, alguns pressupostos a serem observados, como por exemplo, políticas públicas que gerem novas oportunidades e que por sua vez induzam à formação de uma organização coletiva.

3.7. Desafios reconhecidos para a produção

Durante o levantamento de dados em campo, as equipes coletaram informações sobre os desafios produtivos nas minas de minerais metálicos visitadas. Este processo incluiu, também, a identificação do principal desafio observado pela equipe do projeto em cada mina.

Para o levantamento destas variáveis foram considerados os tipos de desafios apresentados na Tabela 14.

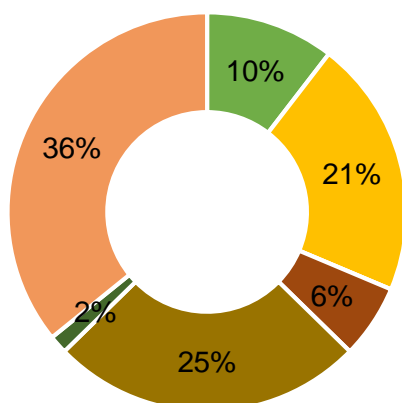
Tabela 14 – Descrição dos desafios produtivos identificados nas visitas de campo

Tipo de desafio	Descrição
Condições Ambientais	Desafios produtivos ligados às condições ambientais dos locais de produção, incluindo abastecimento de água, clima, vegetação, riscos ambientais, entre outros aspectos.
Condições Legais	Desafios produtivos ligados ao atendimento das condições legais de operação, incluindo acesso às concessões, atendimento das obrigações normativas, pagamento de tributos e multas, entre outras.
Conflito com a Comunidade	Desafios produtivos ligados a conflitos com a comunidade atingida pelas atividades vinculadas à produção, beneficiamento e transporte mineral.
Energia	Desafios produtivos ligados ao suprimento, transformação, geração, consumo e economia de energia.
Rota de escoamento	Desafios produtivos ligados aos processos após a mineração, incluindo transporte, distribuição, acesso aos mercados, relações com intermediários, entre outros aspectos.
Tecnologia	Desafios produtivos associado às tecnologias utilizadas na operação, incluindo tecnologias inadequadas, desatualizadas, ineficientes, dificuldades no suporte técnico e no acesso a novas tecnologias, entre outros aspectos.
Outros	Desafios produtivos que extrapolam as categorias mencionadas acima (mercado, mão de obra, condições climáticas, linhas de financiamento e crédito, entre outros).

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Primeiramente, em cada uma das 45 visitas, as equipes registraram suas próprias observações (Figura 39); a seguir, os pesquisadores indagaram ao responsável da operação visitada acerca de sua percepção sobre o mesmo tema (Figura 40).

Figura 39 – Principais desafios identificados pela equipe técnica

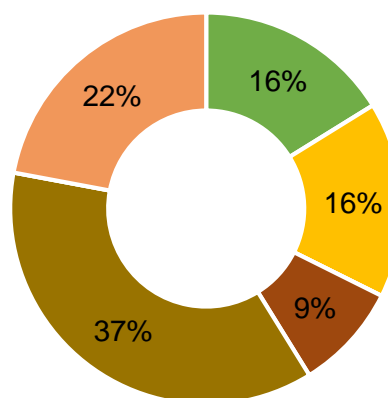


n=45

- Condições Ambientais
- Condições Legais
- Energia
- Outros
- Rota Escoamento
- Tecnologia

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 40 – Principais desafios identificados pelos entrevistados



n=45

- Condições Ambientais
- Condições Legais
- Energia
- Outros
- Tecnologia

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A comparação entre as Figuras 39 e 40 indica que há um razoável grau de aderência quanto às percepções dos pesquisadores e mineradores sobre as condições ambientais, condições legais e de suprimento de energia.

Dados adicionais de campo mostraram a capacidade de auto avaliação do minerador quanto às deficiências relativas à situação legal/ambiental e à utilização de insumos.

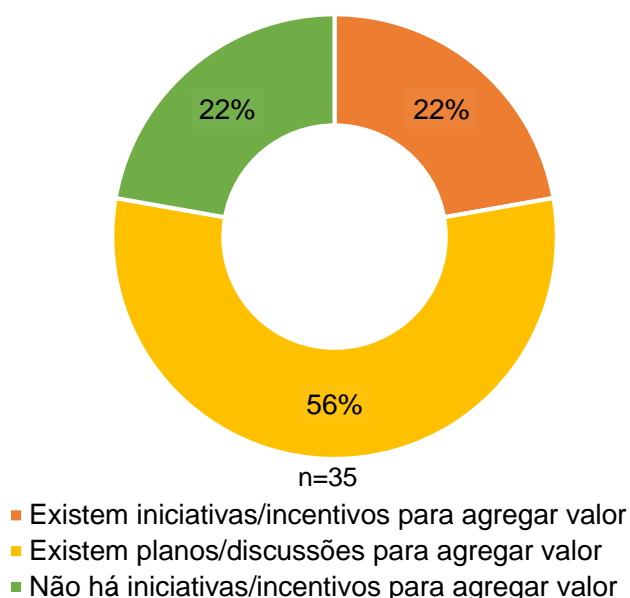
No que diz respeito às condições ambientais, as campanhas e esforços governamentais de educação parecem ter contribuído para uma maior conscientização dos mineradores. Também em relação às condições legais, os resultados indicam que os mineradores da MPE estão cientes de suas obrigações perante os órgãos reguladores, mesmo levando em conta as já mencionadas dificuldades em termos de custo e burocracia.

A diferença de percepção mais significativa entre pesquisadores e empreendedores diz respeito aos aspectos tecnológicos. Este desafio foi identificado em 36% das operações pelas equipes do projeto, enquanto apenas 22% dos mineradores indicaram que a tecnologia é um desafio a ser superado. Tal

discrepância pode estar associada à resistência à mudança e à inovação, o que dificulta a identificação por parte dos mineradores dos principais gargalos tecnológicos das suas operações. Além disso, existe uma escassez de recursos para investimentos em tecnologia na MPE.

No que diz respeito às oportunidades de agregação de valor, em 22% das minas visitadas foi identificada a existência de iniciativas para agregar valor à produção, enquanto em 56%, delas há planos e ideias em discussão sobre oportunidades desta natureza (Figura 41).

Figura 41 – Oportunidades/obstáculos para agregação de valor nas regiões da pesquisa



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A seguir são apresentados, por substância, os destaques registrados pela equipe técnica do Projeto META MPE durante o trabalho de campo. Os destaques referem-se principalmente à cadeia de valor, abordando aspectos como dificuldades relacionadas à infraestrutura e mercado produtor, entre outros.

Ouro

Os mineradores de ouro no entorno de Macapá (AP) não mencionaram barreiras para o aumento de produção. Foi citada, porém, a ausência de determinados órgãos públicos especializados no âmbito do governo do Amapá, levando-os a buscar atendimento em Belém, no Pará.

Em Porto Velho e entorno (RO) os mineradores, organizados em cooperativas, produzem ouro por dragagem no rio Madeira. Houve queixas quanto à aparente redução de acesso ao ouro em função da construção das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau. No entanto, esses mineradores operam de forma ineficiente, com baixa recuperação de ouro. Os principais desafios observados nas operações de dragagem de ouro referem-se aos processos legais e ambientais.

Em Itaituba (PA), os mineradores de ouro fazem parte de uma cooperativa de produtores; a produção é vendida localmente a intermediários, que revendem o produto fora do estado. Os mineradores comentaram que não há apoio adequado da cooperativa local aos cooperados, especialmente aos produtores de menor porte. A dificuldade de acesso ao local afeta toda a cadeia de valor, especialmente em relação a itens de consumo como diesel e explosivos, entre outros. Os principais desafios nas operações a céu-aberto estão relacionados ao acesso às frentes de minério e ao custo de geração de energia. Nas operações subaquáticas, a variabilidade dos teores de ouro foi apontada, pelos mineradores, como a principal dificuldade. Já no caso das operações subterrâneas, o principal desafio mencionado foi o suprimento de energia.

Em Parauapebas e região (PA), as operações de produção de ouro são associadas à Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Serra Pelada (COOMIGASP). Os principais desafios mencionados na operação de ouro são o fornecimento de energia e as dificuldades com os processos legais. Sabe-se, entretanto, que a mineração de ouro no antigo garimpo de Serra Pelada tem situação complexa quanto a questões legais, referentes ao direito minerário. Além disto, o ouro ainda existente no antigo garimpo, dada a profundidade em que se encontra e as condições hidrogeológicas, requer uso de tecnologias mais avançadas, que não podem ser realizadas pelos garimpeiros da Cooperativa⁶.

Na região de Peixoto de Azevedo (MT), alguns mineradores enterram a madeira proveniente do desmatamento durante a abertura da lavra devido à burocracia para o seu aproveitamento econômico. Esta madeira poderia ser aproveitada para gerar renda ao minerador. O ouro é vendido diretamente para as casas de ouro no centro dos municípios de Peixoto de Azevedo e de Alta Floresta

⁶ Comunicação pessoal do Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração (DDSM/MME), recebida em 1 de Junho de 2018, por correio eletrônico.

(MT). As principais barreiras mencionadas para o aumento da produção são a demora na obtenção de licenças, tanto junto à ANM quanto junto aos órgãos ambientais.

Nas regiões de Cuiabá e Poconé (ambas também em MT), o modelo de lavra é baseado em operações de maior porte, porém, sem pesquisa mineral, seguindo as ocorrências em veios de quartzo e testando a recuperação de ouro na usina. O ouro é vendido diretamente para as casas de compra de ouro. Foram mencionadas dificuldades quanto a acesso a financiamento, fornecimento de energia, disponibilidade de profissionais qualificados e morosidade dos órgãos gestores e fiscalizadores nas tomadas de decisão sobre direitos minerários e licenças ambientais.

Na região Sul, foi visitada uma mina subterrânea de ouro, pertencente a uma empresa de médio porte, na região de Campo Largo (PR). A mina, que exporta toda sua produção, está ativa desde a década de 1980 e não foram reportados desafios significativos na produção ou na comercialização.

Cassiterita

Na região de Ariquemes (RO), os mineradores de cassiterita estão organizados em cooperativas, que geralmente centralizam a compra de diesel, explosivos e outros itens de consumo. A produção é consumida por metalúrgicas locais ou de São Paulo. Geralmente, a cassiterita é vendida diretamente à fundição do metal. A maior dificuldade mencionada é o acesso a capital para investir em melhorias de qualidade e no aumento da produção.

Scheelita

Na região de Currais Novos (RN), empresas de médio porte produzem scheelita em minas subterrâneas bem pesquisadas e são operadas por meio de equipamentos de grande porte e profissionais qualificados. A scheelita é processada e a maior parte do concentrado de tungstênio produzido é exportado para intermediários que revendem o produto em diversos países. Os mineradores queixaram-se da falta de apoio técnico e financeiro. Como a maior parte da produção é exportada, pouco do valor gerado pela produção é retido pelas mineradoras.

Tantalita-columbita

No município de Equador (RN), um minerador separa tantalita-columbita da produção de caulim e mantém o concentrado em estoque para futuras vendas, que dependem do interesse do comprador.

Em síntese, a produção de substâncias metálicas pela MPE está disseminada pelo país, mas a solidez dessa atividade depende do crescimento econômico mundial. A demanda global por metais determina os ciclos de preços altos e baixos e, portanto, a expansão ou a retração da produção de substâncias metálicas, em especial nas operações da MPE. Independentemente das condições de mercado, é importante estabelecer mecanismos que facilitem o investimento no aumento da produtividade das operações e ampliem a competitividade dos produtos, para que a atividade de produção de substâncias metálicas na MPE se mantenha economicamente sustentável. Segundo as observações dos pesquisadores de campo, esse objetivo pode ser alcançado por meio de iniciativas como:

- a) atuação política para que as instituições governamentais exerçam suas atividades com maior presteza e celeridade;
- b) implementação de boas práticas e de inovação tecnológica em suas operações;
- c) utilização dos vários instrumentos financeiros de fomento à inovação tecnológica disponíveis no Brasil.

Destaque-se que o aumento da produtividade da operação e da competitividade dos concentrados produzidos é fundamental para a sustentabilidade econômica da MPE de substâncias metálicas no Brasil e para o fortalecimento da cadeia de valor desta atividade econômica no país.

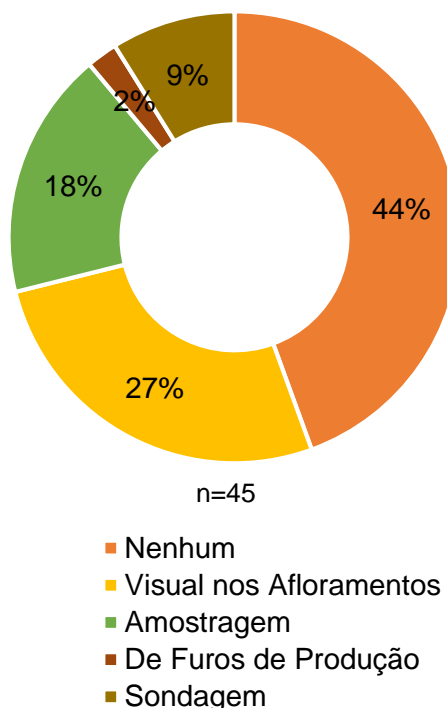
3.8. Aspectos críticos da gestão operacional no grupo de substâncias metálicas

Diversos aspectos de melhoria podem ser aplicados à gestão operacional das minas visitadas, muitos deles relacionados com desafios técnicos da lavra. Dois aspectos críticos e fundamentais que permeiam a MPE de substâncias metálicas, independentemente do tipo de lavra, são o controle geológico e o uso e manejo de explosivos na operação de desmonte de rocha, discutidos a seguir.

3.8.1. Controle geológico

Constatou-se que 44% das unidades visitadas não utilizam controle geológico em suas operações e que 27% realizam controle geológico visual (Figura 42).

Figura 42 – Método de controle geológico



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

A ausência de controle geológico pode inviabilizar as atividades de planejamento de lavra e, portanto, comprometer o desenvolvimento de operações

mais eficientes e estáveis. A Tabela 15 apresenta a distribuição dos métodos de controle visual e controle geológico observados nas visitas realizadas a unidades produtoras de substâncias metálicas, conforme o tipo de outorga mineral.

Tabela 15 – Métodos de controle geológico conforme o regime de autorização e concessão

Método de controle geológico – grupo de metálicos (n=45)						
Tipo de outorga	Sondagem	Amostragem	Furos de produção	Visual afloramentos	Nenhum	Sem resposta
Concessão de lavra	3	-	-	3	2	-
Guia de utilização	-	-	-	1	-	-
Licenciamento	-	-	-	-	-	-
PLG	1	8	-	6	15	-
Outros	-	-	1	2	3	-
Nº de minas	4	8	1	12	20	-

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Na Tabela 15, destacam-se as quatro operações que utilizam sondagem como método de controle geológico, a saber, uma mina de ouro com concessão de lavra no Paraná, duas minas de scheelita com concessão de lavra no Rio Grande do Norte e uma mina de cassiterita com PLG no estado de Rondônia. Destacam-se também as minas que utilizam amostragem como método de controle geológico, sendo sete minas de ouro com PLG em Mato Grosso e uma mina de ouro com PLG no Pará.

As Figuras 43 e 44 apresentam exemplos de organização da sondagem por meio de caixas de testemunhos, comprovando que mesmo as empresas que utilizam sondagens, neste caso minas de ouro, nem sempre adotam padrões adequados de gestão operacional.

Figura 43 – Uso inadequado de caixa de testemunhos de sondagem, Guarantã do Norte (MT)



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Figura 44 – Galpão padrão de armazenamento de testemunhos de sondagem, Peixoto de Azevedo (MT)



Fonte: NAP. Mineração/USP (2017)

3.8.2. Explosivos

A Tabela 16 apresenta o percentual do uso de explosivos por tipo de operação.

Tabela 16 – Uso de explosivos por tipo de operação

Operação	Utiliza explosivo	Não utiliza explosivo	Não informado
Céu Aberto	10%	83%	7%
Subterrânea	78%	11%	11%

Fonte: NAP.Mineração (2017)

Das 45 unidades de produção de minerais metálicos visitadas, 22% usam explosivos. 11% das minas subterrâneas visitadas que não usam explosivo fazem a escavação com rompedor, picareta ou outras técnicas.

Algumas minas subterrâneas utilizam explosivos com preparação artesanal, como ilustrado na Figura 45.

Figura 45 – Explosivos de fabricação artesanal, Equador (RN)



Fonte: NAP.Mineração (2017)

Nas entrevistas realizadas durante as visitas de campo, o acesso aos explosivos foi destacado como um aspecto crítico em todas as operações de substâncias metálicas que utilizam esse insumo. As complicações burocráticas para obter e manter uma licença de operação e manuseio de explosivos, os altos custos da obrigatoriedade de uso de escolta armada (NR 001/2015)⁷ para transporte e as dificuldades para manter um paiol dentro das especificações normativas, caso de muitos operadores, criam fortes restrições e elevados custos operacionais para os mineradores da MPE.

A Tabela 17 apresenta a distribuição dos tipos de explosivos conforme o método de lavra das operações de substâncias metálicas. As informações sobre o uso de explosivos são limitadas aos métodos de lavra a céu aberto e subterrânea. Em mais de 70% das operações visitadas, os mineradores não forneceram informações sobre quantidade, uso e manejo de explosivos.

Tabela 17 – Tipos de explosivos conforme o método de lavra nas minas de substâncias metálicas visitadas

Tipo de explosivos	Tipo de método de lavra		
	Céu aberto	Subterrânea	Total
ANFO	-	3	3
Emulsão	3	4	7
Pólvora Negra	-	-	-
Outros ou não informado	26	2	28
Nº de minas	29	9	38

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

Na Tabela 17 destacam-se as operações a céu aberto que utilizam emulsão, que são uma mina de ouro no Pará, uma mina de cassiterita em Rondônia e uma mina de ouro em Mato Grosso. Entre as operações subterrâneas, observou-se o uso de ANFO (*Ammonium nitrate fuel oil*) em 2 minas de scheelita no Rio Grande do Norte e uma mina de ouro no Paraná, e o uso de emulsão em duas minas de

⁷ Conforme a diretriz NR 001/2015 do Exército Brasileiro, Norma Regulamentadora que dispõe sobre o uso de escolta armada para o transporte de explosivos e seus acessórios. Além disso, está em discussão na Câmara Federal o Projeto de Lei nº 7.447/2017, que propõe maior rigidez na produção, estoque e uso de explosivos.

ouro em Mato Grosso, uma mina de ouro em Mato Grosso do Sul e uma mina de scheelita no Rio Grande do Norte.

3.8.3. Mercúrio

Os impactos ambientais da MPE constituem uma pauta que, muitas vezes, parece ter mais projeção que o problema da pobreza. O número de publicações científicas sobre o impacto negativo do uso de mercúrio na MPE de ouro, por exemplo, supera em muitas vezes o número de trabalhos sobre o impacto positivo da mineração nas sociedades e economias locais e regionais. Essa ênfase no meio ambiente contribui para a reputação da MPE como agente destruidor e criminoso e, dessa forma, os governos sentem a necessidade de criar regras e medidas de controle para poder conter os impactos, acompanhar os processos e fiscalizar os atores no setor.

Observe-se que a dita reputação negativa da MPE frente à sociedade não encontra respaldo na perspectiva da sociedade local, de acordo com as observações de campo realizadas. Conforme mostrado nas Figuras 39 e 40, a relação com a comunidade não foi considerada como um desafio para a MPE, nem para os pesquisadores do projeto nem pelos mineradores entrevistados.

Segundo o UNEP (2014) as Minerações Artesanais de Pequena Escala de Ouro (MAPE) são responsáveis por 37% das emissões atmosféricas globais de mercúrio (Hg). O Brasil é o 3º maior produtor de ouro via MAPE na América do Sul, sendo estratégico o conhecimento das emissões desta atividade para criação de políticas públicas que minimizem seus impactos (KÜTTER; CASTILHO, 2017).

O mercúrio, empregado no processo de amalgamação do ouro, foi a principal substância perigosa de uso constatado nas operações de MPE de minerais metálicos. Entre as 35 unidades produtoras de ouro visitadas, apenas uma utiliza o cianeto para a recuperação de ouro. As demais ainda utilizam amalgamação com mercúrio ou não informaram o método utilizado. A Tabela 18 apresenta os resultados do levantamento quanto à utilização de mercúrio nas operações visitadas.

Tabela 18 – Utilização de mercúrio na concentração de ouro

Método de lavra	Visitas realizadas	Declararam usar mercúrio	Observações
Céu Aberto	22	21	A operação que não informou o processo de recuperação do ouro é uma unidade mista, em que o produto principal é brita. Ocasionalmente, quando um veio mineralizado é encontrado, o ouro é aproveitado.
Subterrânea	6	3	Uma das unidades visitadas utiliza cianeto. Duas não informaram o método utilizado.
Subaquática	7	6	Os mineradores que declararam o uso de mercúrio não processam o concentrado nas embarcações, e utilizam uma central de amalgamação, localizada na cidade mais próxima.

Fonte: NAP.Mineração (2017)

Na maior parte das visitas, foi possível observar o processo de amalgamação; em outras, porém, a coleta de informações dependeu de dados fornecidos pelo entrevistado.

Mesmo nas visitas em que foi possível observar o processo de amalgamação, os mineradores forneceram dados específicos de consumo de mercúrio nas operações. As equipes de campo buscaram informações como, por exemplo, o consumo proporcional de mercúrio por quantidade de ouro produzido, mas os mineradores também se recusaram a fornecer essas informações.

Os dados da literatura atual indicam que a proporção média no Brasil entre o mercúrio utilizado e o ouro produzido nas operações que utilizam mercúrio é de 3:1. Além disso, as pesquisas apontam que menos de 15% do mercúrio utilizado na MPE é perdido para o meio ambiente. Esses resultados mostram que os mecanismos legais de controle das emissões de mercúrio têm apresentado resultados adequados quando adotados corretamente. As pesquisas também confirmaram a necessidade de orientação e capacitação dos mineradores em relação aos processos de controle de emissão de mercúrio, do uso de EPIs no manuseio do mercúrio e das demais regras de saúde e segurança do minerador (KÜTTER; CASTILHOS, 2017).

As operações visitadas que utilizam mercúrio informaram seu uso na amalgamação dos concentrados finais por meio de retortas, processo que resulta na redução dos impactos ambientais. Uma pesquisa recente em operações de dragagem de ouro no rio Madeira, em Porto Velho (RO), demonstrou que é possível recuperar o mercúrio anteriormente descartado, indicando uma descontaminação do rio pelo processo atual de lavra de ouro (BALZINO et al., 2015).

Algumas operações utilizam centrais de manipulação de mercúrio em ambiente controlado (Figura 46), para reduzir os impactos ambientais. No entanto, os processos utilizados nem sempre são adequados. Um exemplo de tal situação está representado na Figura 47, que ilustra a utilização incorreta de mercúrio na amalgamação, fora de ambiente controlado, já que a localização da retorta é inadequada.

Quanto ao processo de queima dos amálgamas, o levantamento de campo revela que 25% das unidades visitadas ainda utilizam maçarico, sem necessariamente utilizar retortas, o que implica na geração de resíduos e gases contaminantes.

Figura 46 – Instalações de manipulação de mercúrio. Peixoto de Azevedo (MT)

a. Tanque isolado impermeável



b. Capela para queima



Fonte: NAP.Mineração (2017)

Figura 47 – Retorta para queima de amálgamas de mercúrio, Peixoto de Azevedo (MT)



Fonte: NAP.Mineração (2017)

Apesar da proibição da venda de mercúrio, em conformidade com a Convenção de Minamata (Decreto Legislativo nº 99 de 06/07/2017) e mesmo com as campanhas de conscientização e sensibilização dos riscos da utilização, a percepção da equipe do projeto é que houve pouco avanço na disseminação das práticas para a redução do consumo e para a recuperação/reciclagem do mercúrio, e na migração para processos de recuperação de ouro com cianeto. Essa situação foi constatada mesmo levando em conta as campanhas de divulgação junto aos mineradores sobre a redução do uso de mercúrio e a maior eficiência para recuperação de ouro por cianetação, como exemplificado pelas publicações da OCB (2017), da ANORO (2017) e PARÁ (2016).

Na região visitada no Tapajós (PA), os impactos ambientais gerados pela extração de ouro são evidentes sobretudo no desmatamento de áreas ecologicamente importantes como as nascentes dos rios, no assoreamento dos rios e na contaminação do ambiente com produtos tóxicos como óleo diesel, cianeto e mercúrio. A equipe de campo não observou sinais de reciclagem do óleo nas operações.

Os trabalhos acadêmicos sobre os impactos ambientais da extração de ouro

na região do Tapajós focam, via de regra, nas emissões de mercúrio e suas consequências para os mineradores, a população ribeirinha e a comunidade envolvida na cadeia de produção e refino. Os primeiros estudos datam do início dos anos 1990 e, desde então, um grande número de trabalhos se dedicou ao estudo do comportamento do mercúrio em um ecossistema tropical, as formas de sua disseminação no sistema aquático, a sua transformação em metil mercúrio e como se procede a acumulação na cadeia alimentar.

Sobre a quantidade de mercúrio lançado no ambiente da região, em função da extração do ouro, existem somente estimativas indiretas, a partir de estimativas da produção de ouro. A partir dos anos 2000 os mineradores começaram a usar o processo de lixiviação para apuração final do ouro. A lixiviação dos rejeitos contaminados com mercúrio não liberou somente o ouro contido, mas também o mercúrio que contaminou o sistema aquático. O alto preço do mercúrio em função de sua comercialização ilegal ajudou na disseminação do uso de retorta, o que possibilita a recuperação do mercúrio na queima do ouro.

Durante as visitas às operações de minerais metálicos pela equipe técnica, foram observadas algumas práticas de manuseio de substâncias perigosas na MPE, relatadas a seguir:

- a) no caso da scheelita, foi observado o descarte inadequado do líquido resultante da lixiviação por cianetação, mesmo após a sua neutralização;
- b) em uma operação de ouro, o entrevistado informou que o ácido utilizado para a dissolução de cobre é neutralizado e descartado após o uso, mas a empresa está estudando a possibilidade de aproveitar o ácido neutralizado junto com os rejeitos da operação, em possíveis aplicações na agricultura ou na indústria farmacêutica;
- c) em outra operação de ouro, observou-se que o cianeto utilizado no processo de lixiviação é aproveitado de forma adequada. Esta operação utiliza ácido para efetuar as análises de teores de ouro em laboratório, o qual é depois reaproveitado no processo de cianetação.

4. RESERVAS, PRODUÇÃO, CONSUMO E PREÇOS

No século XX, foram identificados no Brasil grandes depósitos de ouro, ferro, manganês, bauxita, cobre, nióbio, níquel e estanho. Em 2015, a mineração nestes grandes depósitos correspondia a mais de 98% do valor das substâncias metálicas produzidas no país, o equivalente a R\$ 67,5 bilhões, com destaque para o minério de ferro, que teve uma produção de 412 milhões de t em 2014 (DNPM, 2015). Historicamente, a produção dessas substâncias teve grande importância para a industrialização no Brasil, por sua relação direta com o desenvolvimento da indústria siderúrgica.

Em 2015, as substâncias metálicas representaram cerca de 76% do valor total da produção mineral brasileira (DNPM, 2016). Entre as substâncias metálicas produzidas pela MPE, destacam-se principalmente o ouro e o estanho, com maior representatividade de valor. O nióbio derivado da mineração em pequena escala é produzido a partir da tantalita-columbita, mas a produção é considerada marginal se comparada às operações de grandes empresas que obtêm nióbio do pirocloro. A produção de scheelita é realizada por empresas de porte médio. No caso da ilmenita, não foram identificados empreendimentos caracterizados como MPE.

Neste capítulo são apresentadas informações sobre o panorama nacional e internacional do mercado consumidor, estimativa de reservas, vida útil, principais polos produtores e preços, para as substâncias do grupo de minerais metálicos produzidas pela MPE.

As informações foram obtidas por meio de análise de dados secundários, conforme descrito na metodologia (Capítulo 2). A principal fonte são os Sumários Minerais publicados pelo DNPM

Foram consultados, em adição, dados publicados pela CPRM em seu informe de recursos minerais “Programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral”. Tal iniciativa está inserida dentro da ação “Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil” (MATOS; MELLO; GONÇALVES, 2009), que classifica as ARIMs, com o objetivo de fomentar a exploração mineral no Brasil.

Segundo a definição da CPRM, ARIM é uma área que:

pela presença comprovada de depósitos ou jazidas minerais, ou pelo alto potencial geológico reconhecido para esses bens, tem como vocação natural o aproveitamento de recursos minerais. Por serem relativamente raras, localizadas, econômicas ou potencialmente valiosas, as matérias-primas minerais que nela ocorrem ou venham a ser descobertas constituem-se em vetores de desenvolvimento local, regional e nacional (MATOS; MELLO; GONÇALVES, 2009, p. 70)

A definição estabelece, ainda, que estas áreas podem conter ou estarem contidas em uma ou mais províncias minerais, além de abranger diversos distritos minerais e aglomerados produtivos locais de base mineral. No projeto “Áreas de Relevante Interesse Mineral”, a CPRM destacou 14 áreas de substâncias metálicas (MATOS; MELLO; GONÇALVES, 2009):

- a) ARIM 1 (PA, AP) – ouro
- b) ARIM 2 (RO) – estanho, ferro, manganês, ouro
- c) ARIM 3 (PA) – ouro, estanho
- d) ARIM 4 (PA) – ferro, ouro, cobre, manganês, estanho, níquel
- e) ARIM 5 (PB, PE, RN) – tungstênio, ferro, nióbio, ouro, estanho, cobre
- f) ARIM 6 (MT) – ouro
- g) ARIM 7 (BA) – cobre, cromo, ouro, manganês
- h) ARIM 8 (GO) – ouro, manganês, estanho, níquel, cobre, cromo, titânio, chumbo-zinco, tântalo
- i) ARIM 9 (BA) – manganês, ouro, ferro, estanho, cobre, titânio, chumbo
- j) ARIM 10 (MG) – nióbio, titânio
- k) ARIM 11 (MG) – ferro, alumínio, ouro, manganês, cromo, estanho
- l) ARIM 12 (SP) – chumbo, ferro, níquel
- m) ARIM 13 (SC) – ferro, ouro
- n) ARIM 14 (RS) – cobre, ouro, estanho, ferro, chumbo, tungstênio

As estimativas de reservas minerais encontradas dentro das ARIM, assim como suas respectivas vidas úteis, desempenham um papel fundamental para as

empresas de mineração. É com base nelas que podem ser feitos os planejamentos estratégicos e tomadas de decisões quanto à implantação de novos projetos de mineração.

Segundo o DNPM (2015), reserva mineral é definida como:

são aquelas oficialmente aprovadas pelo DNPM, isto é, as constantes nos Relatórios de Pesquisa Aprovados e nos Relatórios de Reavaliação de Reservas, subtraídas as produções ocorridas no ano base. Os dados não incluem as reservas minerais lavradas sob os regimes de Licença, Extração e Permissão de Lavra Garimpeira. As reservas são classificadas como Medida, Indicada e Inferida, dependendo do grau de conhecimento da jazida (DNPM, 2015, p.124)

As estimativas de reservas minerais para as substâncias do grupo de minerais metálicos são analisadas com base nas informações do banco de dados AMBweb (BRASIL, 2016). Além disso, também são apresentadas tendências históricas de estimativas, baseadas nos Anuários Mineraiis do DNPM.

Quanto às rotas de comercialização, foram levadas em consideração as três principais rotas não locais com maior volume de produto comercializado (t) de acordo com o AMBweb (BRASIL, 2016). Assim, as origens e os destinos identificados refletem os dados estatísticos publicados pelo DNPM por meio do AMBweb.

Em relação aos meios de transporte para o escoamento da produção de metálicos, esses são basicamente rodoviário, aéreo e hidroviário/marítimo. No caso do ouro, usualmente, o transporte aéreo se apresenta como uma solução mais segura para o escoamento da produção.

Por meio de gráficos que permitem identificar a tendência dos preços unitários, foi realizada uma análise de Dados Extremos⁸ para cada uma das substâncias do grupo de minerais metálicos, com o intuito de facilitar a identificação de valores muito baixos ou altos, que não foram considerados representativos. Após realizada a análise por substância, foram excluídos os dados correspondentes a valores considerados extremos. Estes dados constam do Anexo IV.

⁸Dados Extremos referem-se a dados que distoam consideravelmente do padrão da amostra e que podem, portanto, estar associados a outros fatores não relativos a mercado e produção. A opção pela exclusão destes dados dá-se devido ao fato de não serem representativos do padrão da amostragem; assim, se considerados, podem gerar resultados distoantes da realidade.

A análise dos preços foi realizada após a exclusão dos dados extremos da amostra por substância. A partir desta informação, foram geradas as estatísticas descritivas (média, mediana e desvio padrão) dos preços. Com os resultados das médias e desvios padrão foi, então, calculada a frequência de ocorrência para cada substância⁹. Nos itens a seguir, é apresentado o panorama geral das substâncias metálicas conforme proposto no TdR nº 30.

4.1. Ouro

Panorama dos mercados nacional e internacional

O mercado do ouro no Brasil possui semelhanças com o mercado internacional, dividindo-se em segmento industrial – constituído pelas indústrias joalheira, eletrônica, de produtos odontológicos e outros fins industriais e decorativos; e o segmento financeiro – constituído pelas compras oficiais de ouro e pelo entesouramento líquido privado, com fins especulativos ou de investimento (ARAÚJO NETO, 2009).

Em 2014, o mercado consumidor brasileiro demandou um total estimado de 29 t de ouro, incluindo a reciclagem de 15 t. Segundo estimativas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM), a cadeia produtiva de joias movimentou cerca de USD 5,5 bilhões e empregou 350 mil pessoas em 2012/2013 (DNPM, 2016).

Segundo o *World Gold Council*, a oferta mundial de ouro em 2007 foi de 3.469 t e a demanda foi de 3.547 t, com giro anual da ordem de USD 79,2 bilhões. Uma parte significativa da demanda mundial é atendida com a venda de ouro reciclado.

A indústria joalheira consumiu 68,2% da oferta global (2.419 t), seguida por investimento financeiro (656,6 t) e pelos usos industriais (461,1 t). A Índia e a China consumiram, respectivamente, 615,4 t e 322,2 t de ouro. Os países do Oriente Médio aumentaram seu consumo em 30% (ARAÚJO NETO, 2009).

⁹ No caso das substâncias columbita-tantalita, scheelita e ilmenita, o reduzido número de amostras não permitiu realizar uma análise estatística dos preços.

De acordo com o DNPM, as aquisições dos bancos centrais também mostraram elevação no consumo, aumentando de 409,3 t em 2013, para 477,2 t em 2014. A Índia se destaca como o maior mercado consumidor de ouro mundial, com 842,7 t em 2014, seguido pela China, com 813,6 t, e pelos Estados Unidos, com 179,2 t (DNPM, 2016).

O total importado de ouro em 2014 foi de USD 4.532 milhões. Na cadeia produtiva de joias, as importações atingiram USD 520.760 bilhões, com redução de 4%. As exportações de joias atingiram, em 2014, USD 2,325 bilhões com a redução da cotação do ouro (DNPM, 2016).

Reservas minerais e vida útil

A Tabela 19 apresenta a variação das reservas minerais de ouro no Brasil nos anos de 2002, 2007 e 2010 até 2014, assim como sua participação no cenário mundial (DNPM, 2012 a 2015).

Tabela 19 – Reservas minerais de ouro no Brasil

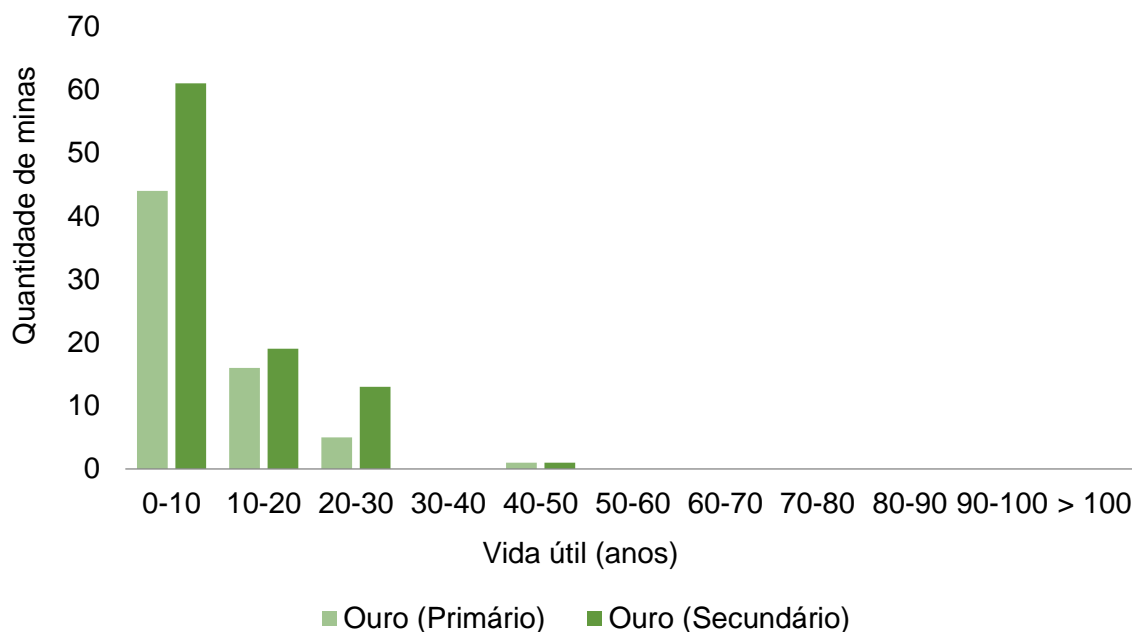
Ano	2002	2007	2010	2011	2012	2013	2014
Reservas (t)	1.930	1.950	2.400	2.400	2.600	2.400	2.400
% mundo	3,7	3,8	4,7	4,7	5	4,4	4,3

Fonte: Araújo Neto (2009); DNPM (2012 a 2015), modificado pelos autores

As ocorrências de ouro estão distribuídas por todo o Brasil. O Pará é o estado com maior participação no total, com aproximadamente 50% das reservas minerais de ouro conhecidas até 2015 no país. Na sequência, destacam-se Minas Gerais (29,3%), Goiás (7%), Maranhão (4%), Mato Grosso (3,7%) e Bahia (1,2%).

Dentre as substâncias metálicas, o ouro é a que apresenta o maior número de minas em operação. A distribuição da estimativa da vida útil dessas minas é apresentada na Figura 48.

Figura 48 – Estimativa de vida útil das minas de ouro (primário e secundário).



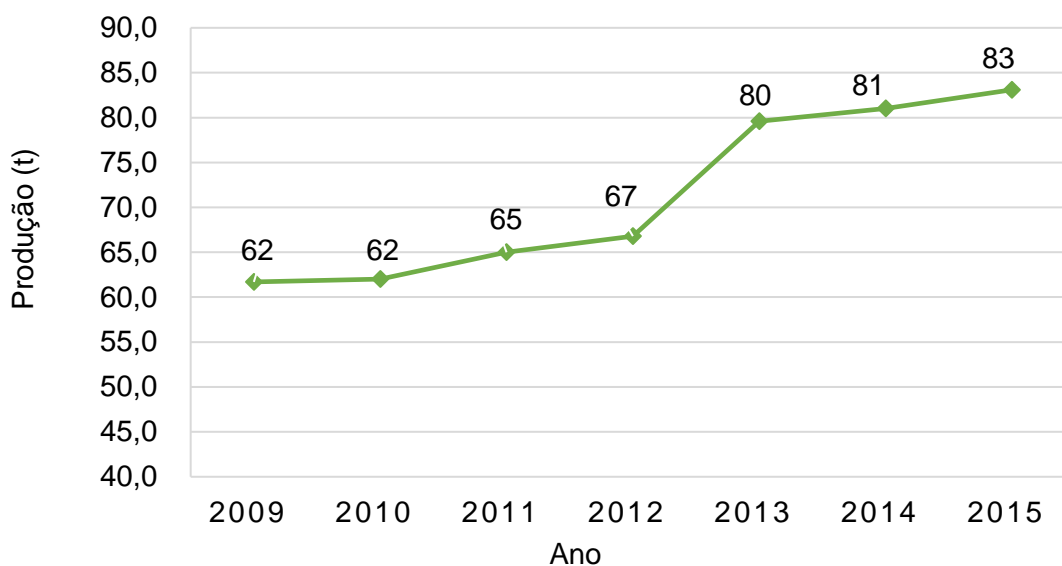
Fonte: BRASIL (2016)

Produção e polos produtores

Em termos internacionais, o Brasil é um médio produtor de ouro, responsável por 2,8% da produção mundial, conforme o United States Geological Survey, USGS (2018) e o DNPM (2015). A maior parte das grandes minas de ouro são subterrâneas, enquanto as minerações de ouro da MPE são, em sua maioria, a céu aberto ou subaquáticas.

De acordo com o AMB de 2010, a produção beneficiada de ouro no Brasil, em 2009, foi de 62 t. A análise dos Sumários Mineraiis do DNPM referentes aos anos de 2011 a 2015 indica um aumento da produção, que chegou a cerca de 83 t em 2015. A Figura 49 apresenta a evolução da produção nesse período.

Figura 49 – Produção total de ouro no Brasil entre 2009 e 2015



Fonte: DNPM (2012 a 2015), modificado pelos autores

Dados de 2014 (DNPM, 2015) apontam Minas Gerais como o maior produtor nacional de ouro (46,6%), seguido por Goiás (13,7%), Pará (12,8%), Mato Grosso (7,8%), Bahia (7,2%), Amapá (6,9%) e Maranhão (3,2%).

Considerando a produção beneficiada pelas empresas de ouro da MPE, nota-se que essas unidades são de grande importância na produção brasileira. Dados do DNPM mostram que a produção beneficiada pelas empresas de pequena escala, em 2015, foi de 49,9 t, o que representou 60% da produção total (83,9 t) (DNPM, 2016).

A produção do ouro por garimpos tem diminuído. No período anterior a 1988, a produção garimpeira representou cerca de 80% da produção nacional de ouro. Atualmente, corresponde a menos de 20% do total, com atividade concentrada principalmente na Amazônia (ARAÚJO NETO, 2009).

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro, (DNPM, 2016), no ano de 2015 a produção beneficiada total de ouro foi de 83.930 kg, conforme mostra a Tabela 20.

Tabela 20 – Quantidade e valor da produção beneficiada de ouro no Brasil em 2015

Estado	Produção beneficiada de ouro	
	Quantidade (kg)	Valor (R\$)
Minas Gerais	32.319	3.954.628.391
Pará	17.140	1.702.931.962
Goiás	10.520	1.217.353.792
Mato Grosso	10.677	1.145.327.467
Bahia	5.209	614.613.717
Amapá	4.519	530.605.436
Maranhão	1.444	161.363.196
Rondônia	1.497	137.816.724
Paraná	332	41.745.104
Amazonas	205	20.881.972
Rio Grande do Norte	31	3.458.174
Tocantins	31	3.355.024
Piauí	6	541.726
Total	83.930	9.534.622.685

Fonte: DNPM (2016)

Rotas de comercialização

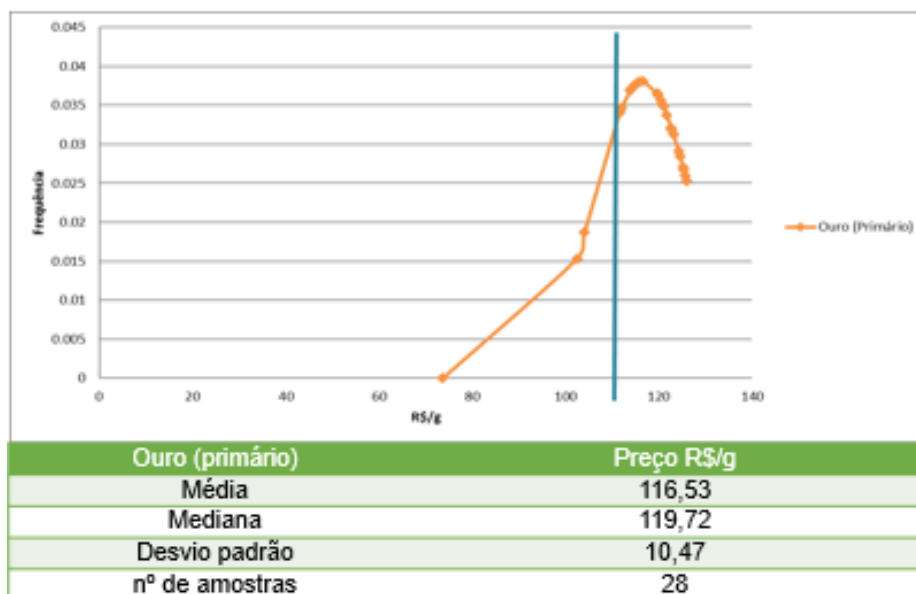
Segundo o AMBweb (BRASIL, 2016), as rotas de comercialização de ouro secundário, produzido pela MPE, para fora do estado produtor, em 2015, são: Altamira (PA) até São Paulo (SP), e Humaitá (AM) até Porto Velho (RO).

Preços

O preço do ouro resulta da interação da oferta total com a demanda global, baseado na cotação das bolsas de valores no mercado mundial. A produção de cada ano é apenas uma fração da oferta total, que também contabiliza o ouro entesourado e joias, entre outros produtos.

A Figura 50 apresenta a análise estatística dos preços de ouro primário, a partir de 28 amostras, com média de R\$ 116,53/g.

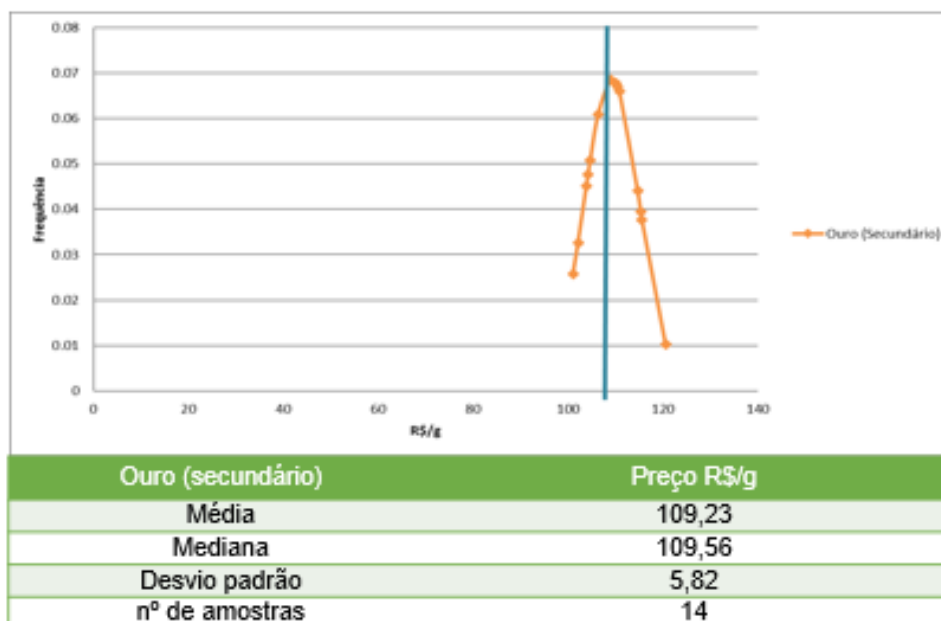
Figura 50 – Distribuição dos preços de ouro (primário, dados do RAL).



Fonte: BRASIL (2016)

Já a Figura 51 apresenta a análise estatística dos preços do ouro secundário, baseada em 14 amostras, com um valor médio de venda de R\$ 109,23/g.

Figura 51 – Distribuição dos preços de ouro (secundário, dados do RAL).



Fonte: BRASIL (2016)

4.2. Cassiterita

Panorama dos mercados nacional e internacional

A cassiterita é utilizada exclusivamente como matéria prima para a metalurgia do estanho metálico em fornos elétricos de redução. Portanto, seu consumo depende da demanda para produção do estanho metálico. Para a obtenção de uma tonelada de estanho metálico, é necessária cerca de 1,7 tonelada de concentrado de cassiterita, no qual o teor de estanho varia na faixa na 60% a 72% (LIMA, 2009a).

Os maiores produtores mundiais de estanho metálico, responsáveis por cerca de 87% da produção mundial em 2008, são China, Indonésia, Malásia e Peru, com participações de 49%, 15% e 9% e 6%, respectivamente (LIMA, 2009a).

Entre 2015 e 2014, o consumo brasileiro aparente de estanho metálico apresentou uma média de 4 a 5 mil t/ano. A demanda interna por estanho metálico é formada por cinco segmentos, na seguinte ordem de importância: indústria siderúrgica (folhas de Flandres), indústria de soldas, fabricação de ligas de bronze, indústria química e objetos de liga de estanho (*pewter*).

Quanto às exportações, o valor obtido pelo Brasil com a venda de estanho chegou a USD 209,3 milhões em 2014, com um aumento de 24% em relação ao ano anterior. Os destaques positivos ficaram por conta dos bens semimanufaturados (estanho não ligado, ligas e resíduos de estanho) e dos bens primários, com crescimento de 22% e 50%, respectivamente.

Os Estados Unidos foram o principal destino das exportações brasileiras de estanho. As remessas àquele país corresponderam a cerca de 29% do total e a 35% dos semimanufaturados. A Alemanha ganhou destaque na demanda por produtos brasileiros em 2014, representando o destino de 17% das exportações brasileiras de semimanufaturados (DNPM, 2015).

Em 2014, o valor das importações brasileiras atingiu USD 14,5 milhões, representando uma queda de 4% em relação ao ano anterior. Desse total, 25% foram adquiridos dos Estados Unidos e 15% foram obtidos da China. Em geral, os produtos importados pelo Brasil têm sido os manufaturados (pós, escamas, barras e fios de estanho) e os compostos químicos (sais e ésteres) (DNPM, 2015).

Reservas minerais e vida útil

As reservas mundiais de estanho em 2014 eram de aproximadamente 4,5 milhões de t, principalmente da cassiterita. O Brasil se tornou, em 2014, o terceiro produtor mundial desse mineral. De acordo com o Sumário Mineral (DNPM, 2015), o país contabiliza 9% das reservas mundiais de estanho contido, sendo considerada a terceira maior reserva de estanho do mundo.

A Tabela 21 apresenta a evolução das reservas minerais de estanho no Brasil, entre os anos de 2010 a 2014.

Tabela 21 – Reservas minerais de estanho no Brasil

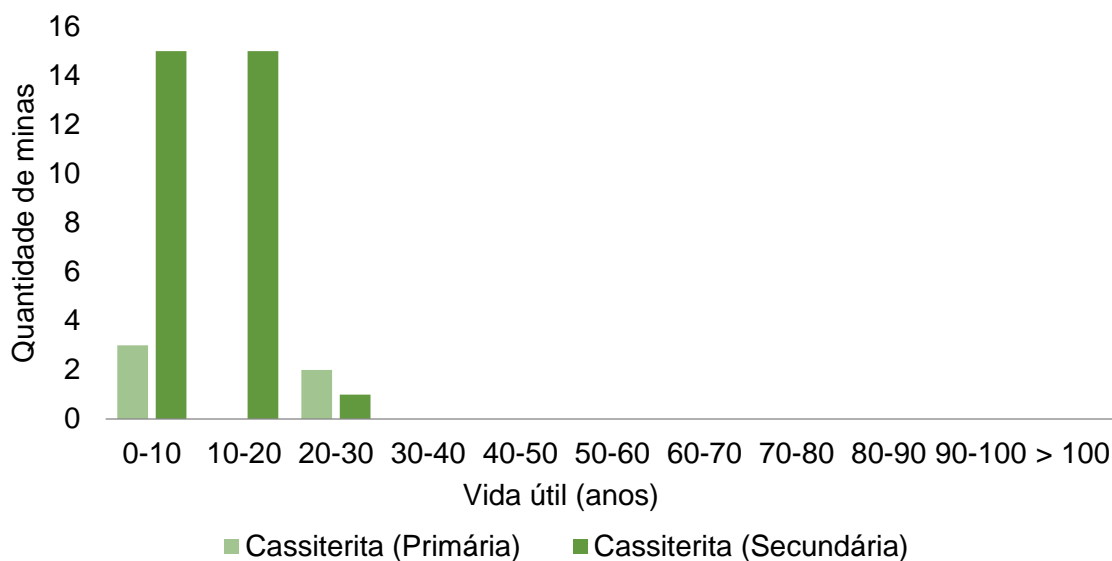
Ano	2010	2011	2012	2013	2014
Reservas (t)	712.458	701.733	341.033	441.917	416.383
% mundo	4,00	4,07	5,94	7,14	8,25

Fonte: DNPM (2011 a 2015), modificado pelos autores.

As mineralizações de cassiterita de interesse econômico no Brasil estão em sua ampla maioria no Cráton Amazônico. A maior concentração destas reservas encontra-se no estado do Pará, com 72,7% do total nacional. Seguem-se, ainda com significativa participação, os estados do Amazonas e Rondônia, com 16,3% e 9%, respectivamente (BRASIL, 2016).

A Figura 52 mostra que a maior parte das minas de cassiterita primária e secundária apresentam vida útil de até 20 anos. As poucas minas com maior vida útil estarão exauridas em 30 anos.

Figura 52 – Estimativa de vida útil das minas de cassiterita (primária e secundária).



Fonte: BRASIL (2016)

Produção e polos produtores

A cassiterita foi descoberta no Brasil, em Rondônia, na década de 1950. Sua extração inicialmente foi realizada em garimpos, sem conhecimento confiável das reservas e sem pesquisas sistemáticas da atividade. Devido à necessidade de aumento da produção para atendimento dos parques metalúrgicos, o governo brasileiro iniciou, em 1970, um programa que visava avaliar as reservas e ordenar a atividade. A partir deste programa, foi criada a Província Estanífera de Rondônia, que incluía todo o estado de Rondônia e parte dos estados do Amazonas, Acre e Mato Grosso do Sul (LIMA, 2009a). Em função desta iniciativa, a produção nacional, que em 1972 era de 3.200 t, começou a aumentar continuamente, até atingir, em 2014, 25.534 t de estanho contido. Houve, porém, uma diminuição em 2015, provavelmente pelo esgotamento de algumas fontes secundárias de minério de estanho.

Outro polo produtor de destaque é o município de Presidente Figueiredo (AM), onde está localizada a Mineração Taboca, a principal mineradora de estanho do país. Após um período de estabilidade operacional, esta mina vem expandindo sua produção desde 2012 (DNPM, 2015). A produção desse município fomenta também as indústrias do Polo Industrial de Manaus (PIM).

A Figura 53, com base nos dados do DNPM de 2010 a 2015, mostra a evolução da produção nos anos mais recentes.



Fonte: DNPM (2012 até 2016), modificado pelos autores

Os Sumários Minerais do DNPM de 2014 e 2015, indicam que o aumento da produção de estanho foi impulsionado, principalmente, pelos investimentos praticados pelas principais mineradoras de estanho dos estados de Amazonas e Rondônia.

De acordo com Lima (2009a), em 2008, apenas quatro produtores responderam por aproximadamente 94% da produção brasileira de concentrado de cassiterita. O restante da produção foi produzido por três cooperativas de garimpeiros de Rondônia – Cooperativa dos Garimpeiros de Mutum-Paraná (COOGAMPA), MINERALCOOP LTDA e COOPERCON – e por alguns mineradores independentes, em processo de legalização, a maioria operando também em Rondônia, no Pará e em Mato Grosso. O autor aponta a organização dos pequenos produtores na mineração de cassiterita, em Rondônia, como exemplo positivo de associativismo, considerando os resultados alcançados e as dificuldades impostas pelas condições da região amazônica.

Conforme os dados do DNPM (2016), em 2015 a produção de estanho gerada pela MPE foi de 4.793 t, o que corresponde a 25% da produção nacional. Assim, entre 2008 e 2015, a participação da MPE na produção nacional cresceu significativamente.

Rotas de comercialização

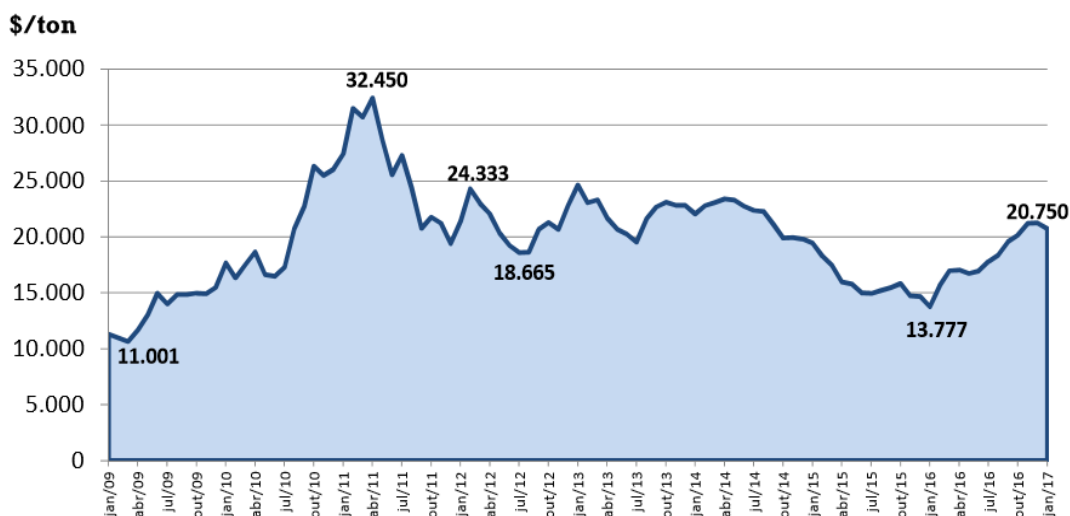
Segundo o AMBweb (BRASIL, 2016), as rotas de comercialização de cassiterita para fora do estado produtor, são: São Felix do Xingu (PA) até Piracicaba (SP), Mogi das Cruzes (SP) e Ribeiro Preto (SP); e São Felix do Xingu (PA) até Ariquemes (RO).

Preços

Os preços dos concentrados de cassiterita têm como referência a cotação do preço do estanho na *London Metal Exchange* (LME), centro mundial de negociação de metais industriais.

O preço do estanho é um fator fundamental para a viabilidade das pequenas e médias minerações. Os preços LME variaram significativamente nos últimos 20 anos, com valores extremos em torno de USD 4 mil/t, em 2002, e USD 32 mil/t, em 2011). A Figura 54 mostra a variação dos preços, em USD, de janeiro de 2009 a janeiro de 2017.

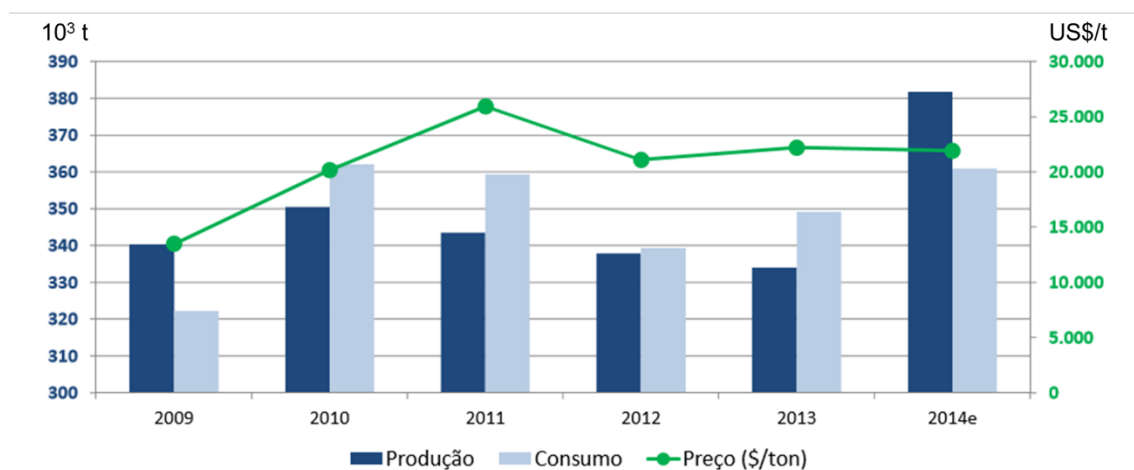
Figura 54 – Preços do estanho no período de janeiro / 2009 até janeiro / 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores, cotação do LME

Observa-se um aumento de preços entre os anos de 2009 a 2011, período em que o consumo foi maior que a produção, com redução do estoque global (Figura 55). Após o pico de preço, em abril de 2011, que chegou a USD 32.450/t, houve uma redução gradativa dos preços praticados. Atualmente, os preços estão na faixa de USD 20 mil/t (janeiro/ 2017).

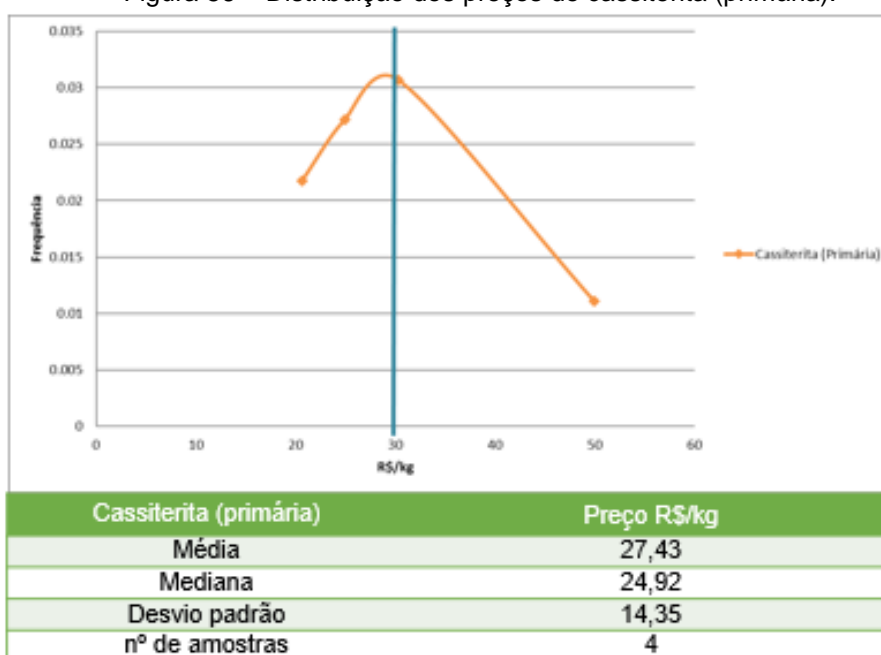
Figura 55 – Produção e consumo mundial de estanho primário e secundário.



Fonte: Elaborado pelos autores, cotação da LME

O preço local médio, segundo o AMBweb, é apresentado na Figura 56, que mostra a média de R\$ 27,43/kg para a cassiterita (primária), a partir de 4 amostras.

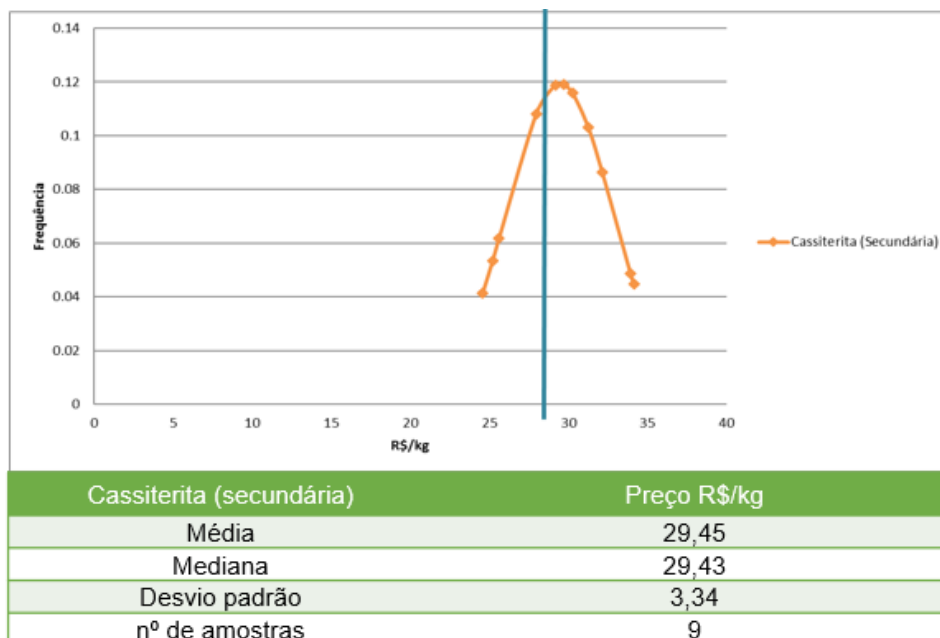
Figura 56 – Distribuição dos preços de cassiterita (primária).



Fonte: BRASIL (2016)

A análise estatística de distribuição de preços para a cassiterita (secundária) foi feita a partir de 9 amostras, com preço médio de R\$/kg 29,45, conforme Figura 57.

Figura 57 – Distribuição dos preços de cassiterita (secundária)



Fonte: BRASIL (2016)

4.3. Columbita-tantalita

Panorama dos mercados nacional e internacional

O Sumário Mineral (DNPM, 2015) menciona as recomendações do Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas (ONU) para a não comercialização de columbita-tantalita extraídas na República Democrática do Congo, devido ao financiamento de conflitos sociais pela extração desse mineral. O sumário relata, ainda, que tal recomendação, aliada à possível aprovação da "lei de minerais de conflito", nos Estados Unidos, poderá gerar uma tendência de alta nos preços de tântalo.

O consumo brasileiro de tântalo é constituído, principalmente, por produtos industrializados. É um elemento de grande importância para a indústria eletrônica, que o utiliza na fabricação de capacitores para celulares, computadores, telas de TV, câmeras digitais, entre outros.

Dados publicados pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), e pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), que englobam, em um único montante, o comércio exterior dos minérios de nióbio, tântalo e vanádio, indicam que o volume das importações nacionais dessas substâncias sofreu, em 2014, um decréscimo de 25% em relação a 2013.

O principal produtor mundial de tântalo é Ruanda, que responde por 50,9% da produção total, com 600 t/ano. Até 2012, o Brasil ocupava o segundo lugar, mas perdeu a posição para a República do Congo, que produziu 200 t em 2013 e em 2014.

No que diz respeito às importações, o Sumário Mineral (DNPM, 2015), também informa que as importações dos manufaturados de tântalo diminuíram em 2014. Além disso, o relatório destaca que:

- a) os bens primários tiveram um aumento de 7% nas importações;
- b) as importações de produtos industrializados de tântalo tiveram queda de 9%; e
- c) a China foi o país que mais exportou manufaturados de tântalo para o Brasil, com 32% do total, seguida pelo Japão (14%) e pela República Tcheca (10%).

Os principais importadores do tântalo brasileiro, em 2015, foram os Estados Unidos, México, Japão e China. As exportações brasileiras de nióbio, tântalo e vanádio aumentaram 7% em relação ao ano de 2013. O Sumário Mineral (DNPM, 2015) aponta um destaque positivo em relação ao ferro-nióbio, principal produto exportado, que teve uma alta, em valor, de 8% em 2014, em relação a 2013.

Reservas minerais e vida útil

Os depósitos de tântalo mais importantes estão localizados no estado do Amazonas, nos municípios de Presidente Figueiredo, Barcelos e São Gabriel da Cachoeira. Na região Norte há ocorrências, ainda, nos estados de Roraima, Rondônia e Amapá. Na região Nordeste, há ocorrências nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (LIMA, 2009b).

A Tabela 22 apresenta a variação das reservas minerais de tântalo no Brasil, de 2008 a 2014, e sua participação no cenário mundial. Estas reservas minerais estão localizadas majoritariamente em Presidente Figueiredo, AM (73,2%) e Itapuã do Oeste, RO (24,5%) (BRASIL, 2016).

Tabela 22 – Reservas minerais de tântalo no Brasil

Ano	2008	2011	2012	2013	2014
Reservas (t)	37.805	36.000	35.419	36.190	34.279
% mundo	50	39	36	36	33

Fontes: DNPM (2012 até 2015), modificado pelos autores

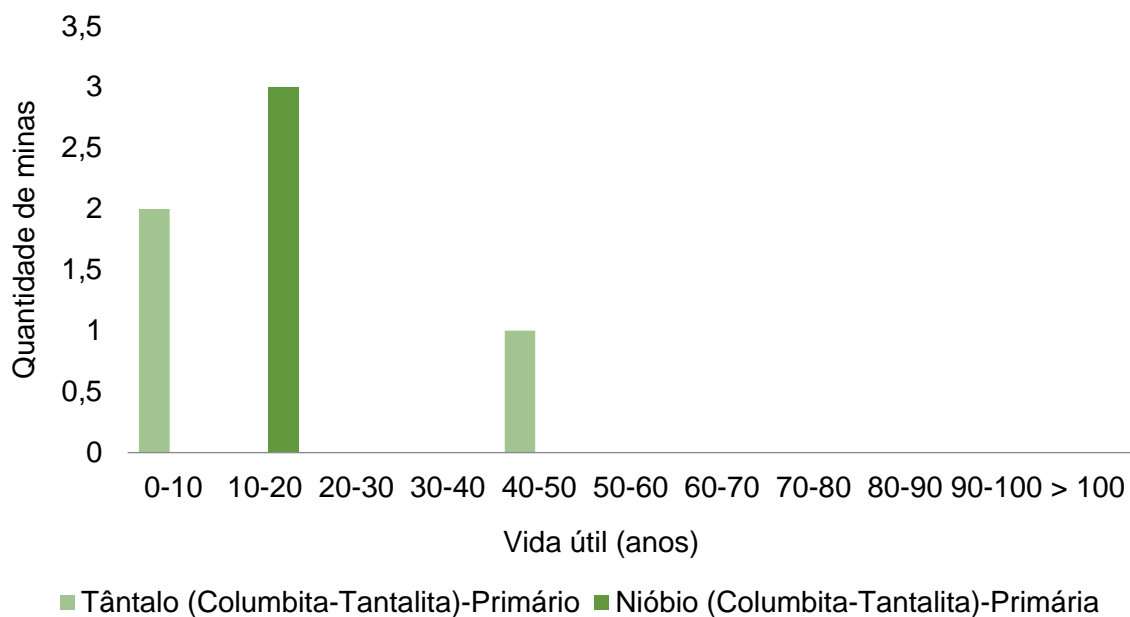
O Brasil possui as maiores reservas mundiais de nióbio, que representam 4 milhões de toneladas, seguido pelo Canadá, Austrália, Egito, República Democrática do Congo, Groenlândia (território pertencente à Dinamarca), Rússia, Finlândia, Gabão, Tanzânia, dentre outros (DNPM, 2015).

As reservas minerais de nióbio, lavradas por empresas de grande porte, estão em sua maior parte no minério pirocloro, nos estados de Minas Gerais (no município de Araxá, com 411,5 milhões de t) e Goiás (no município de Catalão, com 106,8 milhões de t).

No caso do nióbio contido no minério de columbita-tantalita, destaca-se o depósito de Pitinga, no Amazonas (município de Presidente Figueiredo), com uma reserva lavrável de 159,7 milhões de t (LIMA, 2009b).

Considerando as minas de columbita–tantalita, há um número pequeno de unidades em operação, com vida útil de até 10 anos (duas unidades), de 10 a 20 anos (três unidades) e apenas uma unidade com vida útil estimativa em 50 anos (Figura 58).

Figura 58 – Estimativa de vida útil das minas de tântalo e nióbio primários.

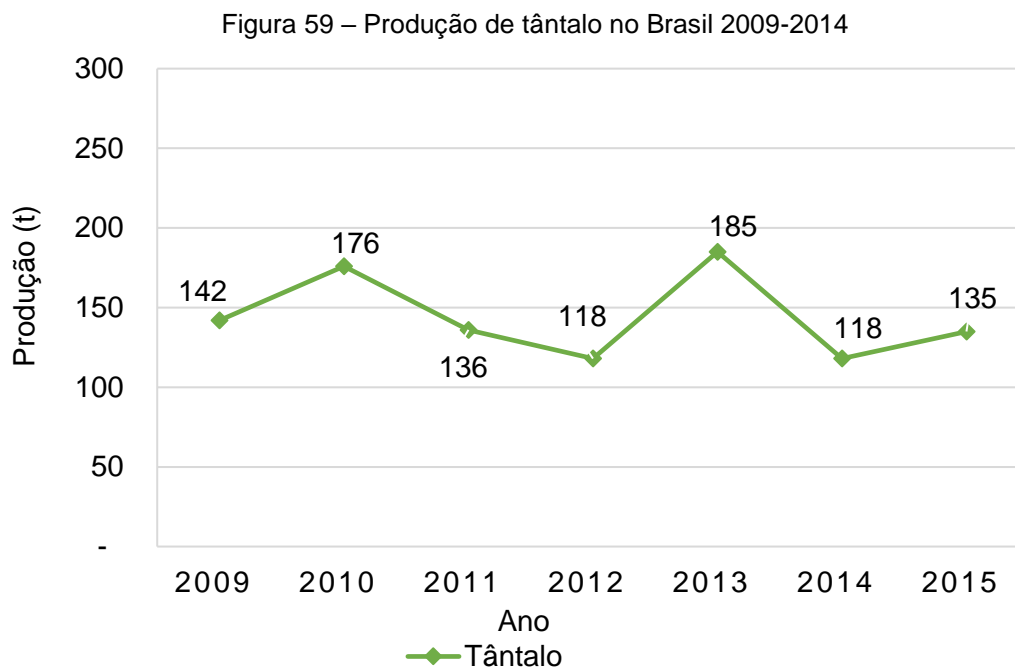


Fonte: BRASIL (2016)

Produção e polos produtores

A produção nacional de tântalo contido em 2009 foi de 142 t. Em 2010, a produção foi de 176 t de tântalo contido, um aumento de cerca de 23%. Estes números diminuíram nos anos de 2011 (136 t) e 2012 (118 t), voltando a aumentar em 2013 (180 t). Em 2014, a produção atingiu 118 t (LIMA, 2009b).

A Figura 59 ilustra a evolução da produção nos últimos anos, de acordo com as publicações do DNPM, de 2012 a 2016 e AMB (2010).



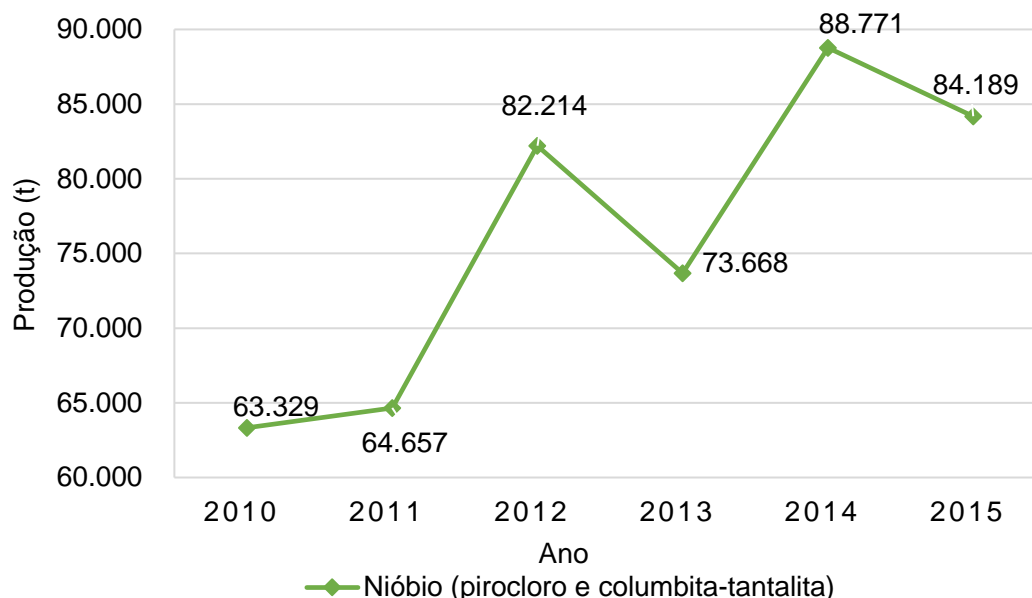
Fonte: DNPM (2010 a 2015), modificado pelos autores

A produção beneficiada de tântalo em 2015, de acordo com dados do DNPM (2016), foi de 135,1 t, sendo oriunda principalmente de minas de médio porte, localizadas em São Tiago (MG) e Itapuã do Oeste (RO). Desta forma, toda a produção brasileira de tântalo é proveniente da MPE.

Em relação ao nióbio, o Brasil foi considerado o maior produtor mundial em 2014, com 88.771 t de Nb₂O₅ contido no concentrado, o que representou 94 % da produção total mundial. Em 2015, a produção beneficiada de nióbio foi de 84.189 t, produzida, em sua maior parte, pelas minas de pirocloro de Minas Gerais e Goiás, responsáveis por 82.031 t.

A Figura 60 ilustra a evolução da produção total de nióbio entre 2010 e 2015. A produção mineral de nióbio, obtida a partir da MPE de columbita-tantalita, representou apenas 0,6% (478 t) da produção beneficiada de nióbio em 2015.

Figura 60 – Produção beneficiada total de nióbio no Brasil (pirocloro e columbita-tantalita)



Fonte: DNPM (2010 a 2016), modificado pelos autores

Rotas de comercialização

Segundo o AMBweb (BRASIL, 2016), as principais rotas de comercialização de columbita-tantalita são locais. O item 5.2 detalhará essas rotas em maior nível de detalhe.

Preço

Dada a escassez de informações fornecidas pelo AMBweb sobre preços de tantalita-columbita e nióbio, a Tabela 23 apresenta os preços médios de produtos de tantalita entre os anos de 2012 e 2014, segundo o USGS (2015) e o DNPM (2015).

Tabela 23 – Preço médio de produtos de tantalita

		Unidade	2012	2013	2014
Preço médio Tantalita	Liga Fe-Nb-Ta	USD/kg	20,50	20,00	20,00
	Tantalita (Ta ₂ O ₅ -Contido) EUA		96,00	94,00	92,50
	Tantalita (~30-35% Ta ₂ O ₅) Spot (Londres)		40,00	39,00	40,00

Fonte: DNPM (2015), USGS (2015)

4.4. Scheelita

Panorama dos mercados nacional e internacional

A scheelita é um dos minerais conhecidos de tungstênio, metal de elevada dureza, alta densidade, alto ponto de fusão e com características importantes para a indústria de ligas de aço especial. Na indústria, o tungstênio pode ser utilizado em diversos setores como, por exemplo, na produção de lâmpadas, aços especiais, canetas esferográficas, brocas das sondas de perfuração de petróleo em águas profundas e fabricação de caixas pretas de avião. O tungstênio possui grande resistência ao desgaste e à corrosão, além de ser bom condutor de calor e eletricidade (DNPM, 2015).

As características singulares desse metal dificultam sua substituição devido ao aumento do custo de produção das aplicações e/ou redução do desempenho do produto. Contudo, o molibdênio, o nióbio e o titânio podem ser substitutos alternativos, apesar de apresentarem um custo mais alto e uma eficiência menor que o tungstênio (DNPM, 2015).

A China é o país que concentra a maior reserva mundial de tungstênio, sendo, também, o maior produtor, exportador e consumidor do metal. Por isso, o país mantém a liderança neste mercado e domina a formação dos preços praticados (DNPM, 2015). Em 2015, os principais produtores no mercado internacional de tungstênio foram China (82%), Vietnã (5%), Rússia (3%) e Canadá (3%), com um total produzido de 87.500 t.

Reservas minerais e vida útil

No ano 2000, as reservas conhecidas e aprovadas pelo DNPM eram de 8.527 t de tungstênio contido, sendo que 63,3% eram provenientes da scheelita do Rio Grande do Norte. Naquele ano, o Brasil tinha cerca de 0,3% das reservas mundiais, mas poderia ser adicionado a esses recursos o material de rejeitos de minérios provenientes das plantas de concentração das minas (DNPM, 2001).

A partir de 2001, o aumento da demanda chinesa por tungstênio incentivou a necessidade de estudos direcionados à ampliação das reservas no mundo inteiro. Assim, no ano de 2007, as reservas medidas pelo DNPM registraram 17 mil t de

tungstênio contido nos minérios de scheelita e wolframita. Em 2014, as reservas brasileiras eram de 27.825 mil t, apontando um aumento significativo em relação a 2007 (DNPM, 2011).

Com o aumento da produção devido aos altos preços, o crescimento das pesquisas e dos trabalhos para desenvolvimento de novos depósitos e a reativação de minas paralisadas, as reservas brasileiras tiveram a variação mostrada na Tabela 24.

Tabela 24 – Reservas de tungstênio no Brasil

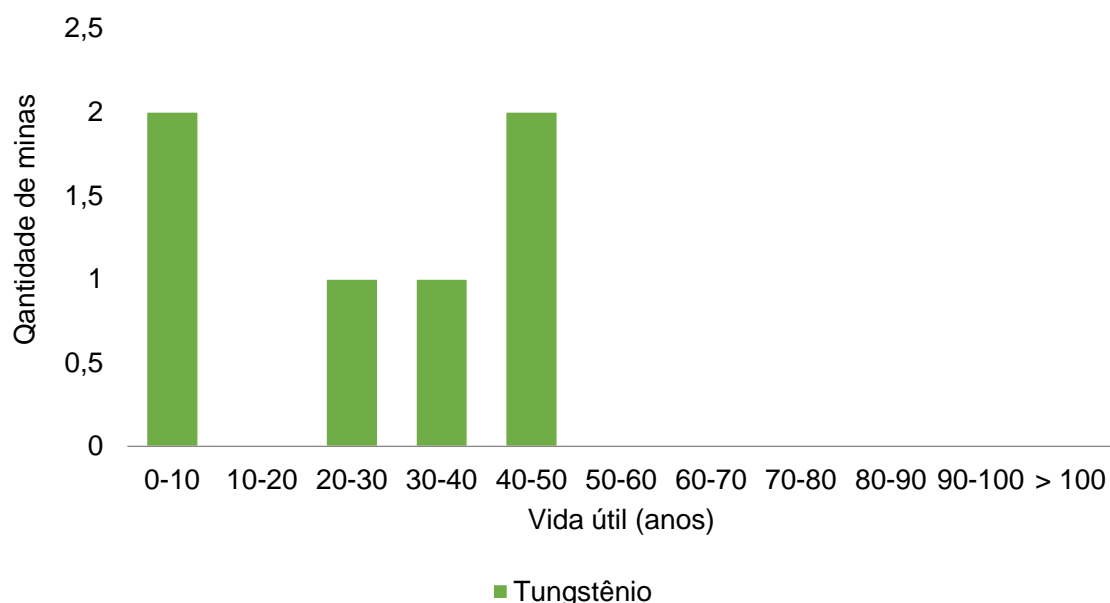
Ano	2007	2011	2012	2013	2014
Reservas (t)	17.125	21.629	23.804	25.439	27.825
% mundo	0,59	0,69	0,75	0,73	0,86

Fontes: DNPM (2011 até 2015), modificado pelos autores

A maior parte das reservas brasileiras de tungstênio localiza-se no estado do Rio Grande do Norte, com 77% do total. Também são registradas reservas no Pará, em Santa Catarina, em Rondônia e na Paraíba (BRASIL, 2016).

O minério de tungstênio é produzido por um número pequeno de minas em operação (n=6); duas têm vida útil inferior a 10 anos, uma de 20 a 30 anos, uma de 30 a 40 anos e duas de 40 a 50 anos (Figura 61).

Figura 61 – Estimativa de vida útil das minas de tungstênio



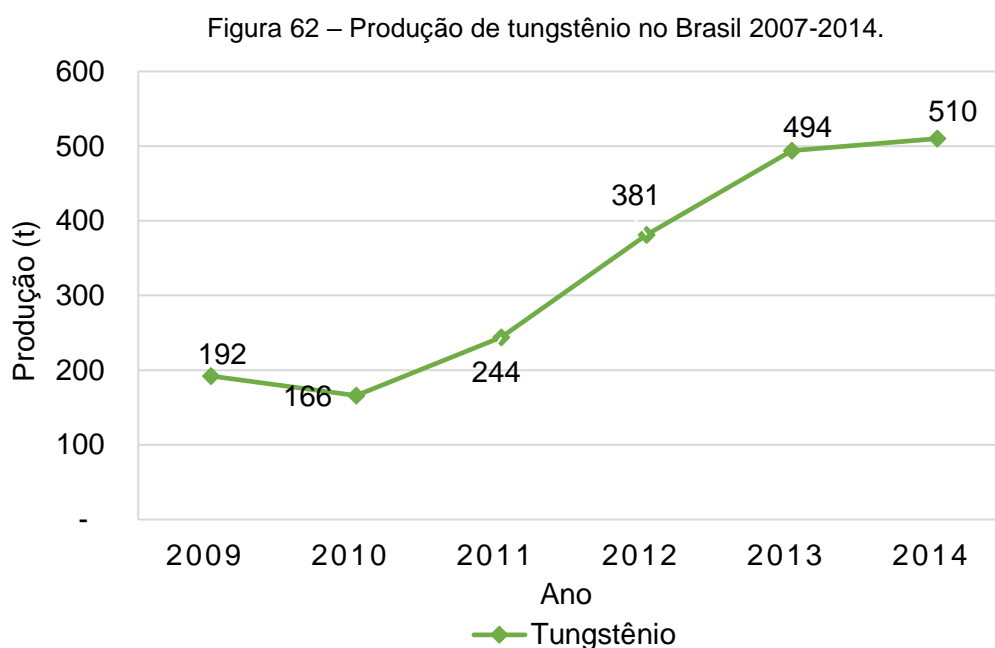
Fonte: BRASIL (2016)

Produção e polos produtores

No ano de 2014, a produção de tungstênio somou 857 t, crescendo apenas 1,7% em relação ao concentrado produzido em 2013 (DNPM, 2014). De acordo com os Sumários Mineraiis do DNPM referentes aos anos de 2011 a 2015 (DNPM 2012 a 2016), a maior parte da produção nacional de tungstênio provém do Nordeste, em especial do Rio Grande do Norte.

A produção de scheelita no Brasil ocorre principalmente em minas subterrâneas de médio porte, localizadas no município de Currais Novos (RN) e exploradas pelas seguintes empresas: Mineração Tomaz Salustino, Acauan Mineração Comércio e Serviços (arrendatária da Mineração Boca de Lage e da Mineração Barra Verde), Bodó Mineração (arrendatária da Metais do Seridó) e Mineradora Nosso Senhor do Bonfim (DNPM, 2015).

Depois de uma ligeira queda na produção em 2010, houve uma sensível recuperação em 2011, com 244 t de tungstênio contido. Este crescimento da produção tem se mantido, atingindo 510 t em 2014. A China ainda é o maior produtor mundial, com 68.000 t produzidas em 2014, o que representa 82,5% da produção mundial (o Brasil responde somente por 0,6% deste total). A Figura 62 apresenta a evolução da produção nacional entre 2009 e 2014.



Fonte: DNPM (2010 até 2015), modificado pelos autores

De acordo com dados do DNPM (2015), em 2015 a MPE foi responsável pela produção de 41,6 t de tungstênio. O tungstênio não consta no Sumário Mineral 2016 do DNPM, não havendo dados para comparação com a produção beneficiada total em 2015. No entanto, é possível estimar a importância da MPE por meio de informações referentes a 2014, quando a produção beneficiada pela MPE representou 8% da produção total brasileira.

Rotas de comercialização

Segundo o AMBweb (BRASIL, 2016), as rotas de comercialização de Scheelita são locais. O item 5.2 detalhará essas rotas em maior nível de detalhe.

Preços

O governo chinês impôs controles sobre a produção e as exportações, suspendendo temporariamente as vendas de tungstênio em 2010. Este fato determinou o aumento nos preços do metal, por conta da redução da oferta e do aumento do consumo, o que acabou tornando economicamente viável a produção de outros países (DNPM, 2011).

Com a alta dos preços do metal, houve uma retomada da produção nacional e da pesquisa de substâncias associadas ao tungstênio em outras regiões, principalmente no Ceará, Sergipe, Amapá e Acre.

Os preços do minério variaram cerca de 113%, entre 2009 e 2011. Por exemplo, observou-se uma variação significativa entre janeiro de 2009, quando o preço era de USD 22,00/kg de WO_3 , e abril de 2011, quando o preço atingiu USD 46,90/kg de WO_3 . Já o preço do ferro-tungstênio, em dezembro de 2015, conforme a *London Metal Exchange*, era de USD 24,00/kg.

No Brasil, as minas de scheelita operam em lavra subterrânea e seus custos são relativamente elevados. Há pequenas e médias minerações lavrando scheelita e wolframita, mas, em geral, a atuação no mundo é de empresas de porte médio e grande. Baseado em três amostras retiradas do AMBweb, o preço médio, em 2015, foi de R\$ 28.800/t.

4.5. Ilmenita

Panorama dos mercados nacional e internacional

Entre os diversos minerais portadores do titânio, somente a ilmenita, o leucoxeno e o rutilo são utilizados comercialmente para a obtenção desse metal (SANTOS, 2010).

O emprego de ligas de titânio em bijuterias, relógios, raquetes de tênis, laptops, bicicletas, óculos, entre outros, tem tornando o seu uso cada vez mais frequente. Entre seus compostos, o de maior uso (95%) é o dióxido de titânio (TiO₂), empregado na fabricação de tintas utilizadas na construção civil. Este produto também é incorporado da produção de papel, pasta de dentes, plásticos, entre outros (SANTOS, 2010).

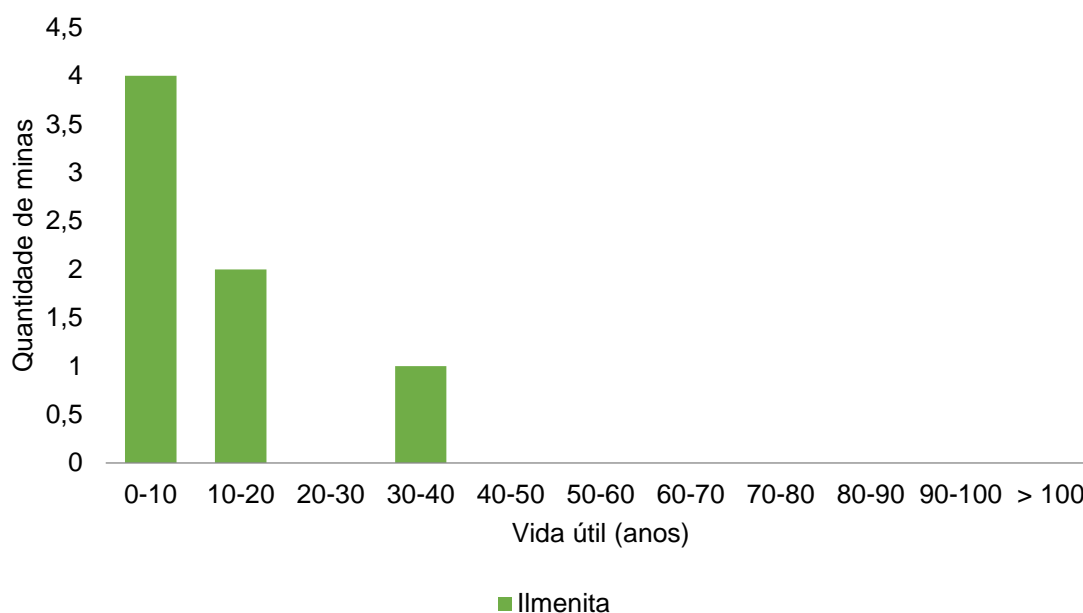
No Brasil, o maior consumo de titânio decorre da fabricação de tintas, esmaltes e vernizes (52%), seguido pela siderurgia (36%), produção de ferro-ligas (11%) e outras destinações como soldas e ânodos para galvanoplastia, além da indústria de pisos e revestimentos, que absorve aproximadamente 1% do metal (SANTOS, 2010).

Reservas minerais e vida útil

No passado, o Brasil foi tido como possuidor da quinta maior reserva mundial de titânio, considerando o titânio contido nos minerais ilmenita, rutilo e leucoxeno (SANTOS, 2010). Entre 2010 e 2014, porém, a participação das reservas brasileiras de titânio esteve limitada a 0,3 e 0,5% das reservas mundiais. As principais reservas mundiais estão localizadas na China (26,0%), Austrália (25,7%) e Índia (12,0%) (DNPM, 2015).

As reservas de minério de titânio no Brasil totalizavam, aproximadamente, 116 milhões de t em 2008. Minas Gerais é o estado brasileiro que possui a maior reserva, com cerca de 111 milhões de t, seguido pela Paraíba, com uma reserva de cerca de 4 milhões de t. Existem ainda reservas em Goiás, Pernambuco e Rio de Janeiro (DNPM, 2009). A Figura 63 mostra a vida útil das minas de ilmenita no Brasil. A maior parte das operações tem vida útil de até 20 anos.

Figura 63 – Estimativa de vida útil das minas de ilmenita.



Fonte: BRASIL (2016)

Produção e polos produtores

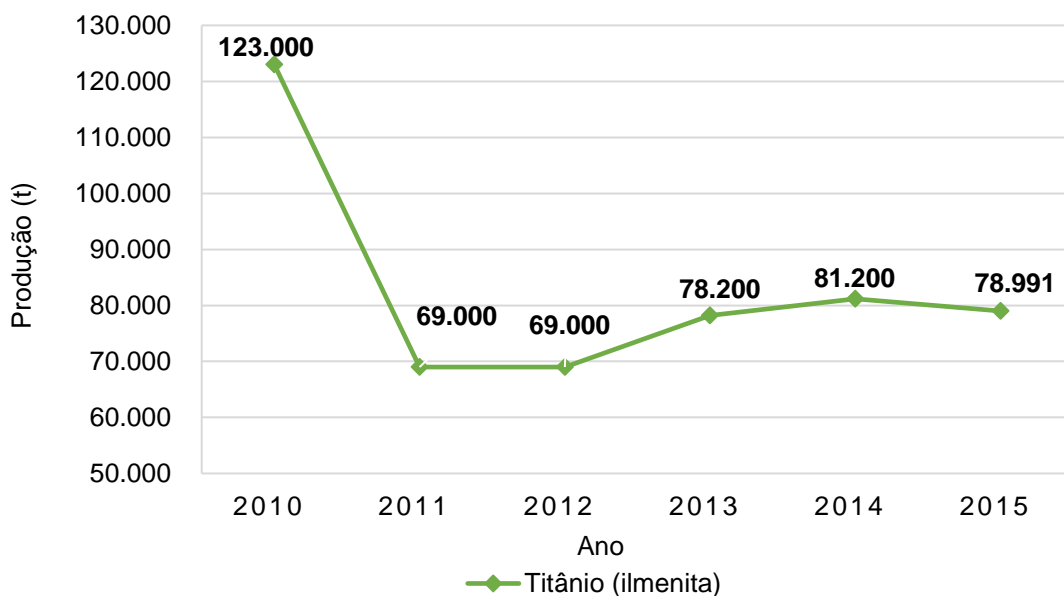
Em 2014, o maior produtor mundial de titânio (considerando metal contido em ilmenita e rutilo), foi a Austrália (21,2%), seguida pela África do Sul (15,6%), China (13,4%) e Canadá (12,1%). O Brasil figura como o maior produtor da América Latina, com 1,2% da produção mundial.

De acordo com o Sumário Mineral do DNPM referente ao ano de 2011 (DNPM, 2012), a produção brasileira de concentrado de titânio apresentou uma queda significativa entre 2008 e 2009. Ela teve um aumento em 2010, passando de 41.900 t para 125.900 t. Considerando somente a ilmenita, a produção nacional em 2010 foi de 123 mil t. Os principais municípios produtores foram Mataraca (PB), Santa Bárbara de Goiás (GO), Floresta (PE) e São Francisco de Itabapoana (RJ).

A produção de ilmenita voltou a diminuir em 2011 (69 mil t). Nos anos seguintes, manteve uma tendência de crescimento, atingindo a marca de 81,2 mil t em 2014 (1,2% da produção mundial), como pode ser observado na Figura 64. A produção de 2015 foi um pouco inferior à de 2014, com 78.991 t.

Dentre as minerações brasileiras de ilmenita, a mina de Marataca (PB) foi responsável por 64.801 t do total produzido em 2015, sendo considerada uma operação de grande porte. O restante da produção (14.190 t) é extraído pela MPE, cujas operações representam quase 18% do total.

Figura 64 – Produção de titânio (ilmenita) no Brasil 2010-2015.



Fonte: DNPM (2011 a 2016), modificado pelos autores

Rotas de comercialização

Segundo o AMBweb (BRASIL, 2016), as rotas de comercialização de Ilmenita são locais. O item 5.2 trata dessas rotas com maior nível de detalhe.

Preços

O preço médio foi de R\$ 335/t, calculado com base nas informações do AMBweb sobre a produção de ilmenita comercializada nos municípios de Santa Bárbara (GO), Mataraca (PB) e São Francisco de Itabapoana (RJ).

5. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS CADEIAS PRODUTIVAS

Diferente da mineração de recursos minerais não metálicos, em que predominam os pequenos e médios empreendimentos, no setor dos minerais metálicos as grandes empresas de mineração respondem pela maior parte da produção nacional, uma vez que as especificações dos produtos gerados são mais rígidas e o grau de pureza é elevado, exigindo produção em maior escala, maior qualidade e a utilização de tecnologias mais sofisticadas.

A seguir são apresentadas informações sobre as características tecnológicas da cadeia produtiva de cada substância mineral que compõe o grupo de substâncias metálicas da MPE. As informações estão agrupadas de acordo com as características tecnológicas da produção, seu processamento e beneficiamento. São também apresentadas informações sobre a origem e destino da produção.

5.1. Características tecnológicas das cadeias produtivas

De modo geral, as cadeias produtivas de minerais metálicos da MPE se caracterizam pela utilização de tecnologia muito diferente das que são adotadas pela mineração de grande porte. A falta de sofisticação tecnológica da MPE, juntamente com a limitação de recursos e com a falta de conhecimentos técnicos, resulta em recuperações mais baixas e ineficientes, com menor retorno econômico e elevados impactos ambientais.

A exploração dos bens minerais é essencial ao mundo moderno. Não se pode imaginar a vida, o dia a dia, sem os bens produzidos por meio da mineração. Por este motivo, sua exploração de maneira consciente e sustentável também é essencial e torna-se um desafio implementá-la de forma a amenizar cada vez mais os impactos causados pela mineração.

Os depósitos minerais explorados pela MPE são, principalmente, depósitos secundários, em que a lavra é mais acessível e pode ser desenvolvida por equipamentos não especializados; este aspecto é particularmente relevante para a extração das substâncias ouro, cassiterita e columbita-tantalita. Em função dessa

situação, a estrutura organizacional das operações da MPE de minerais metálicos é caracterizada por arranjos simplificados, com pessoal de conhecimentos técnicos e gerenciais limitados. Foram observadas exceções na mineração subterrânea de scheelita e em algumas operações de ouro (empresas juniores ou de médio porte).

Mesmo existindo evidentes oportunidades de melhorias quanto ao processo e gestão operacional, também apoiadas por iniciativas promovidas por vários agentes governamentais e de cooperativismo (ver Relatório 2), o típico minerador da MPE tem um perfil predominantemente conservador e resistente às mudanças, o que, por sua vez, se reflete no nível tecnológico precário da cadeia produtiva da MPE de minerais metálicos identificado pelas equipes de campo do projeto.

Ouro

Segundo Araújo Neto (2009), o ouro nativo geralmente é composto por 85 a 95% de ouro, contendo ainda prata, cobre, platina, bismuto, mercúrio, paládio, antimônio, rutênio, irídio e urânio. O ouro argentífero contém de 5 a 10% de Ag; o ouro cuprífero, 10 a 20% de Cu; o ouro paladiado, 5 a 10% de Pd; o ouro platinífero, até 10% de Pt; e o ouro bismútico, até 3% de bismuto. As unidades de peso utilizadas na comercialização do ouro são o grama, usado no mercado nacional, e a onça-troy (31,103486 g) no internacional. O ouro 24 quilates, ou seja, o de mil milésimos (1.000/1.000), é o ouro puro.

A mineração de ouro se caracteriza por um elevado número de empreendimentos de micro, pequeno e médio portes, em cooperativas de garimpeiros ainda compõem uma parcela significativa da produção. Conforme observado pelas equipes de campo (item 3.3.2 deste relatório), uma parte das empresas de mineração de ouro, de micro, pequeno e médio porte, organiza-se de forma a comercializar seus concentrados nas centrais de amalgamação e DTVMs.

Durante anos, o ouro foi extraído de forma desordenada, sem preocupações com o uso indiscriminado de mercúrio e outros reagentes, que acabaram por contaminar solos e rios. Em consequência, houve impactos negativos na cadeia trófica, afetando peixes e, em última instância, também, a saúde humana. Essa situação é amplamente discutida e reconhecida pelas comunidades e pela opinião pública, o que resulta em uma série de ações mitigadoras de longa data.

Os processos de lavra mais utilizados na mineração de ouro, principalmente em depósitos secundários, são o desmonte hidráulico e a lavra subaquática. Estes métodos utilizam bombas d'água, bombas de sucção com escarificadores e, em alguns casos, mergulhadores para acessar o material no fundo dos rios. Quanto ao beneficiamento de minério, o método mais comum é a concentração gravítica por lâmina d'água; a tecnologia utilizada é muitas vezes rudimentar (calhas, bateias, separadores centrífugos). Apesar das campanhas de conscientização incentivando a migração para processos de recuperação de ouro utilizando cianeto (conforme mencionado no item 3.2.2. deste relatório), muitas minas ainda usam o mercúrio de forma inadequada na amalgamação do ouro.

O processo de amalgamação com mercúrio captura as partículas de ouro, reagindo com elas e formando uma liga chamada de amálgama, muito densa, que pode ser facilmente separada da ganga (CHAVES, [2013]). Para separar o mercúrio do ouro, o minerador queima o amálgama, vaporizando o mercúrio; sem as devidas precauções, este pode ser inalado ou contaminar o ambiente. O uso do mercúrio na mineração é realizado de forma segura com o uso de equipamentos adequados, como moinhos de amalgamação e retortas para vaporização e recuperação completa de mercúrio (CHAVES, [2013]).

Os processos utilizados na mineração de ouro primário, observados inclusive na mineração subterrânea visitada pela equipe de campo, incluem a lavra com acesso via poços e rampas, com desmonte por explosivos e transporte até a usina de processamento. No caso da lavra a céu aberto, a remoção do capeamento é o item de maior custo de lavra. A seleção dos equipamentos varia conforme a particularidade de cada operação, em termos de capacidade de produção, tamanho e morfologia do depósito, distância de transporte, estimativa da vida útil da mina, localização em relação aos centros urbanos e fatores socioeconômicos (SAMPAIO; ALMEIDA, 2005).

A cominuição representa outro item dispendioso neste tipo de empreendimento, uma vez que o ouro, em geral, aparece associado a rochas de alta abrasividade. A britagem é executada em circuitos multiestagiados, que geralmente iniciam com os britadores de mandíbulas ou, no caso de grandes operações, os britadores giratórios. Para britagem secundária e terciária, usam-se britadores cônicos. Britadores de impacto também são largamente empregados,

pois apresentam alta relação de redução e grande capacidade. Em geral, o fluxograma de processamento de ouro inclui britagem, moagem, concentrações gravíticas, flotação e cianetação, consideradas tecnologias limpas (ARAÚJO NETO, 2009). O processo de cianetação utiliza uma mistura polpa/carvão que, transferida para uma peneira vibratória, promove a separação dos dois. A polpa do *underflow* da peneira retorna ao Circuito de Peneiramento Industrial (CIP) e o carvão carregado com ouro adsorvido vai para o elutriador. Do elutriador o carvão é transferido para o tanque de desaguamento e, deste, para a coluna de lavagem ácida, onde o carvão carregado é tratado pelo processo de elutriação. Após ter sido totalmente tratado, transfere-se o carvão para a coluna de eluição. A coluna de eluição contém o carvão rico em ouro e uma solução alcalina composta de água, hidróxido de sódio e cianeto de sódio.

A solução eluída é, então, encaminhada para o tanque de estocagem e posteriormente enviada para eletrólise. Mistura-se o concentrado de ouro com fundentes, cujo material é transferido para o forno de indução, sendo fundidos a uma temperatura em torno de 1200°C. O *bullion*, produto da fusão do concentrado de ouro, tem teor entre 95% e 97% de pureza (ARAÚJO NETO, 2009). Já os minérios sulfetados passam pelo processo de britagem, moagem e classificação em hidrociclones; o *underflow* alimenta o circuito de concentração gravítica; o *overflow* segue para o espessamento e daí para lixiviação em tanques com cianeto de sódio, filtragem, classificação da solução e precipitação com zinco (processo Merrill Crowe). O rejeito sólido deste processo é bombeado para a barragem de rejeitos e a recuperação do ouro, nesses casos, chega 95,7% (ARAÚJO NETO, 2009).

Além dos depósitos primários e secundários de ouro, existe também a oportunidade de recuperação do minério a partir de rejeitos acumulados em antigas operações. Por exemplo, na região de Poconé (MS), foi observado que, nos anos 80, o ouro era lavrado, britado, as frações finas concentradas em calhas e apuradas em bateia. Com o passar dos anos, esses rejeitos foram reprocessados, incluindo estágios de rebritagem e de beneficiamento em concentradores centrífugos tipo Falcon e Knelsson. Dez anos mais tarde, os rejeitos deste segundo processamento estavam novamente sendo reprocessados em concentradores centrífugos e por meio de cianetação.

Cassiterita

O estanho encontra-se associado principalmente à cassiterita, um óxido de estanho. Os concentrados de cassiterita apresentam teores de 60% a 72% de SnO₂. A cassiterita foi descoberta em Rondônia, em 1952, e durante a década de 1960 a sua extração era realizada principalmente por garimpeiros (LIMA, 2009a).

O estanho é um metal básico, de coloração prateada, maleável, muito usado para recobrimento de outros metais, a fim de protegê-los da corrosão. Também é utilizado na fabricação de soldas de baixo ponto de fusão e folha de Flandres, que são chapas de aço revestidas de estanho, utilizadas na fabricação das embalagens de alimentos perecíveis como leite em pó e carnes.

Grande parte da produção de cassiterita no Brasil vem de depósitos secundários, de aluviões e coluviões, em que são utilizados equipamentos simples de lavra, compostos por dragas, retroescavadeiras e bombas hidráulicas. O minério extraído é posteriormente transportado, em caminhões ou por bombeamento, para as usinas de concentração. O concentrado de cassiterita é obtido por meio de separações gravíticas (jigs e espirais classificadoras), devido à sua alta densidade, sendo posteriormente submetido a separações magnéticas e/ou eletrostática (LIMA, 2009a).

Na lavra do minério primário, o material inicialmente é desmontado, por meio de explosivos ou de tratores de esteira, dependendo do grau de intemperismo da rocha fonte. Posteriormente, o material é cominuído, visando a liberação da cassiterita, que é, então, concentrada por processos gravíticos e magnéticos/eletrostáticos.

Como boa parte do consumo de estanho ocorre na forma de produtos manufaturados (como pós, escamas, barras, fios de estanho, sais e ésteres), a maior parte da cassiterita produzida na mineração é comercializada para a indústria de transformação. Este processo agrega a maior parcela do valor do produto e, portanto, as operações de MPE não se beneficiam do valor agregado gerado ao longo da cadeia de produção. Dessa forma, a operação em pequena escala é uma atividade que depende fortemente do preço favorável da substância.

Columbita-tantalita

O nióbio é um metal refratário dúctil, de coloração cinza prateada. Apresenta alto ponto de fusão e densidade, sendo utilizado principalmente pela siderurgia. Nos aços microligados, confere maior resistência mecânica com simultâneo aumento de tenacidade (CARNEIRO, 2016). O nióbio é principalmente encontrado no mineral chamado pirocloro e secundariamente na columbita. A columbita aparece em geral associada a outro mineral, conhecido como tantalita. Na realidade, columbita e tantalita são óxidos de nióbio e tântalo que formam uma série isomórfica contínua, de modo que normalmente estão associados. São lavrados conjuntamente em depósitos pegmatíticos ou são aproveitados como subprodutos da lavra de cassiterita. O termo “Coltan” combina os nomes dos dois minerais (columbita+tantalita).

O tântalo é um elemento metálico encontrado em pequenas proporções na crosta terrestre (SOUSA et al., 2013), principalmente na forma do mineral tantalita. As propriedades físico-químicas do tântalo são semelhantes às do nióbio, e devido a isso tendem a se substituir na natureza, e separá-los é muito difícil. O tântalo, um metal de coloração prateada, macio e dúctil, possui alto ponto de fusão e é muito resistente à corrosão. Sua maior aplicação é na fabricação de componentes eletrônicos, também sendo empregado na indústria de armamentos, aeroespacial, naval, automotiva e em implantes cirúrgicos. Em razão de sua aplicação na indústria de eletrônicos e por sua baixa concentração na crosta terrestre, é considerado um metal estratégico (LIMA, 2009b).

Foram visitadas quatro minas de cassiterita em Rondônia que produzem columbita-tantalita como subproduto. A tecnologia de lavra e beneficiamento neste tipo de depósito secundário inclui a dragagem e a separação por métodos gravíticos, por meio de lâminas d'água, como calhas e até mesmo com tapetes, onde os minerais pesados se depositam no início do tapete e a areia é arrastada pela água para o fim do tapete. Equipamentos mais eficientes e de baixo custo são também empregados, como os classificadores espirais e até mesmo a mesa vibratória.

A equipe do projeto visitou, também, uma mina de caulim, no município de Equador (PB), que produz tantalita como subproduto, aplicando tecnologia baseada em métodos gravíticos artesanais com lâmina d'água.

Devido à complexidade dos processos de extração e refino do tântalo e do nióbio, a MPE não participa da cadeia de valor dessas substâncias, e apenas comercializa o concentrado mineral de columbita-tantalita.

Scheelita

O tungstênio é um metal de elevada densidade, usado principalmente na fabricação de ligas metálicas resistentes a altas temperaturas e corrosão, muito empregadas na indústria aeroespacial. Também entra na fabricação de armamento, brocas de perfuração, além de catalisadores e lubrificantes para altas temperaturas.

O tungstênio na natureza é encontrado principalmente na forma de dois minerais, a wolframita e a scheelita (CANO; COSTA; NESI, 2009). No Brasil, os depósitos de scheelita (CaWO_4), formados em *skarns*, estão situados principalmente no Nordeste.

A equipe do projeto visitou três minas subterrâneas de scheelita, duas em Currais Novos e uma em Lajes (ambos municípios do RN). As minas subterrâneas utilizam o método de câmaras e pilares, com perfuração e desmonte de rocha. O transporte do minério é feito por meio de guinchos a cabo e, em um dos casos, de forma manual. A produção do concentrado de tungstênio inclui a extração do minério de scheelita, cominuição, peneiramento e concentração. A cominuição é realizada por meio de britagem, rebitagem e moagem, seguida de peneiramento e concentração gravítica. As operações de concentração gravíticas, de modo geral, incluem o uso de jigs e mesas vibratórias.

Todas as minas visitadas pela equipe do projeto comercializam o minério de scheelita ou seu concentrado. Dessa forma, a MPE não participa da cadeia de valor do tungstênio. A metalurgia do tungstênio é realizada fora da mineração, uma vez que o minério passa por várias transformações antes de seu consumo na forma de tungstênio metálico em pó, ferro-tungstênio, paratungstênio de amônio (APT), óxido e ácido túngstico, entre outros. Além disso, esses produtos intermediários podem ser submetidos a mais um nível de purificação até chegarem aos produtos finais, que incluem o carboneto de tungstênio sintetizado (chamado de metal duro), os aços especiais e ligas não ferrosas, e o tungstênio metálico.

Ilmenita

O titânio é um metal pouco reativo em temperatura ambiente, que adquire notável resistência quando aquecido, sendo aplicado na fabricação de turbinas para aviões supersônicos, tubulações em água do mar, próteses dentárias, entre outros (LUZ; LINS, 2008). É um metal de importância estratégica, pois apresenta alta densidade, alta ponto de fusão, resistência à corrosão e mecânica, além de elevada capacidade de dispersão.

A ilmenita é um óxido de ferro e titânio (FeOTiO_2), com cerca de 53% de TiO_2 e o restante de óxido de ferro. É o mineral de titânio mais abundante na natureza, e sua extração responde por cerca de 90% da produção mundial de titânio (BRASIL, 2016).

Durante a fase de agendamento de visitas de campo, a equipe do Projeto META MPE não localizou operações ativas de mineração de ilmenita que pudessem ser visitadas. Conforme mencionado no item 3.2, a maior parte das minas ativas de ilmenita é de grande porte. No entanto, a equipe de pesquisadores identificou um novo projeto de mineração de ilmenita em fase de engenharia, pertencente à empresa Casaforte Mineração, na região de Floresta (PE), que pode ser classificado como MPE; esse projeto ainda não se encontra em fase de produção.

A lavra dos depósitos secundários de ilmenita consiste na remoção do capeamento, seguida da lavra do corpo mineralizado, por meio de dragas. Algumas dragas utilizam correntes de caçambas. O beneficiamento do minério é realizado por meio de unidades móveis de pré-concentração na própria frente de lavra, unidades estas que acompanham a progressão da lavra, sendo geralmente compostas por jigs e espirais concentradoras. O rejeito é retornado à cava para reabilitação da área lavrada. Argila e matéria orgânica (basicamente, árvores e raízes) são encontradas nesses depósitos e fazem parte do capeamento. Assim, o solo removido é devolvido ao ambiente, complementando a etapa de reabilitação da área minerada. Usualmente, as áreas de lavra desses depósitos apresentam uma recuperação que varia entre 80 e 90% (LUZ; LINS, 2008).

Os depósitos primários são lavrados a céu aberto, com desmonte por explosivos e transporte por caminhões até a usina de beneficiamento. O minério

liberado pode ser concentrado por meio de métodos gravíticos e magnéticos. A ilmenita é um mineral de alta densidade (4,79), classificado como mineral magnético, e também se comporta como mineral condutor. Deste modo, para a separação gravítica da ilmenita são usados equipamentos como espirais, mesas concentradoras, cones Reichert e jigs (LUZ; LINS, 2008). Eventualmente, utiliza-se a flotação para a recuperação da ilmenita fina.

A flotação da ilmenita e dos minerais oxidados de ferro pode ser realizada com ácidos graxos (LUZ; LINS, 2008). A ilmenita caracteriza-se por baixas recuperações na flotação, causadas pela oxidação das espécies Ti^{4+} e Fe^{2+} nas propriedades superficiais da ilmenita. Cerca de 90% da produção de concentrado de titânio vai para a produção de pigmentos. Neste caso, o concentrado deve conter pelo menos 96% de TiO_2 .

Após o beneficiamento, nas demais etapas da cadeia de valor da ilmenita, os concentrados de TiO_2 são processados quimicamente para produzir soluções para a fabricação de pigmentos. As soluções resultantes podem ser destinadas aos processos por via clorídrica ou sulfática. Tais soluções são então processadas para a fabricação de pigmentos de TiO_2 . O pigmento de TiO_2 é um pó branco e inorgânico, utilizado para dar cor, brilho e opacidade a produtos como tintas, plásticos, papel, borracha, cerâmica, entre outros. Dependendo da composição do pigmento, é utilizado também em maquiagem, pasta de dente, protetor solar e ceras de depilação (KORNELIUSSEN et al., 2000).

5.2. Destinos da produção

Para obter dados sobre a origem e o destino das substâncias, foram utilizadas informações sobre minas e usinas constantes do sistema AMBweb (BRASIL, 2016).

Com base na análise da quantidade de operações listadas no AMBweb (BRASIL, 2016), os seguintes estados se destacam na produção de minerais metálicos no Brasil em 2015:

- a) ouro primário: Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás;
- b) ouro secundário: Mato Grosso (grande concentração, com 57% das minas), Pará e Rondônia;
- c) cassiterita primária: oito minas no total, nos estados de Amazonas, Minas Gerais, Pará, Rondônia e São Paulo;
- d) cassiterita secundária: Rondônia e Pará;
- e) tântalo (columbita-tantalita) – primário: seis minas no total, nos estados de Amazonas, Minas Gerais, Paraíba, Rio Grande do Norte e Rondônia;
- f) nióbio (columbita-tantalita) – primário: Rondônia (oito minas) e Amazonas (duas minas);
- g) nióbio (columbita-tantalita) – secundário: apenas uma mina em Itapuã do Oeste, Rondônia, associada à cassiterita;
- h) scheelita: Rio Grande do Norte (seis minas) e Pará (duas minas);
- i) ilmenita: Goiás (quatro minas), Minas Gerais (duas minas) e Paraíba (duas minas de grande porte).

Os dados do AMBweb são baseados no RAL, em que os mineradores são obrigados a informar o destino de até 80% de sua produção total. A Tabela 25 apresenta os valores reportados ao AMBweb, base 2015, para a exportação de minerais metálicos.

Tabela 25 – Exportação por substância segundo AMBweb

Substância AMB	Mercado externo (t)	Mercado interno (t)	Total (t)	Exportação %
Cassiterita – Primária	109.083	124.789	233.872	47
Cassiterita – Secundária	687.521	3.752.202	4.439.723	15
Ilmenita	2.266	54.927	57.192	4
Nióbio (Columbita-Tantalita) – Primária	-	396	396	0
Nióbio (Columbita-Tantalita) – Secundária	-	56	56	0
Ouro – Primário	45	1	46	98
Ouro – Secundário		4,7	4,7	0
Tântalo (Columbita-Tantalita) – Primário	84	4	89	95
Scheelita	247	155	402	62

Fonte: BRASIL (2016)

Para a análise dos destinos nacionais da produção dos minerais metálicos, as substâncias foram agrupadas da seguinte forma:

- a) cassiterita: cassiterita (primária) + cassiterita (secundária);
- b) nióbio: nióbio (columbita-tantalita) – primário + nióbio (columbita-tantalita) – secundário;
- c) tântalo: tântalo (columbita-tantalita) – primário.
- d) ouro: ouro (primário) + ouro (secundário).

A Tabela 26 apresenta os resultados da análise quanto aos destinos da produção dos minerais metálicos. Nota-se que a maior parte da produção de cassiterita, nióbio e ouro permanece no próprio estado da origem, indicando que o beneficiamento é feito geograficamente baseado no local da mineração. Além disso, destaca-se que, em Rondônia, cerca de 71,8% da produção de cassiterita permanece no estado no Pará, 23% da produção permanecem no estado. Quanto à Paraíba, cerca de 74,4% de sua produção de concentrado de ilmenita vai para a Bahia – uma das maiores empresas produtoras mundiais de ilmenita está localizada no município de Mataraca (PB), e o mineral extraído é utilizado para a produção de pigmentos para tintas, no município de Camaçari (BA).

Tabela 26 – Rotas origem-destino dos bens metálicos segundo AMBweb

Substância (*)	Estado de origem	Estado de destino	% da produção da substância
Cassiterita	Rondônia	Rondônia	71,8
Cassiterita	Pará	Rondônia	23,0
Cassiterita	Rondônia	São Paulo	1,1
Cassiterita	Pará	Santa Catarina	1,0
Cassiterita	Pará	Minas Gerais	0,9
Cassiterita	Minas Gerais	Minas Gerais	0,8
Cassiterita	Pará	São Paulo	0,5
Cassiterita	São Paulo	Minas Gerais	0,4
Cassiterita	Amazonas	São Paulo	0,3
Cassiterita	Minas Gerais	São Paulo	0,1
Cassiterita	Pará	Pará	>0,1
Ilmenita	Paraíba	Bahia	74,4
Ilmenita	Rio de Janeiro	São Paulo	11,3
Ilmenita	Paraíba	São Paulo	9,6
Ilmenita	Goiás	Goiás	3,3
Ilmenita	Goiás	Distrito Federal	1,2
Ilmenita	Rio de Janeiro	Minas Gerais	0,2
Ilmenita	Rio de Janeiro	Santa Catarina	>0,1
Nióbio	Rondônia	Rondônia	60,4
Nióbio	Rondônia	Minas Gerais	36,1
Nióbio	Rondônia	São Paulo	3,1
Nióbio	Amazonas	Amazonas	0,4
Ouro	Mato Grosso	Mato Grosso	75,1
Ouro	Rondônia	Rondônia	12,7
Ouro	Pará	São Paulo	5,5
Ouro	Mato Grosso	São Paulo	2,2
Ouro	Goiás	São Paulo	1,6
Ouro	Amazonas	São Paulo	1,2
Ouro	Pará	Pará	0,5
Ouro	Rio Grande do Norte	São Paulo	0,5
Ouro	Tocantins	São Paulo	0,5
Ouro	Paraná	São Paulo	0,3
Ouro	Mato Grosso	Rio de Janeiro	>0,1
Ouro	Minas Gerais	Minas Gerais	>0,1
Tântalo	Rondônia	Minas Gerais	100,0
Tungstênio	Rio Grande do Norte	São Paulo	54,2
Tungstênio	Pará	São Paulo	41,9
Tungstênio	Pará	Rondônia	3,2
Tungstênio	Pará	Pará	0,6

(*) o formato dos dados constantes do AMBweb não permite a separação das quantidades produzidas pela MPE. Esta situação é particularmente relevante para o caso da Ilmenita.

Fonte: BRASIL (2016)

6. SÍNTESE DAS DISCUSSÕES

Para a elaboração do presente diagnóstico foram visitadas 45 unidades produtoras de minerais metálicos representando 231 minas ativas em lavra de substâncias metálicas (209 correspondem à definição de MPE aqui utilizada, apresentada na seção 1.1.), representando 22% do universo total.

No Relatório 7 (Banco de Dados Georreferenciado) encontra-se uma seção complementar intitulada Destaques das Campanhas de Campo, que contém aspectos relevantes encontrados pelas equipes ao longo das 35 campanhas de campo do Projeto, incluindo observações e comentários qualitativos.

A seguir são apresentados os principais pontos de discussão gerados a partir dos dados primários das substâncias metálicas.

Um aspecto crítico e fundamental da MPE de substâncias metálicas é a ausência de controle geológico da operação, conforme apresentado no item 3.8.1 deste relatório. Este poderia ser considerado um indicador de qualidade da operação, uma vez que reflete o nível de atenção das empresas quanto às características do depósito em seu planejamento operacional. A ausência de controle geológico é um dos principais problemas para o desenvolvimento técnico e o avanço do processo produtivo da lavra de substâncias metálicas.

Outro importante desafio da gestão operacional está relacionado ao uso de explosivos, que foi destacado como um aspecto crítico em todas as operações visitadas, como informado no item 3.8.2 deste relatório. A falta de conscientização dos mineradores e de treinamento adequado dos operadores, quanto à guarda e ao emprego dos explosivos, pode gerar consequências graves na operação e colocar em risco os indivíduos que estiverem perto das áreas de produção.

As principais observações feitas durante as campanhas de campo refletem a preocupação dos mineradores quanto ao papel e à atuação dos órgãos públicos relativos às suas atividades. A percepção de grande parte dos mineradores visitados é que essa atuação pode ser aprimorada, com o desenvolvimento de ações voltadas para a promoção e o incentivo à produção minerária. O apoio dos órgãos públicos é considerado fundamental para o desenvolvimento de uma atividade responsável e sustentável na MPE.

Podem ser destacados os seguintes comentários que se aplicam ao grupo de substâncias metálicas:

- A demora no avanço e o tempo de aprovação dos requerimentos junto à ANM são considerados obstáculos para um melhor desenvolvimento da MPE. Isso foi observado especialmente nas seguintes campanhas: campanha 3 (Porto Velho e região), em operações de ouro e cassiterita; campanha 4 (Itaituba e região), em operações de ouro; campanha 8 (Marabá, Parauapebas e região), em operações de ouro; campanha 11 (Tocantins), em operações de ouro; e na campanha 15 (Campina Grande, Seridó e região) em operações de tantalita.
- Muitos mineradores informais querem se regularizar, mas não há orientação e nem incentivos por parte dos órgãos competentes para que isto ocorra. Os órgãos fiscalizadores são vistos como órgãos punitivos e não orientadores das melhores práticas a serem seguidas pela mineração. Esta situação foi particularmente observada nas operações de ouro da campanha 4 (Itaituba e região) e da campanha 6 (Peixoto e região).
- A expectativa de maior integração entre os órgãos reguladores e fiscalizadores foi especificamente abordada pelos mineradores na campanha 7 (Cuiabá e região) em operações de ouro, onde foi observada uma atuação proativa da Companhia Mato-Grossense de Mineração (METAMAT) no apoio à atuação da MPE na região.
- A atuação de mineradores irregulares é vista como um problema: eles são vistos como prejudiciais ao mercado e aos preços do produto. Além disso, tendem a criar passivos ambientais. Esta visão foi mencionada por diversas operações regularizadas de ouro nas campanhas 4 (Itaituba e região) e 6 (Peixoto e região);
- Quando os órgãos públicos se fazem presentes de forma proativa, os mineradores são encorajados a operar conforme as normas de saúde, segurança e meio ambiente. Essa situação foi evidenciada nas visitas da campanha 7 (Cuiabá e região).

Outros desafios destacados nas visitas em operações de substâncias metálicas incluem o acesso à tecnologia, mencionado em sete das nove campanhas de metálicos, e o fornecimento de energia, mencionado em cinco das campanhas. Em termos percentuais, 10 das 45 operações visitadas de metálicos, 22%, indicaram o acesso à tecnologia como o seu principal desafio, enquanto o fornecimento de energia foi mencionado em 9% das visitas realizadas em metálicos, conforme discutido no item 3.6 “Desafios reconhecidos para produção”, deste relatório.

Como mencionado no item 5.1 “Características tecnológicas das cadeias produtivas”, existe uma resistência do minerador no uso de novas tecnologias para melhoria de processos, em especial quanto à amalgamação do ouro.

Os dados de campo indicam que os mineradores de ouro continuam empregando a amalgamação como forma de recuperação do material. Os motivos deste fenômeno são conhecidos e explicados em inúmeras publicações (VEIGA, 1997; STECKLING et al. 2017). Alguns desses motivos são: o fácil acesso ao mercúrio, a simplicidade no emprego da técnica de amalgamação, o baixo custo e o baixo nível tecnológico envolvidos, o conservadorismo dos operadores, bem como a resistência às mudanças, às inovações e às novas tecnologias.

Como ocorre com as demais demandas de mudança tecnológica na mineração artesanal, a evolução da recuperação do ouro com mercúrio para a cianetação, ou outras tecnologias mais eficientes, depende de esforços de capacitação e conscientização dos mineradores. Para isso faz-se necessária uma abordagem integrada entre produtores, fornecedores de tecnologia, órgãos fiscalizadores, órgãos públicos de fomento à produção industrial e de financiamento e consumidores finais, entre outros. As associações e cooperativas, como abordado anteriormente, têm papel fundamental na viabilidade dessas ações.

Quanto à cooperação entre os agentes das cadeias produtivas no setor de metálicos, foi identificada a presença de intermediários na comercialização dos produtos. As operações poderiam se beneficiar de um maior grau de cooperação na venda e na valorização de seus produtos se fossem organizadas por cooperativas e não individualmente. Foi constatada a utilização de operações formais para justificar a produção e comercialização de lotes ilegais de concentrados produzidos em outros locais e regiões.

Conforme os resultados apresentados no item 3.7, um dos principais desafios apontados pelos mineradores do setor de minerais metálicos diz respeito ao fornecimento de energia, tanto em termos de disponibilidade, quanto de qualidade do fornecimento. Muitas operações dependem de energia elétrica para atividades básicas de seus empreendimentos, incluindo lavra (especialmente subterrânea) e beneficiamento mineral, entre outras.

O nível de tecnologia utilizada nos processos produtivos da MPE, tanto de lavra, como de beneficiamento e de gestão do negócio, é em geral baixo. A falta de inserção tecnológica acaba afetando a eficiência e a gestão lucrativa das operações, gerando desperdício e oferecendo riscos à operação, ao meio ambiente e aos trabalhadores.

Na maioria das operações visitadas, constatou-se que a atuação dos profissionais responsáveis técnicos pelos processos restringe-se aos processos burocráticos exigidos pela lei, não havendo envolvimento em qualquer assistência técnica aos mineradores. O profissional, nesses casos, apenas acompanha remotamente os processos junto à ANM, sem contribuir para o aprimoramento dos processos produtivos.

Em resumo, destacam-se os seguintes comentários com base nas entrevistas com os mineradores das unidades produtoras visitadas:

- a) A demora no avanço dos processos burocráticos é percebida como um dos principais desafios por parte dos mineradores;
- b) O tempo de aprovação dos requerimentos junto à ANM é um entrave para os negócios, chegando a paralisar operações e o andamento da lavra;
- c) Muitos mineradores informais querem se regularizar, mas não há orientação nem incentivos por parte dos órgãos competentes;
- d) Os órgãos fiscalizadores são vistos como órgãos punitivos, e não orientadores das melhores práticas a serem seguidas na mineração;
- e) Existe uma preocupação frequente com a falta de padronização dos procedimentos pelos fiscais. Por um lado, há muito respeito pelos técnicos especializados que conhecem os aspectos operacionais

específicos da atuação dos mineradores. Por outro, é destacada a frequente falta de qualificação de alguns técnicos responsáveis pela fiscalização;

- f) De forma geral, há uma percepção por parte dos mineradores que existem dificuldades na comunicação entre os órgãos públicos, especialmente quando é necessidade de solicitar anuência de outros órgãos para a aprovação de requerimentos;
- g) A atuação de mineradores ilegais é vista como um problema, pois prejudica o mercado e os preços do produto, e tende a criar passivos ambientais;
- h) O apoio dos órgãos públicos é considerado fundamental para o desenvolvimento de uma atividade responsável e sustentável na mineração.

7. RECOMENDAÇÕES

As recomendações propostas baseiam-se nas informações levantadas durante as campanhas de campo realizadas pelas equipes do Projeto META MPE, seguindo a metodologia descrita no Capítulo 2 deste volume. Assim, as equipes de campo puderam identificar, nas visitas a operações de MPE de todo o país, os aspectos críticos referentes à formalidade na concessão minerária, saúde e segurança ocupacional, licenciamento ambiental, mercado produtor e consumidor, cadeia de valor, infraestrutura e logística, mão de obra e outros assuntos. Os pontos críticos foram considerados “oportunidades identificadas” para a apresentação das recomendações a seguir, que incluem os caminhos para a formulação e implementação de políticas públicas.

Problema identificado: a competitividade dos empreendimentos da MPE de substâncias metálicas é prejudicada porque uma parte dos mineradores não consegue agregar valor à sua produção e, portanto, comercializa apenas os concentrados de minério, em alguns casos, intermediários e não finais. Alguns exemplos desse tipo de abordagem incluem o modelo *International Training Centre for Artisanal Miners* (ITCAM) de instalação de centros integrados de beneficiamento de minério, conforme relatado por Meech et al. (2014).

Recomendação e caminhos: o MME deve incentivar a implantação de arranjos de trabalho cooperativo na cadeia de produção da MPE de substâncias metálicas, com o apoio de Instituições de Pesquisa Científica e Tecnológica (ICTs), que permita o desenvolvimento de estudos de caracterização das jazidas minerais de forma a possibilitar um aproveitamento mais racional das reservas e agregar valor à produção. Esta agregação de valor pode ser realizada por meio de tecnologias já existentes e outras, mais sofisticadas, com os investimentos necessários advindos de linhas de créditos e financiamento. Outra possibilidade é a formação de parcerias para trabalhar em colaboração e no desenvolvimento de novos produtos e na instalação de usinas de beneficiamento compartilhadas entre diversos produtores.

Oportunidade identificada: os mineradores devem adotar métodos mais eficientes, limpos e competitivos para o tratamento dos minérios metálicos. Além do benefício econômico, essas práticas contribuirão para a redução dos impactos a saúde e segurança dos trabalhadores e para mitigar os impactos ambientais nas comunidades locais.

Recomendação e caminhos: no primeiro momento, o MME deve realizar uma avaliação crítica dos programas sobre práticas de agregação de valor e tecnologias limpas na MPE de substâncias metálicas, que foram desenvolvidos nos últimos 15 anos, de acordo com o levantamento apresentado no item 8.3 (Políticas públicas e entraves nos últimos 15 anos) do Relatório do Produto 2. Essa iniciativa deverá ser organizada em conjunto pela SGM/MME, a ANM/MME e o CETEM/MCTIC, que poderão convidar universidades, ICTs, cooperativas, sindicatos e todos os interessados no assunto. Essa avaliação poderá fornecer subsídios para formulação de um Plano Nacional de Apoio à MPE.

Oportunidade identificada: estabelecer modelos de certificação internacional, como, por exemplo, os programas Ouro Verde, Ouro Ético, *Fair Trade Gold* (CHILDS, 2008) e *Better Gold Initiative*. Outros exemplos de ações são promovidos pela *Alliance for Responsible Mining*, *Human Rights Watch* e *Greenpeace*. Esses modelos orientam a elaboração de guias de práticas sustentáveis, informando as organizações associativas e os produtores de ouro quanto à adoção de métodos mais eficientes, socialmente aceitáveis e ecologicamente compatíveis.

Recomendação e caminhos: o MME deve fortalecer o uso controlado do mercúrio e a sua substituição gradativa por outras tecnologias, no contexto do Plano de Ação Nacional para a Convenção de Minamata, articulando com os diferentes atores envolvidos neste processo.

Oportunidade identificada: as substâncias columbita-tantalita e scheelita são minerais importantes para a MPE no Brasil. No entanto, em muitos casos os processos de beneficiamento, quando existentes, restringem-se ao fornecimento de pré-concentrados com valor de mercado reduzido.

Recomendação e caminhos: o MME deve incentivar a inserção tecnológica para a melhoria nos processos de beneficiamento mineral, para produzir concentrados de maior valor agregado.

8. CONCLUSÕES

A análise dos dados coletados sobre as substâncias metálicas demonstrou o papel importante da MPE na produção desses bens para o setor mineral brasileiro. Em particular, algumas substâncias minerais metálicas, como tântalo, tungstênio e nióbio (não originado do pirocloro) são obtidas a partir de minerais cuja produção no Brasil depende quase que exclusivamente da MPE. Por exemplo, as informações levantadas neste relatório mostram que a MPE responde por 100% da produção de tungstênio, aproximadamente 95% da produção de tântalo (oriundo da columbita-tantalita. Quanto ao nióbio com origem na columbita-tantalita, 83% dos concentrados deste tipo de minério são oriundos da MPE.

Além dos aspectos estratégicos das substâncias metálicas produzidas pela MPE, o levantamento indicou que esse setor representa uma importante fonte de empregos diretos e indiretos, especialmente em comunidades localizadas em regiões onde há um número menor de oportunidades de emprego. De acordo com dados do IBGE e do AMBweb referentes ao ano de 2015, a MPE das substâncias metálicas oferece mais de 21 mil empregos diretos em regiões localizadas fora dos grandes centros urbanos. Em relação ao perfil dos trabalhadores desse setor, os dados de campo mostram que apenas 1% dos trabalhadores têm nível superior e que, em muitos casos a atuação destes limita-se à tramitação dos processos legais. Quanto ao gênero, nas 68 minas visitadas, 5% dos trabalhadores são mulheres.

O principal desafio detectado pela equipe do Projeto, qual seja, a inserção tecnológica nos processos produtivos, depende fundamentalmente de acesso ao crédito e capacitação dos mineradores. Nesse sentido, é essencial que o governo reconheça a importância da MPE de substâncias metálicas, atuando com políticas públicas na criação de incentivos e linhas específicas de crédito para esse segmento e no desenvolvimento de programas de capacitação.

Dados adicionais de campo mostram a capacidade de auto avaliação do minerador quanto às deficiências relativas à situação legal/ambiental e à utilização de insumos. No que diz respeito às condições ambientais, as campanhas e esforços governamentais de educação parecem ter contribuído para uma maior conscientização dos mineradores. Já em relação às condições legais, os resultados

indicam que os mineradores da MPE estão cientes de suas obrigações perante os órgãos reguladores, mesmo levando em conta as já mencionadas dificuldades em termos de custo e burocracia.

Com a relação à informalidade, foi relatado pelos entrevistados que a burocracia dos órgãos responsáveis pela regularização dos direitos minerários e pela obtenção da licença ambiental está entre os principais limitadores para formalização das operações.

O desenvolvimento da MPE de substâncias metálicas é importante para o avanço da mineração brasileira, seja para substituição de metais importados, exportação ou desenvolvimento de cadeias produtivas na região ou no país. Nesse contexto, é essencial que o governo conheça e contribua com políticas públicas por meio de iniciativas que promovam a difusão de conhecimentos técnicos, apoio legal aos mineradores, acesso a tecnologias limpas e eficientes e possibilidades reais para obtenção de crédito e financiamento, conforme demonstrado pelos dados levantados no Projeto META MPE.

Por fim, este relatório apresentou um conjunto de recomendações direcionadas aos aspectos críticos identificados pela equipe do projeto como os principais desafios para a atuação e para o desenvolvimento sustentável da MPE de substâncias metálicas no Brasil. Além disso, foram identificadas algumas oportunidades para auxiliar esse setor a enfrentar os obstáculos constatados nas operações visitadas e nas entrevistas realizadas pela equipe do projeto, destacando-se o apoio pelo MME na discussão e formulação de um Plano Nacional de Apoio à MPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANORO. **Conheça seus direitos e deveres e seja um garimpeiro legal**. (S.I): Associação Nacional do Ouro, [2014]. (cartilha) Disponível em: <http://www.anoro.com.br/wp-content/uploads/GIBI_ANORO_Site.pdf>. Acesso em: maio de 2017.

ARAÚJO NETO, H. A. **Perfil do Ouro**. J. Mendo Consultoria, 2009 (Relatório técnico 28). Disponível em: <http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P19_RT28_Perfil_do_Ouro.pdf>. Acesso em: março de 2017

BALZINO, M.; SECCATORE, J.; MARIN, T.; DE TOMI, G.; VEIGA, M. M. Gold losses and mercury recovery in artisanal gold mining on the Madeira River, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v, 102, p. 370-377, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.012>>. Acesso em: maio de 2018.

BARROS, A. J. P. **Granitos da região de Peixoto de Azevedo – Novo Mundo e mineralizações auríferas relacionadas – Província Aurífera Alta Floresta (MT)**. 2007. Tese (Doutorado em Metalogênese) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/287713>>. Acesso em: março de 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração. **Termo de Referência n° 30**. Contratação de Consultoria para Realizar o Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1869028/Termo+de+Refer%C3%Aancia+30.pdf/0283d3c1-32f7-4bd6-afbe-832cd021204a>>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Serviço de Informação ao Cidadão do Departamento Nacional de Produção Mineral. **Dados do sistema AMBweb**. Brasília, 2016. 2 CD-ROM. Documento acessível mediante autorização da instituição.

CANO, T. M.; COSTA, J. L.; NESI, J. R. Tungstênio. In: **Economia Mineral do Brasil**. Brasília: DNPM, 2009, p. 148-170. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/3-4-tungstenio/view>>. Acesso em: novembro de 2017.

CARNEIRO, T. Nióbio – Desenvolvimento tecnológico e liderança. In: MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G. (organizadores). **Recursos Minerais no Brasil – problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 60-67. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>>. Acesso em: novembro 2017.

CHAVES, A. P. **Uso de mercúrio**. [2013]. Disponível em: <<https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/uso-de-mercúrio/>>. Acesso em: novembro de 2017.

CHILDS, J. Reforming small-scale mining in sub-Saharan Africa: Political and ideological challenges to a Fair Trade gold initiative. **Resources Policy**, v. 33, n. 4, p. 203-209, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2008.08.002>>. Acesso em: maio de 2018.

CPRM. **Áreas de Relevante Interesse Mineral no Brasil**. Base cartográfica digital. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Recursos-Minerais/Recursos-Minerais-do-Brasil/Projeto-Areas-de-Relevante-Importancia-Mineral-no-Brasil-1319.html>>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Balanco Mineral Brasileiro**, Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001>>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2007.pdf/view>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2008.pdf/view>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2009.pdf>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2010.pdf>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Sumário Mineral 2011**. Brasília v. 31, 2012. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2011>>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Sumário Mineral 2012**. Brasília, v. 32, 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2012>>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Sumário Mineral 2013**. Brasília, v. 33, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2013>>. Acesso em: março de 2017.

DNPM. **Sumário Mineral 2014**. Brasília, v. 34, 2015. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em: maio de 2018.

DNPM. **Sumário Mineral 2015**. Brasília, v. 35, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>. Acesso em: maio de 2018.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais substâncias metálicas**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>>. Acesso em: março de 2017.

GUNSON, A. J.; KLEIN, B.; VEIGA, M.; DUNBAR, S. Reducing mine water requirements. **Journal of Cleaner Production**, v. 21, n. 1, p. 71-82, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.020>>. Acesso em: maio de 2018.

HILSON, G. 'Constructing' Ethical Mineral Supply Chains in Sub-Saharan Africa: The Case of Malawian Fair Trade Rubies. **Development and Change**, v. 45 n. 1, p. 53-78, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/dech.12069>>. Acesso em: março de 2017.

HRUSCHKA, F., ECHAVARRÍA, C. **Rock-solid chances for responsible artisanal mining**. Medellín: Alliance for Responsible Mining (ARM), 2011. 29 p. (ARM Series on Responsible ASM, n. 3). Disponível em: <[http://www.womin.org.za/images/impact-of-extractive-industries/women-and-artisanal-mining/Alliance for Responsible Mining - Chances for Responsible Artisanal Mining.pdf](http://www.womin.org.za/images/impact-of-extractive-industries/women-and-artisanal-mining/Alliance%20for%20Responsible%20Mining%20-%20Chances%20for%20Responsible%20Artisanal%20Mining.pdf)>. Acesso em: março de 2017.

KORNELIUSSEN, A.; MCENROE S. A.; MILSSON, L. P.; SCHIELLERUP, H.; GAUTNEB, H.; MEYER, G. B.; STORSETH, L. R. An overview of titanium deposits in Norway. **Norges Geologiske Undersøkelse**, v. 436, p. 27-38, 2000. Disponível em: <http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Bulletin/Bulletin436_27-38.pdf>. Acesso em: novembro de 2017

KÜTTER, V. T.; CASTILHOS, Z. C. Inventário do uso e emissões de mercúrio em mineração artesanal de pequena escala de ouro no Brasil (resultados preliminares). In: JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA DO CETEM, 6. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. p. 105-111. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2094>>. Acesso em: maio de 2018.

LEAL, J. W. L.; SILVA NETO, C. S.; EYBEN, H. S. Z.; GONÇALVES, H.S.; AMARAL, J. A. F.; PASTANA, J. M. N.; JOÃO, X. S. J.; WANDERLEY, L. C. R.; SENA, R. R.; MONTEIRO, I. A. R.; PENHA, J. R.; LEÃO, E. R. L.; CARVALHO, A. D.; SASTRES, M. C. E.; SANTOS, G.; SANTOS, P. S. F.; SILVA, A. R. B.; BRAGA, J. B. P.; PEREIRA, M. S. M.; AMORIM, M. S.; CASTRO, I. L.; MERA, G.G. J.; BAYMA, M. S. S. **Programa de integração mineral do município de Itaituba**. Brasília: CPRM, 1996. 157 p. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/9989>>. Acesso em: março de 2017.

LIMA, J. M. G. **Perfil da Mineração da Tantalita**. J. Mendo Consultoria, 2009b (Relatório técnico 29). Disponível em: <http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P19_RT29_Perfil_da_Minerao_da_Tantalita.pdf>. Acesso em: março de 2017.

LIMA, J. M. G. **Perfil da Mineração do Estanho**. J. Mendo Consultoria, 2009a (Relatório técnico 27). Disponível em: <http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P18_RT27_Perfil_da_Minerao_do_Estanho.pdf>. Acesso em: março de 2017.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 990p. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/522>>. Acesso em: maio de 2017.

MACEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. L. S.; FREITAS, A. F.; FREITAS, A.F. Nem tudo que reluz é ouro. Os desafios de cooperativas minerais em Minas Gerais. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 14, n. 36, p. 220-248, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.21527/2237-6453.2016.36.220-248>>. Acesso em: maio de 2018

MATOS, G. M. M.; MELLO, I. S. C.; GONÇALVES, J. H. C. **Áreas de relevante interesse mineral no Brasil – ARIM**. Belo Horizonte: Belo Horizonte, 2009. 70 p. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/10585>>. Acesso em: novembro de 2017.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.

MEECH, J.A., VEIGA, M., ANGELOCI, G. **Changing the habits of artisanal miners**. In: SHECHTMAN INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Cancun, México, 2014.

MELO, R. O. F. **A mineração artesanal e de pequena escala em pegmatitos e cerâmica no município de Parelhas, região do Seridó / Rio Grande do Norte**. 2011. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/18499/1/RodrigoOFM_DISSERT.pdf>. Acesso em: maio de 2018.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Construção de Cenários e Indicadores orientados ao Ordenamento Territorial Geomineiro**. Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas (Artex), 2008.

NAP.Mineração/USP. **Banco de dados das visitas de campo do Projeto Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (MPE)**. São Paulo, 2017. Paginação irregular. Documento acessível mediante autorização da instituição.

OCB. **Cartilha do Acordo de Minamata**. Brasília: Sistema OCB, 2017. (Série Informação Mineral). Disponível em: <<http://api.somoscooperativismo.coop.br/portal/arquivopublicacao/arquivo/get/45>>. Acesso em: maio de 2017.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração. **Plano de Mineração do Estado do Pará 2014-2030**, 2011. Disponível em: <<http://sedeme.com.br/portal/download/pem-2030.pdf>>. Acesso em: maio de 2017.

SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. Calcário e dolomito. In: **Rochas & minerais industriais: usos e especificação**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. Parte II. Cap. 15. p. 327-350. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1051>>. Acesso em: novembro de 2017.

SANTOS, J. F. **Perfil da Mineração do Titânio**. J. Mendo Consultoria, 2010 (Relatório Técnico 36). Disponível em: <http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P16_RT36Perfil_do_Titxnio.pdf>. Acesso em: mar. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Mineração. Março / 2018. **Boletim Energético**. São Paulo, SP, v. 1., abril de 2018. Disponível em: <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/BiblioVirtual/diversos/boletim_energetico.pdf>. Acesso em: maio de 2018.

SOUSA, R. M. F.; DA SILVA, T. A. R.; ALMEIDA, J. C.; GUERRA, W. Tântalo: Breve histórico, propriedades e aplicações. **Educación Química**, 24(3), 343-346. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72484-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72484-4)>. Acesso em: novembro de 2017.

STECKLING, N.; TOBOLLIK, M.; PLASS, D.; HORNBERG, C.; ERICSON, B.; FULLER, R.; BOSE-O'REILLY, S. Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining. **Annals of Global Health**, v. 83, n. 2, p. 234-247, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.12.005>>. Acesso em: maio de 2018.

UNEP. **The Minamata Convention on Mercury and its implementation in the Latin America and Caribbean region** Montevideu, 2014. Disponível em: <http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/report_Minamata_LAC_EN_FINAL.pdf>. Acesso em: maio de 2018.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2015**. Reston, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3133/70140094>>. Acesso em: fevereiro de 2018

USGS. United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2018**. Reston, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3133/70194932>>. Acesso em: fevereiro de 2018

VEIGA, M. M. **Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution in Latin America**. Rio de Janeiro: UNIDO, UBC, CETEM, CNPq, 1997. 94 p. Disponível em: <<http://www.ais.unwater.org/ais/aism/getprojectdoc.php?docid=409>>. Acesso em: março de 2017.

WALLE, M.; JENNINGS, N. **Safety & health in small-scale surface mines, a handbook**. Genebra: International Labour Office, 2001, 51 p. (Sectorial Activities Programme, Working Paper 168). Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/publication/wcms_162738.pdf>. Acesso em: março de 2017

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão conceitual de mineração em micro, pequena e média escala, e mineração artesanal.....	26
Figura 2 – Dados utilizados e processo de sua verificação.....	29
Figura 3 – Participação, em porcentagem, da produção da MPE na massa comercializada no Brasil em 2015 no segmento dos minerais metálicos.....	31
Figura 4 – Coleta de dados em uma pedreira de calcário em São Paulo (SP).....	36
Figura 5 – Minas de substâncias metálicas cadastradas no banco de dados AMBweb em 2015 e seus respectivos regimes junto ao DNPM.....	40
Figura 6 – Distribuição das visitas de campo do Projeto META MPE, por região brasileira (esquerda) e por grupo de substâncias (direita).....	44
Figura 7 – Perfil das unidades produtoras visitadas pelo Projeto META MPE.....	45
Figura 8 – Perfil das unidades produtoras de minerais metálicos visitadas.....	48
Figura 9 – Métodos de lavra.....	52
Figura 10 – Métodos de lavra a céu aberto.....	53
Figura 11 – Técnicas de escavação a céu aberto.....	54
Figura 12 – Método de carregamento na lavra a céu aberto.....	54
Figura 13 – Lavra por desmonte hidráulico de depósito de sedimentos não coesos em Peixoto de Azevedo (MT).....	55
Figura 14 – Transporte de material em polpa por dragagem e sucção em Peixoto de Azevedo (MT).....	56
Figura 15 – Tipos de transporte utilizado a céu aberto.....	56
Figura 16 – Talude irregular, sem medidas de controle de estabilidade em Nossa Senhora do Livramento (MT).....	57
Figura 17 – Talude com evidências de erosão e escorregamento em Nova Guarita (MT).....	57
Figura 18 – Distribuição do método de carregamento subterrâneo.....	59
Figura 19 – Distribuição do método de transporte subterrâneo.....	59
Figura 20 – Guincho para transporte vertical de material e pessoas em Novo Horizonte (BA).....	59
Figura 21 – Ferramentas básicas da mineração manual subterrânea em Novo Horizonte (BA).....	59
Figura 22 – Cunha instável observada em uma das visitas em minas subterrâneas, Currais Novos (RN).....	61
Figura 23 – Balsa em operação com flutuantes em aço e estrutura em madeira, Alta Floresta (MT).....	62
Figura 24 – Dragas em operação com flutuantes e estrutura em aço, Porto Velho (RO).....	63
Figura 25 – Draga em operação, Porto Velho (RO).....	63
Figura 26 – Sistema de respiração de um mergulhador, Paranaíta (MT).....	64
Figura 27 – Destino da produção de minerais metálicos como um todo.....	65
Figura 28 – Distribuição do destino da produção de ouro.....	65
Figura 29 – Destino da produção de outros minerais metálicos (exceto ouro).....	65
Figura 30 – Rotas de escoamento e infraestrutura logística a partir das informações e observações obtidas no campo.....	66
Figura 31 – Distribuição da mão de obra, por categoria de atividade, na MPE do setor de minerais metálicos.....	70
Figura 32 – Média de idade dos trabalhadores nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas (n=45).....	71

Figura 33 – Regimes de trabalho nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas	72
Figura 34 – Nível de escolaridade dos trabalhadores nas operações visitadas da MPE de substâncias metálicas que informaram escolaridade	72
Figura 35 – Operador próximo à área de operação da escavadeira, em condição de risco, Peixoto de Azevedo (MT)	74
Figura 36 – Situação de risco devido ao manuseio e carregamento de explosivos, Equador (RN).....	74
Figura 37 – Condições gerais de manutenção dos equipamentos de lavra.....	75
Figura 38 – Grau de cooperação entre os agentes da cadeia produtiva	76
Figura 39 – Principais desafios identificados pela equipe técnica	80
Figura 40 – Principais desafios identificados pelos entrevistados	80
Figura 41 – Oportunidades/obstáculos para agregação de valor nas regiões da pesquisa	81
Figura 42 – Método de controle geológico	85
Figura 43 – Uso inadequado de caixa de testemunhos de sondagem, Guarantã do Norte (MT).....	87
Figura 44 – Galpão padrão de armazenamento de testemunhos de sondagem, Peixoto de Azevedo (MT)	87
Figura 45 – Explosivos de fabricação artesanal, Equador (RN)	88
Figura 46 – Instalações de manipulação de mercúrio. Peixoto de Azevedo (MT)	92
Figura 47 – Retorta para queima de amálgamas de mercúrio, Peixoto de Azevedo (MT)	93
Figura 48 – Estimativa de vida útil das minas de ouro (primário e secundário).	100
Figura 49 – Produção total de ouro no Brasil entre 2009 e 2015	101
Figura 50 – Distribuição dos preços de ouro (primário, dados do RAL).	103
Figura 51 – Distribuição dos preços de ouro (secundário, dados do RAL).	103
Figura 52 – Estimativa de vida útil das minas de cassiterita (primária e secundária).	106
Figura 53 – Produção de estanho no Brasil 2009-2015	107
Figura 54 – Preços do estanho no período de janeiro / 2009 até janeiro / 2017.....	108
Figura 55 – Produção e consumo mundial de estanho primário e secundário.	109
Figura 56 – Distribuição dos preços de cassiterita (primária).	109
Figura 57 – Distribuição dos preços de cassiterita (secundária)	110
Figura 58 – Estimativa de vida útil das minas de tântalo e nióbio primários.	113
Figura 59 – Produção de tântalo no Brasil 2009-2014	114
Figura 60 – Produção beneficiada total de nióbio no Brasil (pirocloro e columbita-tantalita)	115
Figura 61 – Estimativa de vida útil das minas de tungstênio	117
Figura 62 – Produção de tungstênio no Brasil 2007-2014.....	118
Figura 63 – Estimativa de vida útil das minas de ilmenita.	121
Figura 64 – Produção de titânio (ilmenita) no Brasil 2010-2015.	122
Figura 65 – Metodologia de amostragem proporcional.	155
Figura 66 – Mapa síntese do Relatório 4	171

LISTA DE TABELAS

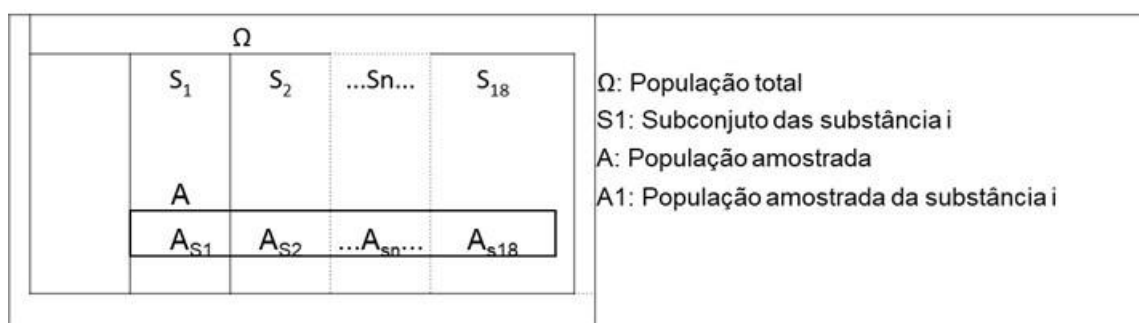
Tabela 1 – Organização dos dados coletados e analisados neste relatório	28
Tabela 2 – Correlação entre substâncias pesquisadas pelo projeto e a correspondente nomenclatura AMB	30
Tabela 3 – Grupos de variáveis mensuráveis e indicadores aplicados no trabalho de campo	33
Tabela 4 – Número de visitas por substância (exemplo da Região 1 – Norte)	35
Tabela 5 – Formulário padrão para elaboração do descritivo técnico das campanhas de campo.....	37
Tabela 6 – Quantidade de processos de direitos minerários de mina de substâncias metálicas no intervalo 2010 - 2015	40
Tabela 7 – Número de processos de direito minerário para extração de ouro envolvendo micro e pequenos empreendimentos, por estado	41
Tabela 8 – Número de minas visitadas durante os trabalhos de campo, por grupo de substância e por região.....	44
Tabela 9 – Formalidade das operações visitadas (metálicas, não metálicas, e diamante e demais gemas)	45
Tabela 10 – Indicadores geotécnicos em lavra subterrânea de metálicos.....	60
Tabela 11 – Insumos por tipo de lavra para substâncias metálicas.....	67
Tabela 12 – Consumo médio de água por substância lavrada.....	68
Tabela 13 – Porcentagem de utilização de EPI nas operações visitadas de minerais metálicos	73
Tabela 14 – Descrição dos desafios produtivos identificados nas visitas de campo	79
Tabela 15 – Métodos de controle geológico conforme o regime de autorização e concessão	86
Tabela 16 – Uso de explosivos por tipo de operação.....	88
Tabela 17 – Tipos de explosivos conforme o método de lavra nas minas de substâncias metálicas visitadas.....	89
Tabela 18 – Utilização de mercúrio na concentração de ouro.....	91
Tabela 19 – Reservas minerais de ouro no Brasil.....	99
Tabela 20 – Quantidade e valor da produção beneficiada de ouro no Brasil em 2015 ...	102
Tabela 21 – Reservas minerais de estanho no Brasil	105
Tabela 22 – Reservas minerais de tântalo no Brasil	112
Tabela 23 – Preço médio de produtos de tantalita	115
Tabela 24 – Reservas de tungstênio no Brasil.....	117
Tabela 25 – Exportação por substância segundo AMBweb	133
Tabela 26 – Rotas origem-destino dos bens metálicos segundo AMBweb	134
Tabela 27 – Lista de variáveis/indicadores e forma de coleta	158
Tabela 28 – Listagem das campanhas de campo	166
Tabela 29 – Preços extremos excluídos da análise	167
Tabela 30 – Características dos trabalhadores do grupo de metálicos	172

ANEXO I – Metodologia e cálculo da população de amostragem

Metodologia da seleção da amostra

A metodologia de amostragem proporcional, exemplificada na Figura 65, segue as seguintes etapas:

Figura 65 – Metodologia de amostragem proporcional.



Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

- a) A primeira etapa considerou as cinco regiões do Brasil, de acordo com a classificação do IBGE (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul).
- b) Para cada região, foi definida uma listagem contendo os processos de direitos minerários, com base nos registros do RAL entregues ao DNPM. A listagem total é o Universo Estatístico de População (Ω) (Figura 5), base da amostragem.
- c) Dentro da listagem dos processos de direitos minerários, foram selecionados aqueles referentes a minas que lavram uma ou mais dentre as 18 substâncias constantes do Termo de Referência (TdR nº 30) do Projeto META MPE. Estes são os 18 subconjuntos (S_1 a S_{18}) apontados na Figura 94. A soma dos 18 subconjuntos é inferior ao total de minas com RAL entregues ao DNPM em cada uma das regiões, devido à existência de lavras de outras substâncias, não incluídas no TdR do Projeto META MPE.
- d) Em seguida, foi calculada a porcentagem dos direitos minerários referentes a cada substância com relação à listagem total destes. Este

cálculo indica a frequência de ocorrência dos elementos de cada subconjunto S_n no universo de população (Ω). A frequência é calculada pela seguinte fórmula:

$$f(S_n) = \Omega/N$$

- e) Foi então definida uma população total de amostragem (Figura 65) para cada área. Tal população define os números de processos a serem visitados durante cada viagem de campo. A definição deste valor considera questões logísticas e operacionais, com base na cronometragem média do tempo de preenchimento dos questionários do projeto, previamente mensurado em visitas de testes executadas pela equipe geomineira do projeto, em julho de 2016.
- f) A população de amostragem para cada substância A_n (número de visitas por processo, lavrando a substância n), é um subconjunto do conjunto A , de forma proporcional ao universo (Ω). A população é, portanto, determinada pela fórmula:

$$A_n = f(S_n) \cdot A$$

- g) Esta definição de amostragem é sujeita a ajustes de caráter prático. Os ajustes consideram a localização das ações de Extensionismo do DNPM, o mapa de localização de ARIMs (CPRM, 2009), fatores logísticos e meteorológicos, entre outros.

O universo estatístico de população (Ω), base da amostragem, foi definido pelo escopo contido no TdR nº 30, quando ao porte da mineração. A determinação do porte de cada mina foi feita de acordo com a classificação do DNPM, que tem por base a produção anual bruta (ROM) e que é apresentada na introdução deste relatório.

Agendamento de visitas

O agendamento prévio das visitas de campo foi feito por meio de ligações telefônicas. Para garantir a eficiência dos pesquisadores em campo, no espaço do NAP.Mineração, da Universidade de São Paulo, foi montada uma equipe

responsável pelo planejamento regional dos agendamentos. Primeiramente, foram levantados dados sobre possíveis locais de visita. Então, foram feitos os contatos telefônicos visando os agendamentos. É importante mencionar que grande parte dos contatos não geraram agendamentos. Houve diversos motivos para a recusa por parte dos mineradores, incluindo a desconfiança quanto à visita e o receio de que fossem apontadas em suas operações características consideradas incorretas. Em média, para cada 10 contatos realizados na tentativa de agendar visitas de campo, apenas 1 gerou uma visita de fato. Operações que recusaram ser visitadas pelos pesquisadores não foram analisadas, tendo sido, portanto, excluídas da amostragem e do estudo.

Em outras palavras, a amostra de minas visitadas foi formada sobretudo por operações que aceitaram receber a equipe de pesquisadores. Em vista disso, é importante notar que existe a possibilidade de que a amostragem apresente segurança e eficiência de lavra superiores ao cenário real da mineração.

Este viés parcial da amostragem pode ter sido equilibrado, até certo ponto, pela realização de visitas sem agendamento prévio. Estas são consideradas ajustes no campo e acontecem de forma imprevisível, por exemplo quando os mineradores indicam operações vizinhas ou de conhecidos na região, fornecendo contatos diretos dos donos da operação. Estes, por sua vez, aceitam visitas sem agendamento, por ter havido uma indicação por parte de pessoas de confiança (amigos, familiares, vizinhos, etc.). Desta forma, por meio de tais indicações foi possível visitar, também, operações informais.

ANEXO II – Lista de variáveis/indicadores e forma de coleta

Tabela 27 – Lista de variáveis/indicadores e forma de coleta

	Indicador	Forma de Coleta
Informação Geral	Coordenadas:	gravado pelo GPS do celular
	Tipo de Substância:	Minerais Metálicos; Minerais Não Metálicos; Gemas
	Minerais Metálicos:	Cassiterita (Estanho); Columbita (nióbio, tântalo, manganês); Ilmenita (ferro e titânio); Ouro; Scheelita (tungstênio); Tantalita (nióbio, tântalo)
	Minerais Não Metálicos:	Ardósia; Areia e Brita (construção civil); Argila (vermelha e refratária); Calcário; Caulim; Feldspato; Gipsita; Granito (Rocha Ornamental); Mica; Quartizito; Outros (abre texto livre)
	Gemas:	Diamantes; Demais Gemas (abre texto livre)
	Nome da Mina:	texto livre
	Razão Social:	texto livre
	Proprietário:	texto livre
	Número de Sócios:	numérico
	A Mina Funciona Desde Quando? (ano com 4 dígitos)	numérico
	Estado:	seleção das 27 UFs
	Município:	texto livre
	Caracterização da Mina:	Céu Aberto; Subterrânea; Subaquática
Outorga Mineral	Tipo:	Licenciamento; Concessão de lavra; Lavra Garimpeira (PLG); Registro de extração; Guia de utilização; Outros (abre texto livre)
	Número do DNPM (6 dígitos):	texto livre
	Ano (4 dígitos):	texto livre
	Titular:	texto livre
	Licenciamento Ambiental:	Sim; Não
	Ordenamento Territorial:	Sim; Não
Água	Consumo de Água (m³):	numérico
	Fornecedor ou Origem:	texto livre
Eletr.	Consumo de Eletricidade (kW/h):	numérico
	Fornecedor ou Origem	texto livre
	Voltagem:	Baixa Tensão; Média Tensão; Alta Tensão
	Tipo de Acesso:	Helicóptero; A pé; Quadriciclo; Veículo 4x4; Veículo com esteiras; Veículo normal; Avião
Produção	ROM (toneladas/ano)	numérico
	Comercialização (toneladas/ano)	numérico
	Produto / Preço (0)	texto livre / numérico (seleção da unidade do preço)
	Destino Final da Venda do Produto? (Verifique se a soma = 100%)	numérico: Local – Município da Lavra; Local – Municípios Vizinhos; Regional – UF da Lavra; Nacional – Brasil; Exportação
	Operações Unitárias	Britagem; Moagem; Peneiramento; Concentração Gravítica; Flotação; Desaguamento; Secagem; Outros (abre texto livre)
	Quais principais desafios na produção?	Tecnologia; Energia; Rota de Escoamento; Condições Legais; Condições Ambientais; Conflito Comunidade; Outros (abre texto livre)

		Qual o perfil do consumidor do seu produto?	Consumidor Final; Consumidor Próprio; Distribuidor; Outro (abre texto livre)
		Existem outras aplicações do seu produto que poderia agregar valor?	Sim; Não (caso positivo abre texto livre)
		Controle Geológico da Operação:	Nenhum; Visual nos afloramentos; De furos de produção; Amostragem; Sondagem
Minério		Tipo de Material:	Rocha Ígnea; Rocha Metamórfica; Rocha Sedimentar; Cobertura de Solo
		Nome Provável do Material:	Granitoides; Basalto; Carbonatos; Arenitos; Folhelhos; Gnaiss; Xisto/Filito; Areia; Argila; Solo orgânico
		Estrutura:	Falha; Fratura; Veio; Dobra; Maciço; Camadas Sedimentares
Estéril		Tipo de Material:	Rocha Ígnea; Rocha Metamórfica; Rocha Sedimentar; Cobertura de Solo
		Nome Provável do Material:	Granitoides; Basalto; Carbonatos; Arenitos; Folhelhos; Gnaiss; Xisto/Filito; Areia; Argila; Solo orgânico
		Há Aproveitamento Comercial de Rejeitos:	Sim; Não
		Qual?	texto livre
Água Sub.		Nível da Água:	Aflorante; Raso (<10 m); Profundo (>10 m)
		Nível do Freático:	Acima da cota de lavra; Abaixo da cota de lavra
Água Superf.		Presença de Lagos:	Sim; Não
		Presença de Rios:	Sim; Não
		Presença de Nascentes:	Sim; Não
Céu Aberto	Geotecnia	Material Lavrado:	Solo coesivo; Solo não coesivo; Rocha alterada; Rocha são muito fraturada; Rocha são pouco fraturada
		Condições dos Taludes:	Irregular; Bancadas
		Controle dos Taludes:	Sim; Não
		Altura Média das Bancadas:	numérico
		Inclinação Média das Bancadas:	numérico
		Largura Média das Bermas:	numérico
		Evidências de Erosão:	Sim; Não
		Evidências de Escorregamento:	Sim; Não
		Sistema de Drenagem:	Sim; Não
Estudo Geotécnico:	Sim; Não		
		Fendas de Tensão:	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas
Subterrânea	Geotecnia	Condição do Maciço:	Uniforme; Pouco fraturado; Fraturado; Muito fraturado; Extremamente fraturado; Flysch/Irregular
		Fendas de Tensão:	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas
		Cunhas Instáveis:	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas
		Tipos de Suporte:	Quadros em Madeira; Cambotas; Tirantes
		Materiais Usados para Suporte de Chão:	Aço; Madeira; Concreto Projetado
		Condição dos Suportes:	Novo; Antigo Funcional; Antigo Deteriorado; Fora de Serviço Útil
		Evidência de Choco (remoção cunhas instáveis):	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas
		Cavidades Não Suportadas:	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas

		Evidência de <i>pillar robbing</i> :	Nenhuma; Escassas; Ocasionais; Frequentes; Sistemáticas
		Estudo Geotécnico:	Sim; Não
Céu Aberto	Operação	Método de Lavra: (base no RAL)	Lavra por bancada em encosta; Lavra em bancada em lavra; Lavra de rochas aparelhadas com corte e/ou pólvora negra; Lavra de rochas aparelhadas com <i>jet flame</i> ; Lavra de rochas aparelhadas com fio diamantado; Lavra por tiras; Lavra com trado (<i>auger mining</i>); Lavra com desmonte hidráulico; Lavra por dragas mecânicas de arraste; Lavra por dragas mecânicas de sucção; Lavra por <i>dragline</i> ou <i>shovel</i> montadas sobre balsa; Lavra por dragas hidráulicas por sucção direta; Lavra por furos de sonda; Lavra por lixiviação; Outros métodos a céu aberto
		Técnica de Escavação:	Perfuração e Desmonte; Escavação Mecânica; Desmonte Hidráulico; Picareta
		Carregamento:	Escavadeira; Carregadeira; Trator; Manual; Dragagem em Sucção
		Transporte:	Escavadeira; Carregadeira; Caminhão; Manual; Transporte em Polpa
		Nº Perfuratrizes:	numérico
		Nº Escavadeiras:	numérico
		Nº Carregadeiras:	numérico
		Nº Tratores:	numérico
		Nº Caminhões:	numérico
		Nº Monitores Hidráulicos:	numérico
		Nº Bombas:	numérico
		Consumo Total de Diesel (litros/mês):	numérico
		Mineradores em Lavra:	numérico
		Nº de Funcionários Totais da Empresa:	numérico
Subterrânea	Operação	Método de Lavra: (base no RAL)	Realce por câmaras e pilares (<i>room and pillar</i>); Realce por subníveis abertos (<i>sublevel stoping</i>); Realce aberto (<i>open stope</i>); Realce por desabamento em subníveis (<i>sublevel caving</i>); Realce por armazenamento (<i>shrinkage stope</i>) Realce por corte e enchimento (<i>cut and fill stope</i>); Realce por tiras ascendentes com enchimento Realce por tiras descendentes Realce por tiras horizontais (<i>vertical crater retreat</i>); Realce por desabamento do minério (<i>block caving</i>) Realce em frente longa (<i>long wall stope</i>); Realce em frente curta (<i>short wall stope</i>); Realce em madeira (<i>timber stope</i>); Outros métodos subterrâneos
		Técnica de Escavação:	Perfuração e Desmonte; Escavação Mecânica; Desmonte Hidráulico; Picareta; Outros (abre texto livre)
		Carregamento:	<i>Overhead loader</i> ; <i>Scraper</i> ; Chupadeira; Manual; Outros (abre texto livre)
		Transporte:	Trem; <i>Wheeled Loader</i> ; Elevador a Cabo; <i>Steep Trail</i> ; Manual; Outros (abre texto livre)
		Nº Perfuratrizes:	numérico

		Nº <i>overhead loaders</i> :	numérico	
		Nº Scrapers:	numérico	
		Nº Chupadeiras:	numérico	
		Nº Trens:	numérico	
		Nº <i>wheeled loaders</i> :	numérico	
		Nº Guinchos Mecânicos:	numérico	
		Nº Compressores:	numérico	
		Nº Bombas de Água:	numérico	
		Consumo Total de Diesel (litros/mês):	numérico	
		Mineradores em Lavra:	numérico	
		Nº de Funcionários Totais da Empresa:	numérico	
Subaquática	Operação	Equipamento:	Draga; Balsa	
		Mergulhador:	Sim; Não	
		Tamanho do Flutuante (m):	numérico	
		Tamanho da Lança (m):	numérico	
		Diâmetro da Lança (pol):	numérico	
		Potência do Motor (HP):	numérico	
		Consumo de Gasolina e/ou Diesel (l):	numérico	
		Material do Flutuante:	Aço Carbono; Madeira	
		Material da Estrutura:	Aço Carbono; Madeira; Outro (abre texto livre)	
		Forma do Flutuante:	Retangular; Circular	
		Ar Condicionado:	Sim; Não	
		Lança:	Escaricante; Escarilança	
		Posição da Lança:	Lado da Caixa; Oposto a Caixa	
		Direção do Lançamento do Rejeito:	A Favor da Corrente; Contra a Corrente	
		Tipo de Caixa:	1 Lance; 2 Lances	
		Descarte de Rejeito:	Meia Nau; Popa	
		Mineradores em Lavra:	numérico	
		Mineradores em Navegação:	numérico	
Nº de Funcionários Totais da Empresa:	numérico			
Substâncias Perigosas		Trabalha com Substâncias Perigosas:	Sim; Não	
		Explosivo	Tipo de Explosivo:	Nitroglicerinado; Pólvora Negra; ANFO a granel; ANFO encartuchado; Emulsão bombeada; Emulsão encartuchada; Outros (abre texto livre)
			Vencido:	Sim; Não
			Tipo de Iniciador:	Espoleta + Estopim; Não Elétrico; Elétrico; Cordel; Eletrônico
			Vencido:	Sim; Não
			Tipo de Sistema de Ligação:	Não Elétrico; Elétrico; Cordel; Eletrônico; <i>No Delays</i>
	Vencido:	Sim; Não		
	Mercúrio	Amalgama com Mercúrio:	No solo; Nas calhas; No Moinho; No Concentrado; Outro (abre texto livre)	
		Queima da Amalgama:	Maçarico; Fogo; Fornalha (Cadinho)	
		Uso da Retorta:	Sim; Não	
		Captura dos Gases:	Sim; Não	
	Cianeto	Tipo de Emprego:	texto livre	
Catalisador Associado:		Zinco; Carvão; Outro (abre texto livre)		

	Ácidos	Destinação Após Uso:	Neutralização; Despejo em Solo; Despejo em Curso de Água; Em Águas de Rejeito; Em Rede de Esgoto
		Tipo de Emprego:	texto livre
		Estocagem:	texto livre
		Destinação Após Uso:	texto livre
Céu Aberto	SHT	Acesso a um Médico do Trabalho:	Sim; Não
		Presença de um Supervisor de Segurança:	Sim; Não
		Presença de Registro de Acidentes:	Sim; Não
		Existência de um Sistema de Gestão de Risco:	Sim; Não
		Disponibilidade de Caixa de Primeiros Socorros:	Sim; Não
		Presença de Pessoal Treinado em Primeiros Socorros:	Sim; Não
		Tempo Médio de Chegada até um Hospital ou Posto de Saúde:	menos de 30 min; 30-60 min.; 1-2 h; mais de 2 h
		Seguro Contra Acidentes para os Operadores:	Sim; Não
		% de Operadores Usando EPI como Prática Comum: (faixas de porcentagem de 10 em 10%)	numérico (sugestão de intervalos de 10%)
		Condição e Manutenção dos Equipamentos:	Maioria Novos; Maioria em Bom Estado de Manutenção; Maioria com Sobreuso
		Operadores no Espaço Funcional das Máquinas:	Sim; Não
		Máquinas em Conflito de Espaço Funcional:	Sim; Não
		Exposição a Risco de Ruptura por Pressão:	Sim; Não
		Subterrânea	
Presença de um Supervisor de Segurança:	Sim; Não		
Presença de Registro de Acidentes:	Sim; Não		
Existência de um Sistema de Gestão de Risco:	Sim; Não		
Disponibilidade de Caixa de Primeiros Socorros:	Sim; Não		
Presença de Pessoal Treinado em Primeiros Socorros:	Sim; Não		
Tempo Médio de Chegada até um Hospital ou Posto de Saúde:	menos de 30 min; 30-60 min.; 1-2 h; mais de 2 h		
Seguro Contra Acidentes para os Operadores:	Sim; Não		
% de Operadores Usando EPI como Prática Comum: (faixas de porcentagem de 10 em 10%)	numérico (sugestão de intervalos de 10%)		
SHT/Acessos e Estruturas	Portal da Mina		
	Altura do Portal (m):		numérico
	Largura do Portal (m):		numérico
	Poços		Protegido; Não Protegido
			Diâmetro do Poço (m):
		Deslocamento nos Poços:	numérico

	SHT Rampas e Galerias	Rampa	Com Suporte; Sem Suporte	
		Altura da Rampa (m):	numérico	
		Largura da Rampa (m):	numérico	
		Deslocamento	Normal; Difícil; <i>Crawling</i>	
		Condição do Piso	Protegido (madeira ou outros); Seco; Barro; Água parada; Água Corrente	
	Ventilação	Sistema de Ventilação:	Nenhum; Natural; Ar Comprimido; Ventilador+Mangueira; Misto	
		Tipo de Ventilador:	Artesanal; Industrial não para Mineração; De Mineração	
	Qualidade do Ar	Temperatura do Ar:	Muito Fria; Fria; Normal; Quente; Extremamente Quente	
		Umidade do Ar:	Extremamente seco; Seco; Normal; Úmido; Extremamente Úmido	
		Poeira e Gases:	(Indicado pela luz da lanterna) Nenhum; Difundido; Concentrado; Compacto	
	Subaquática	SHT Geral	Acesso a um Médico do Trabalho:	Sim; Não
			Presença de um Supervisor de Segurança:	Sim; Não
Presença de Registro de Acidentes:			Sim; Não	
Existência de um Sistema de Gestão de Risco:			Sim; Não	
Disponibilidade de Caixa de Primeiros Socorros:			Sim; Não	
Presença de Pessoal Treinado em Primeiros Socorros:			Sim; Não	
Tempo Médio de Chegada até um Hospital ou Posto de Saúde:			menos de 30 min; 30-60 min.; 1-2 h; mais de 2 h	
Seguro Contra Acidentes para os Operadores:			Sim; Não	
% de Operadores Usando EPI como Prática Comum: (faixas de porcentagem de 10 em 10%)			numérico (sugestão de intervalos de 10%)	
SHT / Equipamento		Nível de Ruído (dB):	numérico	
		Partes em Movimento Protegidas:	Sim; Não	
		Condição e Manutenção:	Maioria Novos; Maioria em Bom Estado de Manutenção; Maioria com Sobreuso	
		Operadores no Espaço Funcional das Partes em Movimento:	Sim; Não	
		Exposição a Risco de Ruptura por Pressão:	Sim; Não	
		Ferrugem Exposta:	Sim; Não	
	Material Solto nas Áreas de Deslocamento:	Sim; Não		
Socioeconômico	Informações Socioeconômicas	A Mina Está Ligada a Alguma Comunidade?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)	
		Média da Idade dos Trabalhadores da Mina:	numérico	
		Tipo de Trabalho:	Formal; Informal	
	Org. Social do Processo do Trabalho	Postos de Trabalho Por Forma de Contratação (em % do Total ou em Número)	numérico: CLT; Parceria / Participação nos Resultados; Trabalho Familiar; Subcontratação / Temporário; Outros (selecionar unidade)	
		Posto de Trabalho Por Gênero	numérico: Homem; Mulher	

	Posto de Trabalho Por Escolaridade (%)	numérico: Alfabetizado; Séries Iniciais do Ensino Fundamental (1 ^o -4 ^o); Ensino Fundamental Completo (até 8 ^o); Ensino Médio Completo; Ensino Superior Completo
	Postos que Exigem uma Qualificação Profissional. (% dos Postos Informados ou Número)	numérico (selecionar unidade)
	Tipo de Qualificação Profissional Exigida (% dos Postos)	Numérico: Formação no Sistema S; Formação Superior; Formação não Regularizada; Outro
Condições de Trabalho	Há Mais de Um Turno de Trabalho?	Sim, Não (caso positivo abre mais seleção de horário de turnos)
	Horário do INÍCIO da Jornada de Trabalho?	seleção
	Horário do FINAL da Jornada de Trabalho?	seleção
	Origem dos Principais Insumos de Produção? (Em %)	numérico: Local – Município da Lavra; Local – Municípios Vizinhos; Regional – UF da Lavra; Nacional – Brasil; Exportação
Organização Social da Atividade	Última Vez Que Houve a Presença de um Representante do Poder Público na Empresa (Fiscalização, Visita Técnica, Orientação & Treinamento, Busca de Informação, etc.)	Em 2016; Em 2015; Em 2014; Entre 2010 e 2014; Nunca
	Qual Foi o Objetivo da Visita?	Fiscalização; Visita técnica; Orientação/Treinamento; Busca de informação; Outro
	Quais destas Organizações Visitaram a Empresa nos Últimos 5 Anos?	DNPM; Ministério Público; MP do Trabalho; OMMA (Municipal); OEMA (Estadual); IBAMA/ICMBio (Federal); Outras
	Há Sindicatos Atuando nesta Unidade Produtiva?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	A Empresa Responsável pela Extração É Membro de um Sindicato Empresarial?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
Organização	Existe Organização Local?	Sim; Não; Ocasionalmente; Somente em certos assuntos
	Nome da(s) Organização(ões)	texto livre
	Quem Participa Dessa Organização Local?	Todos os mineiros; Parte dos mineiros; As empresas; Só existe no papel
Conflitos	Há Conflitos de Uso da Terra?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos com Poluição?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos com Prostituição?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos com Áreas Protegidas (UCs)?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos com Terras Indígenas?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos de Licenciamento?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Há Conflitos com Taxas / Impostos?	Sim; Não (positivo, abre texto livre)
	Qual se Destaca?	Uso da Terra; Poluição; Prostituição; Áreas protegidas; Terras Indígenas; Licenciamento; Taxas/Impostas; Outro (abre texto livre)
	Porque se Destaca?	texto livre
	Cooperação com Outros Agentes na Cadeia de Produção	Empregos; Setores econômicos relacionados; Taxas e impostos; Faturamento; Descreva (texto livre)

	Ajuda Governamental - Existe Financiamento:	Sim; Não (positivo, abre tipo e valor)
	Ajuda Governamental - Existe Subsídio:	Sim; Não (positivo, abre tipo e valor)
Observações Adicionais:		texto livre

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

ANEXO III – Listagem das campanhas de campo

Tabela 28 – Listagem das campanhas de campo

Campanha de campo	Local	Equipe
01	Manaus (AM) e entorno	Equipe 2
02	Macapá (AP) e entorno	Equipe 1
03	Porto Velho (RO) e entorno	Equipe 2
04	Itaituba (PA)	Equipe 1
05	Belém (PA) e entorno	Equipe 1
06	Peixoto (MT) e região	Equipe 3
07	Cuiabá (MT) e entorno	Equipe 3
08	Marabá (PA), Parauapebas e região	Equipe 1
09	São Luiz (MA) e entorno	Equipe 1
10	Sul do Maranhão e região	Equipe 1
11	Tocantins	Equipe 2
12	Novo Horizonte (BA) e região	Equipe 2
13	Teresina (PI) e entorno	Equipe 1
14	Fortaleza (CE) e entorno	Equipe 2
15	Campina Grande (PB) e Seridó (PB, RN, PE)	Equipe 2
16	Sul do Ceará	Equipe 2
17	Oeste de Pernambuco	Equipe 3
18	Recife (PE) e entorno	Equipe 3
19	Jacobina (BA) e região	Equipe 1
20	Salvador (BA) e entorno	Equipe 1
21	Sul da Bahia	Equipe 1
22	Goiânia (GO), DF e região	Equipe 1
23	Campo Grande (MS) e entorno	Equipe 1
24	Belo Horizonte (MG) e entorno	Equipe 1
25	Norte de Minas Gerais	Equipe 1
26	Norte do Espírito Santo	Equipe 2
27	Sul de Minas Gerais	Equipe 1
28	Sul do Espírito Santo	Equipe 2
29	Vale do Ribeira (SP) e região	Equipe 3
30	Sorocaba (SP) e região	Equipe 3
31	Curitiba (PR), entorno e região	Equipe 2
32	Ametista (RS) e região	Equipe 4
33	Rio de Janeiro	Equipe 2
34	Santa Catarina	Equipe 5
35	Porto Alegre (RS) e entorno	Equipe 5

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

ANEXO IV – Preços extremos excluídos da análise

Tabela 29 – Preços extremos excluídos da análise

Substância AMB	Estado	Município	Quantidade comercializada a 2015 (t)	Valor comercialização 2015 (R\$)	Preço (R\$/t) 2015
Cassiterita (Primária)	São Paulo	Ribeirão Branco	27.104 kg	21.344	0,78 *
Ouro (Primário)	Pará	Floresta do Araguaia	4.527	2	0
Ouro (Primário)	Minas Gerais	Paracatu	45.276.904	286.266.061	6
Ouro (Primário)	Rondônia	Porto Velho	1.792.042	32.779.424	18
Ouro (Primário)	Mato Grosso	Pontes e Lacerda	4.717	100.000	21
Ouro (Primário)	Mato Grosso	Nossa Senhora do Livramento	147.728	4.917.688	33
Ouro (Primário)	Minas Gerais	Presidente Bernandes	0,1	4.200	52500
Ouro (Primário)	Minas Gerais	Guaraciaba	0,1	42.373	353108
Ouro (Primário)	Mato Grosso	Apiacás	0,1	635.761	577965
Ouro (Secundário)	Rondônia	Porto Velho	1.600.656	9.023.323	6
Ouro (Secundário)	Minas Gerais	Mar de Espanha	1.840	25.967	14
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Nossa Senhora do Livramento	483.694	30.048.799	62
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Peixoto de Azevedo	33.498	4.111.029	123
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Rosário Oeste	10.782	1.334.128	124
Ouro (Secundário)	Pará	Jacareacanga	27.260	3.954.825	145

Ouro (Secundário)	Rondônia	Nova Mamoré	4.565	890.784	195
Ouro (Secundário)	Pará	Itaituba	87.410	17.898.672	205
Ouro (Secundário)	Amazonas	São Paulo de Olivença	20.027	4.193.978	209
Ouro (Secundário)	Amazonas	Jutaí	85.004	20.290.324	239
Ouro (Secundário)	Amazonas	Humaitá	1.749	1.558.301	891
Ouro (Secundário)	Minas Gerais	Rio Doce	0,2	10.200	68000
Ouro (Secundário)	Pará	Altamira	2,1	2.201.574	107393 8
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Novo Mundo	0,1	207.224	296034
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Matupá	0,1	401.039	334198
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Apiacás	0,2	2.330.992	105954
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Paranaíta	0,3	3.657.529	135464
Ouro (Secundário)	Mato Grosso	Alta Floresta	1,8	55.473.332	308185
Tântalo (Columbita- Tantalita) Primário	Rondônia	Itapuã do Oeste	82.890	3.247.166	39
Tungstênio	Pará	Rio Maria	30	0,01	0,0003

* Preço por kg
Fonte: BRASIL (2016)

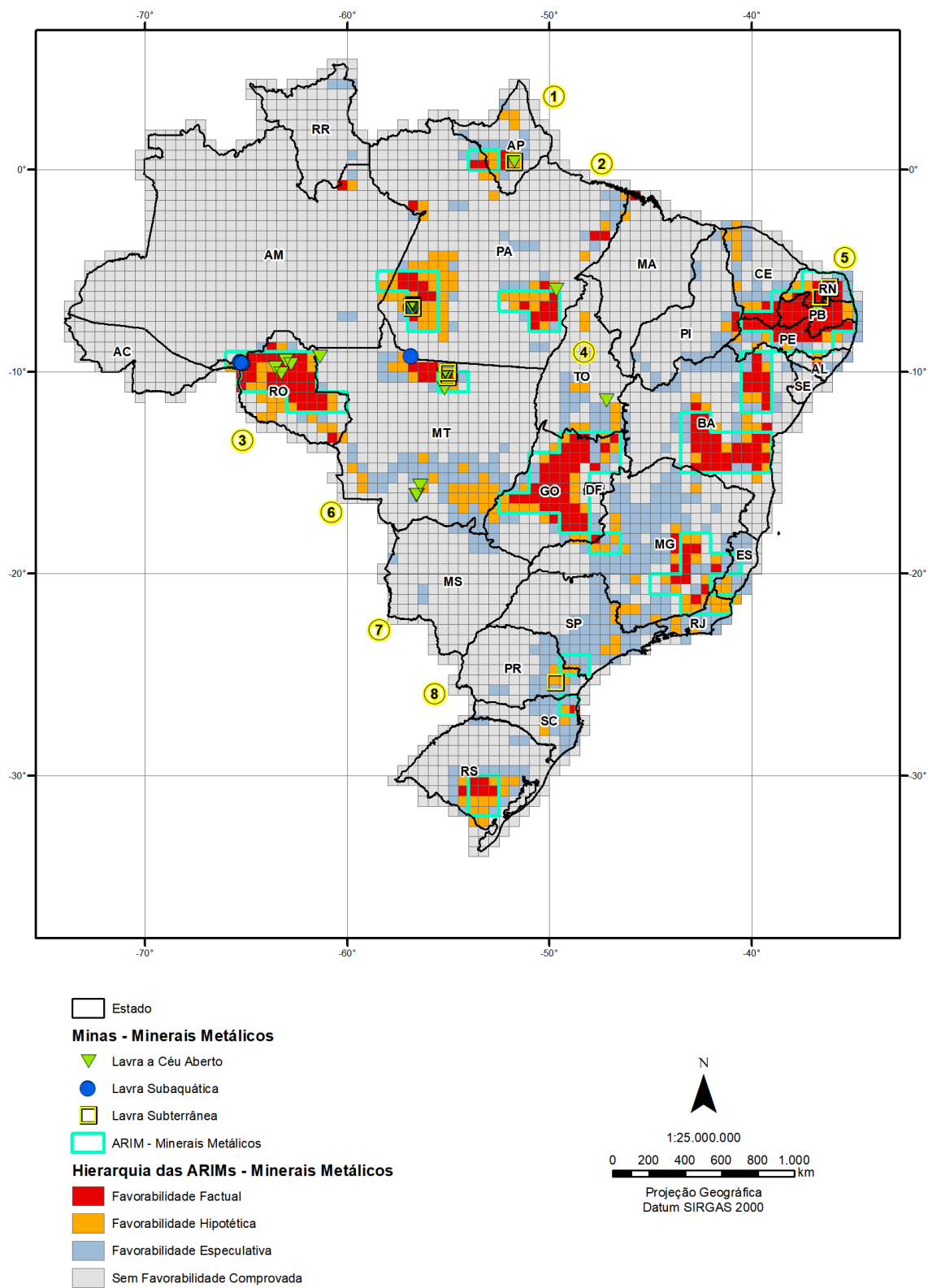
ANEXO V – Mapa síntese do relatório 4

Para produzir o mapa síntese relativo ao Relatório 4, foram utilizados como base espacial os pontos dos locais as equipes técnicas do Projeto META MPE realizaram entrevistas, em 2016. O mapa reflete, portanto as principais informações coletadas em campo quanto a métodos de lavra, uso de EPIs pelos trabalhadores usando EPIs, gênero (homens/mulheres), escolaridade, regimes de trabalho e média de idade dos trabalhadores, conforme apresentando na Figura 66.

De forma geral, as principais informações obtidas sobre a MPE de minerais metálicos são:

- Foi observado que o método de lavra mais utilizado nas operações de minerais metálicos é o método a céu aberto;
- Considerando a obrigatoriedade do uso de EPIs nas operações de mineração, foi observado que 33% das operações visitadas os trabalhadores utilizam EPIs, sistematicamente ou não, enquanto 17% não utilizam EPIs;
- Quanto à questão de gênero nas unidades produtoras, observou-se que a maioria dos trabalhadores é homem (95%), enquanto as mulheres representam apenas 5%;
- No que diz respeito à escolaridade, 79% dos trabalhadores têm ensino fundamental incompleto; 10% cursaram o ensino fundamental completo; 10% cursaram o ensino médio completo e apenas 1% tem ensino superior;
- A maioria dos trabalhadores (67%) nas minas visitadas, está sob regime de trabalho que tem como base um percentual sobre a produção;
- As operações visitadas utilizam mão de obra regularmente contratada, em sua maioria homens, com idade entre 25 e 39 anos. Nos estados do Paraná, Rio Grande do Norte e Rondônia, a maioria dos trabalhadores tem média de idade entre 40 e 64 anos.

Figura 66 – Mapa síntese do Relatório 4



Fonte: Elaborado pelos autores

As informações quanto às características dos trabalhadores das minas visitadas do grupo de substâncias metálicas são apresentadas no mapa síntese em formato A0 no anexo do Relatório 7.

A Tabela 30 sumariza as informações sobre o perfil dos trabalhadores.

Tabela 30 – Características dos trabalhadores do grupo de metálicos

Variável	Categorias	Estado							
		AP	MT	MS	PA	PR	RN	RO	TO
Número de visitas	n	3	16	1	12	1	4	7	1
Trabalhadores usando EPIs	<25%	0	44	0	58	100	0	57	100
	25%-75%	0	25	0	0	0	25	0	0
	>75%	33	13	100	8	0	25	0	0
	Não declarado	67	19	0	33	0	50	43	0
Gênero	Homem %	100	97	95	96	97	96	89	97
	Mulher %	0	3	5	4	3	5	11	3
Escolaridade	Fundamental Incompleto %	100	100	100	92	100	24	99	60
	Fundamental Completo %	0	0	0	8	0	19	1	30
	Médio Completo %	0	0	0	0	0	50	0	10
	Superior Completo %	0	0	0	0	0	7	0	0
Regimes Trabalho	CLT %	0	22	0	8	100	100	24	100
	Participação %	100	68	100	92	0	0	62	0
	Temporário %	0	4	0	0	0	0	0	0
	Outros %	0	6	0	0	0	0	14	0
Média de idade dos trabalhadores	<24 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	25-39 (%)	100	62	100	42	0	25	43	100
	40-64 (%)	0	38	0	58	100	75	57	0
	65+ (%)	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: NAP.Mineração/USP (2017)

ANEXO VI – Unidades produtoras visitadas

O Anexo VI apresenta as informações referentes a todas as unidades produtoras visitadas do grupo de metálicos. Considerando a existência de uma operação mista (não metálicos e metálicos) são apresentadas somente 47 das 48 unidades produtoras visitadas.

Alguns pontos de coordenadas (latitude e longitude) são aproximações, em casos nos quais as entrevistas foram realizadas nas proximidades da mina, por exemplo, na entrada da área da operação ou no escritório.

Ainda, para alguns pontos de coordenadas o número do processo do DNPM não foi coletado em campo, por não ter sido informado à equipe técnica pelo entrevistado. Posteriormente, a informação foi pesquisada no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) e acrescentadas.

A listagem completa das unidades produtoras visitadas compõe o Banco de Dados do Projeto (Relatório 7).