DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

MINAS GERAIS

GOVERNO DIFERENTE ESTADO EFICIENTE

Belo Horizonte 2020

DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

Documento-base para Formulação do Plano Estadual da Mineração

Belo Horizonte, 2020

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Fernando Passalio de Avelar
Secretário de Estado

SUBSECRETARIA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTOS E CADEIAS PRODUTIVAS

Kathleen Garcia Nascimento
Subsecretária

SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍTICA MINERÁRIA, ENGERGÉTICA E LOGÍSTICA

Marcelo Ladeira Moreira da Costa
Superintendente

DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS PARA FORMULAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DA MINERAÇÃO

Equipe Técnica

Maria Eugênia Monteiro de C. e Silva, DSc
Diretora de Mineração

Iêda de Oliveira Ferreira, MSc
Geóloga

William Ricardo de Carvalho, MSc
Eng.de Minas

Marcus Manoel Fernandes, DSc
Eng. Agrônomo

Valéria Lúcia de Oliveira Freitas, DSc
Bióloga

Marcelo de Ávila Chaves, DSc
Eng. Agrônomo

Daniel Rennó Tenenwurcel, MSc
Economista

Marta Ribeiro dos Santo Gomes, DSc
Eng. Química

Daniela Garcia Pinheiro
Eng. Ambiental

Thiago Álvares Guimarães
Eng. Ambiental

Laura de Morais Andrade Coutinho
Bacharel em Relações Internacionais

Colaboradores Externos

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Marcelo de Souza Marinho, MSc
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida
Everton de Assunção Martins dos Santos

ANM – Agência Nacional de Mineração (Gerência Regional de Minas Gerais)

Jânio Alves Leite
Carlos Antônio Gonçalves de Jesus
Ivan Jorge Garcia
Leandro Gallinari Joaquim

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 7
LISTA DE GRÁFICOS 10
LISTA DE TABELAS 18
RESUMO 19
INTRODUÇÃO 21
1. O CONTEXTO DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS 22
1.1. HISTÓRICO 22
1.2. GEOLOGIA ECONÔMICA 26
1.2.1. Introdução 26
1.2.2. Contexto Geológico de Minas Gerais 26
1.2.2.1. Cráton do São Francisco 27
1.2.2.2. Sistema Orogênico Mantiqueira 27
1.2.2.3. Sistema Orogênico Tocantins 28
1.2.2.4. Cobertura Sedimentar e Corpos Ígneos Fanerozoicos 28
1.2.3. Conceitos de Recursos e Reservas 30
1.2.3.1. Recurso Mineral 30
1.2.3.2. Reserva Mineral 31
1.2.4. Outros Conceitos 32
2. REGIMES DE EXPLORAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS 33
2.1.1. Distribuição dos Regimes de Exploração em Minas Gerais 33
2.1.1.1. Regime de Concessão – da Pesquisa à Lavra Mineral 34
2.1.1.2. Regime de Permissão de Lavra Garimpeira – PLG 43
2.1.1.3. Regime de Licenciamento 44
2.1.1.4. Regime de Registro de Extração 46
3. SUBSTÂNCIAS EXPLORADAS 47
3.1.1. Substâncias Metálicas 48
3.1.1.1. Ferro (Fe) 49
3.1.1.2. Ouro (Au) 67
3.1.1.3. Alumínio (Al) 77
3.1.1.4. Manganês (Mn) 90
3.1.1.5. Zinco (Zn) 100
3.1.1.6. Nióbio (Nb) 108
3.1.1.7. Lítio (Li) 116
3.1.1.8. Elementos Terras Raras (ETRs) e Titânio (TiO_2) 125

3.1.2. Substâncias Não Metálicas 133
3.1.2.1. Águas Minerais 133
3.1.2.2. Rochas Ornamentais e de Revestimento 139
3.1.2.3. Gemas 147
3.1.2.4. Minerais Industriais 158
3.1.2.4.1. Argilas 159
3.1.2.4.2. Areia Industrial 165
3.1.2.4.3. Calcário e Dolomito 170
3.1.2.4.4. Grafita 177
3.1.2.4.5. Feldspatos 188
3.1.2.5. Agrominerais 193
3.1.2.5.1. Fosfatos 193
3.1.2.5.2. Remineralizadores de Solo 205
3.1.2.6. Agregados para a Construção Civil 205
3.1.2.6.1. Areia, Cascalho e Saibro 206
3.1.2.6.2. Argilas para Construção Civil 208
3.1.2.6.3. Rochas para Brita 209
4. A IMPORTÂNCIA DO SETOR MINERAL NA ECONOMIA DE MINAS GERAIS 211
4.1.1. Produção Mineral do Estado 216
4.1.2. Exportações e Importações de Bens Minerais 219
4.1.2.1. Exportações Minerais 219
4.1.2.1.1. Principais Países Importadores de Produtos Minerais de Minas Gerais 222
4.1.2.2. Importações Minerais 223
4.1.2.2.1. Principais Países Exportadores de Produtos Minerais para Minas Gerais 224
4.1.3. Tributos e Compensações Financeiras 225
4.1.3.1. Tributos 225
4.1.3.2. Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM 227
4.1.4. Empregos Gerados pela Indústria Extrativa Mineral 232
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 236

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abordagem das Etapas do Plano Estadual da Mineração de MG. 19
Figura 2 – Regiões Geográficas Intermediárias do Estado de Minas Gerais 21
Figura 3 – Distribuição dos recursos minerais no Estado segundo títulos minerários outorgados pela ANM. 26
Figura 4 - Compartimentação geológica de Minas Gerais (ALKMIM, 2018). 27
Figura 5 - Mapa geológico simplificado dos terrenos fanerozoicos de Minas Gerais, com as respectivas colunas estratigráficas simplificadas das bacias do São Francisco e Paraná. Representam-se também o Arco do Alto Paranaíba e as maiores intrusões ígneas cretácicas associadas (ALKMIM, 2018). 29
Figura 6 - Diretrizes para definição de Recursos e Reservas Minerais. 32
Figura 7 - Fluxograma simplificado dos regimes de exploração permitidos no Código de Mineração para a lavra de substâncias minerais. 33
Figura 8 - Distribuição espacial dos Títulos Minerários para o Estado de Minas Gerais. 34
Figura 9 – Requerimentos e Autorizações de Pesquisa em Minas Gerais entre 2000 e 2018 35
Figura 10 - Distribuição dos Títulos Outorgados de Concessão de Lavra em Minas Gerais 36
Figura 11 - Distribuição de Minas Ativas no Estado de Minas Gerais. 37
Figura 12 - Distribuição da quantidade de Grupamento Mineiro por Municípios. 40
Figura 13 - Localização e Distribuição dos Processos de Licenciamento em Minas Gerais. 45
Figura 14 - Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais: A) Quadrilátero Ferrífero; B) Borda Leste da Serra do Espinhaço; e C) Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018). 49
Figura 15 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (Adaptado de ENDO et al., 2019). 51
Figura 16 - Mapa geológico simplificado da Borda Leste da Serra do Espinhaço (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018). 53
Figura 17 - Mapa geológico simplificado do Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018). 55
Figura 18 - Distribuição percentual dos recursos totais de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias. 57
Figura 19 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ferro. 61
Figura 20 - Localização das indústrias de transformação de ferro em Minas Gerais 62
Figura 21 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do ferro por Região Geográfica Intermediária. 66
Figura 22 - Distribuição de processos (PLG para ouro) por RGInts de Minas Gerais entre 2000 e 2018. 72
Figura 23 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro. 74

Figura 24 - Localização das indústrias de ouro em Minas Gerais 75
Figura 25 - Quantificação dos empregos gerados na indústria extrativa do ouro por Região Geográfica Intermediária. 77
Figura 26 - Fluxograma da cadeia industrial dos produtos e subprodutos da bauxita. 85
Figura 27 - Localização do parque produtivo de alumínio em Minas Gerais. 86
Figura 28 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do alumínio por Região Geográfica Intermediária. 89
Figura 29 – Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do manganês 97
Figura 30 – Localização das concessões de lavra e da mina de Morro da Mina. 98
Figura 31 – Quantificação dos empregos gerados na cadeia do manganês por Região Geográfica Intermediária. 100
Figura 32 - Localização dos depósitos de minério de zinco no Estado de Minas Gerais. 101
Figura 33 - Localização das indústrias de transformação de zinco em Minas Gerais 105
Figura 34 - Fluxograma esquemático da indústria de transformação do zinco. 105
Figura 35 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do zinco por Região Geográfica Intermediária. 107
Figura 36 - Principais ocorrências brasileiras de nióbio. 109
Figura 37 - Mina de nióbio CBMM (Araxá-MG). 110
Figura 38 - Localização da principal indústria de transformação de nióbio em Minas Gerais 114
Figura 39 – Localização dos processos e indústria de transformação do lítio. 122
Figura 40 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva do lítio. 123
Figura 41 - Distribuição dos processos minerários de Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais e detalhe do Maciço Alcalino de Poços de Caldas 126
Figura 42 - Distribuição dos processos minerários de titânio Minas Gerais. 129
Figura 43 - Principais sistemas de aquíferos localizados em Minas Gerais. 134
Figura 44 - Distribuição dos processos nas bacias hidrográficas de Minas Gerais. 136
Figura 45 – Distribuição das concessões de lavra de água por RGInts do Estado de Minas Gerais. 137
Figura 46 - Mapa de localização baseado em número de processos minerários de Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (SIGMINE, Abril/ 2018) 140
Figura 47 - Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil (PEDROSA-SOARES et al., 2001). . 148
Figura 48 - Mapa de distribuição dos processos minerários de gemas no Estado de Minas Gerais (SIGMINE – Abril, 2018). 149
Figura 49 - Mapa de localização e contexto tectônico das províncias diamantíferas de Minas Gerais. Segundo proposta de Chaves et al. (2008) e Benitez (2009), Projeto Diamante Brasil I. 152

Figura 50 - Mapa de localização e de contextualização tectono-geológica dos campos kimberlíticos do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Geologia e limite cratônico extraídos respectivamente de Pinto & Silva (2014) e Bizzi et al. (2003). 155
Figura 51 - Localização dos processos minerários de argilas para uso industrial 159
Figura 52 - Localização dos processos minerários de areias industriais 166
Figura 53 - Localização dos processos minerários de calcários e dolomitos para uso industrial .. 171
Figura 54 - Mapa de localização dos setores de ocorrências de calcários no Grupo Bambuí 171
Figura 55 – Localização dos processos minerários de grafita. 178
Figura 56 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva da grafita 184
Figura 57 – Localização do parque produtivo de grafita em Minas Gerais 185
Figura 58 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia da grafita por Região Geográfica Intermediária 188
Figura 59 - Localização dos processos minerários de feldspatos com uso industrial. 189
Figura 60 - Localização dos principais depósitos e processos minerários de fosfatos de Minas Gerais. 194
Figura 61 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos 200
Figura 62 – Localização das indústrias de fertilizantes em Minas Gerais 201
Figura 63 – Quantificação dos empregos diretos gerados na cadeia produtiva dos fosfatos por Região Geográfica Intermediária. 204
Figura 64 – Localização dos processos minerários de areia para uso como agregado para a construção civil. 207
Figura 65 – Localização dos processos minerários de cascalho e saibro para uso na construção civil. 208
Figura 66 – Localização dos processos minerários de argilas para uso na construção civil..... 209
Figura 67 – Localização dos processos minerários de rochas para brita. 210
Figura 68 – Localização dos processos minerários de calcários para uso como agregados para construção civil. 211
Figura 69 - Distribuição estadual da CFEM em 2018. **(a)** por municípios produtores; **(b)** por RGInts. 231
Figura 70 – Distribuição percentual do volume de empregos gerados pela atividade extrativa mineral por RGInt em Minas Gerais (ano base 2018). 235

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Levantamento do número de Autorização de Pesquisa no Estado de Minas Gerais (2000 – 2018). 35
Gráfico 2 - Distribuição percentual das Autorizações de Pesquisa das principais substâncias minerais no Estado com mais de cem processos (1935 a 2018). 36
Gráfico 3 - Número de Concessões de Lavra no Estado de Minas Gerais. 37
Gráfico 4 - Distribuição das Concessões de Lavra por substâncias requeridas junto à ANM com quantidade de processos acima de vinte. 38
Gráfico 5 - Número de grupamentos por substâncias superior a seis. 43
Gráfico 6 - Número de processos registrados de Permissão de Lavra Garimpeira no Estado de Minas Gerais (2000 – 2018). 44
Gráfico 7 - Principais Minerais Garimpáveis no Estado de Minas Gerais. 44
Gráfico 8 - Quantidade anual de licenciamento outorgados pelo ANM para Minas Gerais. 45
Gráfico 9 - Levantamento da quantidade de Registro de Licenciamento, das principais substâncias, com número de processos acima de cinco no SIGMINE / ANM. 46
Gráfico 10 - Quantidade anual de Registro de Extração outorgados pela ANM para Minas Gerais. 46
Gráfico 11 - Distribuição percentual das principais substâncias exploradas no Estado de Minas Gerais, sintetizadas por classes, segundo o número de processos minerários considerando todos os regimes. 48
Gráfico 12 - Número total dos Regimes de Processos para minerais metálicos em Minas Gerais. . 48
Gráfico 13 - Panorama das reservas mundiais e brasileiras de minério de ferro. 56
Gráfico 14 - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de ferro. 56
Gráfico 15 - Percentual dos recursos e reservas de ferro para o Estado de Minas Gerais 56
Gráfico 16 - Distribuição por munícipios dos recursos totais de ferro acima de um bilhão de toneladas 57
Gráfico 17 - Distribuição percentual das reservas lavráveis de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias. 58
Gráfico 18 - Distribuição por munícipios das reservas lavráveis de ferro acima de 200 milhões de toneladas. 58
Gráfico 19 – Produção mundial e nacional de minério de ferro (milhões de toneladas). 59
Gráfico 20 – Produção estadual de minério de ferro e valor total da produção de 2000 a 2018 ... 60
Gráfico 21 – Distribuição nacional das exportações e importações da indústria de transformação do ferro 63
Gráfico 22 - Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de ferro/aço em Minas Gerais 64

Gráfico 23 – Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de ferro de Minas Gerais. 64
Gráfico 24 – Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de ferro. 65
Gráfico 25 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do ferro. 67
Gráfico 26 - Distribuição das reservas mundiais de ouro. 69
Gráfico 27 – Distribuição nacional dos recursos medidos de: **(a)** ouro primário, **(b)** ouro secundário. 69
Gráfico 28 - Distribuição dos recursos e reservas de ouro para o Estado de Minas Gerais. 70
Gráfico 29 – Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro primário para o Estado de Minas. 70
Gráfico 30 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro primário para o Estado de Minas. 70
Gráfico 31 - Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro secundário para o Estado de Minas. 71
Gráfico 32 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro secundário para o Estado de Minas. 71
Gráfico 33 – Produção mundial de ouro (primário e secundário) em 2015. 72
Gráfico 34 – Produção brasileira de ouro em 2017. 73
Gráfico 35 – Produção beneficiada e valor total anual de ouro em Minas Gerais. 73
Gráfico 36 - Estados exportadores de produtos transformados de ouro, com destaque para as principais formas para Minas Gerais. 75
Gráfico 37 – Países importadores de ouro de Minas Gerais. 76
Gráfico 38 – Principais Estados importadores de ouro 76
Gráfico 39 - Distribuição das reservas mundial de bauxita. 78
Gráfico 40 - Distribuição nacional dos recursos totais de bauxita (metalúrgica e refratária). 79
Gráfico 41 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de bauxita (metalúrgica e refratária). 79
Gráfico 42 – Distribuição percentual dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais. 80
Gráfico 43 - Distribuição dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais. 80
Gráfico 44 - Distribuição dos recursos totais de bauxita metalúrgica por município. 81
Gráfico 45 - Distribuição das reservas lavráveis de bauxita metalúrgica por município. 81
Gráfico 46 - Principais municípios detentores dos recursos totais de bauxita refratária do Estado. 82
Gráfico 47 - Principais municípios detentores das reservas lavráveis de bauxita refratária do Estado. 82
Gráfico 48 – Produção mundial de alumínio (em milhões de toneladas) 83

Gráfico 49 – Produção nacional de alumínio (x 1.000 t). 84
Gráfico 50 – Produção beneficiada e valor total comercializado de alumínio (bauxita metalúrgica e refratária). 84
Gráfico 51 – Principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio..... 87
Gráfico 52 - Principais Estados importadores de produtos transformados de alumínio 87
Gráfico 53 – Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de alumínio em Minas Gerais. 88
Gráfico 54 – Principais destinos das exportações mineiras de produtos transformados de alumínio. 88
Gráfico 55 - Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de alumínio. 89
Gráfico 56 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do alumínio metalúrgico. 90
Gráfico 57 - Distribuição das reservas mundiais de manganês em milhões de toneladas. 91
Gráfico 58 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de manganês. 92
Gráfico 59 - Percentual dos recursos e reservas de manganês para Minas Gerais..... 92
Gráfico 60 - Distribuição por RGInts dos recursos totais de minério de manganês em Minas Gerais. 93
Gráfico 61 - Distribuição dos recursos totais de minério de manganês nos principais municípios de Minas Gerais. 93
Gráfico 62 - Distribuição por RGInts das reservas lavráveis de minério de manganês em Minas Gerais. 94
Gráfico 63 - Distribuição das reservas lavráveis de minério de manganês por municípios. 94
Gráfico 64 – Produção mundial de manganês (x 1000 t). 95
Gráfico 65 – Distribuição da produção nacional de manganês. 95
Gráfico 66 - Produção beneficiada e valor total comercializado de manganês em Minas Gerais. .. 96
Gráfico 67 – Exportações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países)..... 98
Gráfico 68 - Importações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países)..... 99
Gráfico 69 - Distribuição das reservas mundiais de minério de zinco (em toneladas de metal contido). 101
Gráfico 70 - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de zinco (em toneladas de metal contido). 102
Gráfico 71 - Distribuição dos recursos e reservas de minério de zinco em Minas Gerais. 102
Gráfico 72 - Distribuição regional dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de zinco. . 103
Gráfico 73 – Distribuição da produção mundial de zinco (x1.000 t). 103
Gráfico 74 - Produção beneficiada e valor total comercializado de zinco em Minas Gerais. 104

Gráfico 75 – Distribuição nacional das exportações da indústria de transformação do zinco. 106
Gráfico 76 - Distribuição nacional das importações da indústria de transformação do zinco..... 106
Gráfico 77 – Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de zinco de Minas Gerais. 107
Gráfico 78 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do zinco. 108
Gráfico 79 - Distribuição das reservas mundiais de nióbio..... 110
Gráfico 80 - Distribuição dos recursos totais (a) e reservas lavráveis (b) das fontes de nióbio no Brasil (em Nb_2O_5 contido). 110
Gráfico 81 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de nióbio proveniente de pirocloro (em Nb_2O_5 contido). 111
Gráfico 82 - Distribuição estadual dos recursos e reservas lavráveis de nióbio (em Nb_2O_5 contido). 111
Gráfico 83 - Produção mundial de nióbio em 2016. 112
Gráfico 84 - Produção nacional de nióbio em 2017..... 112
Gráfico 85 – Produção beneficiada e valor total comercializado de nióbio em Minas Gerais..... 113
Gráfico 86 – Quantidade e valor FOB das exportações da indústria de transformação do Brasil e de Minas Gerais..... 115
Gráfico 87 – Exportações da indústria de transformação de nióbio no Brasil e em Minas Gerais 115
Gráfico 88 – Destino das exportações da indústria de transformação de nióbio de Minas Gerais 116
Gráfico 89 - Distribuição mundial das reservas de minério de lítio (em LiO_2 contido)..... 117
Gráfico 90 - Distribuição percentual dos recursos totais e reservas lavráveis por mineral-minério no Estado. 118
Gráfico 91 – Distribuição dos recursos totais (a) e das reservas lavráveis (b) de minerais-minério de lítio no Estado. 118
Gráfico 92 - Distribuição estadual dos recursos totais (a) e das reservas lavráveis (b) de minerais-minério de lítio. 119
Gráfico 93 – Produção mundial de lítio em 2016 120
Gráfico 94 – Evolução da produção beneficiada e valor total comercializado de concentrado de lítio em Minas Gerais. 121
Gráfico 95 – Principais Estados importadores de pilhas e baterias elétricas de lítio. 124
Gráfico 96 – Principais países exportadores de pilhas e baterias elétricas de lítio para o Brasil. . 125
Gráfico 97 – Distribuição mundial de reservas de ETRs 127
Gráfico 98 – Distribuição nacional dos recursos medidos e reservas lavráveis de ETRs..... 127
Gráfico 99 – Distribuição estadual dos recursos e reservas de ETRs em Minas Gerais 128
Gráfico 100 – Distribuição mundial das reservas de titânio proveniente de ilmenita e rutilo. 131
Gráfico 101 – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de titânio 131
Gráfico 102 - Recursos totais de titânio por município. 132

Gráfico 103 – Distribuição da produção mundial de titânio em 2015. 133
Gráfico 104 - Distribuição dos processos registrados na ANM quanto a: **(a)** substância; **(b)** uso. 136
Gráfico 105 - Distribuição do consumo mundial de águas minerais engarrafadas (em bilhões de litros) 138
Gráfico 106 – Variação anual da produção beneficiada e do valor total comercializado de águas minerais. 139
Gráfico 107 - Distribuição de processos minerários por tipo de rochas ornamentais 140
Gráfico 108 - Distribuição nacional dos recursos totais de rochas ornamentais e de revestimento 142
Gráfico 109 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de rochas ornamentais e de revestimento. 143
Gráfico 110 - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis dos tipos de rochas ornamentais e de revestimento..... 143
Gráfico 111 – Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de ardósia..... 144
Gráfico 112 – Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de quartzitos/arenitos. 144
Gráfico 113 – Distribuição por RGInts do montante de recursos totais e reservas lavráveis de granitos e afins..... 145
Gráfico 114 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis de mármores e afins..... 145
Gráfico 115 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis para as demais substâncias usadas como rochas ornamentais e de revestimento. 146
Gráfico 116 - Distribuição da produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento 146
Gráfico 117 – Produção e valor total comercializado de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais. 147
Gráfico 118 - Distribuição mundial das reservas de diamante. 156
Gráfico 119 – Distribuição da produção mundial de diamantes..... 157
Gráfico 120 – Evolução da produção e valor total comercializado de diamante. 158
Gráfico 121 – Distribuição dos processos minerários por substância com uso como minerais industriais. 158
Gráfico 122 - Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas. 161
Gráfico 123 - Distribuição nacional de recursos e reservas de argilas 162
Gráfico 124 – Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas 162
Gráfico 125 – Distribuição dos recursos e reservas de argila por Regiões Geográficas Intermediárias do Estado..... 163

Gráfico 126 - Distribuição regional por principais municípios **(a)** dos recursos totais de argila; **(b)** das reservas lavráveis de argila. 164
Gráfico 127 – Distribuição da produção nacional de argilas (comuns, refratárias, plásticas e ocre). 164
Gráfico 128 – Evolução da produção comercializada e do valor total comercializado de argilas em Minas Gerais. 165
Gráfico 129 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de areias industriais. 167
Gráfico 130 - Total de recursos e reservas de areias industriais por Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais 167
Gráfico 131 – Distribuição por município dos recursos totais de areias industriais. 168
Gráfico 132 - Distribuição por município das reservas lavráveis de areias industriais. 168
Gráfico 133 – Distribuição da produção nacional de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex. 169
Gráfico 134 – Evolução da produção e do valor total comercializado de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex em Minas Gerais. 169
Gráfico 135 – Distribuição nacional do volume de recursos e reservas de calcário. 173
Gráfico 136 – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de calcário no Estado de Minas Gerais. 174
Gráfico 137 – Distribuição regional dos recursos e reservas de calcário em Minas Gerais. 174
Gráfico 138 – Distribuição estadual de recursos totais de calcário para os dez principais municípios do Estado 175
Gráfico 139 – Distribuição estadual de reservas lavráveis de calcário para os dez principais municípios do Estado. 175
Gráfico 140 – Distribuição da produção nacional de calcário industrial 176
Gráfico 141 – Evolução da produção e valor total comercializado de calcário industrial em Minas Gerais. 176
Gráfico 142 – Reservas mundiais de grafita 179
Gráfico 143 – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita 179
Gráfico 144 – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis em Minas Gerais. 179
Gráfico 145 – Distribuição regional dos recursos e reservas de grafita em Minas Gerais. 180
Gráfico 146 – Distribuição dos **(a)** recursos totais e **(b)** reservas lavráveis de grafita nos municípios de Minas Gerais. 181
Gráfico 147 – Produção mundial de grafita em 2015 181
Gráfico 148 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de grafita em Minas Gerais. 182
Gráfico 149 – Distribuição das exportações nacionais de grafita. 186

Gráfico 150 – Destino das exportações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais. 186
Gráfico 151 – Distribuições das importações nacionais de grafita. 187
Gráfico 152 – Origem das importações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais. 187
Gráfico 153 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de feldspatos. 190
Gráfico 154 - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis de feldspatos. 190
Gráfico 155 - Distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos em Minas Gerais. 191
Gráfico 156 - Principais municípios com recursos totais de feldspatos no Estado de Minas Gerais. 191
Gráfico 157 - Principais municípios com reservas lavráveis de feldspatos no Estado de Minas Gerais. 192
Gráfico 158 – Distribuição da produção mundial de feldspatos. 192
Gráfico 159 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de feldspatos em Minas Gerais. 193
Gráfico 160 - Reservas mundiais de fosfato 196
Gráfico 161 - Recursos e reservas nacionais de fosfato 196
Gráfico 162 - Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de fosfato em Minas Gerais. 197
Gráfico 163 - Distribuição dos recursos totais de minério de fosfato por município no Estado de Minas Gerais. 197
Gráfico 164 - Distribuição das reservas lavráveis de minério de fosfato por município no Estado de Minas Gerais 198
Gráfico 165 – Distribuição da produção mundial de fosfatos. 198
Gráfico 166 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de fosfatos em Minas Gerais 199
Gráfico 167 – Exportações nacionais da indústria de transformação de fosfatos. 201
Gráfico 168 – Importações nacionais de fosfatos 202
Gráfico 169 – Distribuição nacional de exportações de produtos transformados de fosfato 202
Gráfico 170 – Destino das exportações da indústria de transformação de fosfato de Minas Gerais. 203
Gráfico 171 – Distribuição nacional de importações da indústria de fosfatos. 203
Gráfico 172 – Principais produtos importados de fosfatos e países fornecedores. 203
Gráfico 173 – Distribuição dos empregos diretos na cadeia produtiva dos fosfatos. 204
Gráfico 174 – Composição do Valor Adicionado do Estado de Minas Gerais, por atividade econômica **(a)** Dados de 2013 **(b)** Dados de 2017. 212

Gráfico 175 - Representatividade nacional do VA do setor mineral (com petróleo e gás) na economia e no total da indústria – 2002 a 2016.....213
Gráfico 176 - Representatividade nacional do VA do setor mineral (sem petróleo e gás) na economia e no total da indústria – 2000 a 2015.....213
Gráfico 177 – Evolução do VA da Indústria Extrativa Mineral na economia do Estado de Minas Gerais 214
Gráfico 178 - Participação da Indústria Extrativa Mineral no VA (com petróleo e gás) de Minas Gerais no total da economia e na indústria do Estado – 2002 a 2017 (em %). 215
Gráfico 179 – Representatividade da Indústria Extrativa Mineral no Valor Adicionado das diversas Unidades da Federação (com petróleo e gás). 215
Gráfico 180 - Evolução da produção mineral das substâncias metálicas e não metálicas entre 2000 e 2018. 216
Gráfico 181 – Produção mineral total com estimativa da distribuição das substâncias não metálicas em 2018 217
Gráfico 182 – Distribuição da produção mineral das substâncias metálicas em 2018 217
Gráfico 183 – Evolução do valor total da produção comercializada de ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio e lítio em Minas Gerais. 218
Gráfico 184 - Evolução do valor total da produção comercializada minerais não metálicos em Minas Gerais 219
Gráfico 185 - Exportação mineral com estimativa de distribuição das substâncias não metálicas em 2018. 220
Gráfico 186 - Histórico das exportações de minério de ferro por Minas Gerais Valor FOB e volume 220
Gráfico 187 - Histórico das exportações de produtos minerais e do valor total exportado por Minas Gerais 222
Gráfico 188 - Países que mais importam bens minerais do Estado de Minas Gerais. 223
Gráfico 189 - Principais minérios importados por Minas Gerais em 2018 223
Gráfico 190 - Histórico das importações minerais e do valor total importado por Minas Gerais. .224
Gráfico 191 - Países que mais exportaram bens minerais a Minas Gerais em 2018. 225
Gráfico 192 - Evolução da arrecadação da TFRM no Estado. 227
Gráfico 193 – Distribuição nacional da CFEM em 2018. 228
Gráfico 194 – Evolução da CFEM dos dois maiores arrecadadores nacionais. 228
Gráfico 195 – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais. 229
Gráfico 196 – Municípios mineiros que arrecadaram mais de 10 milhões em CFEM em 2018. ...232
Gráfico 197 - Total de empregos no setor mineral em Minas Gerais e outros estados em função do número de empreendimentos minerários (considerando petróleo e gás).....233

Gráfico 198 - Histórico dos empregos do setor extrativo mineral e do mercado de trabalho em Minas Gerais. 233
Gráfico 199 - Empregos e massa salarial dos principais ramos da indústria extrativa mineral em Minas Gerais (ano base: 2018 com petróleo e gás). 234

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais fatos históricos que contribuíram para o desenvolvimento da mineração no Estado de Minas Gerais 22
Tabela 2 - Relação das Principais Empresas Mineradoras em números de Concessões de Lavra. .. 38
Tabela 3 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Metálicas em Minas Gerais. 40
Tabela 4 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Não-Metálicas em Minas Gerais. 41
Tabela 5 - Principais indústrias de transformação de aço localizadas no Estado de Minas Gerais e seus respectivos produtos. 63
Tabela 6 - Comércio exterior da indústria de transformação de ferro 65
Tabela 7 - Aquíferos brasileiros com área aflorante em Minas Gerais. 134
Tabela 8 - Número de registros de processos de exploração de águas para cada fase..... 135
Tabela 9 - Classificação com base nos critérios composicionais (Fonte: Costa, Campello e Pimenta, 2001)..... 141
Tabela 10 - Principais ocorrências de gemas na região do APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (Adaptado de QUEIROZ, 2016) 149
Tabela 11 - Localização dos diamantes secundários nas principais drenagens por província diamantífera, principais características físicas, processos de extração e beneficiamento e situação legal..... 152
Tabela 12 - Principais Campos Kimberlíticos em Minas Gerais (Projeto Diamante Brasil – CPRM, 2017)..... 154
Tabela 13 - Minerais exportados por Minas Gerais em 2018 e respectivos valores 221
Tabela 14 – Principais encargos tributários incidentes na atividade extrativa mineral. 226
Tabela 15 – Alterações das alíquotas da CFEM antes e após a mudança da legislação. 229
Tabela 16 - Arrecadação da CFEM por substância metálica em 2018..... 230
Tabela 17 - Arrecadação da CFEM das substâncias não metálicas por classe em 2018..... 230

DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

RESUMO

A atividade extrativa mineral sempre desempenhou um papel de destaque na história e na economia de Minas Gerais. A busca por gemas e ouro, no período colonial, possibilitou posteriormente a descoberta de uma diversidade de ocorrências minerais, em quantidades substanciais, que fazem do Estado um dos principais produtores minerais do país.

O Diagnóstico da Mineração do Estado de Minas Gerais é uma iniciativa da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE-MG), com objetivo de consolidar uma série de informações sobre a atividade, que servirá de parâmetro para a elaboração do Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG), em consonância com as premissas do Plano Nacional de Mineração, bem como para a consulta de outros órgãos, entidades e empresas ligadas ao setor. O Diagnóstico congrega dados e informações quanto aos recursos, reservas e produção mineral, comércio exterior, tributos e geração de empregos decorrentes da atividade. O PEM-MG foi delineado para conter quatro etapas (**Figura 1**) e seu objetivo é orientar a formulação de políticas de médio e longo prazos para a promoção da competitividade, produtividade e sustentabilidade do setor mineral do Estado.

***Figura 1** - Abordagem das Etapas do Plano Estadual da Mineração de MG.*

O desenvolvimento deste trabalho faz parte da primeira etapa e, portanto, está alinhado com as principais diretrizes do PEM-MG que são:

- Servir de instrumento de planejamento para a boa gestão, agregação de valor e uso sustentável dos recursos minerais, a fim de estimular a competitividade nos diversos segmentos do setor mineral;
- Promover ações interinstitucionais e projetos estruturantes, que tenham na mineração sua plataforma e que estejam em consonância com as novas regulamentações pretendidas no âmbito federal;
- Contribuir para que o setor mineral continue a desempenhar um papel importante para o desenvolvimento econômico e industrial do Estado de Minas Gerais.

A Indústria Extrativa Mineral é de grande relevância para o Estado, tendo sido responsável por 16,8% da indústria mineira em 2017, chegando a atingir 24,4% em 2013. Entretanto, a atividade passa por um momento desfavorável, tendo em vista os rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho. Desta forma, reforça-se a necessidade de elaborar um instrumento de planejamento estadual que aponte o futuro da mineração em Minas Gerais, contribuindo para que o setor se torne um alicerce do desenvolvimento sustentável do Estado.

Nesse sentido, com o objetivo de apresentar uma análise do Setor Mineral em Minas Gerais, abordou-se os seguintes tópicos: contexto histórico da atividade mineral; os aspectos geológicos e geográficos; os aspectos legais (regimes de exploração) e as substâncias requeridas, passando pelo tratamento de dados referentes aos recursos, reservas e produção das principais substâncias minerais disponíveis e exploradas; a importância econômica da atividade, incluindo a produção mineral, a balança comercial, os tributos e os empregos gerados pela mineração no Estado.

No item do **Contexto Histórico**, foi feito um breve relato do início da atividade mineral, que se funde com a história do Estado, com apresentação dos principais fatos, sintetizados por décadas, que contribuíram para o desenvolvimento da mineração em Minas Gerais.

Na sequência, é mostrada a **distribuição geográfica e geológica** dos principais recursos minerais do Estado: ferro, alumínio, ouro, manganês, nióbio, grafita, lítio, titânio e Terras Raras, gemas e diamantes, agregados para construção civil, águas minerais, rochas ornamentais e de revestimento, agrominerais e minerais industriais. Dentre todos, o minério de ferro tem lugar representativo, correspondendo a mais de 80% da produção extrativa total do Estado.

No item **Regimes de Exploração de Substâncias Minerais**, fez-se uso do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM). O tratamento desses dados, contidos no sistema desde 1935 até abril de 2018, permitiu identificar 39.565 processos minerários, sendo 2.044 concessões de lavra e 620 minas ativas; as principais substâncias requeridas e sua distribuição geográfica; os principais grupamentos mineiros; e as principais empresas.

A partir do cruzamento dos dados do SIGMINE referentes às substâncias, uso e quantidade total de processos ativos, foi possível identificar os minerais mais requeridos, classificados em minerais metálicos e não metálicos, e aqueles de pouca representatividade.

O item **Substâncias Exploradas** descreve os aspectos mineralógicos e geológicos, localização regional das principais ocorrências, as principais empresas produtoras, bem como a distribuição em nível mundial, nacional e estadual do montante de recursos totais, reservas lavráveis e produção, para:

- *Substâncias Metálicas*: Ferro, Ouro, Alumínio, Manganês, Zinco, Nióbio e Lítio, Titânio e Terras Raras;
- *Substâncias Não Metálicas*: Águas Minerais, Rochas Ornamentais e de Revestimento (Granitos, Mármores, Ardósias, Quartzitos e Esteatitos), Gemas, Diamantes, Minerais Industriais (Argilas, Areia Industrial, Calcário, Feldspato e Grafita), Agrominerais (Fosfatos e Remineralizadores de Solo), e Agregados para Construção Civil (Areia, Argila, Saibro, Rochas para Brita e Cascalho).

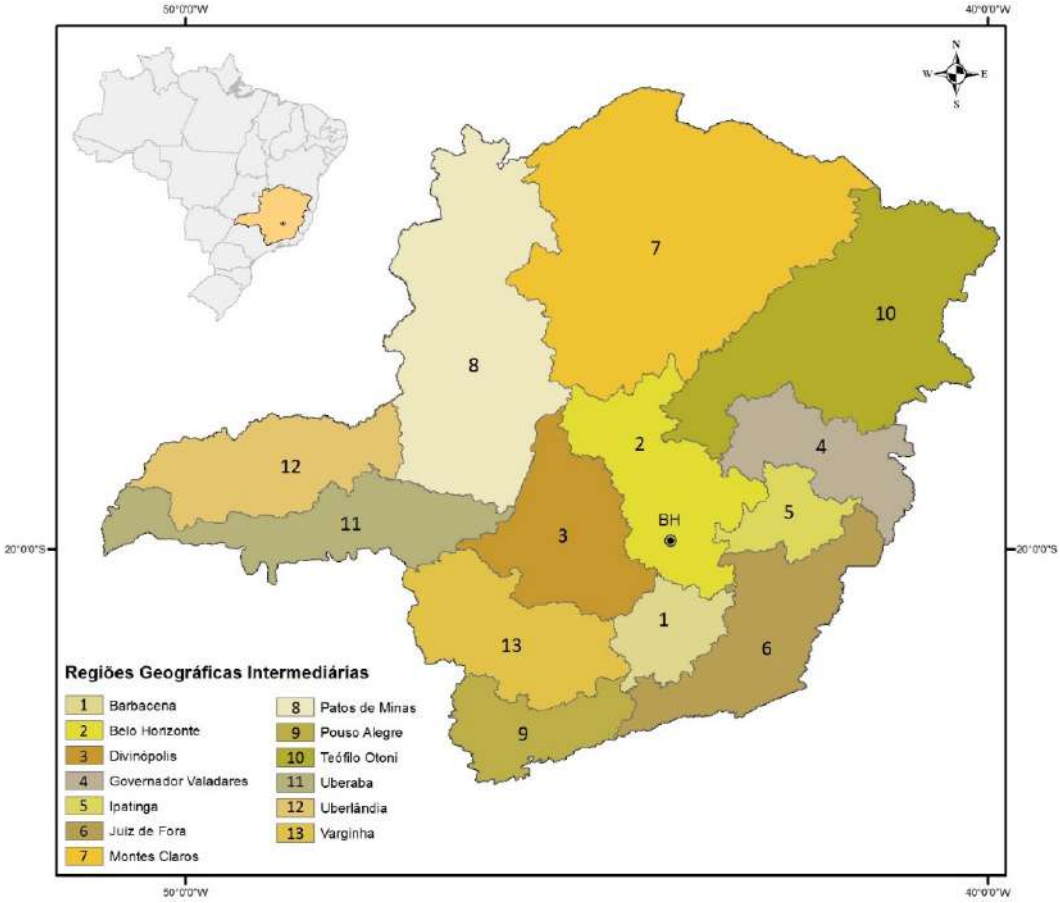
Ainda é apresentada **A Importância da Indústria Extrativa Mineral** na economia do Estado, ressaltando sua participação no Valor Adicionado (VA), na produção, na exportação e importação das principais substâncias, nos tributos e compensações financeiras, bem como o número de empregos formais gerados pelo setor.

INTRODUÇÃO

Este documento visou à obtenção de dados relevantes do Setor Mineral do Estado, disponíveis junto a outros órgãos públicos, principalmente federais, para uma compreensão do setor, sua relevância, seus aspectos econômicos, socioambientais e legais, bem como os seus pontos críticos, com o objetivo de traçar um panorama da situação da atividade mineral no Estado de Minas Gerais e subsidiar a elaboração do Plano Estadual da Mineração de Minas Gerais (PEM-MG). O PEM-MG permitirá promover ações e projetos estruturantes para o desenvolvimento mineral do Estado, com projeções até 2040.

Divisão Político-Administrativa

Visando atender ao escopo e objetivo desse documento, bem como permitir uma melhor compreensão das análises espaciais das ocorrências minerais, da distribuição dos títulos minerários, entre outras referências, adotou-se como base a divisão do Estado de Minas Gerais em 13 Regiões Geográficas Intermediárias (RGInt), realizada pelo IBGE em 2017 (**Figura 2**).



Fonte: IBGE, 2017/ Elaboração: SEDE.

***Figura 2** – Regiões Geográficas Intermediárias do Estado de Minas Gerais*

1. O CONTEXTO DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS

1.1.HISTÓRICO

A história de Minas Gerais se confunde com o início da história da atividade mineral brasileira no final do século XVII. Desde então, esta atividade tem papel fundamental para a economia do Estado, chegando a contribuir, em 2013, com 7,5% do Produto Interno Bruto (PIB) e correspondendo, aproximadamente, a 24% de toda a produção da Indústria do Estado (IBRAM, 2016).

Foto: Reproduções Arquivo do Mapa

Uma das regiões mais importantes do Estado, no seu contexto histórico, desde o início das atividades de extração de recursos minerais até os dias atuais, é o **Quadrilátero Ferrífero**, em sua maior parte localizado na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte. As notícias da descoberta de ouro em aluviões nessa área propiciaram o surgimento de novas explorações, principalmente nas regiões de Ouro Preto e Mariana, as famosas "Minas Gerais dos Cataguases", que se intensificaram com as entradas paulistanas na região, trazendo experiência na extração de ouro em lavras do litoral (AZEVEDO, et. al., N.D.).

Os registros históricos de quem ou de quais expedições foram pioneiras no descobrimento de ouro nos vales dos rios de Minas ainda geram controvérsias; entretanto, a notícia desses descobrimentos causou o primeiro grande *rush* da mineração na história do Brasil e do mundo, influenciando no povoamento do Quadrilátero Ferrífero (AZEVEDO, et. al., N.D.) e atuando como vetor de interiorização em Minas Gerais e no Brasil.

Os fatos mais relevantes da trajetória da atividade da mineração no Estado de Minas Gerais estão sintetizados na **Tabela 1**.

***Tabela 1** - Principais fatos históricos que contribuíram para o desenvolvimento da mineração no Estado de Minas Gerais*

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
Brasil Colônia (séculos XVII, XVIII e XIX)	• Final do séc. XVII: descoberta das primeiras jazidas de ouro de aluvião nos rios de MG; • Em 1695: primeira exportação expressiva de ouro do Estado; • Auge da atividade aurífera colonial: até a metade do séc. XVIII – durante o Ciclo do Ouro – e que declinou no séc. XIX; • Capitania de MG (especialmente Mariana e Ouro Preto) era responsável pela metade da produção mundial de ouro; • Grande incremento populacional do Estado; • 1808: vinda da Coroa Portuguesa para o Brasil (RJ); • Séc. XIX: com o aumento das exportações e produção de café, o ouro passou a ser considerado um produto secundário na economia colonial; • Barão Wilhelm Ludwig von Eschwege: contratado pela Coroa para traçar o diagnóstico da mineração no país; • Barão von Eschwege: funda a Sociedade Mineralógica de Passagem e a Imperial Fábrica de Ferro, ambas em MG; • Presença estrangeira na capitania de MG: até 1820 havia seis companhias inglesas para explorar ferro e ouro; • Em 1825 o francês Jean Monlevade implantou fábrica de extração e transformação de metais preciosos em São Miguel do Piracicaba, atual João Monlevade;

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	• Em 1891 foi promulgada a Constituição Republicana, que vinculou propriedade do subsolo à do solo.
Décadas de 1910 e 1920	• Primeira Guerra Mundial (1914-1918): aumento da demanda mundial por ferro e demais metais, fomentando a indústria siderúrgica em outros países e, principalmente no Brasil; • Até 1918: existiam 15 empresas de extração e transformação mineral em MG, dentre brasileiras e estrangeiras.
Década de 1930	• Grande expansão no setor mineral e siderúrgico; • Enfoque econômico: desenvolvimento industrial e implantação das indústrias de base; • Criação da Comissão Nacional de Siderurgia: vinculada ao Ministério da Agricultura, torna MG região prioritária para receber investimentos no setor mineral e siderúrgico; • Em 1933, houve a criação da Diretoria-Geral de Pesquisas Científica, tendo como subordinado o Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil; • Em 1934, a nova Constituição e o Código de Minas separam as propriedades do solo e do subsolo. Através do Decreto 23.979, de 8 de março de 1934, foi criado o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), sendo extinta a Diretoria-Geral de Pesquisas Científicas; • Em 1937: criação da Usina de João Monlevade (com grande capacidade para produção de lingotes de aço) pela mineradora Belgo-Mineira; • Implantação da Companhia Siderúrgica de Barra Mansa e a Companhia Metalúrgica de Barbará nos anos seguintes; • Com a outorga da Constituição do Estado Novo, em 1937, o aproveitamento das jazidas minerais foi restringido apenas a brasileiros ou empresas constituídas por brasileiros. Um ano após, em 1938, foi criado o Conselho Nacional do Petróleo, o qual nacionalizou o refino do petróleo e regulou sua importação e transporte.
Década de 1940	• Redução da dependência brasileira da importação de aço, em função dos planos quinquenais; • Em 1940 foi criada a Lei Constitucional nº 4, que impunha a cobrança de um imposto único sobre o carvão mineral nacional, combustíveis e lubrificantes, de competência da União. • Em 1940 foi sancionado o Decreto-lei nº 1.985, que ficou conhecido como o 'Código de Minas'. O Código de Minas definiu os direitos sobre as jazidas e minas, estabeleceu o regime de seu aproveitamento e regulou a intervenção do Estado na indústria de mineração; • 1942: fundação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que encampou os projetos da Companhia Itabira de Mineração (1942) e da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1946; • Segunda Guerra Mundial (1939-1945): aumenta a demanda por aço e ferro brasileiro, viabilizando a implantação da Usina de Volta Redonda (RJ) da CSN, através de capital americano pela entrada do Brasil na Guerra ao lado dos Aliados; • Em 1946, a Nova Ordem Constitucional reabriu a mineração no país à participação do capital estrangeiro, e estendeu a Tributação Única, criada em 1940, para todos os minerais do Brasil. • Intenso crescimento populacional e desenvolvimento das cidades mineiras devido às siderúrgicas;
Década de 1950	• Ipatinga (MG): recebe a Usina Intendente da Câmara (Usiminas); • Desenvolvimento de cidades como Betim e Contagem devido ao distrito industrial da região metropolitana de Belo Horizonte; • Maior enfoque no projeto desenvolvimentista industrial de MG; • Abertura parcial ao capital externo, transferência de tecnologias que impactavam positivamente o setor mineral/siderúrgico, aumento dos investimentos diretos externo com o objetivo de reduzir a inflação e retomar o crescimento econômico; • Comissão Mista Brasil-Estados Unidos: possibilitou a instalação da estrada de ferro Vitória-Minas, facilitando o transporte de minerais;

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	• Criação da Assessoria Econômica: alguns de seus projetos permitiram a criação da Petrobrás, da Eletrobrás e do Plano Nacional do Carvão; • 1951: Inicio do mapeamento geológico do Quadrilátero Ferrífero pelo *United States Geological Survey* - USGS em cooperação com o DNPM, com foco na definição das jazidas de ferro da região. Criação da empresa Aços Especiais Itabira (Acesita) – MG; • 1952: fundação da Companhia Siderúrgica Mannesmann, de origem alemã, próximo a Belo Horizonte; • "Cinquenta anos em cinco": priorizava as áreas de energia, transportes, alimentação, indústrias de base, educação e a construção de Brasília; • Grande demanda interna por aço e a criação de novas empresas: COSIPA; • MG: ator chave na industrialização do país por suas reservas de ferro e manganês.
Década de 1960	• Anos 60: cenário de polarização política, intensificação de movimentos sociais e profunda crise econômica por endividamento externo; • Em 1960 foi criado o Ministério das Minas e Energia (MME). O DNPM foi incorporado à estrutura do novo Ministério. • Redução brusca pela demanda de aço, setor mineral muito afetado; • A partir de 1964: "milagre econômico", melhorou as condições econômicas pelas exportações de ferro e aço durante a Guerra Fria; • Em 1967 foi criado o Decreto-Lei 227, chamado de 'Código de Mineração'.
Década de 1970	• Início da exportação de ferro em Carajás (PA); • DOCEGEO: projeto Rio Doce Geologia e Mineração – maior pesquisa geológica já realizada até então – que ampliou a atuação da CVRD, que se tornou a maior exportadora de ferro à época; • 1975: criação da planta Minas Serra Geral pela CVRD, que explorava ferro em MG.
Década de 1980	• "Década perdida" pela alta inflacionária, desemprego e aumento da dívida externa; • Globalização: aumenta a concorrência internacional no setor mineral; • A partir de 1985: restabelecimento do governo civil com liberalização econômica para retomar o crescimento; • Minas Gerais recebe a Açominas que explorou jazidas de hematita, calcário, dolomita e dunito. A empresa propiciou crescimento econômico no Estado e desenvolvimento de cidades como Congonhas, Ouro Branco e Ouro Preto, contrariando o cenário de crise no país; • Constituição de 1988, elimina o Imposto Único Mineral (IUM) e introduz novos encargos para a mineração (ICMS e CFEM).
Década de 1990	• 1994: início da estabilização econômica com a adoção do Plano Real, que extinguiu algumas medidas como congelamento de salários e indexação de valores. • Final dos anos 90: otimismo econômico, dinamização da economia e crescimento de setores estratégicos, como o setor mineral; • Privatização da CVRD; • Em 1996: Reforma do Código da Mineração (Lei 9.314/96).
Década de 2000	• Início do Séc. XXI: recorde de faturamento para área mineral, passando de R$8 bilhões de faturamento em 2000 para R$40 bilhões em 2010; • Brasil: maior exportador de ferro e nióbio do mundo e diversificação dos minerais explorados, como o aumento da extração de brita e cobre; • Em 2008 tiveram início os debates para a mudança no Marco Regulatório Mineral.
Década de 2010	• Criação de diversas *joint-ventures* em decorrência do crescimento econômico dos países emergentes: Brasil realizou aquisições lucrativas, alcançando a cifra de US$13,5 bilhões em 2010, se tornando o país que mais realizou aquisições e, a Vale, a empresa que mais implementou transações; • MG: em 2010 a Usiminas firmou um contrato valioso com a *Sumitomo Corporation* (de origem japonesa) na região de Serra Azul; • Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	• A Vale implantou em MG o Centro de Desenvolvimento Mineral e o Instituto Tecnológico Vale Mineração – ITV; • Estabelecimento da *joint-venture* entre a Vale e a BHP Billiton para explorar ferro em Mariana na Samarco; • Superciclo das *commodities*: picos de preço do ferro, (US$ 187,18 em 2011 e US$ 154,64 em 2013, INDEXMUNDI, 2019), devido ao intenso crescimento econômico chinês; • Crise econômica a partir de 2013: valores muito baixos do ferro, cerca de US$70 no primeiro semestre 2018, o que impactou profundamente o setor mineral de Minas Gerais e do Brasil; • Rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em Mariana, em novembro de 2015; • Em 25 de julho de 2017, o Código de Mineração sofreu modificações, através das Medidas Provisórias 789, 790 e 791, que alteraram a alíquota da CFEM, criaram a Agência Nacional de Mineração (ANM), além de novas regras e tributos, visando modernizar a base normativa da mineração brasileira; • Rompimento da barragem de rejeitos da Vale em Brumadinho, em janeiro de 2019; • Vale informa descomissionamento de barragens construídas pelo método à montante; • Resolução MME/ANM nº 4 de 15 de fevereiro de 2019: ○ **Art. 2°**: "Fica proibida a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de mineração denominado 'a montante' em todo o território nacional"; ○ **Art. 5°** - Parágrafo único: "A ANM exigirá do empreendedor a utilização de método alternativo de disposição de rejeito, caso a construção ou ampliação da barragem se mostre inadequada, mesmo após consideradas as alternativas locacionais"; ○ **Art. 8°** - Inciso I "até 15 de agosto de 2019, concluir a elaboração de projeto técnico de descomissionamento ou descaracterização da estrutura, que deverá contemplar, no mínimo, obras de reforço da barragem à jusante ou a construção de nova estrutura de contenção à jusante, com vistas a reduzir ou eliminar o risco de liquefação e o dano potencial associado, obedecendo a todos os critérios de segurança"; Inciso III "até 15 de agosto de 2021, concluir o descomissionamento ou a descaracterização da barragem"; • Política estadual de segurança de barragens Lei 23.291 de 25 de fevereiro de 2019, que trata do licenciamento ambiental de barragens, fiscalizações e responsabilidades. • Resolução MME/ANM nº13 de 12 de agosto de 2019: ○ Revoga a Resolução nº4; ○ **Art. 2º** "Fica proibida a utilização do método de alteamento de barragens de mineração denominado 'a montante' em todo o território nacional"; ○ **Art. 3º**: Proíbe a construção de instalações administrativas ou de processo produtivo e fontes radioativas, na Zona de Autossalvamento (ZAS); ○ **Art. 4º**: Determina prazo para: até 12/10/2019 para desativar as áreas citadas no art 3º; até 15/08/2022 para descaracterização das barragens a montante; ○ **Art 6º**: Determina prazo até 15/12/2020 para implantação, em barragens com Dano Potencial Associado alto, de "sistema de monitoramento automatizado de instrumentação com acompanhamento em tempo real e período integral"; ○ **Art 8º**: Determina prazos para estabilização ou construção de nova estrutura de contenção situada à jusante, e para descaracterização de barragens a montante.

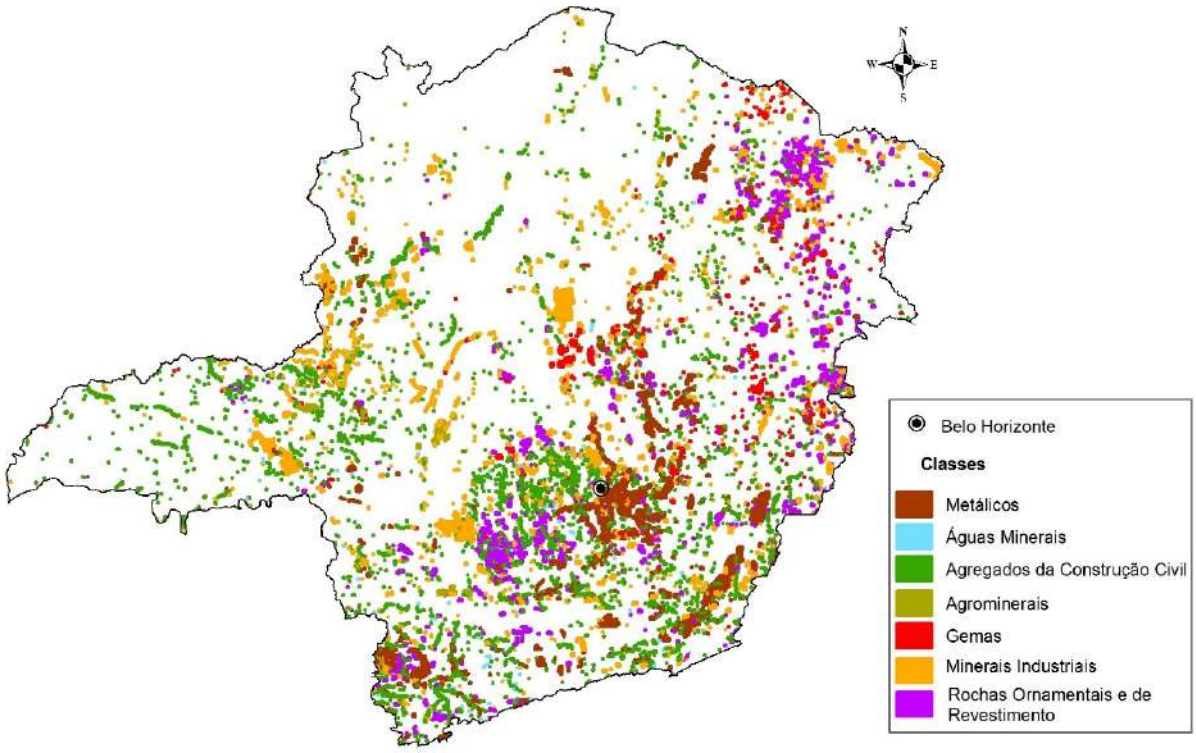
Tendo em vista o contexto da mineração apresentado, o histórico político e econômico do Estado de Minas Gerais, desde o Brasil Colônia até os dias atuais, é possível perceber que o setor produtivo mineral é profundamente afetado pela conjuntura econômica mundial. Desta forma, apesar de não ser exclusivamente dependente do setor mineral, o Brasil e, principalmente, Minas Gerais, têm sua economia intrinsecamente relacionada ao ramo.

1.2.GEOLOGIA ECONÔMICA

1.2.1. Introdução

A tradição na atividade de mineração do Estado de Minas Gerais, deve-se em grande parte a diversidade geológica que compõe seu território e é mantida através de um Setor Mineral forte e competitivo, que tem se capacitado tecnologicamente no sentido de desenvolver novas rotas de processamento, a fim de proporcionar o aproveitamento mais efetivo dos recursos minerais disponíveis no Estado.

Tal diversidade geológica reflete em um amplo potencial de produção de recursos minerais (**Figura 3**), abrangendo bens como: ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio, lítio, água mineral, rochas ornamentais e de revestimento, gemas, diamantes, argilas, areia industrial, calcário, grafita, feldspatos, agrominerais (fosfatos) e agregados para construção civil. Dentre todas as *commodities*, o minério de ferro tem lugar representativo, com mais de 80% do valor total da produção extrativa total do Estado e, ainda, é um dos principais produtos em valor de exportação e arrecadação do país.



Fonte: ANM, 2018/ Elaboração: SEDE.

***Figura 3** – Distribuição dos recursos minerais no Estado segundo títulos minerários outorgados pela ANM.*

1.2.2. Contexto Geológico de Minas Gerais

O território de Minas Gerais, em sua maior parte, abarca terrenos pré-cambrianos (Cráton do São Francisco, Sistemas Orogênicos Brasilianos Mantiqueira e Tocantins) e subordinadamente coberturas sedimentares e corpos ígneos fanerozoicos (ALKMIM, 2018) (**Figura 4**). A seguir serão apresentados sumariamente os principais domínios geológicos que compõe o Estado e seus potenciais minerais.

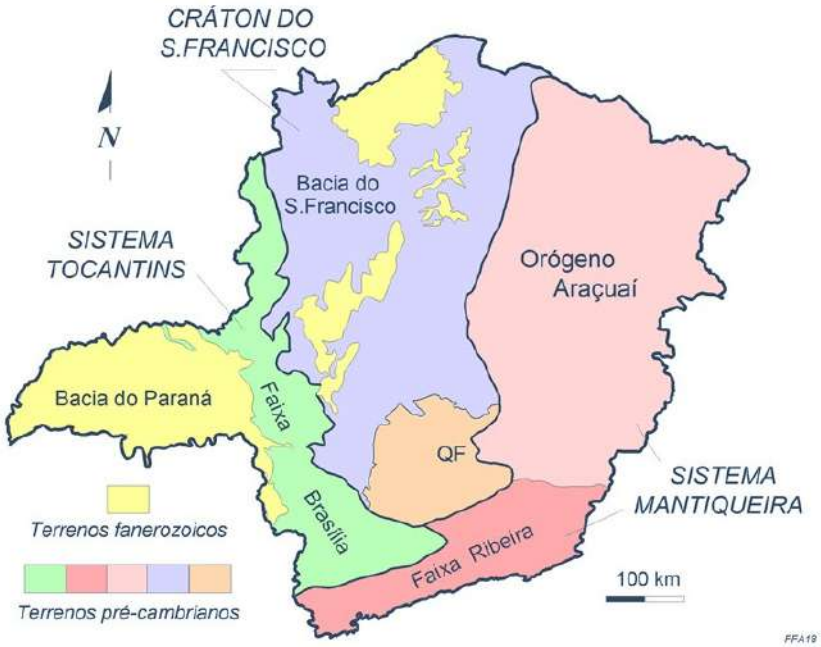


Figura 4 *- Compartimentação geológica de Minas Gerais (ALKMIM, 2018).*

1.2.2.1. Cráton do São Francisco

O **Cráton do São Francisco** é quase inteiramente coberto por rochas sedimentares pré-cambrianas e, subordinamente, fanerozoicas. Somente no seu extremo sul aflora o seu embasamento, o qual compreende a região do **Quadrilátero Ferrífero** (QF) e suas adjacências. A parte do cráton coberta por rochas sedimentares constitui a **Bacia Sedimentar do São Francisco** (ALKIMIM, 2018).

A Província Mineral do **Quadrilátero Ferrífero** tornou-se a região melhor conhecida de todo o Brasil, do ponto de vista geológico, em função dos seus recursos minerais, especialmente devido às suas jazidas auríferas e de minério de ferro de alto teor (ALKMIM, 2018).

Segundo Alkmim (2018), o Quadrilátero Ferrífero volta a adquirir grande importância econômica no cenário internacional a partir dos anos 50, após longo período de estagnação, durante o século XIX, da atividade mineira. Desse momento em diante, incrementou-se progressivamente, a produção de minérios de ferro de alto teor que atingiu 228 milhões de toneladas em 2016, apesar de várias oscilações. Ressalta que mesmo com o considerável crescimento do papel desempenhado pelas minas de Carajás, no Estado do Pará, o Quadrilátero Ferrífero continua responsável por aproximadamente 70% da produção nacional bruta de minérios de ferro.

1.2.2.2. Sistema Orogênico Mantiqueira

O **Sistema Orogênico Mantiqueira**, em Minas Gerais, está representado por partes do **Orógeno Araçuaí** e da **Faixa Ribeira** (ALKIMIM, 2003) (**Figura 4**).

O **Orógeno de Araçuaí** abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e Margem Continental Leste Brasileira (PEDROSA-SOARES *et al* 2001, 2007, PEDROSA-SOARES e WIEDEMANN-

LEONARDOS, 2000 *apud* ALKIMIM, 2018) ou seja, em Minas Gerais, este engloba toda a Serra do Espinhaço Meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha (ALKMIM, 2018).

No Estado de Minas Gerais, o Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas (esmeraldas, águas marinhas e turmalinas); diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no alto Jequitinhonha (ALKIMIM, 2018); e também por hospedar importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro e urânio (DARDENNE e SCHOBBENHAUS, 2003 *apud* ALKIMIM, 2018).

A **Faixa Ribeira** está em continuidade com o Orógeno Araçuaí e se superpõe à terminação sul da Faixa Brasília, o que dá origem a um quadro geológico de alta complexidade (ALKIMIM, 2018). Nesta área, predominam as ocorrências de agregados para uso na construção civil, minerais metálicos, minerais industriais, rochas ornamentais e de revestimento e águas minerais.

1.2.2.3. Sistema Orogênico Tocantins

O **Sistema Orogênico Tocantins** é representado em Minas Gerais pela Faixa de Dobramentos Brasília (ALMEIDA, 1977), que margeia o Cráton do São Francisco a oeste. A parte da Faixa Brasília presente no território mineiro é o seu segmento meridional que, a oeste, é coberto pelas camadas sedimentares da Bacia do Paraná, e a sul, é obliterado pela Faixa Ribeira (VALERIANO, 2017 *apud* ALKMIM, 2018).

A **Faixa Brasília** em Minas Gerais destaca-se pela presença de uma jazida aurífera do Morro do Ouro em Paracatu (ALKIMIM, 2018), que constitui a maior mina de ouro em operação no país; pelos depósitos (plumbo-) zincíferos de Vazante e Morro Agudo (DIAS ET AL. 2016; DIAS ET AL. 2018), além de depósitos de fosfato sedimentar de Rocinha e Lagamar (DARDENNE e SCHOBBENHAUS, 2003).

1.2.2.4. Cobertura Sedimentar e Corpos Ígneos Fanerozoicos

Em Minas Gerais, as rochas fanerozoicas ocorrem nas bacias sedimentares do **São Francisco, Paraná** e ao longo do **Arco do Alto Paranaíba**, que as separa (**Figura 5**). Esta grande estrutura, também de idade fanerozoica (ALKIMIM, 2018), é *locus* principal de intrusões ígneas alcalinas, carbonatíticas e kimberlíticas (BROAD *et al.*2000 *apud* ALKIMIM, 2018).

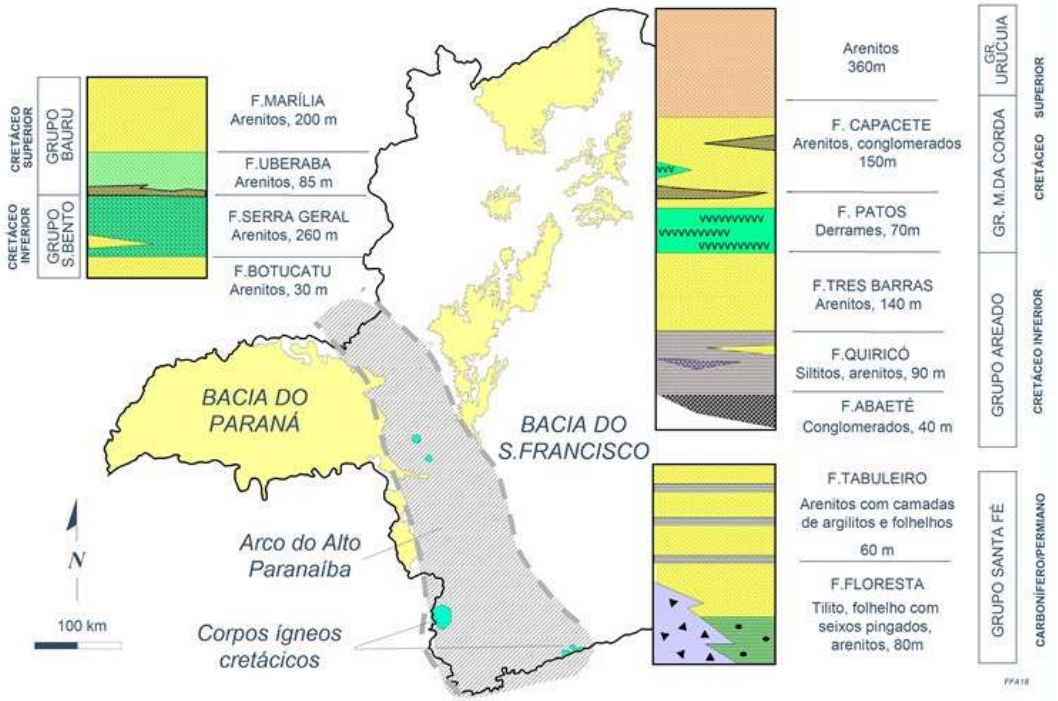


Figura 5 *- Mapa geológico simplificado dos terrenos fanerozoicos de Minas Gerais, com as respectivas colunas estratigráficas simplificadas das bacias do São Francisco e Paraná. Representam-se também o Arco do Alto Paranaíba e as maiores intrusões ígneas cretácicas associadas (ALKMIM, 2018).*

Bacia do São Francisco

A **Bacia Sedimentar do São Francisco** está localizada no cráton de mesmo nome, sendo preenchida por rochas sedimentares pré-cambrianas e fanerozoicas (ALKMIM, 2018). Em toda a extensão desta bacia, aflora o Grupo Bambuí (COSTA e BRANCO, 1961; DARDENNE, 1978, 1981; *apud* ALKMIM, 2018) que é composto principalmente por uma alternância entre camadas marinhas de calcários, ardósias e siltitos; e é dividido em cinco formações principais que são importantes fontes de rochas ornamentais (*e.g.* ardósia) e de minerais industriais para produção de cimento e cal (ALKMIM, 2018).

Em contato com o Grupo Bambuí, junto ao limite oeste da bacia, está o grupo Vazante que hospeda importantes depósitos de minério de zinco, chumbo-zinco e fostato, localizados, respectivamente nos municípios de Vazante, Morro Agudo e Lagamar (DARDENNE e SCHOBBENHAUS, 2001; BITTENCOURT *et al.* 2001 *apud* ALKIMIM, 2018).

Bacia do Paraná

A região do Triângulo Mineiro é praticamente toda ocupada por uma pequena porção da grande **Bacia Sedimentar do Paraná** (**Figura 5**) , sendo as principais unidades de preenchimento da bacia aflorantes na região aquelas relacionadas aos grupos São Bento e Bauru, de idades cretácicas inferior e superior, respectivamente (ALKIMIM,2018) e as dos Grupos Itararé e Passa Dois, de idades permo-carbonífera e jurássica, respectivamente, encontradas em exposições menores (SEER e MORAES 2017 *apud* ALKMIM, 2018).

Esta região, abriga pequenos depósitos e minas de calcário, minas de basalto para brita, além de depósitos e lavras pouco expressivas de saibro, argilas (argilitos) e cascalheiras locais, sempre próximas aos grandes centros dessa região (LOBATO e COSTA, 2018).

Arco do Alto Paranaíba

O **Arco do Alto Paranaíba** (**Figura 5**), constitui uma importante feição que separa as bacias sedimentares e hidrográficas do Paraná, a oeste, e do São Francisco a leste, entre o centro-oeste e sudoeste de Minas Gerais. Ao longo de toda sua extensão, é povoado por um grande número de intrusões ígneas, que ocorrem na forma de diques, soleiras e, principalmente, corpos cilíndricos e dômicos de várias dimensões. De acordo com a sua composição, distinguem-se três tipos de corpos ígneos na região: alcalinos, carbonatíticos e kimberlíticos (BROD *et al.* 2000 *apud* ALKIMIM, 2018).

Merece destaque o **complexo alcalino de Poços de Caldas**, por hospedar importante mineralização de urânio e contêm ainda depósitos de bauxita, zircônio e molibdênio (ALKIMIM, 2018). Esse complexo ainda aloja importantes depósitos de nióbio, ocorrência de Elementos Terras Raras, pequenas minas de sienito (uso como brita e eventualmente fundente), argilas e argilas refratárias (LOBATO e COSTA (2018).

Nas imediações da cidade de Araxá, localiza-se o mais economicamente importante corpo carbonatítico da região, o **complexo do Barreiro**; trata-se de uma intrusão dômica, aproximadamente circular, de 4,5 km de diâmetro de carbonatitos, intrusivo nos quartzitos e xistos do Grupo Araxá (BARBOSA *et al.*,1970 apud (DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003, ALKIMIM, 2018). Algumas rochas do complexo foram profundamente alteradas pelos processos de intemperismo e originaram importantes jazidas de **nióbio e fosfato** (ALKIMIM, 2018).

Destacam-se ainda outros maciços alcalinos: o Maciço de **Tapira**, que hospeda uma mina de fosfato em atividade; o **Maciço de Salitre** que hospeda atualmente duas minas de fosfato; o **Maciço de Serra Negra** que apresenta apenas depósitos de fosfato; e, finalmente, o **Maciço de Araxá** que possui uma mina de nióbio, da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM), e um depósito de minerais do Grupo de Elementos Terras Raras (ETR) (LOBATO e COSTA, 2018).

Ainda há ocorrência de um grande número de corpos kimberlíticos de dimensões métricas ao longo do Arco do Alto Paranaíba (ALKIMIM, 2018) responsáveis por raros depósitos de diamante primário e abundantes depósitos secundários e terciários, nas províncias oeste de São Francisco, Alto Paranaíba e Serra da Canastra (LOBATO e COSTA, 2018).

1.2.3. Conceitos de Recursos e Reservas

Como objetivo de atender aos padrões de declaração de resultados aceitos internacionalmente, a ANM estabelece conceitos técnicos de recursos e reservas minerais, conforme descrito a seguir:

1.2.3.1. Recurso Mineral

Entende-se por recurso mineral uma concentração ou ocorrência anômala de substância mineral dentro ou na superfície da crosta terrestre que, quando mensurada, apresenta forma, teor ou qualidade e quantidade com

perspectivas razoáveis de aproveitamento econômico. Os recursos minerais se classificam em inferido, indicado ou medido.

- **Recurso inferido** é a parte de um recurso mineral estimado com base em evidências geológicas, técnicas apropriadas de pesquisa e amostragens limitadas que sugerem, mas não atestam, a continuidade geológica, teor ou qualidade do bem mineral. O recurso inferido possui nível de confiabilidade mais baixo que aquele aplicado ao recurso indicado e não deve ser convertido para reserva mineral;

- **Recurso indicado** é a parte de um recurso mineral estimado com base em técnicas adequadas de pesquisa derivadas de exploração, amostragem e testes com detalhamento adequado, confiáveis e suficientes para assumir a continuidade geológica, teor ou qualidade, densidade, forma e características físicas do depósito mineral entre os pontos de observação, permitindo a aplicação de fatores modificadores em detalhe suficiente para embasar o planejamento da mina e a avaliação da viabilidade econômica do depósito. O recurso indicado possui nível de confiabilidade mais baixo que o recurso medido e pode ser convertido apenas em reserva provável.

- **Recurso medido** é a parte de um recurso mineral estimado com base em técnicas apropriadas de pesquisa derivadas de exploração, amostragem e testes detalhados e confiáveis o suficiente para confirmar a continuidade geológica, teor ou qualidade, densidade, forma e características físicas do depósito mineral entre os pontos de observação, permitindo a aplicação de fatores modificadores para o planejamento de mina detalhado e a avaliação final da viabilidade econômica do depósito. O recurso medido possui nível mais alto de confiabilidade geológica e variações na estimativa dentro de limites próximos não afetam a potencial viabilidade econômica do projeto, podendo ser convertido em reserva provável ou reserva provada.

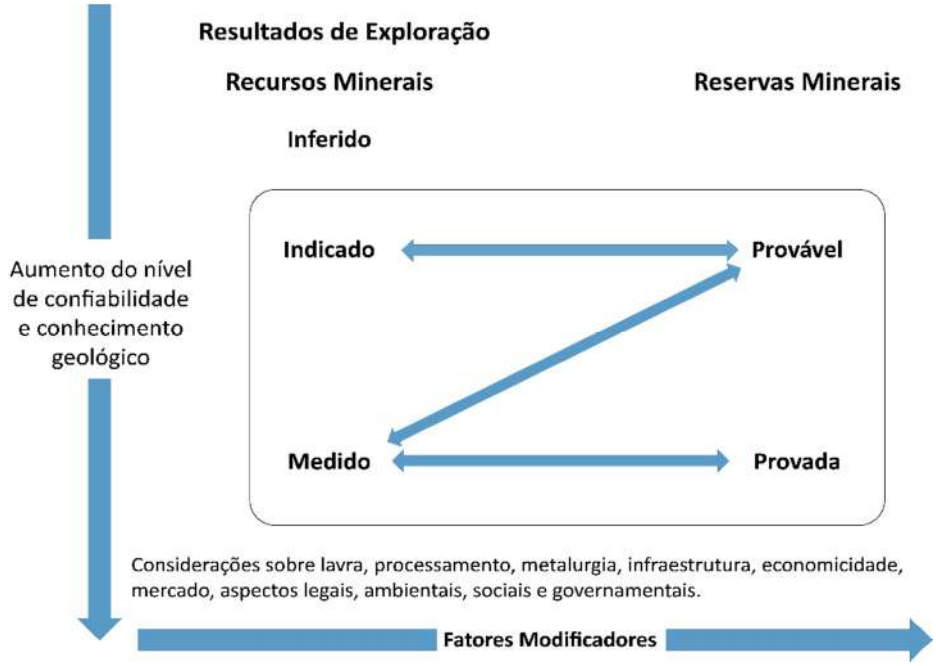
1.2.3.2. Reserva Mineral

Trata-se de reserva mineral a parte economicamente lavrável de um recurso mineral medido e/ou indicado, cuja viabilidade técnico-econômica da lavra tenha sido demonstrada por meio de estudos técnicos adequados que incluam a aplicação de fatores modificadores. As reservas minerais se classificam em provável e provada de acordo com o grau de confiança dos fatores modificadores aplicados sobre os recursos minerais previamente definidos.

- **Reserva provável**: porção economicamente lavrável de um recurso mineral indicado e, sob determinadas circunstâncias, de um recurso medido. A confiabilidade nos fatores modificadores é inferior àquela aplicada a reserva provada, mas suficiente para servir como base ao desenvolvimento do projeto.

- **Reserva provada**: porção economicamente lavrável de um recurso mineral medido identificada por meio de estudos desenvolvidos com elevado grau de confiança nos fatores modificadores aplicados.

Segundo a Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR), a conversão de Recursos Minerais em Reservas Minerais deve ser feita a partir de Fatores Modificadores. Esses incluem, mas não se limitam a considerações sobre lavra, processamento, metalurgia, infraestrutura, economicidade, mercado, aspectos legais, ambientais, sociais e governamentais, conforme apresentado na **Figura 6**.



Fonte: Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR, 2016).

***Figura 6** - Diretrizes para definição de Recursos e Reservas Minerais.*

1.2.4. Outros Conceitos

A título de esclarecimento, se faz necessário a exposição de mais alguns conceitos de padrão internacional, que o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) adota em publicações técnicas.

Ocorrência mineral - concentração mineral preliminarmente avaliada, em que foram reconhecidos alguns parâmetros geológicos como associação mineralógica (mineral-minério e ganga), rocha encaixante e/ou hospedeira, e se tem uma indicação aparente da morfologia e extensão da mineralização.

Depósito mineral: concentração mineral avaliada por trabalhos de pesquisa com delineamento dos corpos mineralizados e avaliação de reservas e teores de substâncias úteis e conhecimento dos seus parâmetros geológicos/ metalogenéticos.

Jazida: depósito mineral economicamente viável, avaliado segundo as exigências do Código de Mineração.

Mina: jazida em lavra, ainda que suspensa.

Garimpo - concentração mineral em explotação por processos geralmente rudimentares, executada de forma individual ou em regime de cooperativismo.

Nos itens subsequentes serão demonstrados por gráficos e tabelas a distribuição dos recursos inferidos, indicados e medidos para as principais substâncias, assim como, o potencial de reserva lavrável no Estado de Minas Gerais.

2. REGIMES DE EXPLORAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS

A atividade mineral está presente, em maior ou menor escala e em diferentes modalidades, por todo o Estado de Minas Gerais, fazendo do território mineiro a principal unidade da federação em extração e comercialização de bens minerais, principalmente de minerais metálicos.

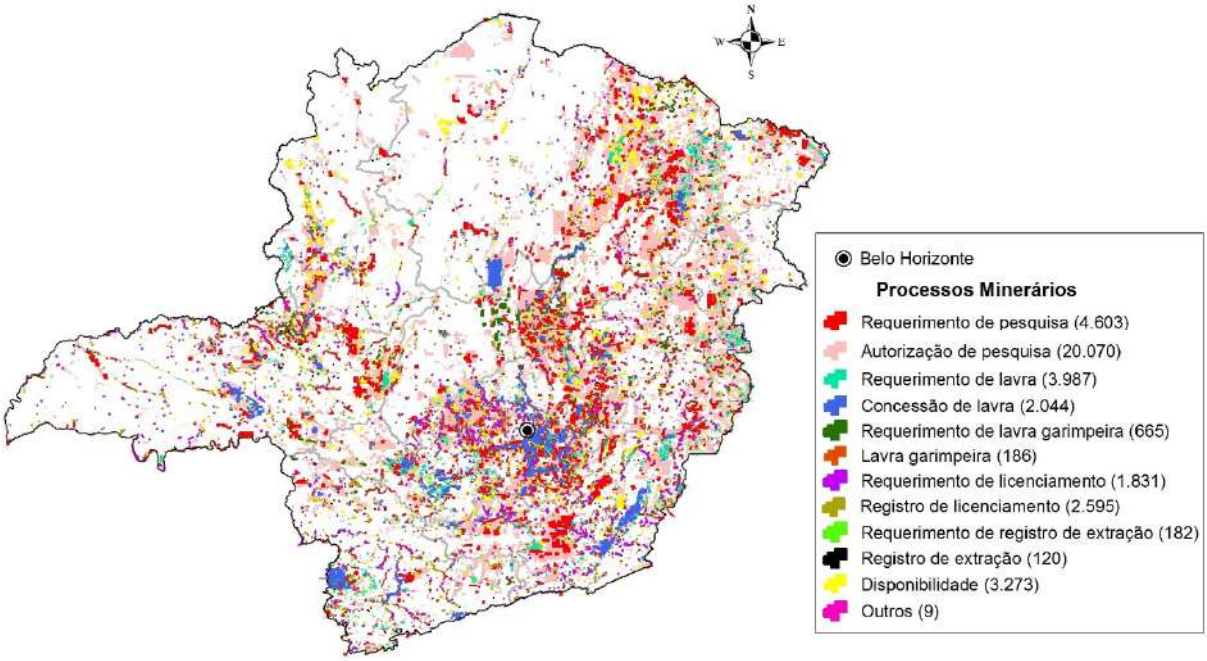
A atividade mineral, conforme o tipo de substância, uso e destinação, segue etapas diferentes pré-estabelecidas pela ANM (com exceção do petróleo e derivados e dos minerais radioativos, como urânio), que legisla sobre o uso do subsolo em território nacional. Ressalta-se que o licenciamento ambiental permeia por todos os regimes de exploração, variando de acordo com tipo de substância, o tamanho do empreendimento e seu porte poluidor. Os regimes de exploração e aproveitamento são apresentados na **Figura 7**.

***Figura 7** - Fluxograma simplificado dos regimes de exploração permitidos no Código de Mineração para a lavra de substâncias minerais.*

2.1.1. Distribuição dos Regimes de Exploração em Minas Gerais

Por meio da análise dos processos minerários ativos, referentes aos quatro principais regimes de exploração mineral, existentes no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) – ANM, desde 1935 até 13/04/2018, foi possível um realizar panorama da distribuição dos regimes de exploração em Minas Gerais. Para tanto, tomaram-se como base o número total de **39.565** processos minerários, dos quais **1.404** são referentes a substâncias com dados não cadastrados, para um total de **40.752** poligonais (áreas).

O total de processos inclui **3.273** áreas em fase de disponibilidade junto a ANM e outros processos que tiveram suas análises suspensas por conflito com projetos energéticos (cinco casos); além de áreas descartadas colocadas em disponibilidade para pesquisa e transferência de direitos por incorporação averbada. A distribuição espacial desses processos minerários, entre os quatro principais regimes de exploração de substâncias em Minas Gerais, pode ser visualizada na **Figura 8**.



Fonte: SIGMINE ANM – Abril, 2018.

***Figura 8** - Distribuição espacial dos Títulos Minerários para o Estado de Minas Gerais.*

Apresenta-se na sequência a discriminação e análise dos títulos minerários que compõem cada um dos regimes de exploração no Estado.

2.1.1.1. Regime de Concessão – da Pesquisa à Lavra Mineral

O **Regime de Concessão** é aplicável a todas as substâncias minerais, com exceção dos minerais objeto de monopólio estatal (*e.g.* minerais radioativos). Diferentemente dos demais títulos minerários, é o que garante de forma mais segura o direito de extrair minério, pois sua validade tem prazo indeterminado (até exaurir a jazida), desde que o minerador cumpra suas obrigações legais ao longo deste tempo. É concedido por portaria, pelo Ministério de Minas e Energia (MME), ou outorgado pela ANM para as substâncias minerais determinadas no Art. 1º da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978.

Os trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade do seu aproveitamento econômico são compreendidos como pesquisa mineral. A atividade de pesquisa mineral pode ser mensurada a partir do número de **Alvarás de Pesquisa**, concedidos pela ANM/MG, para aqueles requerimentos de pesquisas devidamente instruídos e publicados no Diário Oficial da União.

Foto: William Carvalho

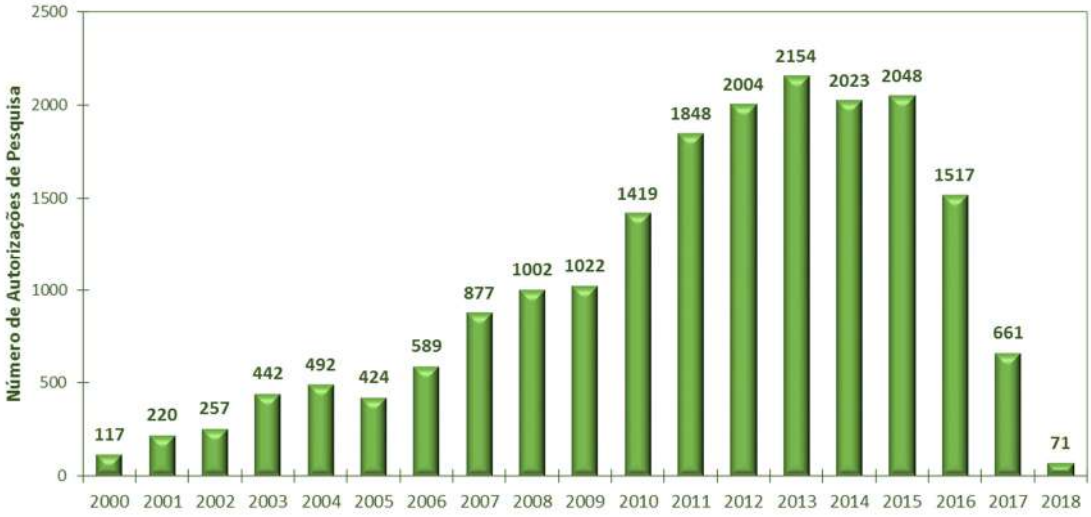
O **Título de Concessão de Lavra** é a etapa final do Regime de Concessão de Lavra. É outorgada mediante conclusão dos trabalhos exploratórios; quando constatada a existência de jazida, cujo aproveitamento seja viável economicamente; mediante aprovação do relatório final, que o demonstre, e do licenciamento ambiental.

Cabe ressaltar, que o exercício das atividades de lavra é privativo de empresa autorizada a funcionar como companhia de mineração.

Autorização de Pesquisa

A base de dados do SIGMINE indicou a existência de **20.070** títulos de **Autorizações de Pesquisas** concedidos pela ANM, para todo o Estado de Minas Gerais, desde 1935 até abril de 2018.

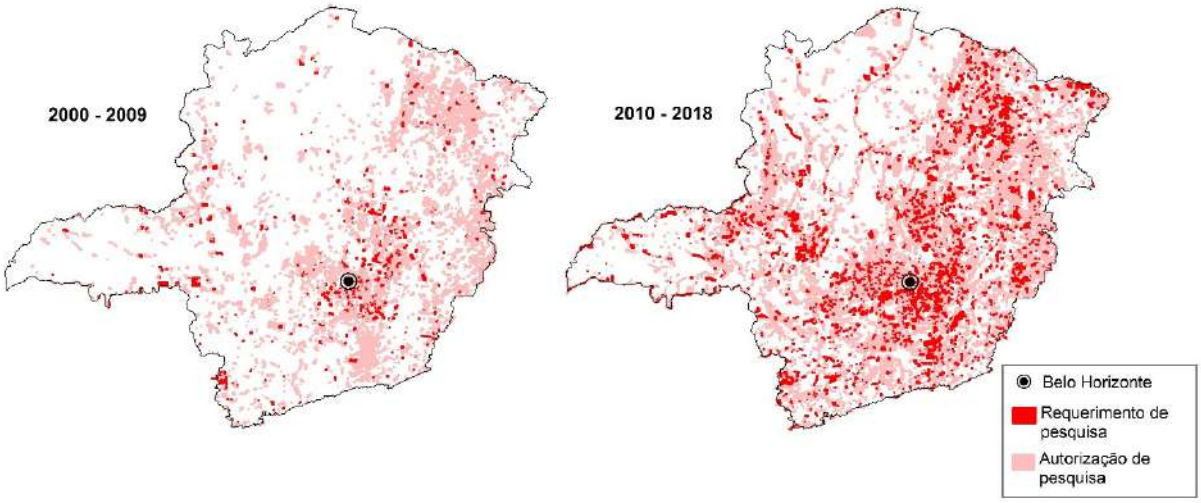
O **Gráfico 1** ilustra a distribuição das Autorizações de Pesquisas para o Estado de Minas Gerais, no período de 2000 a 2018, indicando um total de **19.187** títulos publicados. Este valor é expressivo (95,6%) quando comparado com o total publicado desde 1935. Observa-se ainda um aumento significativo no número de autorizações de pesquisas a partir de 2010, com pico em 2013, e em queda brusca desde 2017.



Fonte: SIGMINE ANM – Abril, 2018.

***Gráfico 1** - Levantamento do número de Autorização de Pesquisa no Estado de Minas Gerais (2000 – 2018).*

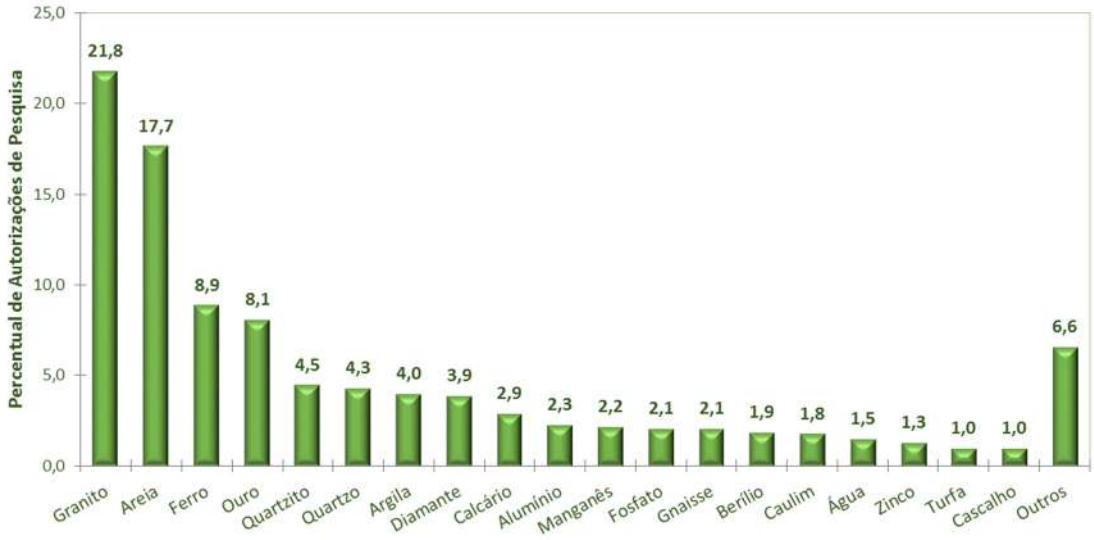
Analisando as duas últimas décadas (2000-2009 e 2010-2018) verificou-se que houve crescimento de 2,5 vezes na quantidade de autorizações de pesquisas; e de 6,2 vezes nos requerimentos de pesquisa (**Figura 9**).



Fonte: SIGMINE-ANM / Elaboração: SEDE

***Figura 9** – Requerimentos e Autorizações de Pesquisa em Minas Gerais entre 2000 e 2018*

Dentre as principais substâncias objeto de Autorização de Pesquisa, observa-se que 93,4% são destinadas a substâncias como: granito, areia, ferro, ouro, quartzito, dentre outras (**Gráfico 2**).



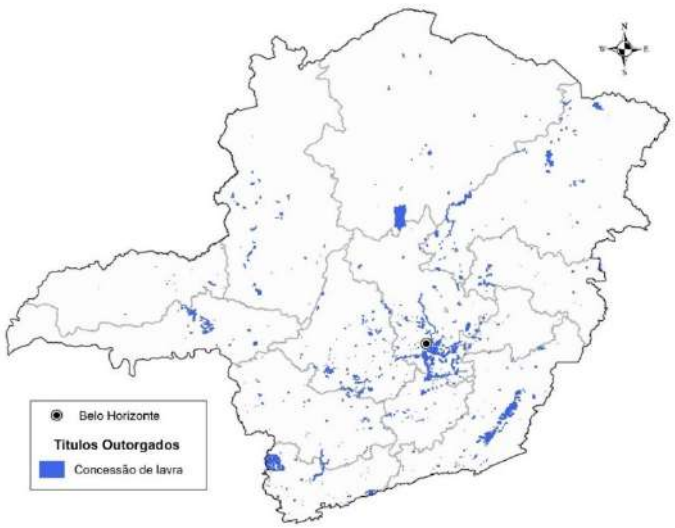
Fonte: SIGMINE ANM - Abril 2018.

***Gráfico 2** - Distribuição percentual das Autorizações de Pesquisa das principais substâncias minerais no Estado com mais de cem processos (1935 a 2018).*

Concessão de Lavra

Conforme dados apurados no SIGMINE da ANM, o Estado de Minas Gerais possuía um total de **2.044** Concessões de Lavra. Esse valor apurado refere-se ao total de Concessões de Lavra publicadas pelo MME/ANM, desde 1935 até o primeiro trimestre de 2018.

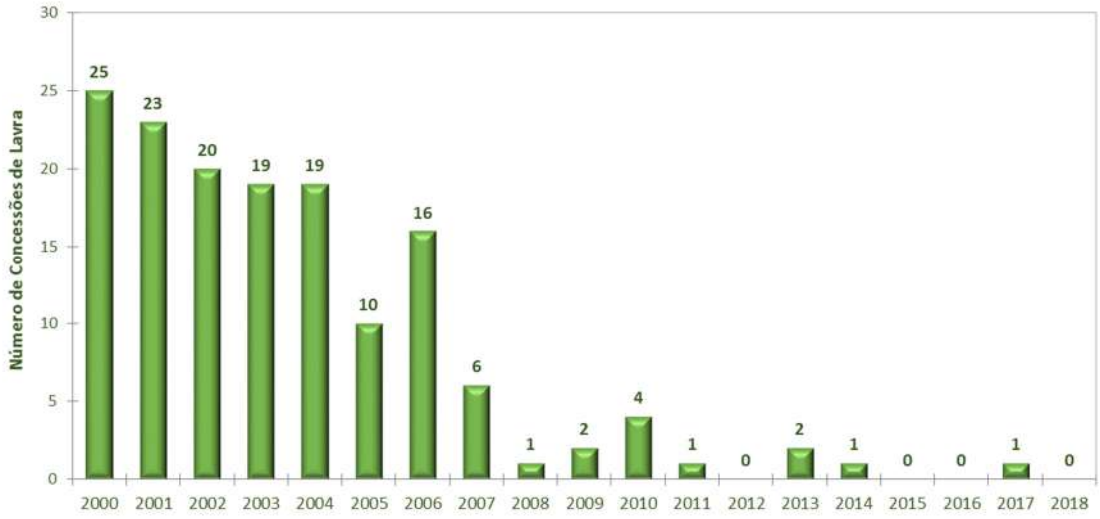
Essas concessões estão distribuídas por quase todo o território mineiro, com concentrações de títulos, principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de Belo Horizonte (majoritariamente no Quadrilátero Ferrífero), Juiz de Fora, Pouso Alegre, Uberaba e Montes Claros (no limite com a região de Belo Horizonte); sendo dispersas nas demais regiões (**Figura 10**).



Fonte: SIGMINE ANM – Abril 2018 / Elaboração: SEDE.

***Figura 10** - Distribuição dos Títulos Outorgados de Concessão de Lavra em Minas Gerais*

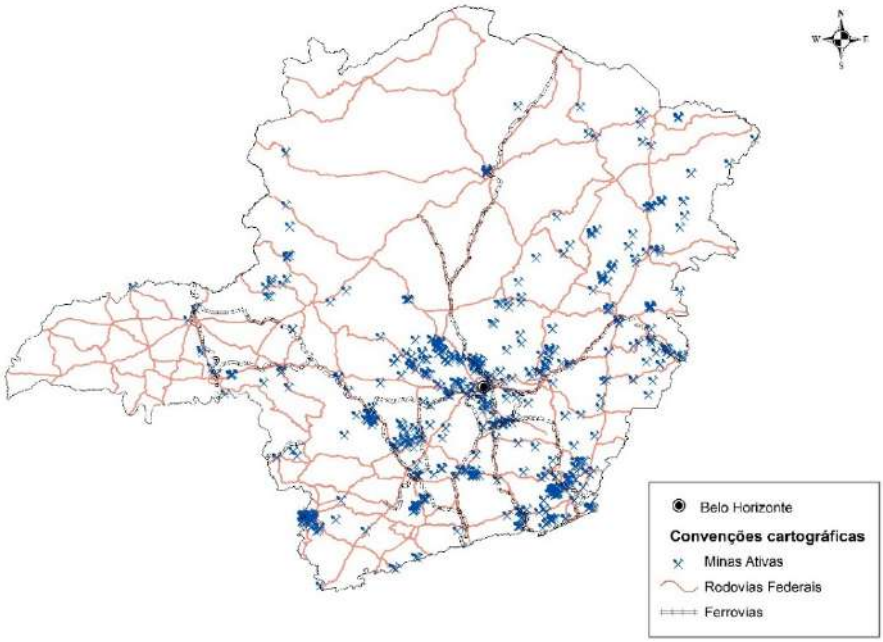
O **Gráfico 3** mostra um total de **150** concessões outorgadas entre os anos 2000 a 2018; o que corresponde a 7,3% do total de Concessões de Lavra contidas no SIGMINE desde 1935. Nota-se queda brusca do número de concessões outorgadas pelo MME/ANM a partir de 2007.



Fonte: SIGMINE ANM – Abril 2018.

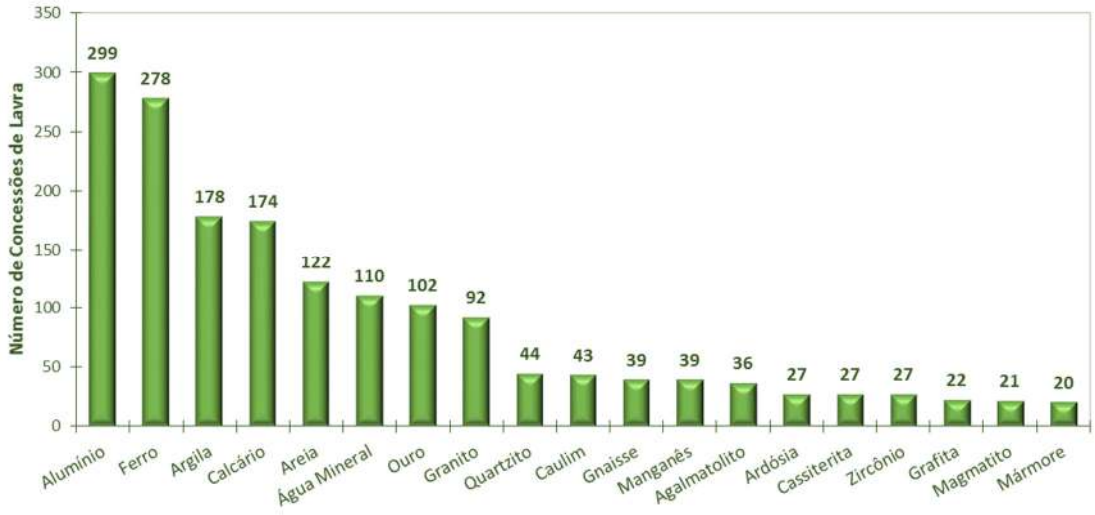
***Gráfico 3** - Número de Concessões de Lavra no Estado de Minas Gerais.*

Segundo dados contidos no Mapa de Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais (PINTO e SILVA, 2014), atualmente, o Estado apresenta **620 minas ativas** (**Figura 11**). As principais substâncias objeto das Concessões de Lavra são: **alumínio, ferro, argila, calcário, areia, água mineral, ouro e granito** (**Gráfico 4**).



Fonte: Pinto e Silva (2014) e dados da ANM / Elaboração: SEDE.

***Figura 11** - Distribuição de Minas Ativas no Estado de Minas Gerais.*



Fonte: SIGMINE – ANM / Abril 2018.

***Gráfico 4** - Distribuição das Concessões de Lavra por substâncias requeridas junto à ANM com quantidade de processos acima de vinte.*

As principais empresas mineradoras em números de concessões de lavra no Estado de Minas Gerais estão listadas por classes na **Tabela 2**.

***Tabela 2** - Relação das Principais Empresas Mineradoras em números de Concessões de Lavra.*

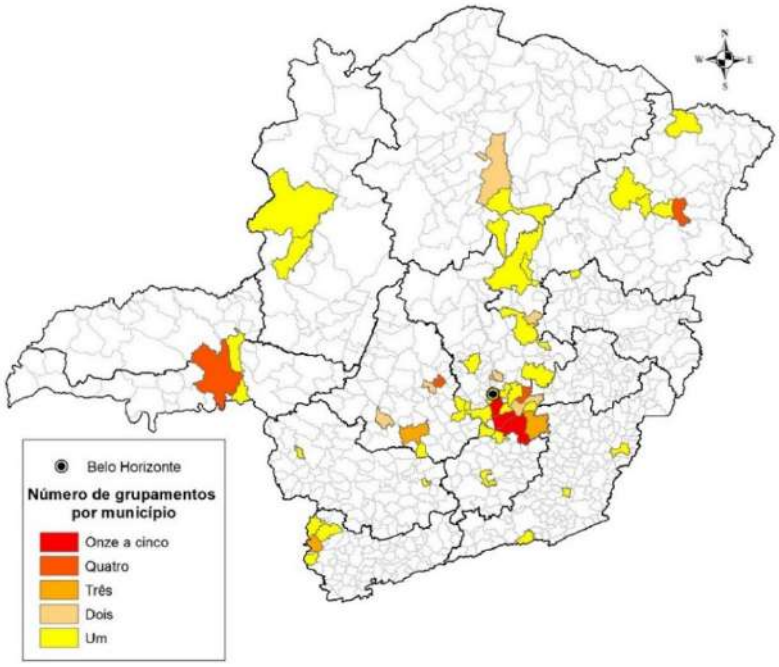
EMPRESAS	Nº DE CONCESSÕES
Agregados para Construção Civil	
SIDA Sociedade Itumbiarense de Dragagem e Areia Ltda.	23
Minasgoias Mineração Bergamo Ltda.	22
Wesley Jose da Silva - ME	8
Salioni Extração e Comércio de Areia Ltda.	7
Mineração & Transporte Nossa Senhora Aparecida Ltda.	5
Agrominerais	
Mineração Caldense Ltda.	3
Mineração Feldspato Ourofinense Ltda.	3
Galvani Indústria Comércio e Serviços S.A.	3
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	2
Vale Fertilizantes S.A.	2
Água Mineral	
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	9
Água Mineral Viva Ltda.	4
Mineração Sal Nascente Ltda.	4
Água Mineral Serena Ltda.	2
Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda.	2
Gemas	
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	6
Mineração Faísca Ltda.	4
Mineração Taperebá S.A.	3
Sigma Mineração S.A.	3

EMPRESAS	Nº DE CONCESSÕES
Emerson Tavares de Souza Fi	3
Halba Indústria e Comércio de Pedras Preciosas	3
Minerais Industriais	
Magnesita Mineração S.A.	49
Lafarge Holcim (Brasil) S.A.	37
Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários IBAR Ltda.	27
Nacional de Grafite Ltda.	19
Mineração Caldense Ltda.	16
Minerais & Metais Comércio e Indústria Ltda.	12
Intercement Brasil S.A.	12
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	11
Sigma Mineração S.A.	9
Cerâmica Saffran S.A.	8
Mineração Matheus Leme Ltda.	8
Votorantim Cimentos S.A.	8
Metálicos	
Companhia Brasileira de Alumínio	165
Vale S.A.	100
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	47
Mineração Caldense Ltda.	45
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	27
Mineração Usiminas S.A.	26
Companhia Geral de Minas	22
Minerações Reunidas Jequitinhonha Ltda.	16
Gerdau Açominas S.A.	15
Minegral Cia. Brasileira de Minerações Indústria e Comércio	15
Votorantim Metais Zinco S.A.	14
AMG Mineração S.A.	12
Mineração Serras do Oeste Eireli	11
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.	11
RST Recursos Minerais Ltda.	10
Vale Fertilizantes S.A.	10
Mineração Curimbaba Ltda.	10
Rochas Ornamentais e de Revestimento	
Granasa Granitos Nacionais Ltda.	7
Pedreiras do Brasil S.A.	6
MINCOEL - Mineração Indústria Comércio e Exportação Ltda.	5
Empresa de Extração de Pedras São Tomé Ltda. - ME	5
Andrade Minas Granitos Ltda.	4
Mineração Corcovado de Minas Ltda.	4
Indústria Extrativa Mineralac Administração de Bens Ltda. ME	4
Somibrás Sociedade de Mineração Brasileia Ltda.	4

Fonte: SIGMINE – ANM / Abril, 2018.

Com relação ao número de **Grupamentos Mineiros**, que é a ***outorga a um só titular de várias concessões de lavra da mesma substância mineral***, o Estado de Minas Gerais apresenta um total de **99** grupamentos ativos, autorizados e publicados, conforme consulta no Cadastro Mineral Mineiro pela Gerência Regional da ANM/MG em 2018. Esses grupamentos estão distribuídos por 53 municípios (**Figura 12**), destacando-se na Região Geográfica Intermediária de:

- *Belo Horizonte* (principalmente no Quadrilátero Ferrífero), os municípios de Nova Lima (11), Ouro Preto (7), Itabirito (5) e Barão de Cocais (4);
- *Divinópolis:* Onça de Pitangui (4);
- *Uberaba:* o município de Uberaba (4); e
- *Teófilo Otoni*, o município de Novo Oriente de Minas (4).



Fonte: ANM-2018/ Elaboração: SEDE.

***Figura 12** - Distribuição da quantidade de Grupamento Mineiro por Municípios.*

Aa **Tabela 3** e **Tabela 4** apresentam as principais empresas mineradoras que compõem Grupamentos Mineiros no Estado e que exploram substâncias como: ferro, argila, alumínio, calcário, agalmatolito, caulim, grafita, gemas, diamantes, "pedra corada", topázio, água marinha, crisoberilo, topázio imperial, cianita, filito, granito, águas minerais, argilas, ouro, prata, cromo, manganês e zinco.

Dos 99 grupamentos ativos no Estado, 46,5% são para substâncias metálicas, 52,5% para substâncias não metálicas. Ressalta-se que em 1,0% desses, o titular não informa a substância.

***Tabela 3** - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Metálicas em Minas Gerais.*

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Ferro	
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	12
Vale S A	6
Gerdau Açominas S.A.	2

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Cia de Mineração Serra da Farofa	1
Lucape Siderurgia Ltda.	1
MBL Materiais Básicos Ltda.	1
Mineração Usiminas S.A.	1
Samarco Mineração S A.	1
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	1
Alumínio	
Mineração Caldense Ltda.	2
Novelis do Brasil Ltda.	2
Vale S.A.	2
Companhia Brasileira de Alumínio	1
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.	1
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	1
Cromo	
Empresa Rada de Mineração Ltda.	2
Lítio (Ambligonita)	
Sigma Mineração S.A.	1
Manganês	
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	1
Ouro e Prata	
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	2
P. C. Mineração Ltda.	1
RST Recursos Minerais Ltda.	1
Kinross Brasil Mineração S A	1
Mineração Turmalina Ltda.	1
Zinco	
Votorantim Metais Zinco S.A.	1

Tabela 4 *- Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Não-Metálicas em Minas Gerais.*

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Argila	
Magnesita Mineração S.A.	5
LafargeHolcim (Brasil) S.A.	3
Agroindustrial Delta de Minas S.A.	1
Empresa de Cimentos Liz S.A.	1
Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários Ibar Ltda.	1
Intercement Brasil S.A.	1
Mineração Caldense Ltda.	1
Minerais & Metais Comércio e Indústria Ltda.	1
Votorantim Cimentos S A	1
Calcário	
LafargeHolcim (Brasil) S.A.	2

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	1
CRH Sudeste Indústria de Cimentos S.A.	1
Empresa de Mineração Ângelo Delphino Ltda.	1
Mineração Belocal Ltda.	1
Agalmatolito	
Magnesita Mineração S.A.	4
Lamil Lage Minérios Ltda.	1
Caulim	
Bemil Beneficiamento de Minérios Ltda.	4
Empresa De Caolim Ltda.	1
Grafita	
Nacional de Grafite Ltda.	4
Diamante	
Mineração Df-Ii Ltda.	1
Mineração Rio Novo Ltda.	1
Minerações Reunidas Jequitinhonha Ltda.	1
Gemas (Água Marinha, Crisoberilo, Pedra Corada, Topázio, Topázio Imperial)	
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	5
Mineração Faísca Ltda.	4
Emerson Tavares de Souza Fi	1
Água Mineral	
Irmãos Raffaelli Mineradora Ltda. ME	1
Cianita	
Magnesita Mineração S.A.	1
Filito	
Minerações Brasileiras Reunidas Sa	1
Granito	
Mineração Mário Campos Ltda.	1

Fonte: SIGMINE - ANM / Abril 2018.

Dentre esses grupamentos, destacam-se os que exploram minério de ferro (26%), seguido por aqueles referentes a extração de argila (15%), alumínio (9%), calcário (6%) e 44% de outros (agalmatolito, caulim, grafita, ouro, diamante, "pedra corada", topázio, cromo, prata, água marinha, águas minerais, cianita, crisoberilo, filito, gema, granito, lítio, manganês topázio imperial e zinco) (**Gráfico 5**).

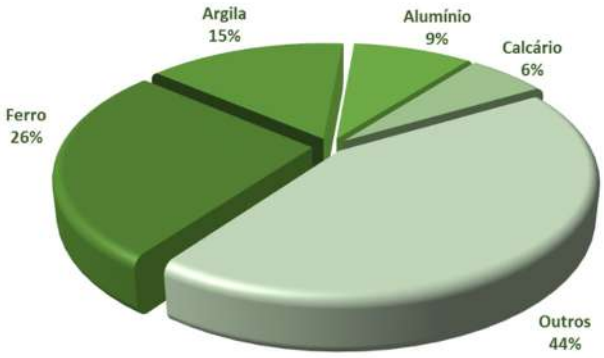


***Gráfico 5** - Número de grupamentos por substâncias superior a seis.*

2.1.1.2. Regime de Permissão de Lavra Garimpeira – PLG

O **Regime de Permissão de Lavra Garimpeira** (PLG) depende de uma portaria do Diretor-Geral da ANM. A PLG vale por cinco anos, podendo ser renovada várias vezes e ser dada, inclusive, a área que já seja ocupada por um Manifesto de Mina ou Concessão de Lavra, desde que haja autorização do titular e seja possível lavrar as duas substâncias ao mesmo tempo. Ressalta-se que a área máxima requerida é de 50 hectares (ha); maior que 50 ha, no caso de Cooperativas, se a ANM achar necessário.

Este tipo de regime tem por objeto o aproveitamento econômico de qualquer depósito que possa ser lavrado, dispensando a fase de pesquisa mineral prévia. As atividades de garimpagem são restritas ao aproveitamento de substâncias minerais (tais como: *ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, wolframita, rutilo, quartzo, gemas* e etc., em forma de "cata").

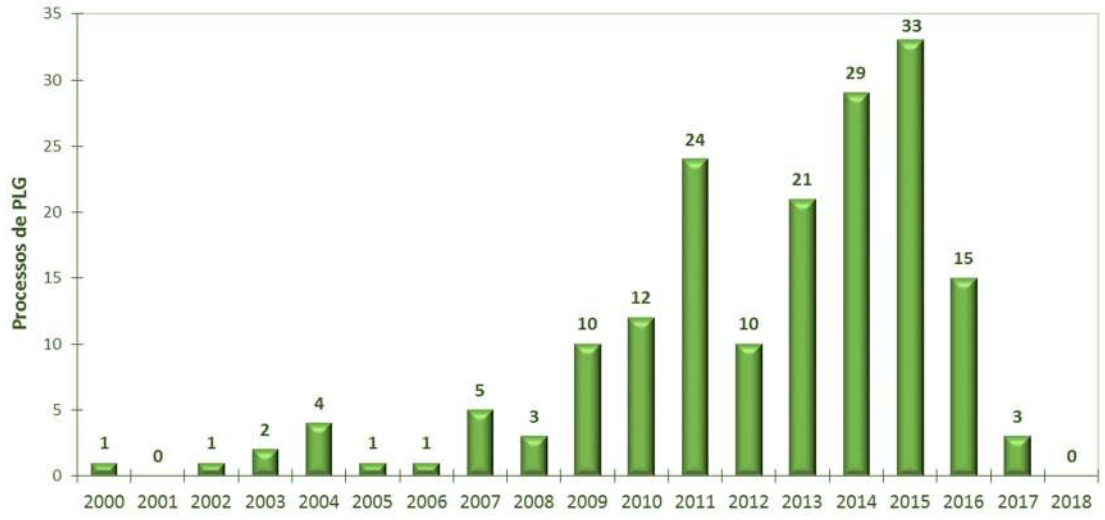
O exercício legal da atividade de garimpagem só é possível mediante a outorga de permissão de lavra garimpeira, sendo expedida de acordo com as normas exigidas para este regime. A PLG pode ser requerida por brasileiro ou por cooperativa de garimpeiros; esta última autorizada a funcionar como empresa de mineração.

Além do Código de Mineração, a Lei nº **7.805, de 18 de julho de 1989** e o Decreto **98.812, de 09 de janeiro de 1990** regulam o funcionamento da PLG.

Permissão de Lavra garimpeira (PLG)

No Estado de Minas Gerais já foram concedidas **186** Permissões de Lavra Garimpeira **(PLG)** a partir de 1993, localizados nas Regiões Geográficas Intermediárias de Patos de Minas (54), Governador Valadares (41), Teófilo Otoni (35), Uberlândia (15), Belo Horizonte (14), Montes Claros (12), Ipatinga (6), Uberaba (5) e Juiz de Fora (4).

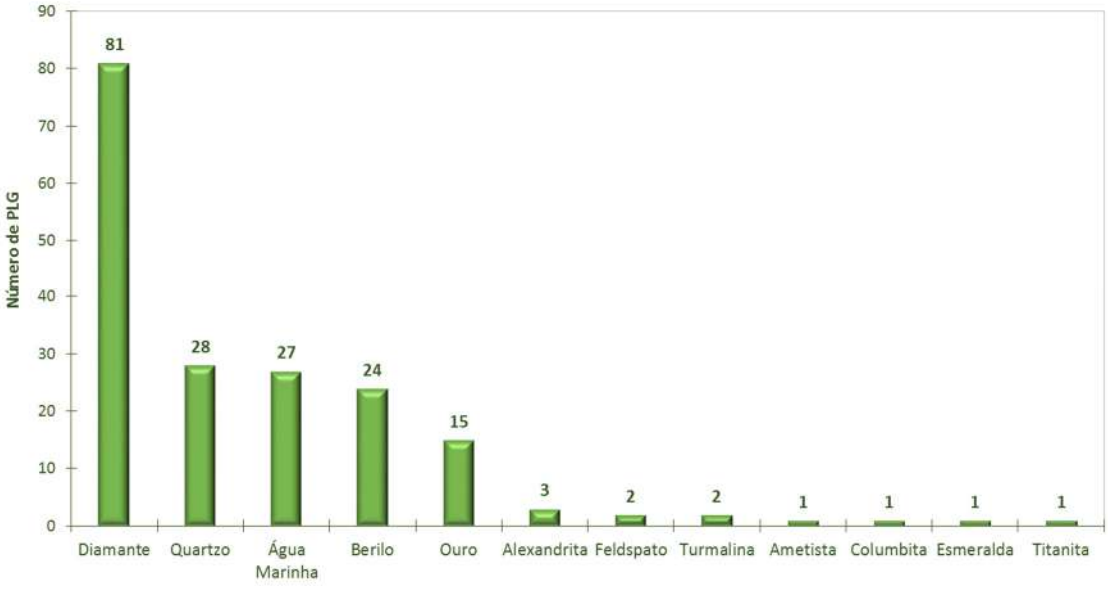
De 2000 a 2018, houve um total de 175 processos de PLG no Estado, o que corresponde a 94% do total. O **Gráfico 6** mostra a distribuição desses processos nesse período. Destacam-se os anos de 2014 e 2015 que foram os que apresentaram maiores registros de PLG.



Fonte: SIGMINE -ANM / Abril 2018.

***Gráfico 6** - Número de processos registrados de Permissão de Lavra Garimpeira no Estado de Minas Gerais (2000 – 2018).*

As principais substâncias garimpáveis no Estado de Minas Gerais são: ***diamantes***, minerais do grupo do quartzo como ***ametista***, minerais do grupo do berilo (***água marinha*** e ***esmeralda***), ***ouro*** e minerais da variedade do crisoberilo como ***alexandrita***. O **Gráfico 7** apresenta a distribuição dos processos por minerais garimpáveis, com destaque para o diamante entre as demais substâncias.



Fonte: SIGMINE – ANM/ Abril, 2018.

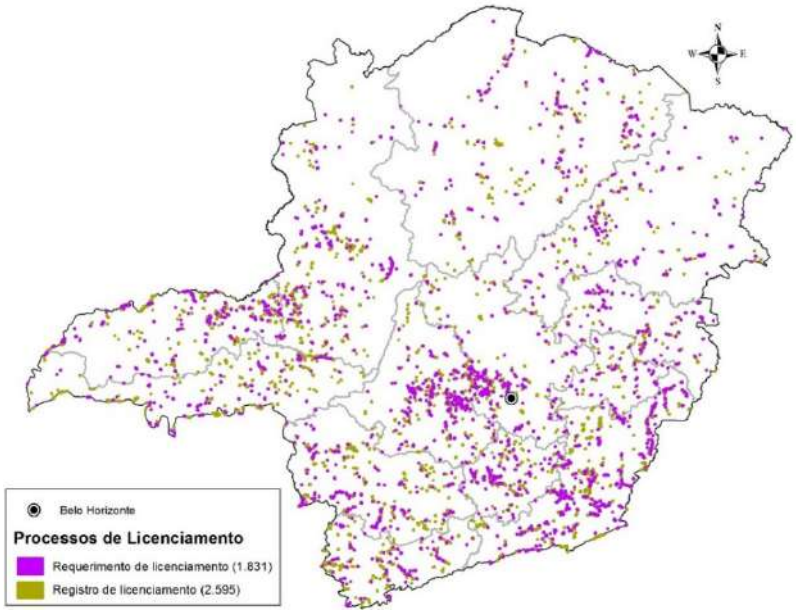
***Gráfico 7** - Principais Minerais Garimpáveis no Estado de Minas Gerais.*

2.1.1.3. Regime de Licenciamento

O **Regime de Licenciamento** é o único em que apenas o proprietário do solo (superficiário), ou quem ele autorizar, pode explorar os recursos minerais de emprego imediato na construção civil. O limite máximo da área pela ANM é de 50 ha. Ressalta-se que, mesmo com autorização do proprietário do terreno e da prefeitura, o titular da licença só poderá lavrar e vender minério após a confirmação do registro da licença pela ANM.

Este regime não necessita passar por pesquisa mineral e suas etapas consectárias; sendo permitido somente para agregados da construção civil como: ***areia*** *(exceto areia industrial)*, ***cascalho***, ***brita*** *(granito, gnaisse)*, ***argilas*** e ***calcários*** para correção de solo.

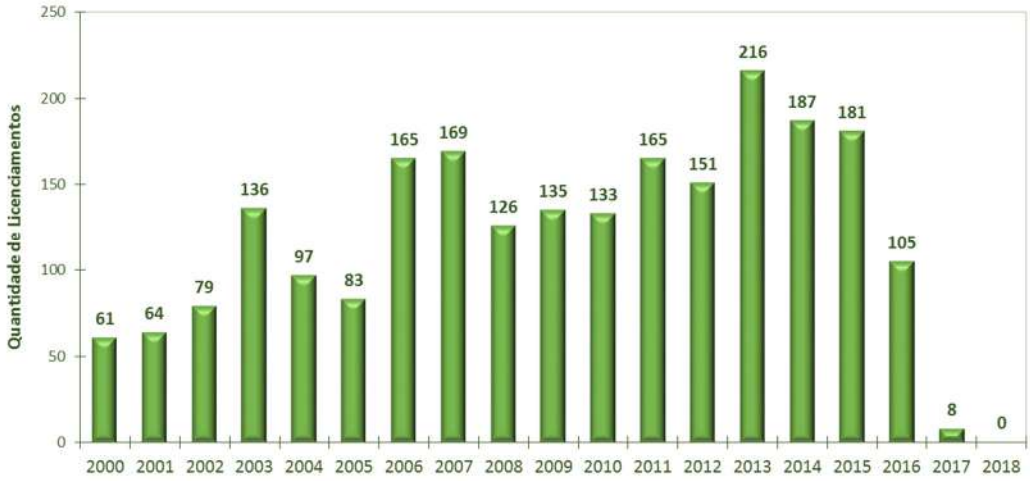
No Estado de Minas Gerais haviam **2.595** títulos outorgados para Registro de Licenciamento, contido no SIGMINE / ANM desde 1974. Os Registros de Licenciamento estão distribuídos por quase todo o território mineiro, contudo, as maiores concentrações de licenciamento estão localizadas principalmente nas regiões de **Divinópolis**, **Belo Horizonte**, **Uberlândia**, **Uberaba**, **Pouso Alegre**, **Varginha**, **Juiz de Fora** e **Barbacena** (**Figura 13**).



Fonte: SIGMINE – ANM / Abril, 2018 / Elaboração: SEDE.

Figura 13 *- Localização e Distribuição dos Processos de Licenciamento em Minas Gerais.*

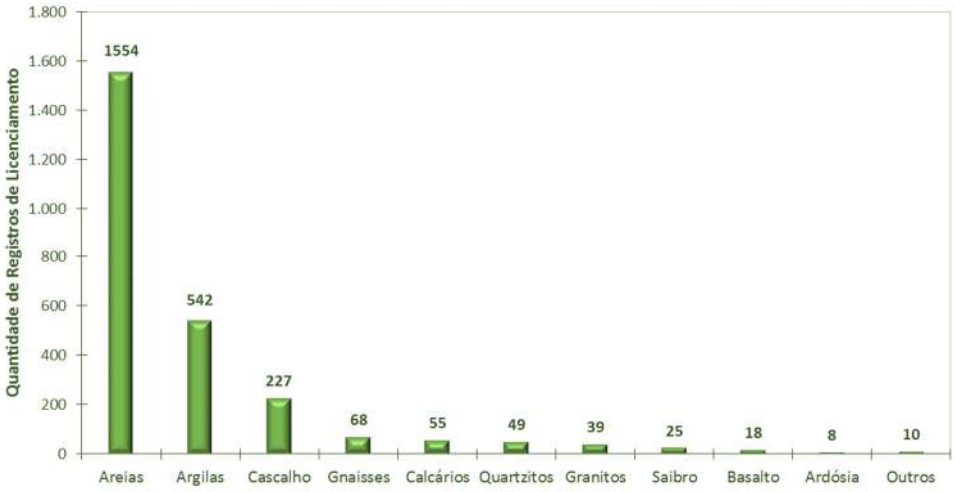
O número de Licenciamentos outorgados pela ANM para o Estado sofreu variação no período de 2000 a 2018, com máximo no ano de 2013 e mínimo registrado em 2017 (**Gráfico 8**).



Fonte: SIGMINE – ANM / Abril, 2018.

Gráfico 8 *- Quantidade anual de licenciamento outorgados pelo ANM para Minas Gerais.*

Levando em consideração o número de títulos de licenciamento outorgados pela ANM e o tipo de substância requerida para uso, como agregados na construção civil, identificou-se que **areias, argilas, cascalho, gnaisses, calcários, quartzitos e granitos**, foram as substâncias com mais licenciamentos outorgados no Estado (**Gráfico 9**).



Fonte: SIGMINE - ANM / Abril, 2018.

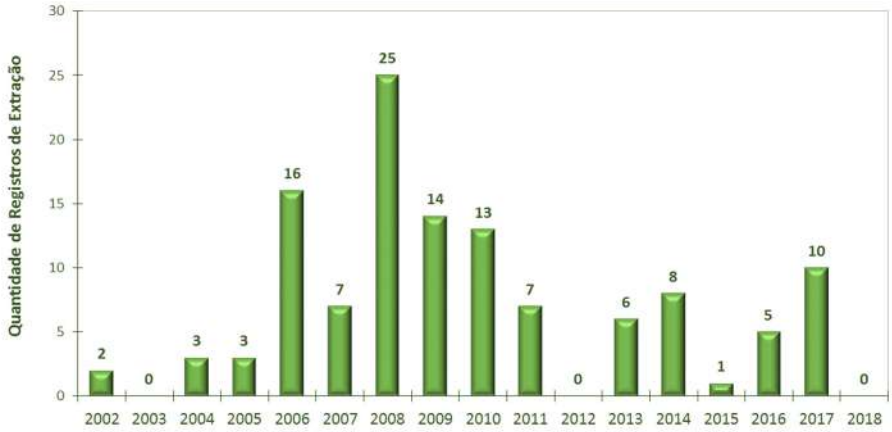
***Gráfico 9** - Levantamento da quantidade de Registro de Licenciamento, das principais substâncias, com número de processos acima de cinco no SIGMINE / ANM.*

2.1.1.4. Regime de Registro de Extração

O **Regime de Registro de Extração** é destinado exclusivamente a prefeituras, órgãos estaduais e federais que necessitam de substâncias minerais para obras de uso público (aterros, estradas, pavimentações, etc.).

O registro de extração é restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para **uso exclusivo em obras públicas**, por eles executadas diretamente.

O número de Registro de Extração, concedido pela ANM para o Estado de Minas Gerais, segundo dados do SIGMINE, é de **120** registros para um total de 182 requerimentos de Regime de Extração (**Gráfico 10**).



Fonte: SIGMINE - ANM / Abril, 2018.

***Gráfico 10** - Quantidade anual de Registro de Extração outorgados pela ANM para Minas Gerais.*

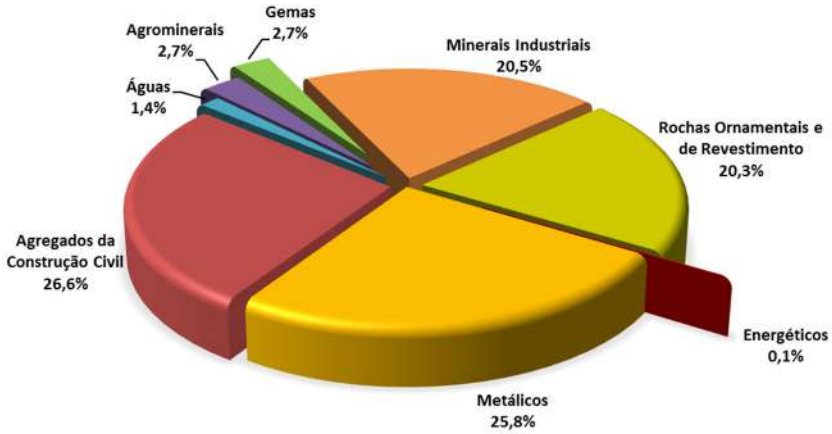
Os principais municípios que pleitearam o Registro de Extração no Estado foram: **Patrocínio** (16), **Passos** (4) e **Ferros** (4), além do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais (**DEER - MG**) com 18 registros. Substâncias como: **areia**, **gnaisse**, **cascalho**, **granito**, **saibro** e **basalto** foram as mais requeridas.

3. SUBSTÂNCIAS EXPLORADAS

As substâncias minerais requeridas para pesquisa e/ou extração no Estado de Minas Gerais, contidas no SIGMINE - ANM/2018, foram agrupadas e classificadas em três principais classes: **metálicos, não metálicos** e **energéticos**, segundo classificação adotada por Luz e Lins (2010). A segunda classe (não metálicos) foi ainda subdividida em: *minerais industriais, gemas, rochas ornamentais e de revestimento, agrominerais, agregados para construção civil* e *águas minerais*.

As principais classes identificadas, baseadas no uso e na representatividade de processos minerários ativos do Estado de Minas Gerais, estão representadas, em percentual, no **Gráfico 11**. Os processos (considerando todos os regimes de exploração) destinados à pesquisa e/ou extração de bens minerais estão distribuídos da seguinte forma:

- **Minerais metálicos 25,8%** (*ferro, ouro, alumínio, manganês, berílio, zinco, chumbo, níquel, titânio, lítio, estanho, cobre, nióbio, zircônio, cromo, tântalo, silício, arsênio, platina, cádmio, prata, cério, molibdênio, vanádio, césio e mercúrio*);
- **Agregados para construção civil 26,6%** (*areia, cascalho, gnaisse, granito, argilas, saibro, calcários, basalto, quartzito, diorito, granulito, arenito, ardósia, filito, riolito, diabásio, laterita, xisto, charnoquito, sienito, tinguaíto, canga, conglomerado, fonólito, gabro, seixos e foiaíto*);
- **Rochas ornamentais e de revestimento 20,3%** (*granito, quartzito, gnaisse, ardósia, esteatito, mármore, migmatito, basalto, arenito, charnoquito, serpentinito, sienito, xisto, gabro, calcários, diabásio, filito, conglomerado, dolomito, dunito, diorito, pedra ornamental, peridotito e tufo*);
- **Minerais industriais 20,5%** (*argila, diamante, quartzo, calcários, granito, caulim, areias, feldspatos, grafita, filito, agalmatolito, dolomito, ardósia, cianita, talco, argilito, micas, bentonita, micas, berílio, hidrargilita, petalita, terras raras, arenito, leucofilito, ocre, pegmatito, pirita, rutilo, saponito, tantalita, tonalito, vermiculita, anfibolito, calcita, granada, leucita, pirofilita, turfa, alexandrita, amianto, andaluzita, anfibólio, barita, magnesita, siltito, tantalita, tório e tripolito*);
- **Gemas 2,7%** (*água marinha, berilo, esmeralda, quartzo, diamante, turmalina, gema, topázio, alexandrita, ametista, pedra corada, columbita, titânita, tantalita, calcedônia, crisoberilo, espodumênio, topázio, topázio imperial, agalmatolito, kunzita, olivina, rubi e safira*);
- **Agrominerais 2,7%** (*apatita, fosfatos, fosforita, rochas potássicas, rochas fosfáticas, calcário calcítico, calcário dolomítico, dolomito, turfa, sais de sódio e sais de potássio*);
- **Águas minerais 1,4%** (*água mineral e água potável de mesa*) e;
- **Energéticos 0,1%** (*turfa, carvão mineral e rocha betuminosa*).



Fonte: SIGMINE – ANM / Abril, 2018 / Elaboração: SEDE.

***Gráfico 11** - Distribuição percentual das principais substâncias exploradas no Estado de Minas Gerais, sintetizadas por classes, segundo o número de processos minerários considerando todos os regimes.*

A seguir, serão abordadas as substâncias mais relevantes da Indústria Extrativa Mineral para a economia e aquelas com potencial estratégico para o desenvolvimento do Estado de Minas Gerais.

A análise é baseada em dados referentes aos recursos totais, reservas lavráveis, produção (bruta e beneficiada) e valor total comercializado, os quais foram obtidos a partir dos Anuários Minerais Brasileiros (2000 a 2018), Sumários Minerais Brasileiros (2016 e 2017) e de dados preliminares disponibilizados pela Gerência Regional da ANM/MG.

3.1.1. Substâncias Metálicas

Os processos minerários junto à ANM/MG destinados à pesquisa e extração de minerais de **minérios** (que são substâncias minerais da qual se retira um, ou mais metais, com viabilidade econômica) representam um total de 25,8% de todos os regimes de processos cadastrados no SIGMINE/MG até o primeiro semestre de 2018.

Dentre os minerais de minérios que são pesquisados e/ou extraídos no Estado estão o ferro, ouro, alumínio, manganês, berílio, zinco, chumbo, níquel, titânio, lítio, estanho, cobre, nióbio e outros (zircônio, cromo, tântalo, silício, arsênio, platina, cádmio, prata, cério, molibdênio, vanádio, césio e mercúrio) (**Gráfico 12**).

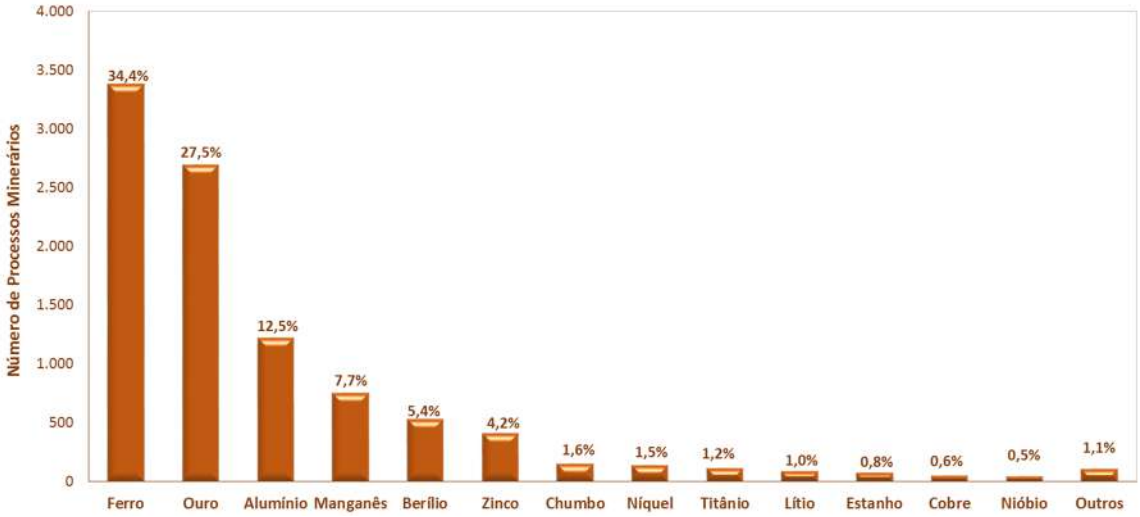


***Gráfico 12** - Número total dos Regimes de Processos para minerais metálicos em Minas Gerais.*

Ressalta-se que a soma de todos os processos para ferro, ouro e alumínio correspondem a 74,4% do total de processos requeridos para minerais metálicos, cadastrados no SIGMINE - ANM/MG.

3.1.1.1. *Ferro (Fe)*

Dentre os oito principais distritos ferríferos do Brasil, três estão no Estado de Minas Gerais, localizados no **Quadrilátero Ferrífero**, na **Borda Leste da Serra do Espinhaço** e no **Distrito Ferrífero de Nova Aurora** (**Figura 14**).

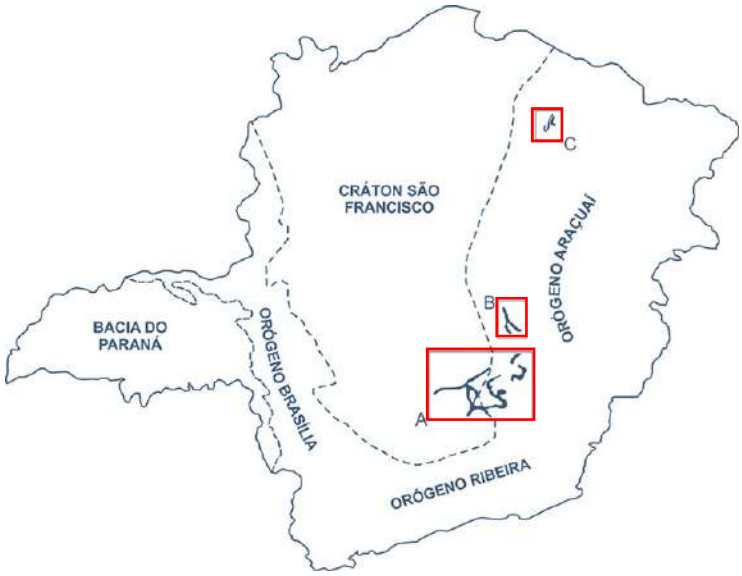


***Figura 14** - Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais: A) Quadrilátero Ferrífero; B) Borda Leste da Serra do Espinhaço; e C) Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).*

A extração de minério de ferro no Estado de Minas Gerais está distribuída em dez Regiões Geográficas Intermediárias (Belo Horizonte, Montes Claros, Barbacena, Divinópolis, Ipatinga, Teófilo Otoni, Uberaba, Governador Valadares, Pouso Alegre e Juiz de Fora), concentrando-se na região de Belo Horizonte, onde se localizam as principais jazidas.

Os municípios mais relevantes que extraem minério de ferro são Mariana, Sarzedo, Itabira, Nova Lima, Ouro Preto, São Gonçalo do Rio Abaixo, Catas Altas, Itabirito, Santa Bárbara, Brumadinho, Bela Vista de Minas, Guanhães, Caeté, Itatiaiuçu, Barão de Cocais e Congonhas.

Quadrilátero Ferrífero

O termo **Quadrilátero Ferrífero** se refere a uma estrutura geológica cuja forma se assemelha a um quadrado e que perfaz uma área de aproximadamente 12.000 km^2 (ENDO et al., 2019) localizada entre Ouro Preto, a sudeste, e Belo Horizonte, a noroeste (ROESER e ROESER, 2010) (**Figura 15**).

O Quadrilátero Ferrífero, em termos geográficos ou geomorfológicos, é continuação da Serra do Espinhaço, apresenta embasamento cristalino e áreas circunvizinhas constituídas por gnaisses tonalíticos e intrusões graníticas de idade arqueana (> 2,65 bilhões de anos). Sobre este embasamento cristalino, encontram-se três

unidades de rochas metassedimentares supracrustais (o Supergrupo Rio das Velhas, arqueano; o Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi, ambos paleoproterozoicos).

O **Supergrupo Minas** é composto por quatro grupos; dos quais se destaca e tem relevância econômica o **Grupo Itabira** por conter os minérios de ferro, localmente denominados itabiritos, internacionalmente conhecido como *Banded Iron Formations (BIF's)*, minérios bandados do tipo *lake* superior (Roeser e Roeser, 2010).

Na região do Quadrilátero Ferrífero estão localizadas as principais companhias mineradoras do Estado de Minas Gerais, destacando-se:

A **Vale S.A.** lavra corpos de minério de ferro de alto teor, compacto a semi-friável e friável, com teores históricos superiores a 64% Fe, além de itabirito enriquecido com teores entre 30 e 60% de ferro. Seus principais depósitos em produção compreendem o chamado Complexo Itabira (Cauê, Conceição, Dois Córregos, Onça, Esmeril, Chacrinha e Periquito); Minas Centrais (Água Limpa, Brucutu, Córrego do Meio e Gongo Soco); Complexo Mariana (Alegria, Timbopeba, Fábrica Nova, Fazendão e Morro da Mina); Minas do Oeste (Córrego do Feijão e Fábrica); e o Complexo de Alegria, explorado pela sociedade BHP Billiton/Vale (ROSIÈRE, 2016).

Foto: Itabirito Compacto (Colaboração ISIPM)

Todos esses corpos foram intensivamente minerados nos últimos 30 anos, tendo a Vale atingido, em 2013, a produção total de 190 milhões de toneladas (Mt). A empresa estima uma reserva restante da ordem de 600 Mt para minérios de alto teor (>62%), além de 2.100 Mt fora das áreas atuais de lavra. As reservas de minério de baixo teor (itabirito friável e semi-friável, de 30 a 60% de Fe) estão entre 6.000 e 8.000 Mt, sendo 4.000 Mt de minério com teor em Fe superiores a 52%, e os recursos inferidos chegam a aproximadamente 25.000 Mt (VALE, 2013).

A principal mina a céu aberto é a mina de Brucutu, segunda maior mina de ferro do país, sendo a mais competitiva do Sistema Sudeste da Vale, cuja produção total é exportada, sendo que cerca de 40% vai para a China. A jazida está localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

A mina de Córrego do Feijão, localizada em Brumadinho, teve suas operações suspensas, em janeiro de 2019, em virtude do rompimento da barragem de rejeitos (B1).

Dentre as parcerias da Vale com outras empresas mineradoras de ferro no Estado, encontra-se a **Samarco** operada pelas empresas Vale e BHP Billiton. Suas operações encontram-se paralisadas em virtude do rompimento da Barragem de Fundão em novembro de 2015. Em Minas Gerais, a empresa possui a unidade operacional Germano, localizada em Mariana e Ouro Preto, com extração, beneficiamento e mineroduto de 400 km de extensão que leva seus concentrados de *pellet feed* até a unidade de Ubu (Anchieta, ES). O principal produto da empresa são pelotas de minério de ferro comercializadas para a indústria siderúrgica de países das Américas, do Oriente Médio, da Ásia e Europa (SAMARCO, 2018).

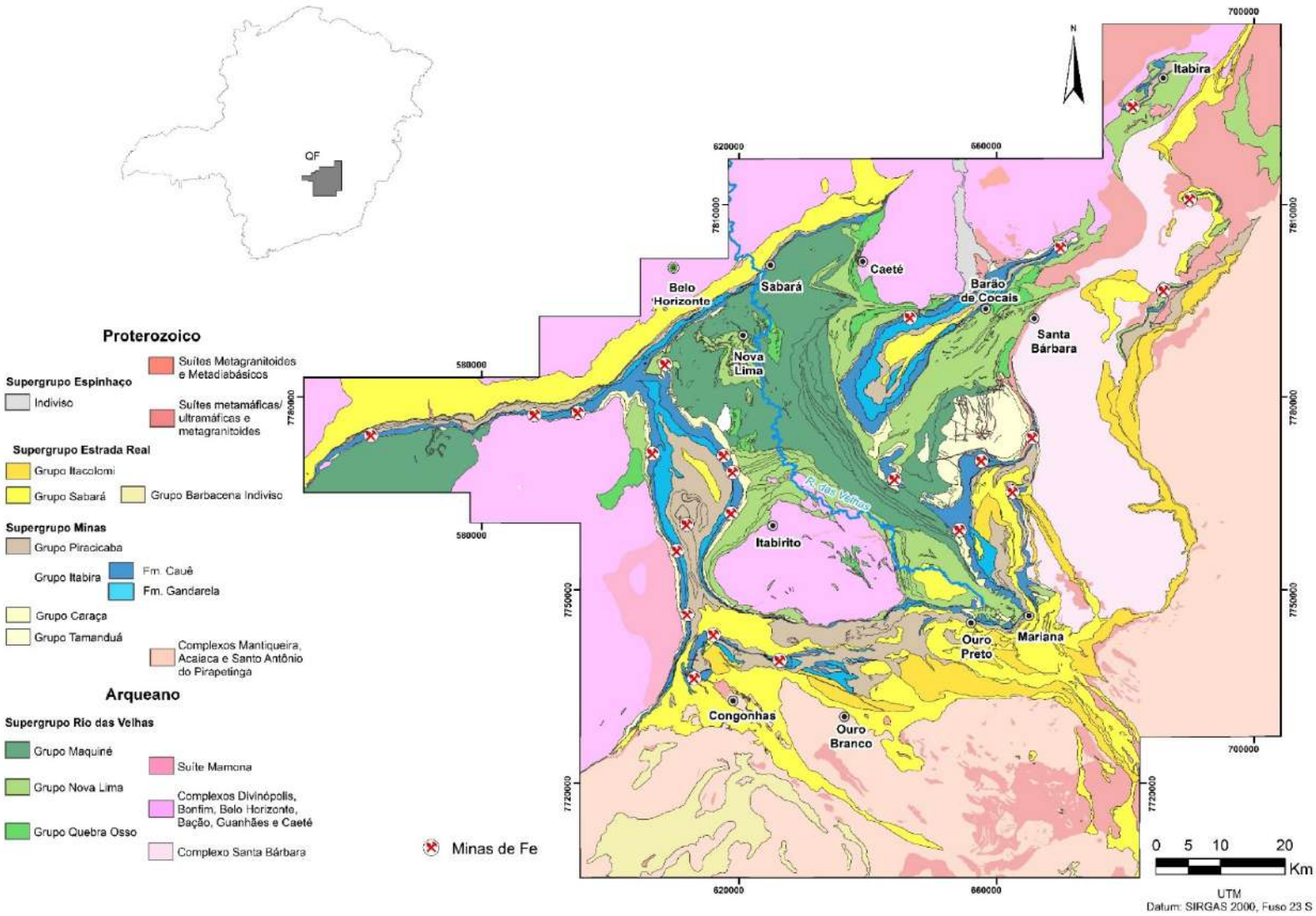


Figura 15 *- Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (Adaptado de ENDO et al., 2019).*

No ano de sua paralisação (2015), a Samarco produziu 24,9 Mt, sendo 97% em pelotas e 3% em finos de minério de ferro. Naquele período, a companhia foi a 12ª maior exportadora do Brasil, faturando R$ 6,5 bilhões e gerou cerca de 6 mil empregos diretos e indiretos (SAMARCO, 2018).

As ações mitigadoras da Samarco, relativas ao rompimento de sua barragem de rejeitos, são no âmbito de assistência às comunidades afetadas e no reparo dos danos ao meio ambiente. Em março de 2016, a empresa, juntamente com as suas acionistas, assinou um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) com os governos federal e dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, que previa a criação da Fundação Renova para atuar no desenvolvimento de 42 programas de reparação e compensação (SAMARCO, 2018).

Tendo em vista a sua importância econômica para as regiões de Mariana e Ouro Preto, a empresa ainda busca a retomada das atividades em suas unidades operacionais. Para tanto, necessita de duas licenças para voltar a operar: a primeira, referente a um novo local para a disposição de rejeitos (Cava de Alegria Sul); e a segunda, relativa ao Licenciamento Operacional Corretivo (LOC) do Complexo de Germano. Além disso, também será preciso implantar novos processos de tratamento de rejeitos (SAMARCO, 2018).

Foto: BIF (Colaboração ISIPM)

A **Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)**, companhia de mineração de ferro mais antiga em operação no Brasil, explora o depósito de Casa de Pedra, que contém o maior corpo de alto teor do Quadrilátero Ferrífero (com recursos estimados em mais de 6 bilhões de toneladas e 3 bilhões de toneladas em reservas). A CSN ainda explora a mina do Engenho, vizinha de Casa de Pedra, com reservas calculadas em 300 Mt de minério.

A **Mineração Usiminas**, *joint venture* formada em 2010 a partir de uma parceria com o grupo japonês Sumitomo Corporation, possui quatro minas na região de Serra Azul (MG), com capacidade para atender tanto às suas próprias usinas siderúrgicas, quanto ao mercado interno e externo. A companhia ampliou sua capacidade instalada de oito para 12 Mt/ano, através da implantação do Projeto Friáveis que é formado por duas usinas de beneficiamento de minério, sendo a Instalação de Tratamento de Minério (ITM) Samambaia, na Mina Oeste, e a ITM Flotação, na Mina Central para beneficiamento de *pellet feed* e *sinter feed*.

A **ArcelorMittal Mineração** opera duas jazidas na região central do Estado: a Mina do Andrade, situada em Bela Vista de Minas, com produção de *sinter feed* que atende às unidades de Aços Longos no Brasil; e a Mina de Serra Azul, instalada no município de Itatiaiuçu, que fornece minério de ferro granulado e *sinter feed* para os mercados interno e externo.

Também pode ser citada a companhia mineradora **Ferrous Resources** que explora minério de ferro no município de Congonhas nas minas: Viga 4+ (com capacidade de produção de 4 Mt/a e previsão de expansão para 21 Mt/a até 2021); e Viga 17, que faz parte do projeto de expansão da produção da empresa (com reservas medidas de 542 Mt e capacidade de produção estimada de 17 Mt/a); ainda pode ser mencionada a reserva Viga Norte, localizada no município de Itabirito, com estudos geológicos e testes em laboratório em andamento.

Outra empresa que explora minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero é a **Vallourec Mineração**, na Mina Pau Branco, localizada na Serra da Moeda, município de Brumadinho, a qual tem capacidade de processamento

anual de seis milhões de toneladas de minério de ferro bruto. A Vallourec implantou o processo de filtragem do rejeito para posterior disposição a seco, o que eliminou o uso da barragem.

A **Ferro+ Mineração**, localizada nos municípios de Congonhas e Ouro Preto, tem foco na extração, beneficiamento e comercialização de minério de ferro. A mina tem capacidade produtiva de 2,5 Mt/a.

As abundantes ocorrências de *BIF's* no Quadrilátero Ferrífero fazem dessa região uma das principais produtoras de minério de ferro do Estado, com aproximadamente 24 minas em operação (**Figura 15**). A maior parte do minério processado é transportada por via férrea ao porto de Vitória, no Estado do Espírito Santo.

Borda Leste da Serra do Espinhaço

A Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional insere-se na região metropolitana de Belo Horizonte e corresponde a uma área com aproximadamente 30 km de largura e 150 km de comprimento, no centro-leste do Estado de Minas Gerais (**Figura 16**).

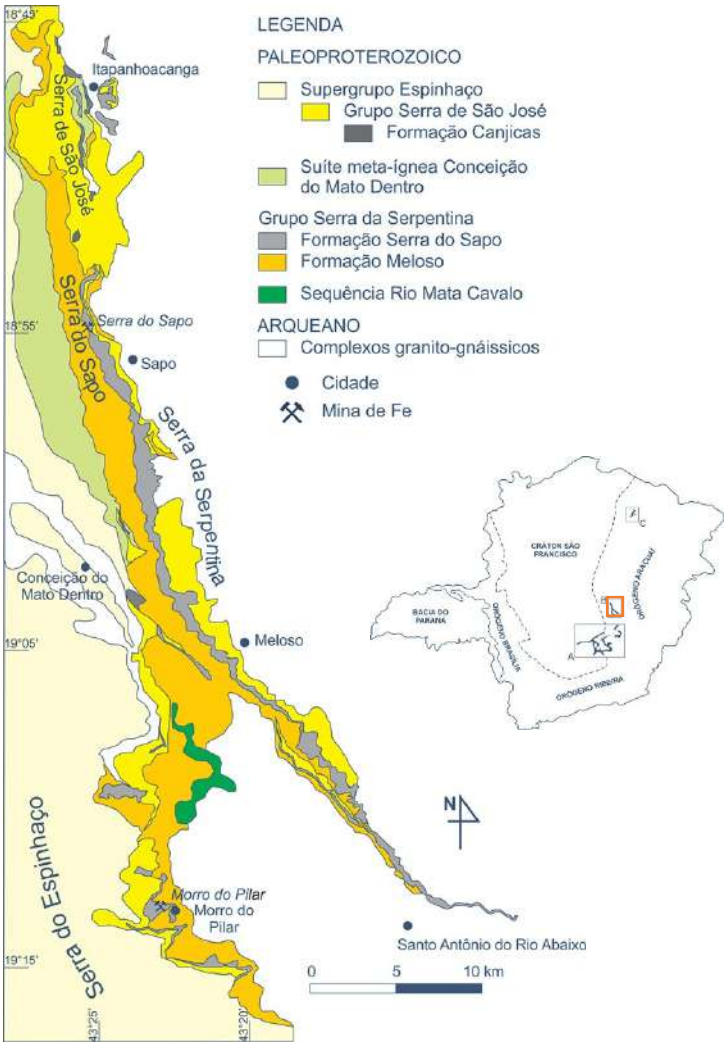


Figura 16 *- Mapa geológico simplificado da Borda Leste da Serra do Espinhaço (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).*

Sequências metassedimentares subjacentes às unidades do Supergrupo Espinhaço afloram nessa região, entre as quais o Grupo Serra da Serpentina (ROLIM e ROSIÈRE, 2011 *apud* ROSIÈRE e ROLIM, 2016). Segundo Rolim,

(2016), esse Grupo é constituído na base por metapelitos (Formação Meloso) e por formações ferríferas bandadas e no topo por metadolomitos (Formação Serra do Sapo).

Outra sequência metassedimentar portadora de formações ferríferas bandadas na região são as da Formação Canjica que constituem a unidade de topo do Grupo Serra de São José, o qual sobrepõe o Grupo Serra da Serpentina (ROLIM, 2016).

As formações ferríferas da Suíte meta-ígnea Conceição do Mato Dentro são conhecidas desde o século XVIII e foram usadas, no início do século XIX, para alimentar o primeiro alto forno da América do Sul (ROSIÈRE e ROLIM, 2016). Ainda segundo estes mesmos autores, todos os depósitos localizados nesta região apresentam características químicas e mineralógicas muito semelhantes: quartzo, hematita lamelar (especularita) e blastos de magnetita; ferro total com valores médios entre 30 e 35% e rocha sã perfazendo cerca de 55% do total. Já a rocha friável, pulverulenta e intemperizada, atinge 45%, com teores médios de 43% de Fe.

Rosière e Rolim (2016), mencionam que três depósitos de ferro, se destacam nesta região:

- ***Serra do Sapo*** apresenta 15 km de extensão, com camadas de formação ferrífera que chegam até 300 m de espessura (100 m em média). Apresenta potencial de recursos estimados de 6 a 8 bilhões de toneladas de minério. Esses depósitos são explorados pela **Anglo American Brasil** dentro do chamado Projeto Minas-Rio, que em sua primeira fase lavra itabirito friável com teor de 38,8% Fe e cujas reservas calculadas perfazem 1,4 Bt.;
- ***Serra da Serpentina*** que possui 32 km de comprimento e potencial estimado de recursos de 8 a 10 Bt, cujo direito mineral pertence à **Vale**
- ***Morro do Pilar*** com extensão de 22 km, camada ferrífera de espessura variável, até 250 m a sul, e entre 10 e 50 m no trecho a norte. O potencial de recursos foi estimado entre 2 e 4 Bt.

Na região de **Serro** e no entorno de **Guanhães**, ainda são conhecidos vários outros depósitos que não foram totalmente avaliados, supondo-se um volume de recursos em 400 Mt (ROSIÈRE e ROLIM (2016).

Distrito Ferrífero de Nova Aurora

Na região ao sul da cidade de Nova Aurora, norte do Estado de Minas Gerais, ocorre a Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas (**Figura 17**), que corresponde a um depósito composto por diamictitos de matriz ferruginosa, com teores de ferro total variando de 8 a 56%, intercalados por quartzitos, filitos e xistos micáceos e granatíferos, cuja espessura máxima estimada é de 600 m. Os corpos apresentam teores de até 40% Fe. Embora a presença de apatita comprometa a qualidade do minério, os teores finais no concentrado ($Fe > 65\%$, $P < 0{,}065\%$, $SiO_2 < 3\%$, $Al_2O_3 < 1\%$, $LOI < 1\%$) tornam o produto do beneficiamento mineral atrativo para o mercado consumidor (ROSIÈRE, 2016).

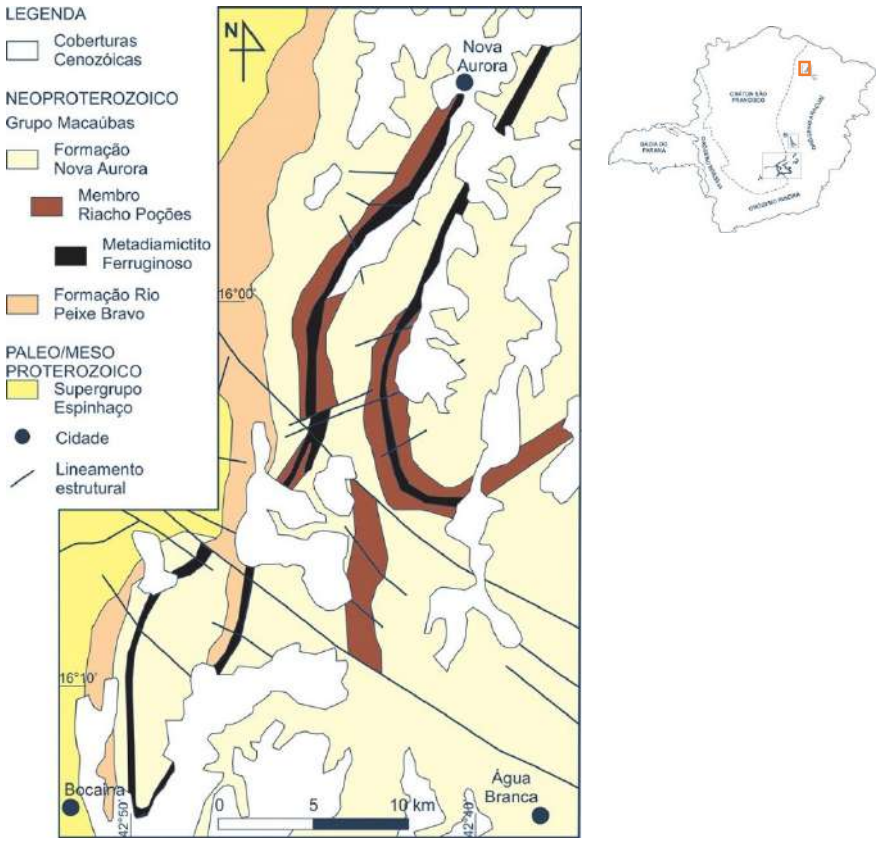


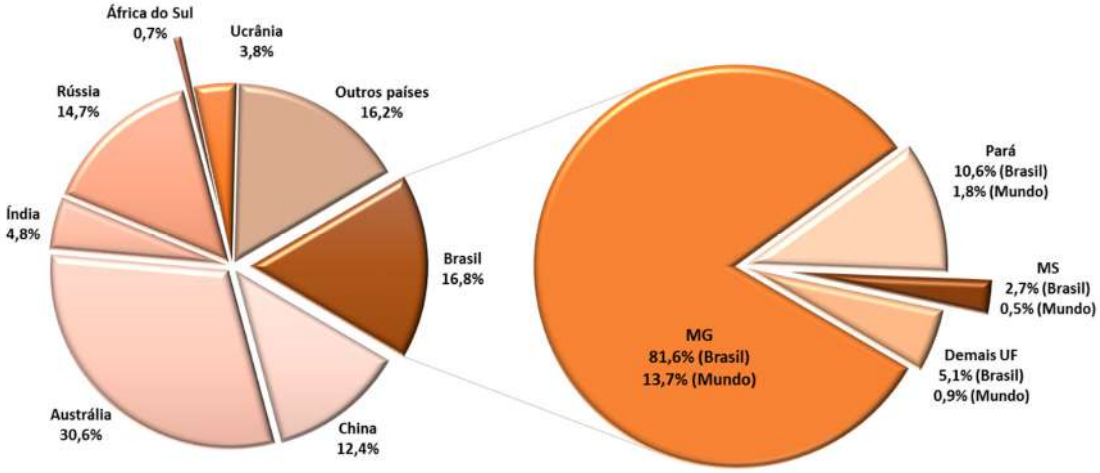
Figura 17 *- Mapa geológico simplificado do Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).*

Há relatos de trabalhos de exploração na região, desenvolvidos por diversas empresas, dentre as quais a **Sul Americana de Metais**, que elaborou um projeto de complexo mineiro a ser instalado entre Grão Mogol e Padre Miguel. O projeto prevê reservas lavráveis definidas em 2,6 Bt; teor médio de Fe de 20% e potencial de 20 Bt para o distrito mineral, garantindo uma vida útil de pelo menos 25 anos para o empreendimento, com produção de 25 Mt/a de *pellet feed*. Porém, ainda não há confirmação do início das atividades de operação do empreendimento (ROSIÈRE, 2016).

Recursos e Reservas

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, as reservas mundiais de minério de ferro, em 2016, foram da ordem de 170 Bt, sendo que 28,6 bilhões estavam em território nacional (com teor médio de 45,7% de ferro). Isso representa 16,8% do montante e faz do Brasil o segundo *player* mundial (**Gráfico 13**).

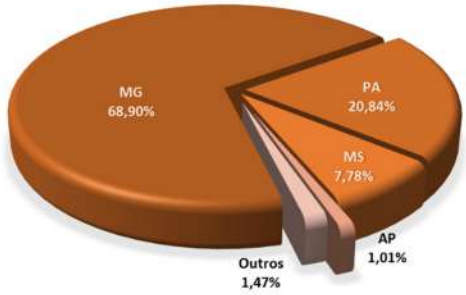
O Estado de Minas Gerais está entre os principais detentores de reservas nacionais de minério de ferro, com aproximadamente 82% das reservas e teor médio de 43,7% de Fe; seguido pelo Estado do Pará, com 10,6% das reservas e teor médio de 65,0%, e pelo Estado do Mato Grosso do Sul, detém 2,7% das reservas, com teor médio de 62,6% (**Gráfico 13**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 13** - Panorama das reservas mundiais e brasileiras de minério de ferro.*

Os dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostram que o total de recursos de minério de ferro (os quais incluem os medidos, indicados e inferidos) no Estado de Minas Gerais foi de 54,5 Bt, correspondendo a 68,9% do total, com destaque no cenário nacional. Os Estados do Pará (16,5 Bt, ou 20,8%), Mato Grosso do Sul (6,1 Bt, ou 7,8%) e Amapá (800 Mt, ou 1,0%) também merecem destaque (**Gráfico 14**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 14** - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de ferro.*

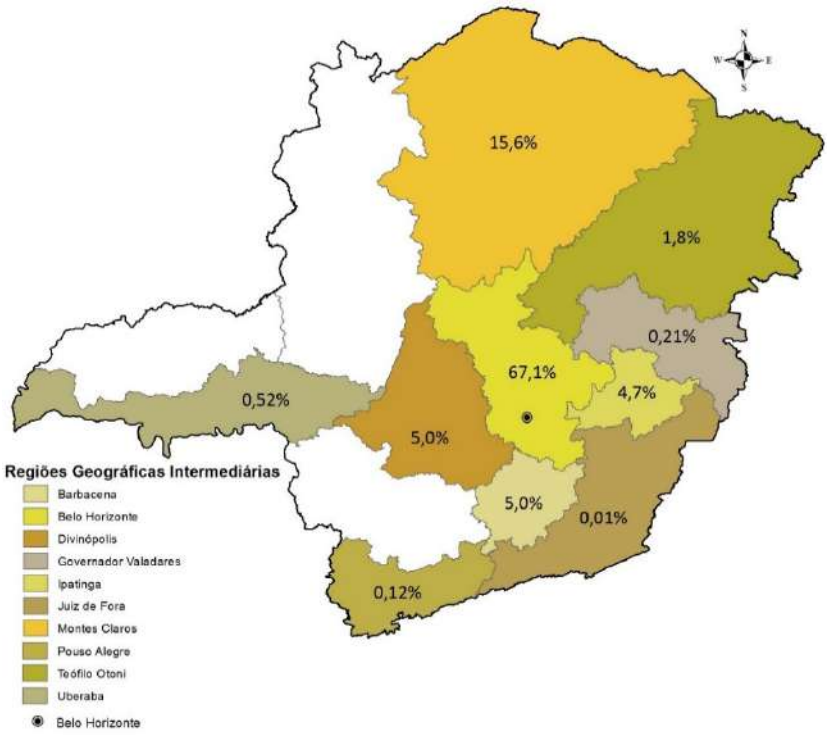
Para 2017, a partir dos dados preliminares fornecidos pela ANM sobre recursos e reservas de minério de ferro no Estado, tem-se que 32,9 Bt foram para os recursos inferidos; 24,4 Bt para recursos indicados; 25,3 Bt para recursos medidos; e 21,3 Bt para as reservas lavráveis (**Gráfico 15**).

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 15** - Percentual dos recursos e reservas de ferro para o Estado de Minas Gerais*

Com base nos dados disponibilizados pela ANM, em 2017, a distribuição estadual, em termos de **recursos totais** por Região Geográfica Intermediária, demonstra que a região de Belo Horizonte detém 67,1% do total

de recursos, o que representa 55,4 Bt, onde se localizam os depósitos com potencial de extração. O restante ficou distribuído entre as regiões de Montes Claros (15,6%), Barbacena (5,0%), Divinópolis (5,0%), Ipatinga (4,7%) e outras (**Figura 18**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010/ Elaboração: SEDE.

***Figura 18** - Distribuição percentual dos recursos totais de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.*

Dentre os municípios com recursos acima de 1,0 Bt, onde se concentram 90,7% dos recursos totais do Estado, destacam-se os municípios de Conceição do Mato Dentro, com aproximadamente 10,6 Bt (12,78%); Mariana, com mais e 9,5 Bt (11,4%); Grão Mogol, com aproximadamente 7,5 Bt (9,0%); Nova Lima, com 7,0 Bt (8,5%); Ouro Preto, com aproximadamente 5,0 Bt (6,0%); Brumadinho, com 4,3 Bt (5,2%); Itatiaiuçu, com 4,0 Bt (4,9%); e Congonhas, com 3,7 Bt (4,5%). Cita-se ainda os municípios de Rio Pardo de Minas, Barão de Cocais, Itabira, Catas Altas, Sabará, Caeté, Riacho dos Machados e São Gonçalo do Rio Abaixo (**Gráfico 16**).

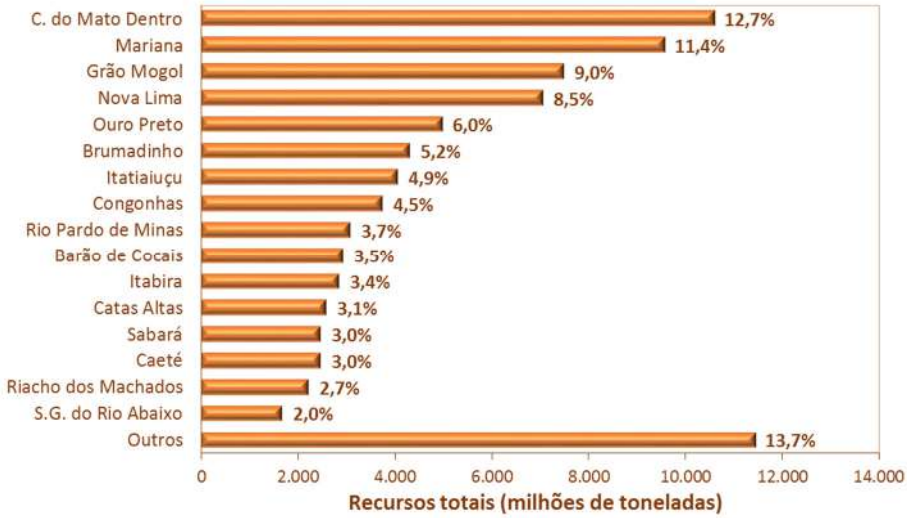
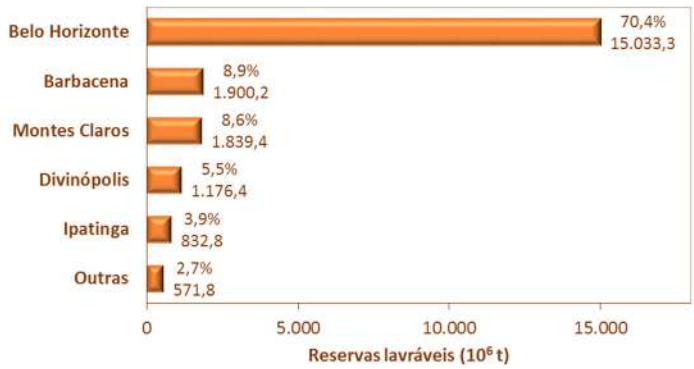


***Gráfico 16** - Distribuição por munícipios dos recursos totais de ferro acima de um bilhão de toneladas*

Analogamente, em termos de **reservas lavráveis**, também se observa que a Região Geográfica de Belo Horizonte detém 15,03 Bt; seguida pela Região de Barbacena, com 1,90 Bt; Montes Claros, com 1,84 Bt; Divinópolis, com 1,18 Bt; e em menor participação as Regiões de Ipatinga, Teófilo Otoni, Uberaba, Governador Valadares e Pouso Alegre, que juntas correspondem a pouco mais de 1,40 Bt (**Gráfico 17**).

Na Região de Juiz de Fora, não há informações de reservas lavráveis. Entretanto, constata-se que há um montante da 9,4 Mt de recursos totais, com um total de Fe contido de aproximadamente 3,8 Mt.



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 17** - Distribuição percentual das reservas lavráveis de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.*

É importante salientar a massa total de ferro contido nas reservas lavráveis, que estão da ordem de 6,75 Bt para a Região de Belo Horizonte; 752 Mt para a Região de Barbacena; 424 Mt, para a Região de Montes Claros; 468 Mt, para a Região de Divinópolis; e 471 Mt para a Região de Ipatinga.

Dentre os municípios com reservas lavráveis acima de 1,0 Bt, destacam-se os municípios de Mariana, com aproximadamente 4,10 Bt (19,2% do total); Nova Lima, com 1,83 Bt (8,6%); Congonhas, com 1,82 Bt (8,5%); Grão Mogol, com 1,75 Bt (8,2%); Brumadinho, com 1,41 Bt; Conceição do Mato Dentro, com 1,40 Bt; Itabira, com 1,15 Bt; Itatiaiuçu, com 1,17 Bt; e Ouro Preto, com 1,15 Bt. Ainda é importante mencionar os municípios com reservas lavráveis acima de 200 Mt Sarzedo, Itabirito, Barão de Cocais, São Gonçalo do Rio Abaixo, Caeté, Catas Altas, Sabará, Araxá e Santa Bárbara. (**Gráfico 18**).

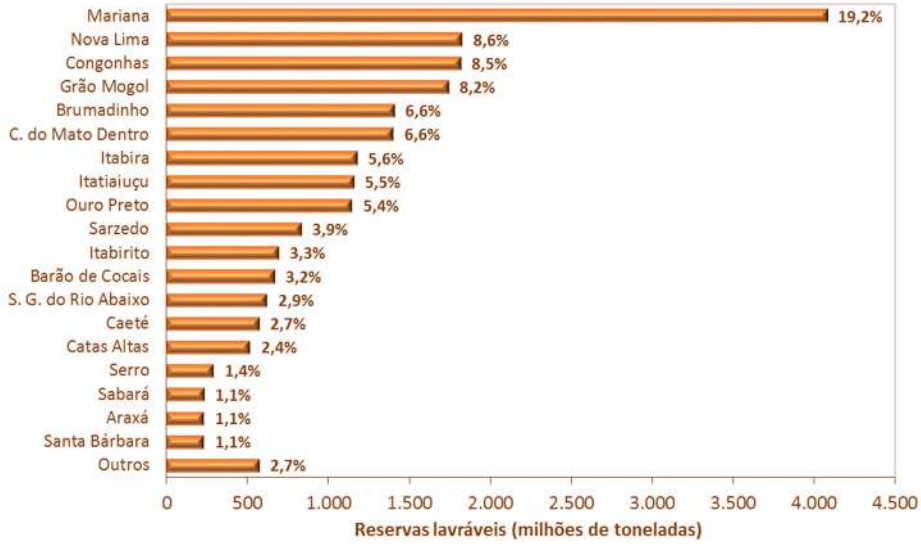


***Gráfico 18** - Distribuição por munícipios das reservas lavráveis de ferro acima de 200 milhões de toneladas.*

Das reservas lavráveis localizadas na região de Belo Horizonte, as que apresentam maiores proporções de massa de Fe contido por massa da reserva, são aquelas que ocorrem nos municípios de **Santa Maria de Itabira**, **Juatuba**, **Belo Horizonte**, **Caeté** e **Barão de Cocais** onde essa relação está entre 57 e 65%. Por outro lado, os jazimentos localizados nos municípios de **Morro do Pilar**, **Conceição do Mato Dentro** e **Igarapé** são os que apresentam essa proporção abaixo de 35%, sendo os mais baixos desta região (Fonte: ANM, 2017).

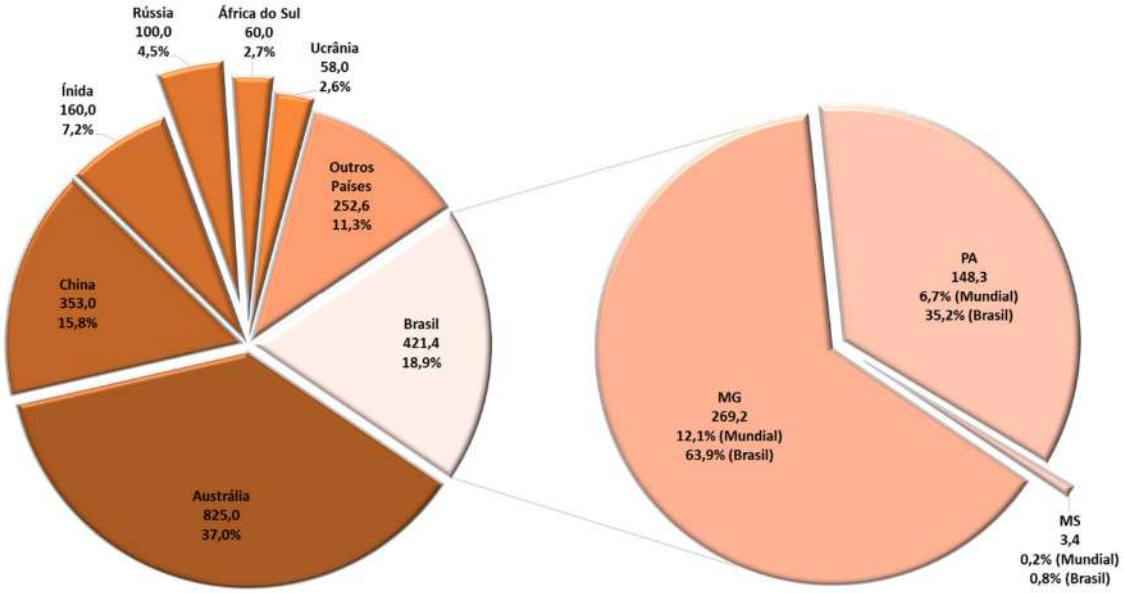
Apesar dos jazimentos localizados nos municípios de **Mariana**, **Nova Lima**, **Congonhas** e **Brumadinho** serem os mais representativos, em termos de reservas lavráveis, seus teores médios variam entre 40 e 45% de ferro, não sendo tão expressivos quanto dos jazimentos do norte do país que atingem mais de 65% de ferro (Fonte: ANM, 2017).

Produção

Os dados do Sumário Mineral Brasileiro de 2017 mostram que o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de minério de ferro em 2016, com 421,4 Mt (**Gráfico 19**), ficando atrás apenas da Austrália, que teve uma produção de 825,0 Mt. Citam-se ainda a China, com 353,0 Mt; Índia, com 160,0 Mt; Rússia, com 100,0 Mt; África do Sul, com 60,0 Mt e Ucrânia, com 58,0 Mt.

Em nível nacional, o destaque fica com o Estado de Minas Gerais, com 269,2 Mt o que corresponde a 63,9% da produção do país e 12,1% da produção mundial, à frente de países como Índia, Rússia, África do Sul e Ucrânia.

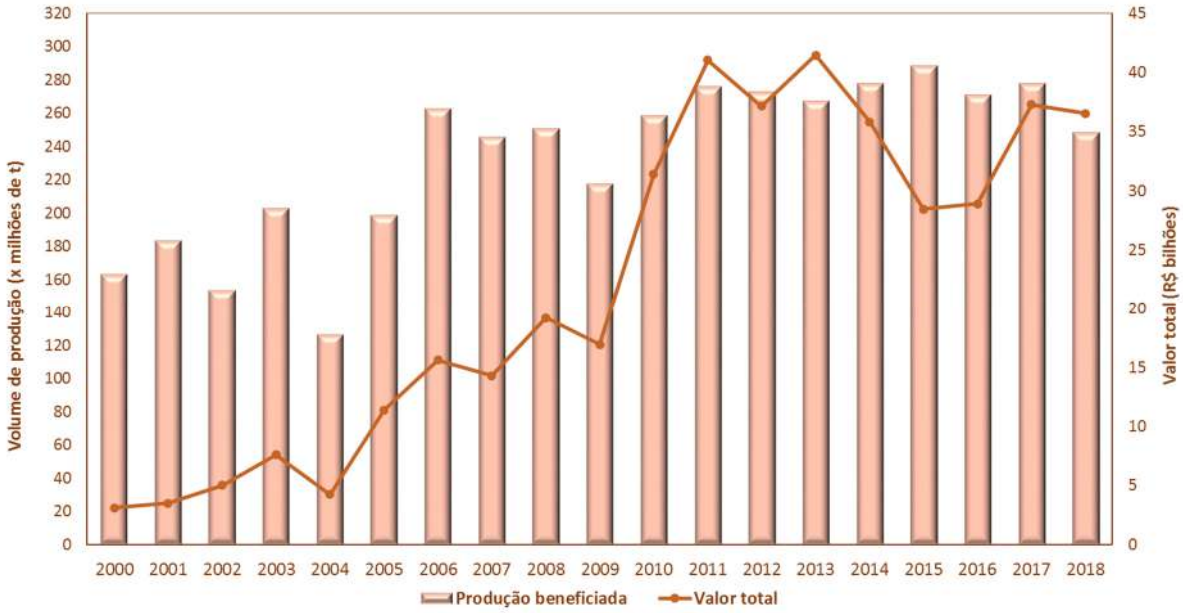
Ainda merecem destaque no âmbito nacional, o Estado do Pará, com aproximadamente 150 Mt (35,2% da produção nacional) e o Estado do Mato Grosso do Sul, com um montante de 3,4 Mt, ou 0,8% do total.



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 19** – Produção mundial e nacional de minério de ferro (milhões de toneladas).*

A produção de minério de ferro em Minas Gerais sofreu variações no período de 2000 a 2018, entre 126,6 Mt (2004) e 288,2 Mt (2015), sendo que desde 2005 a produção se manteve acima de 200 Mt/a (**Gráfico 20**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 20** – Produção estadual de minério de ferro e valor total da produção de 2000 a 2018*

É possível observar uma tendência de crescimento no valor total da produção comercializada, com máximo de R$41,5 bilhões em 2013, com retração nos anos posteriores, possivelmente devido à queda de preços no mercado mundial no mesmo período.

Cadeia Produtiva

A cadeia produtiva do ferro é uma das mais verticalizadas do Estado indo desde a extração, passando pela transformação, chegando a obtenção de produtos manufaturados. O minério de ferro para ser considerado comercialmente utilizável deve passar por caracterização geometalúrgica para definição das rotas de processamento do minério de adequação granulométrica e de teor, em virtude dos diferentes teores das jazidas (entre 20 e 60%).

A proximidade com as minas fez com que algumas indústrias siderúrgicas se instalassem no próprio Quadrilátero Ferrífero e regiões próximas. A região do Vale do Aço, no leste do Estado, se destaca pela mesma industrialização. A locação da estrada de ferro Vitória-Minas, proporcionou não só o escoamento de minério de ferro, mas também a urbanização e instalação de siderúrgicas nessa região, iniciada em 1944 com a Usina Siderúrgica ACESITA, em Timóteo (MADEIRA, n.d.).

O minério de ferro bruto (ROM – *Run-of-Mine*) segue para as usinas de beneficiamento passando por processos de adequação granulométrica e concentração (se necessário). Conforme as características intrínsecas do minério, os produtos do beneficiamento são classificados em:

- Granulado (*Lump Ore*) – Usado diretamente no alto-forno;
- *Sinter Feed* – Usado no processo de sinterização e posteriormente no alto-forno e fornos de redução direta;
- *Pellet Feed* - Deve passar por processos de aglomeração (pelotização) antes de ser utilizado no alto-forno e fornos de redução direta.

Esses produtos podem ser encaminhados para a exportação ou aplicação na indústria siderúrgica nacional, para a obtenção ferro gusa e ferro esponja, sendo usados na fabricação de aço (**Figura 19**).

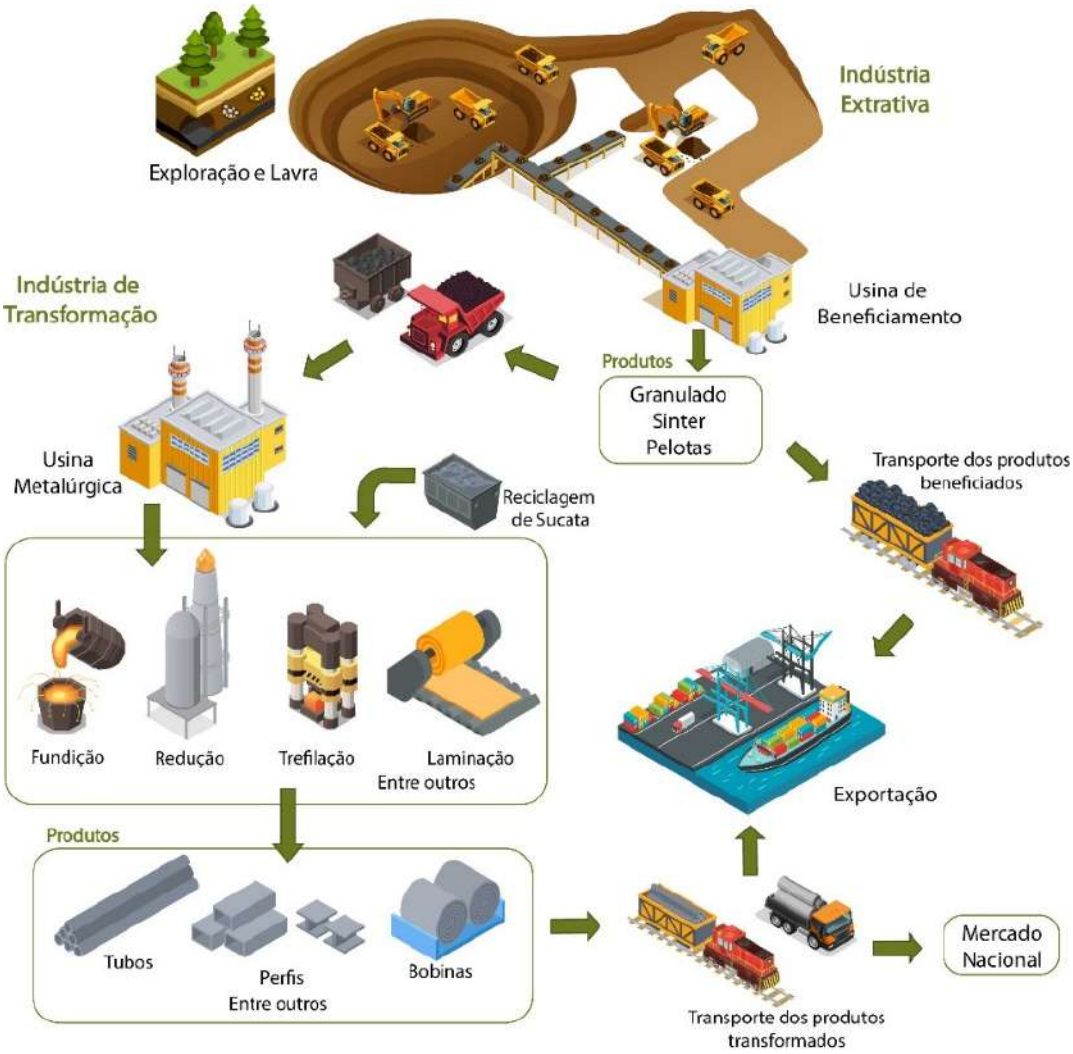


***Figura 19** - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ferro.*

Em Minas Gerais, o parque produtivo da indústria de transformação do ferro localiza-se principalmente na parte central do Estado e abrange **10 municípios**, posição privilegiada devido à proximidade com os maiores centros consumidores do país. Esse parque conta com oito usinas siderúrgicas de médio e grande porte e empresas de fundição (**Figura 20**).

A indústria de transformação de ferro em Minas Gerais é favorecida por contar com uma infraestrutura logística (rodovias e ferrovias), conectada aos principais estados consumidores e aos portos de Vitória e Rio de Janeiro, atendendo à demanda de escoamento da produção para o mercado internacional.

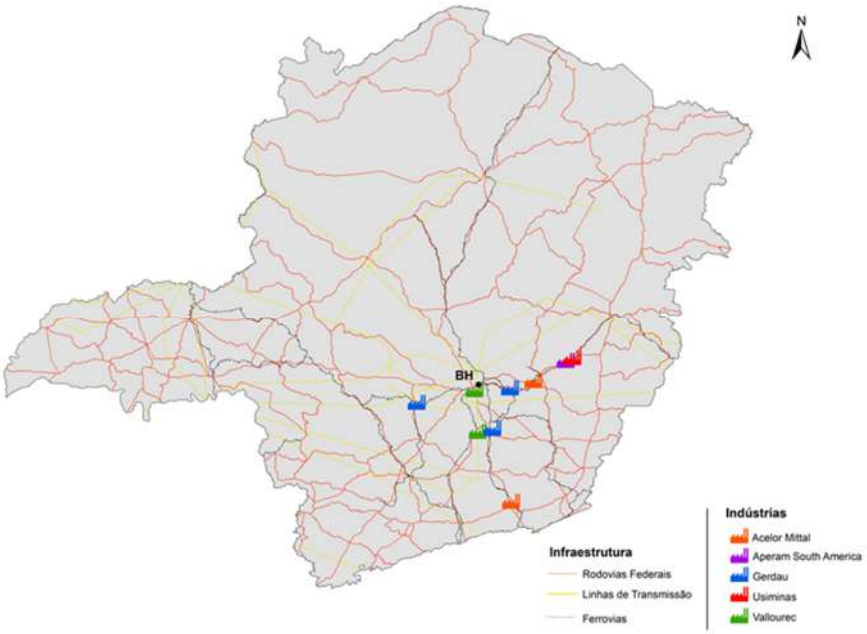


***Figura 20** - Localização das indústrias de transformação de ferro em Minas Gerais*

A **Aperam** ***South America*** (antiga Acesita) é produtora integrada de aços planos inoxidáveis e elétricos, e fabrica também aços planos especiais ao carbono. Com mais de 2 mil empregados, tem capacidade instalada de 900 mil toneladas de aço líquido. Sua planta industrial, localizada no município de Timóteo, conta com dois altos-fornos que utilizam apenas carvão vegetal.

A **ArcelorMittal** conta unidades localizadas nos municípios de Contagem, João Monlevade, Juiz de Fora e Sabará atuando nos segmentos de: aços longos, com produtos que atendem aos mercados da construção civil, indústria e agronegócio; e aços planos, produzindo placas, bobinas a quente e bobinas a frio. As unidades de Contagem e João Monlevade e processamento de sucata metálica para abastecer, principalmente, as aciarias elétricas do Grupo no Brasil.

A **Gerdau** possui duas unidades no Estado de Minas Gerais, sendo uma no município de Ouro Branco, também chamada de Gerdau Açominas, com capacidade de 3,0 Mt por ano de aço líquido atendendo o mercado externo. A outra é localizada no município de Divinópolis, denominada de Gerdau Aços Longos.

A **Usiminas** é uma empresa do setor siderúrgico que atua na produção de aços planos laminados a frio e a quente destinados, principalmente, aos setores de bens de capital, bens de consumo da linha branca, além da indústria automotiva. Existem unidades de siderurgia (Ipatinga) e transformação do aço (Betim e Santa Luzia).

A **Vallourec** conta com duas usinas de produção de tubos de aço sem costura, sendo uma em Belo Horizonte, que produz tubos que atende os setores petrolífero, industrial, automotivo, de energia e da construção civil; e a outra em Jeceaba que atende o setor de petróleo e gás.

Na indústria de transformação de ferro no Estado existe diversas formas e tipos de produtos de aço, devido ao fato de cada uma de suas aplicações demandar alterações na composição e forma (**Tabela 5**).

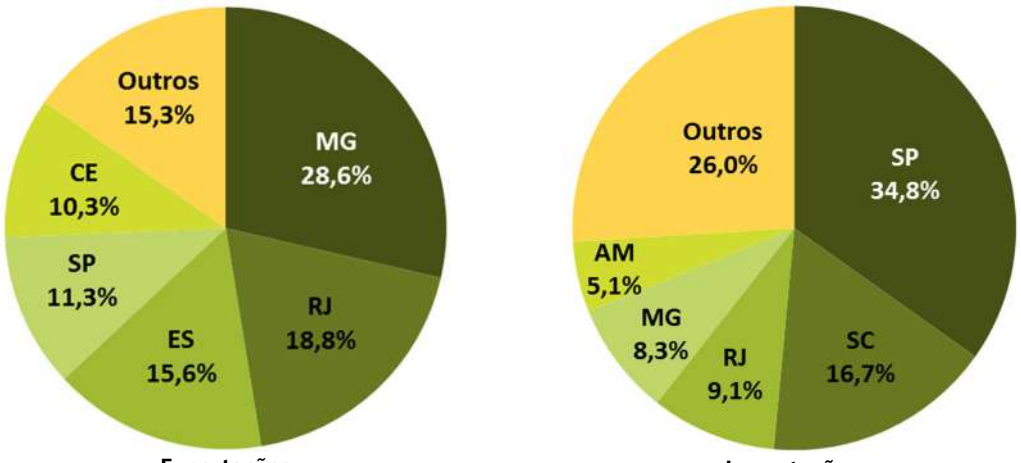
***Tabela 5** - Principais indústrias de transformação de aço localizadas no Estado de Minas Gerais e seus respectivos produtos.*

Produtos			Aperam	Arcelor Mittal	Gerdau	Usiminas	Vallourec
Planos	Placas		✓	✓	✓	✓	
	Chapas e Bobinas não Revestidas	Grossas	✓	✓	✓	✓	
		A Quente	✓	✓	✓	✓	
		A Frio	✓	✓		✓	
	Chapas e Bobinas Revestidas	Zincadas a Quente		✓		✓	
		Eletro-Galvanizadas				✓	
		Outras				✓	
	Chapas e Bobinas Especiais	Inoxidáveis	✓				
		Siliciosas	✓				
		Outros	✓				
Longos	Lingotes, Blocos e Tarugos			✓	✓		✓
	Barras	Aço Carbono	✓	✓	✓		
		Aço Ligado			✓		
		Aço Inoxidável			✓		
		Aço p/ Ferramenta			✓		
	Vergalhões			✓	✓		
	Fio-Máquina			✓	✓		
	Perfis	Leves		✓	✓		
		Médios e Pesados		✓	✓		
	Tubos sem Costura						✓
Trefilados	Arames			✓	✓		
	Barras			✓	✓		

Fonte: Instituto Aço Brasil (modificado)

Aspectos Econômicos

Em 2018, o volume de exportações nacionais da indústria de transformação do ferro foi de US$ 13,45 bilhões, sendo Minas Gerais o principal player, representando 28,6%. Por outro lado, o Brasil importou o total de US$ 4,88 bilhões, ficando o Estado na quarta posição com 8,3% (**Gráfico 21**).



Fonte: COMEXSTAT, 2018.

***Gráfico 21** – Distribuição nacional das exportações e importações da indústria de transformação do ferro.*

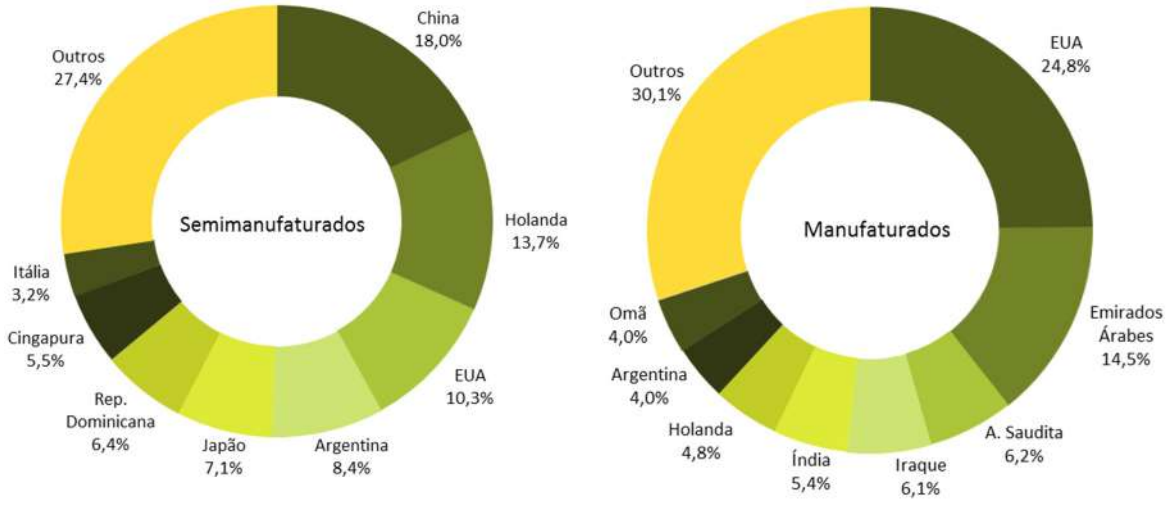
Nesse mesmo período, as exportações da indústria de transformação do ferro de Minas Gerais atingiram o montante de US$3,85 bilhões, sendo que grande parte (89,1%) foram referentes aos produtos com menor valor agregado (semimanufaturados). Por outro lado, as importações somaram US$403,9 milhões, sendo que 63,2% foram de produtos manufaturados (**Gráfico 22**).

O saldo da balança comercial do Estado de produtos semimanufaturados foi superavitária em US$ 3,28 bilhões; e de produtos manufaturados o superávit foi de US$ 195,06 milhões. Dessa forma, fica claro a carência de investimentos para o desenvolvimento da indústria de transformação de ferro no Estado, visando a obtenção de produtos de alto valor agregado.

Fonte: COMEXSTAT, 2018.

***Gráfico 22** - Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de ferro/aço em Minas Gerais*

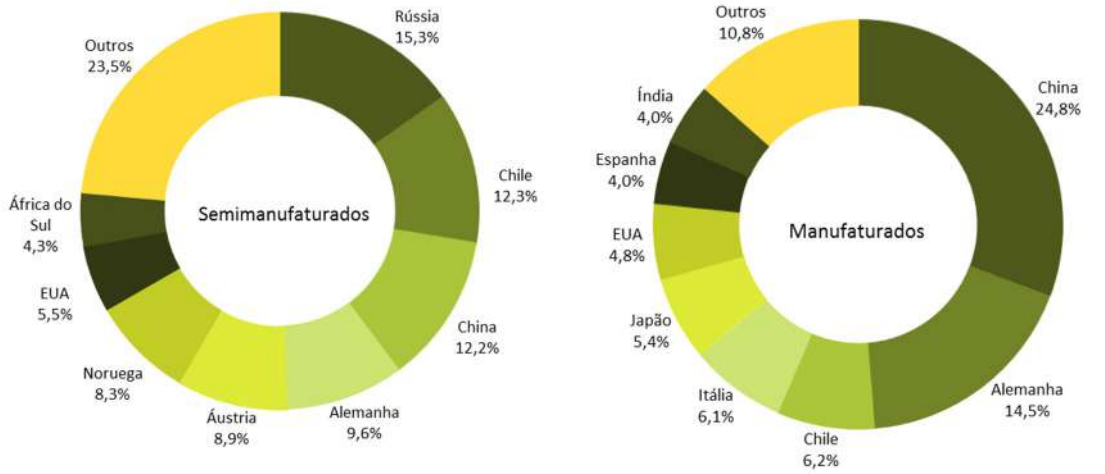
Os principais destinos das exportações mineiras de produtos semimanufaturados foram China, Holanda e EUA. Já para os produtos manufaturados, tiveram como principais destinos os EUA, Emirados Árabes e Arábia Saudita **(Gráfico 23)**.



Fonte: COMEXSTAT, 2018.

***Gráfico 23** – Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de ferro de Minas Gerais.*

No que tange às importações, o Estado comprou produtos transformados de ferro de 70 países. Os semimanufaturados foram originados, principalmente de Rússia, Chile e China; e os manufaturados vieram principalmente da China, Alemanha e Chile (**Gráfico 24**).



Fonte: COMEXSTAT, 2018.

***Gráfico 24** – Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de ferro.*

Os principais produtos semimanufaturados da indústria de transformação do ferro exportados, em 2018, foram ferro-ligas (54,2%); ferro fundido bruto em formas primárias (12,8%); produtos de ferro ou aço não ligados (10,1%) e outros 22 produtos (22,9%). Entre os manufaturados, destacaram-se os tubos e perfis ocos, sem costura, de ferro ou aço (85,2%); podendo ser citados ainda outras obras moldadas de ferro fundido, ferro ou aço (4,4%); artefatos de ferro ou aço, não isolados para usos elétricos (3,3%); dentre outros 19 produtos (7,2%) (**Tabela 6**).

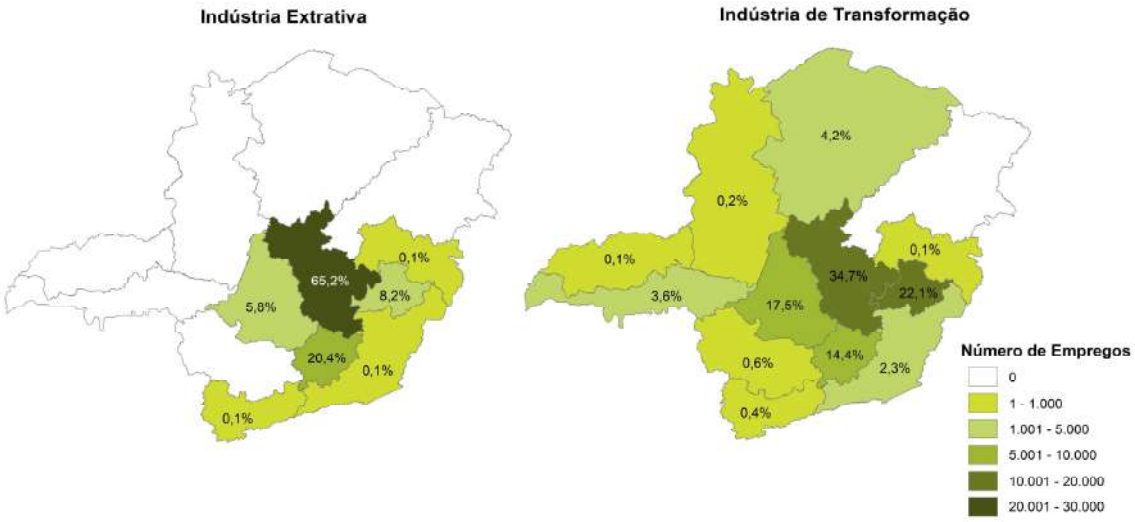
***Tabela 6** - Comércio exterior da indústria de transformação de ferro*

	Semimanufaturados		Manufaturados	
	Descrição	**Valor FOB (US$ milhões)**	**Descrição**	**Valor FOB (US$ milhões)**
Exportação	Ferro-ligas	1.859,53	Tubos e perfis ocos, sem costura, de ferro ou aço	358,18
	Ferro fundido bruto em formas primárias	439,10	Outras obras moldadas, de ferro fundido, ferro ou aço	18,32
	Produtos de ferro ou aço não ligado	344,88	Artefatos de ferro ou aço, não isolados para usos elétricos	13,85
	Outros	785,94	Outros	30,06
	Total	***3.429,45***	***Total***	***420,41***
Importação	Ferro-ligas	74,13	Outras obras de ferro ou aço	77,82
	Produtos de ferro ou aço não ligado	22,71	Tubos e perfis ocos, sem costura, de ferro ou aço	37,21
	Produtos laminados planos de outras ligas de aço	8,47	Parafusos e artefatos semelhantes, de ferro fundido, ferro ou aço	33,78
	Outros	43,29	Outros	106,54
	Total	***148,61***	***Total***	***255,35***

Fonte: COMEX STAT, 2018.

O Estado de Minas Gerais importou, em 2018, principalmente ferro-ligas (49,9%); produtos de ferro ou aço não ligados (15,3%); produtos laminados planos de outras ligas de aço (5,7%); e outros 22 produtos semimanufaturados (29,1%). Já dentre os manufaturados, destacaram-se outras obras de ferro ou aço (30,5%); tubos e perfis ocos, sem costura, de ferro ou aço (14,6%); parafusos e artefatos semelhantes, de ferro fundido, ferro ou aço (13,2%); e outros 22 produtos (41,7%) (**Tabela 6**).

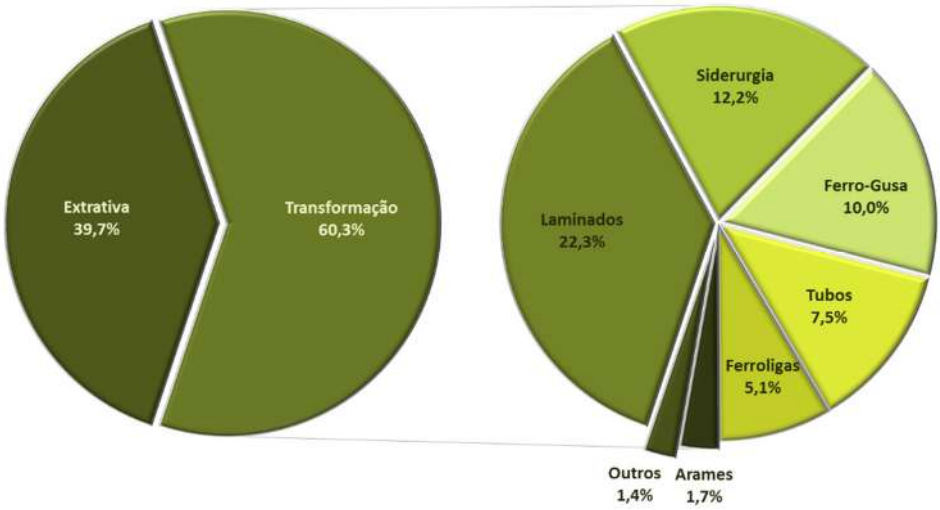
Tendo em vista que as principais minas de ferro do Estado estão localizadas no Quadrilátero Ferrífero, em 2018, observa-se que a mão de obra da indústria extrativa está concentrada nas RGInts de Belo Horizonte, com 21.781 empregos diretos e Barbacena, com 6.821, podendo citar ainda as regiões de Ipatinga e Divinópolis. Para a indústria metalúrgica, os empregos diretos estão concentrados nas RGInts de Belo Horizonte, com 17.544; Ipatinga, com 11.193; Divinópolis, com 8.859 e Barbacena, com 7.278 e as demais regiões que juntas somam 3.618 (**Figura 21**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 21** - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do ferro por Região Geográfica Intermediária.*

Na cadeia produtiva do ferro em 2018, o setor extrativista foi responsável pela geração de 33.397 empregos diretos englobando os setores de extração minério de ferro; pelotização, sinterização e outros beneficiamentos e atividades de apoio. Já o setor de transformação foi responsável por 50.626 empregos, sendo distribuídos nos setores de laminados (18.714), siderurgia (10.271), ferro-gusa (8.428), produção de tubos (6.317), ferroligas (4.251), produção de arames (1.445) e outros (produção de: relaminados, trefilados e perfilados de aço; forjados; e semiacabados de aço) (**Gráfico 25**).



Fonte: RAIS, 2018.

***Gráfico 25** - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do ferro.*

3.1.1.2. *Ouro (Au)*

O minério de ouro está historicamente ligado ao Estado de Minas Gerais, quando o Estado era o principal produtor mundial de ouro.

A região do **Quadrilátero Ferrífero**, região metropolitana de Belo Horizonte, detém importantes depósitos de ouro (Morro Velho, Cuiabá, etc.). O ouro nesta região ocorre em rochas quartzo-carbonáticas xistosas do supergrupo Rio das Velhas em paragênese com sulfetos de ferro (Pirita, FeS2), cobre (calcopirita, CuFeS2) e arsênio (arsenopirita, FeAsS), ou em zonas de falhamentos dentro dos itabiritos do supergrupo Minas (ROESER e ROESER, 2010).

Outro importante distrito aurífero está localizado no Noroeste de Minas, corresponde aos depósito e ocorrências auríferas da região de **Paracatu,** zona externa da Faixa de Dobramantos Brasília. Nessa área ocorre a Mina de Morro do Ouro, o maior depósito aurífero do Brasil, hospedada em filitos carbonosos da Formação Paracatu (Grupo Canastra) (FREITAS SILVA *et al.* 1991, OLIVER *et al.* 2015 *apud* LOBATO e COSTA, 2018).

Ocorrências e jazidas com menor tamanho distribuem-se no Sul e Leste do Estado. Na região Sul, localizadas em **São Gonçalo do Sapucaí**, ocorrem mineralizações auríferas em veios de quartzo com pirita, em bandas biotíticas e disseminado nos gnaisses (Lobato e Costa, 2018). Na região do Campo das Vertentes citam-se ainda ocorrências nas regiões de **São João del-Rei, Lagoa Dourada** e também ocorrências e lavras históricas distribuídas ao longo da zona de cisalhamento Congonhas-Itaverava (SEIXAS, 1988).

Na Faixa Araçuaí, essas ocorrências estão localizadas principalmente em **Diamantina** e arredores; na região do **Serro** com destaque para a Mina Zagaia, além de ocorrências recentes de ouro de aluvião; e nas regiões de **Riacho dos Machados** e **Minas Novas de Araçuaí** (Lobato e Costa, 2018).

As principais empresas mineradoras em atividade no Estado, na extração e refino de ouro, são a Kinross Gold Corporation (antiga Rio Paracatu Mineração), a Anglogold Ashanti Brasil Mineração (antiga Mineração Morro Velho) e a Jaguar Mining Inc.

A **Kinross** é a empresa mineradora que explora a mina Morro do Ouro, maior mina de ouro do país, localizada no município de Paracatu. Em 2006, a empresa iniciou um projeto de expansão que elevou a capacidade de lavra de minério (61 Mt/a) e a produção anual, para 17 toneladas de ouro, o que ampliou em mais de 15 anos o tempo de vida útil da mina, estimado até 2030.

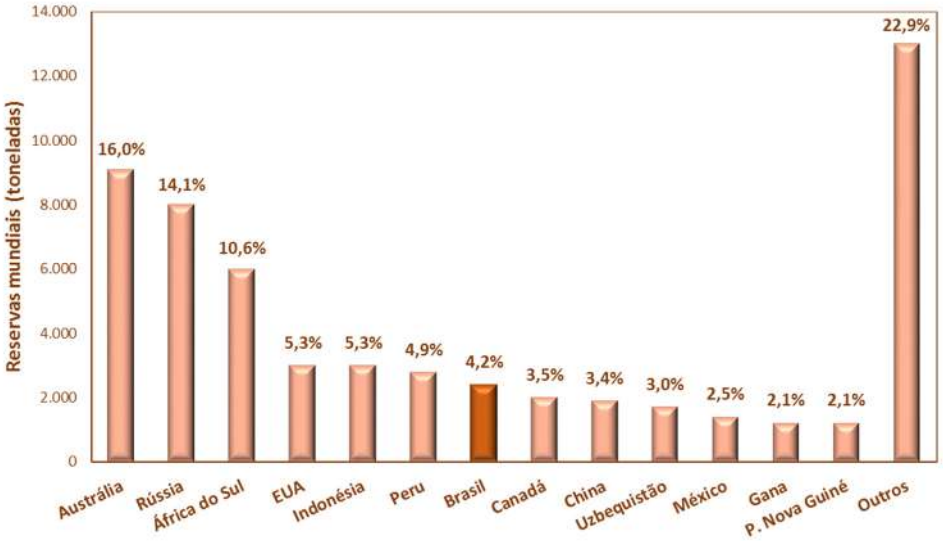
A **Anglogold Ashanti** explora as minas subterrâneas de Cuiabá e Lamego, localizadas no município de Sabará; e a mina de Córrego do Sítio (céu aberto e subterrânea) localizada no município de Santa Bárbara. A aquisição da São Bento Mineração, em 2008, possibilitou o aumento da produção em Córrego do Sítio de 100 para 200 mil onças de ouro anuais. A empresa possui os direitos minerários sobre 59.719 ha no Quadrilátero Ferrífero e apresentou uma produção de 317 mil onças de ouro, em 2007, registrando expressivo acréscimo de 31%. Possui a unidade Planta Metalúrgica do Queiroz, localizada em Nova Lima, composta por processo metalúrgico, fundição e refino de ouro, além de ácido sulfúrico e prata granulada.

A **Jaguar Mining** explora as minas subterrâneas de Turmalina, localizada no município de Pitangui; o Complexo de Caeté, com as minas subterrâneas Pilar e Roça Grande, nos municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara; além da mina subterrânea de Paciência, localizada no município de Itabirito. Ressalta-se que os totais de recursos medidos e indicados para a mina Turmalina são de aproximadamente 2,7 Mt, com teor de 4,86 g/t, atingindo uma capacidade de produção diária de 2.000 t de ROM; enquanto que as minas do Pilar e Roça Grande apresentam 3,79 Mt de recursos medidos e indicados, com teor médio de 4,3 g/t, com capacidade de produção diária de 2.200 t de ROM.

A **Mineração Riacho dos Machados** (MRDM), pertencia à **Brio Gold**, subsidiária da canadense **Yamana Gold**, e foi adquirida pela **Leagold Mining** em 2018. O empreendimento possui unidade instalada no município de Riacho dos Machados, na Região Geográfica Intermediária de Montes Claros, onde a produção anual de ouro é 98 mil onças.

Recursos e Reservas

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, em 2015, as reservas mundiais de ouro atingiram o patamar de 56.700 t, sendo os principais *players* a Austrália, Rússia e África do Sul, que somam mais de 40% do total das reservas. Neste cenário, o Brasil ocupava a sétima posição com 2.400 t, correspondendo a 4,2% do total de reservas mundiais de ouro (**Gráfico 26**).

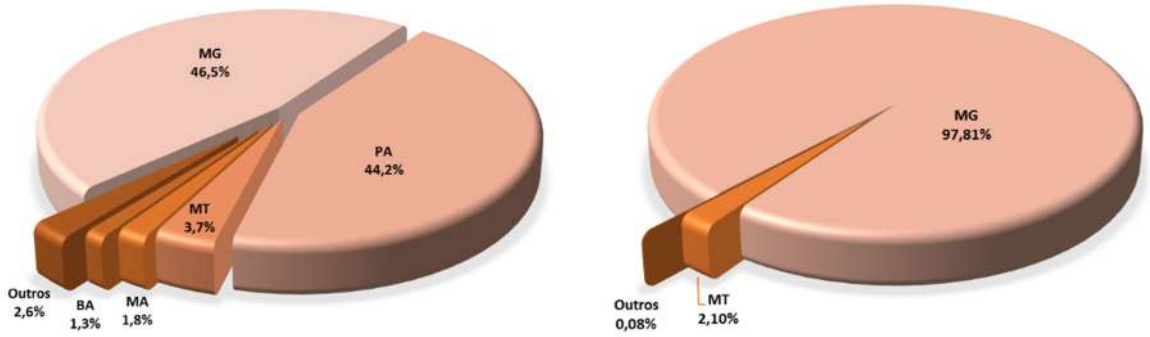


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016 – ANM.

***Gráfico 26** - Distribuição das reservas mundiais de ouro.*

Em nível nacional, dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostram que os recursos medidos de **ouro primário** (em toneladas de minério) estão distribuídos em 17 Unidades da Federação. Entretanto, os Estados de Minas Gerais e Pará são os maiores detentores desses recursos, com 1,0 Bt (46,5%) e 966 Mt (44,2%), respectivamente (**Gráfico 27a**).

Considerando os recursos medidos de **ouro secundário**, o Estado de Minas Gerais é o principal detentor nacional, com mais de 600 Mt, correspondendo a aproximadamente 98%, do total (**Gráfico 27b**).



(a) ***(b)***

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010 – ANM.

***Gráfico 27** – Distribuição nacional dos recursos medidos de: **(a)** ouro primário, **(b)** ouro secundário.*

Do ponto de vista estadual, para 2017, segundo dados da ANM sobre recursos e reservas de minério de ouro (em quilogramas de ouro contido), tem-se o montante de 384,0 t de recursos inferidos; 493,2 t de recursos indicados; 738,7 t de recursos medidos; e 507,6 t de reservas lavráveis (**Gráfico 28**).

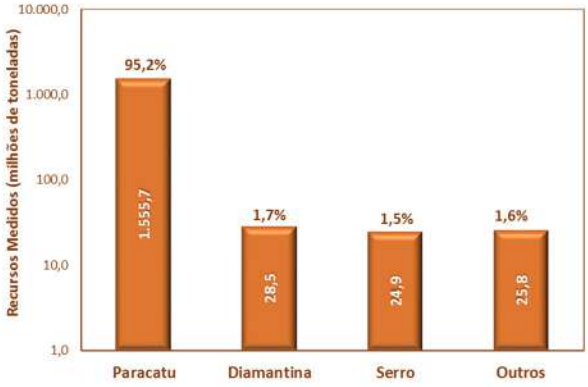
Nesse mesmo período, observa-se que os recursos e reservas de ouro primário são superiores aos de ouro secundário, atingindo mais de 95% do total de recursos (medido, indicado e inferido) e reserva lavrável.

Fonte: ANM, 2017

***Gráfico 28** - Distribuição dos recursos e reservas de ouro para o Estado de Minas Gerais.*

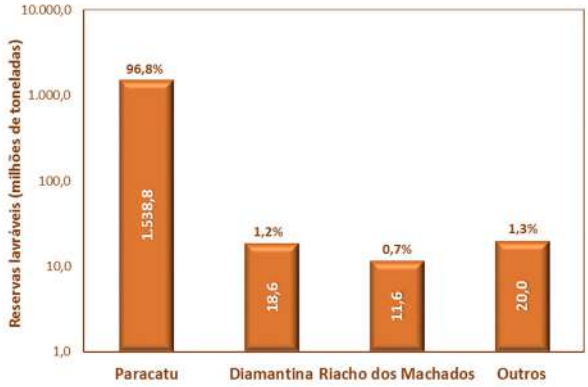
Em âmbito regional, os recursos medidos e as reservas lavráveis estão distribuídos em dez Regiões Geográficas Intermediárias (Patos de Minas, Teófilo Otoni, Belo Horizonte, Divinópolis, Barbacena, Montes Claros, Ipatinga, Varginha, Governador Valadares e Juiz de Fora).

Cabe ressaltar que a região mais importante do Estado é a de **Patos de Minas**, por conter a maior mina de ouro do país, localizada na cidade de Paracatu, com recursos medidos de 95,2% (**Gráfico 29**) e 96,8% de reservas lavráveis de **ouro primário** do Estado (**Gráfico 30**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 29** – Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro primário para o Estado de Minas.*



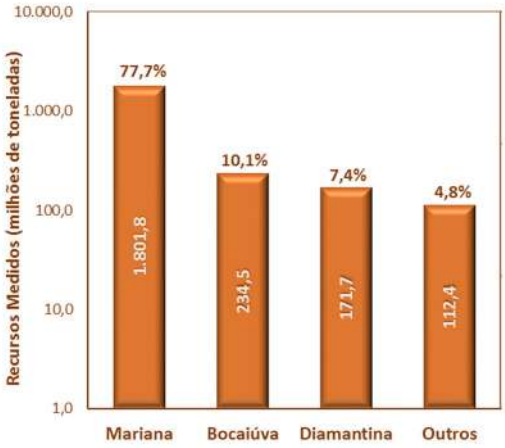
Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 30** - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro primário para o Estado de Minas.*

Destacam-se os municípios de Diamantina, Serro e Sabará como detentores de recursos medidos e reservas lavráveis no Estado.

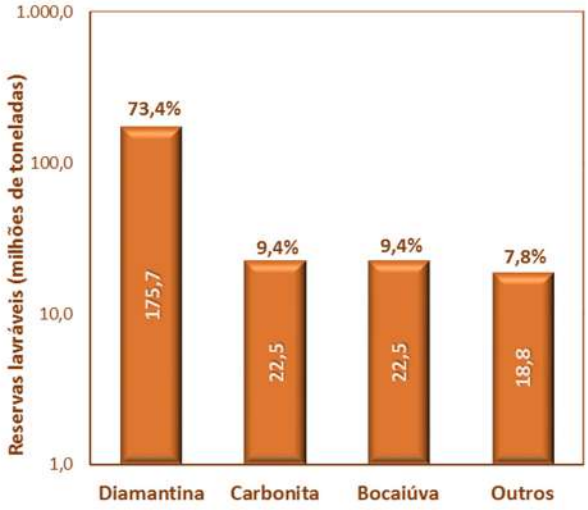
Em termos de **ouro secundário**, os municípios de Mariana e Bocaiúva são os principais detentores das ocorrências, que somam 87,8% dos recursos medidos (

Gráfico *31*). Enquanto os municípios de Diamantina, Carbonita e Bocaiúva, somam 92,2% do total de reservas lavráveis no Estado (**Gráfico 32**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 31** - Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro secundário para o Estado de Minas.*



Fonte: ANM, 2017.

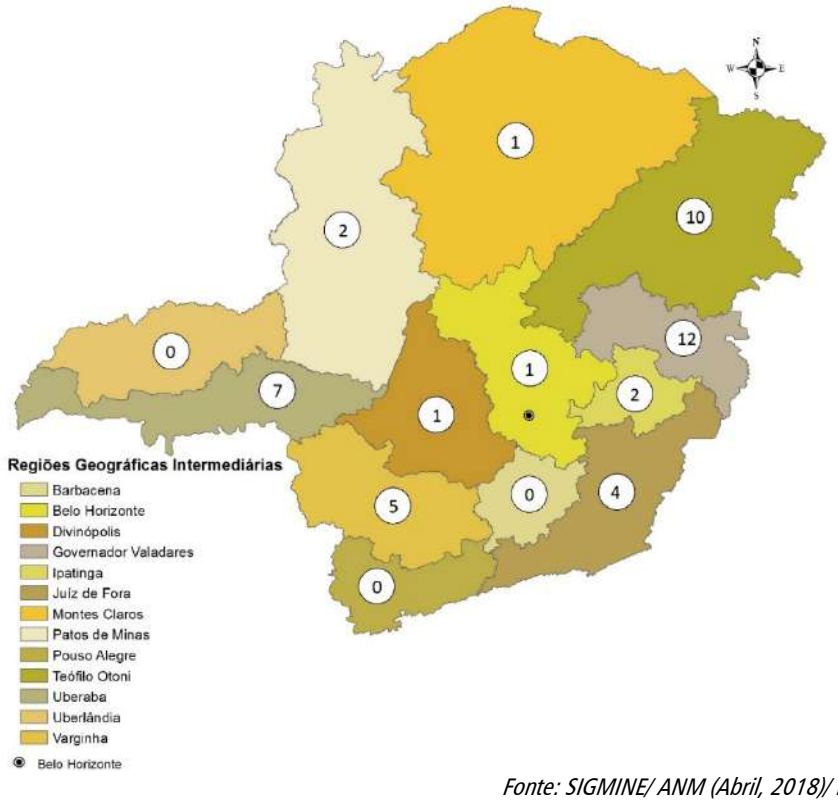
***Gráfico 32** - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro secundário para o Estado de Minas.*

Garimpos

Além da forma industrial de exploração de ouro no Estado, há aquela feita por prospectores (garimpeiros), que desenvolvem suas atividades prioritariamente em depósitos secundários, com técnicas rudimentares, ausência de pesquisas geológicas para a avaliação das reservas e carência de técnicas para a avaliação do metal, quase sempre com baixa produtividade.

Para o período entre 2000 e 2018, as zonas garimpeiras de maior relevância para o Estado, em termos de números de processos (requerimentos e permissão de lavra garimpeira - PLG), segundo o SIGMINE / ANM, estão localizadas nas Regiões Geográficas Intermediárias de Governador Valadares, Teófilo Otoni e Uberaba,

entre outras (**Figura 22**). Nesse mesmo período, o total de requerimentos de lavra garimpeira e de PLG foi de 175, sendo aqueles referentes a ouro, em torno de 25,7%.

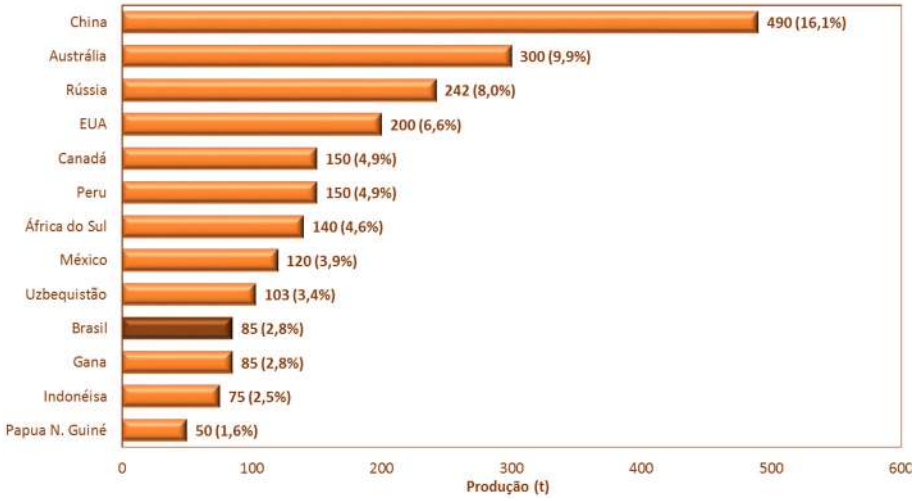


Fonte: SIGMINE/ ANM (Abril, 2018)/ Elaboração: SEDE.

***Figura 22** - Distribuição de processos (PLG para ouro) por RGInts de Minas Gerais entre 2000 e 2018.*

Produção

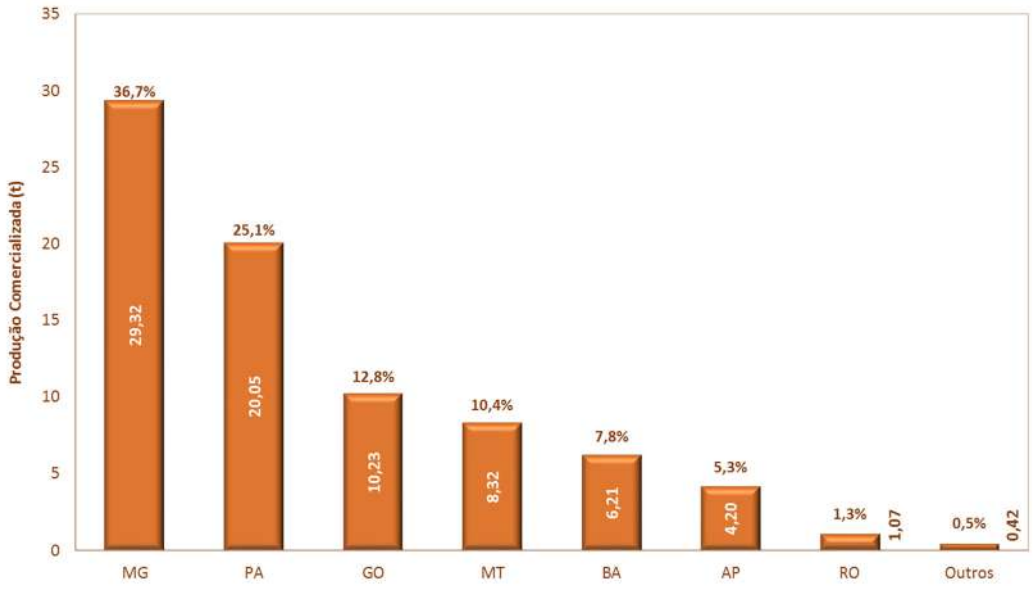
Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, em 2015 o Brasil figurava como o 11º produtor mundial de ouro (primário e secundário) com aproximadamente 85 t, representando apenas 2,8% do total. Os maiores produtores foram China, com 490 t (16,1%); Austrália, com 300 t (9,9%) e Rússia, com 242 t (8,0%). Ainda podem ser citados os EUA, Canadá, Peru, África do Sul, México e Uzbequistão (**Gráfico 33**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016

***Gráfico 33** – Produção mundial de ouro (primário e secundário) em 2015.*

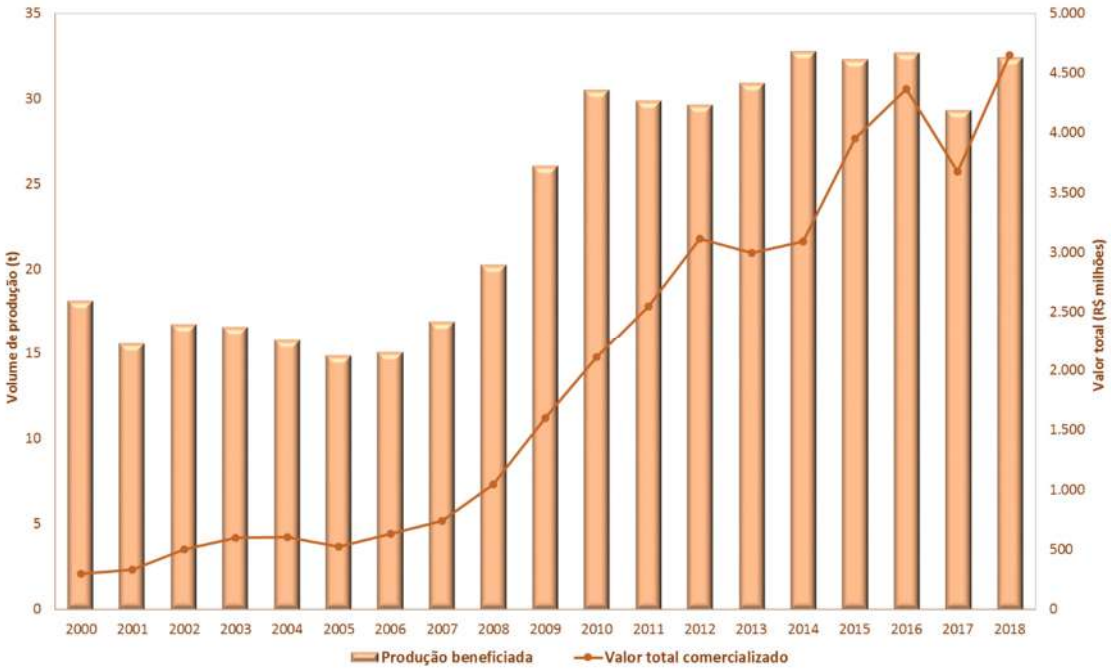
Em 2017, Minas Gerais se destacou como principal produtor nacional de ouro, com 29,32 t (36,7%); seguido pelo Pará com 20,05 t (25,1%); Goiás, com 10,23 t (12,8%); e Mato Grosso, com 8,31 t (10,4%). Ainda houve produção nos Estados da Bahia, Amapá, Rondônia e outros (Paraná, Rio Grande do Norte, Amazonas e Tocantins) (**Gráfico 34**). (ANM - ANUÁRIO MINERAL, 2018).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2018

***Gráfico 34** – Produção brasileira de ouro em 2017.*

Em Minas Gerais, observou-se uma produção anual de ouro variando entre 15 e 20 t no período de 2000 a 2008, com crescimento para 26 t em 2009 mantendo na ordem de 30 t no período de 2010 a 2018 (**Gráfico 35**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 35** – Produção beneficiada e valor total anual de ouro em Minas Gerais.*

No período entre 2000 e 2018 observou-se um crescimento substancial no valor total da produção comercializada de ouro no Estado, passando da ordem de R$300 milhões em 2000 e superando os R$4,3 bilhões em 2016, o que representa um acréscimo de mais de 1.300% no período. Observa-se ainda uma retração de aproximadamente 16% no valor total em 2017, com recuperação em 2018.

Cadeia Produtiva

A maior parte das minas de ouro em todo o mundo são lavradas de forma subterrânea. Em Minas Gerais não é diferente; porém, várias minerações de ouro e a maioria dos garimpos fazem lavra a céu aberto, com destaque para a Mina Morro do Ouro, no município de Paracatu.

De maneira geral, o processamento de minério de ouro, envolve processos de cominuição (britagem e moagem), classificação, concentração (gravítica e flotação), processos hidrometalúrgicos (cianetação e lixiviação), de recuperação e refino do ouro (**Figura 23**).

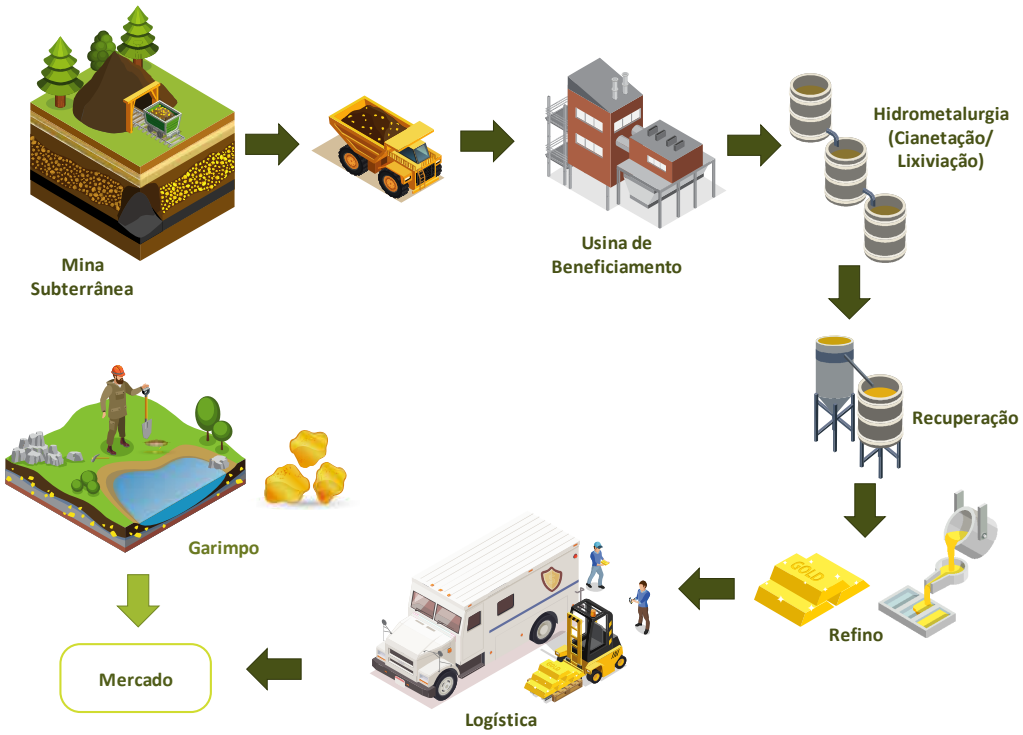
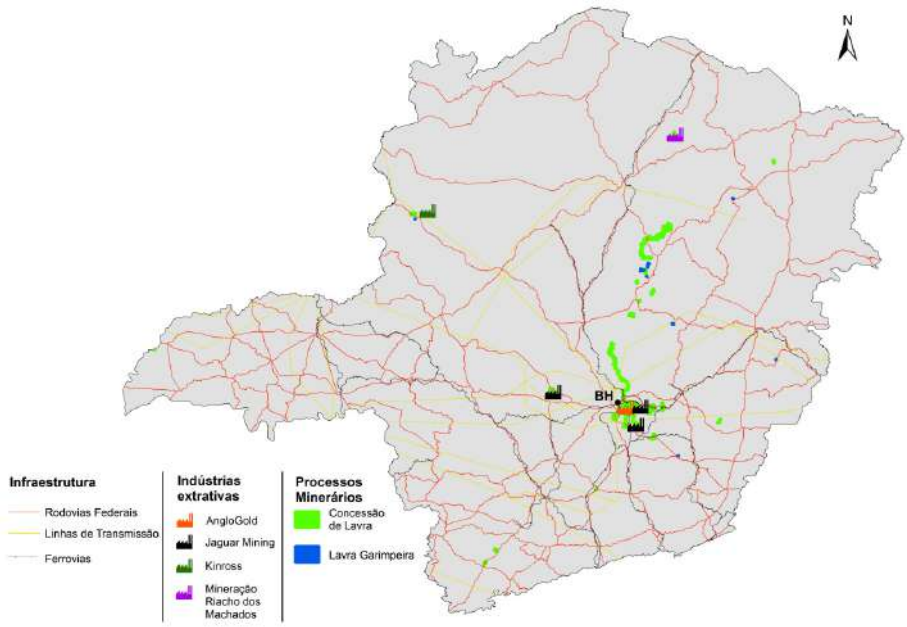


Figura 23 *- Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro.*

A pesquisa de ouro abrange boa parte do território mineiro. Entretanto, a cadeia produtiva do ouro em Minas Gerais vai das etapas de beneficiamento até a obtenção de produtos semimanufaturados, como barras e bulhões. Portanto, pode-se dizer que as indústrias presentes no Estado estão adjacentes às concessões de lavra, onde o minério é extraído e beneficiado na mesma localidade. Este parque produtivo está localizado principalmente na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte, como também em pontos específicos das regiões de Patos de Minas e Montes Claros (**Figura 24**).



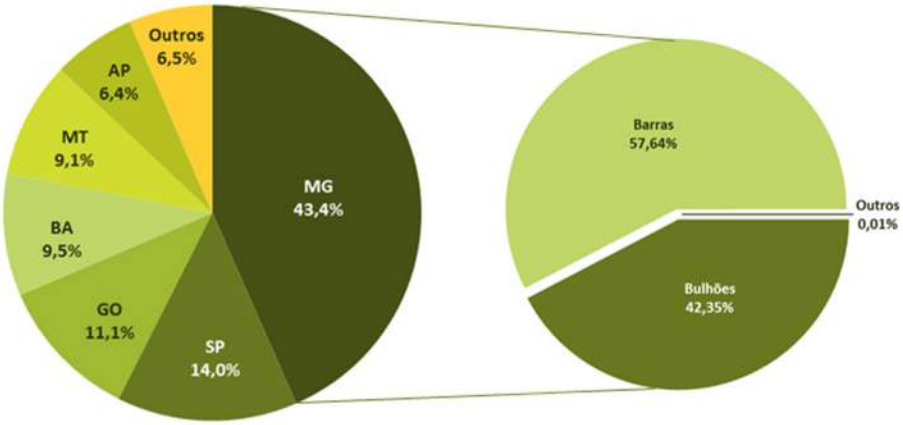
Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE.

***Figura 24** - Localização das indústrias de ouro em Minas Gerais*

Conforme levantamento realizado pelo SIGMINE/MG, em 2018, há 26 empresas (com diferentes razões sociais), que operam as minas de ouro no Estado. No entanto, as principais empresas mineradoras de ouro em Minas Gerais, pela sua participação no total do valor comercializado são: Anglogold Ashanti; Kinross, Jaguar Mining e Mineração Riacho dos Machados, onde os mais relevantes produtos semimanufaturados são barras e bolhões dourados.

Aspectos Econômicos

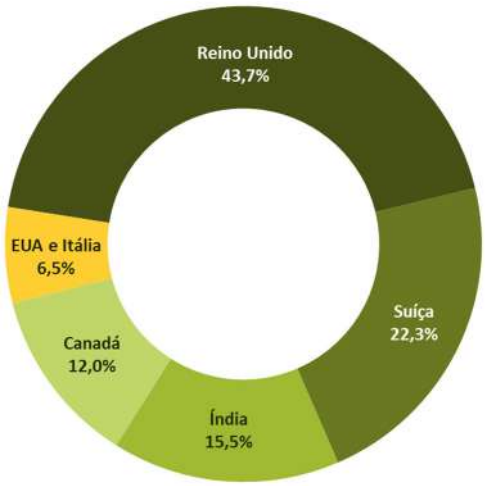
A produção nacional de ouro, em 2018, foi de 84,3 t, com valor total de aproximadamente, R$ 9,45 Bi, sendo Minas Gerais o principal produtor, com um volume de 31,7 t e um valor total de cerca de R$ 4,65 Bi. Consequentemente, as exportações mineiras da indústria de transformação de ouro foram as maiores do país, com 33,4 t e um montante de US$ 1,22 Bi, nas formas de ouro em barras, fios e perfis de seção maciça (US$ 704,4 Mi) e bulhão dourado, em formas brutas, para uso não monetário (US$ 517,6 Mi) (**Gráfico 36**).



Fonte: Comex Stat, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

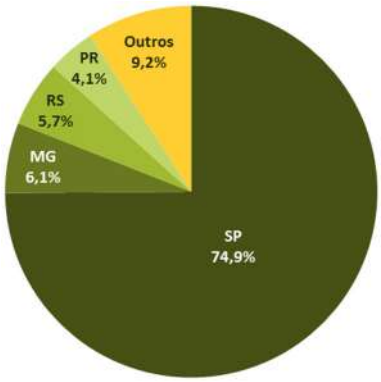
***Gráfico 36** - Estados exportadores de produtos transformados de ouro, com destaque para as principais formas para Minas Gerais.*

As exportações estaduais de ouro, foram para o Reino Unido (US$ 534,2 Mi), Suíça (US$ 272,5 Mi), Índia (US$ 188,9 Mi), Canadá (US$ 146,9 Mi), EUA e Itália (**Gráfico 37**), enquanto as importações foram majoritariamente de Taiwan (US$ 340 mil, ou 98%).



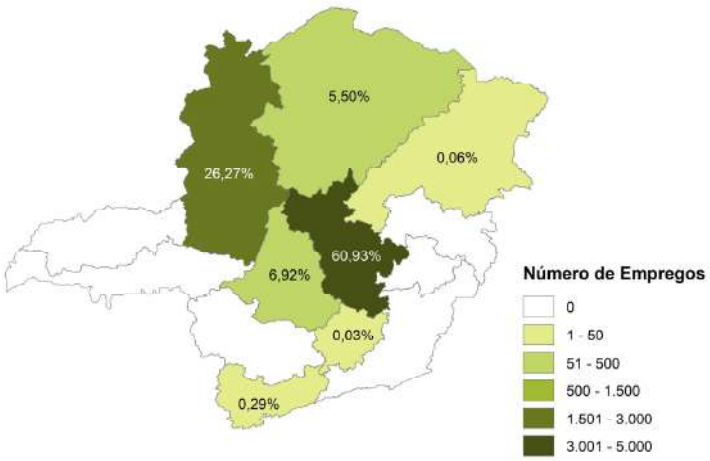
Fonte: Comex Stat, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)
***Gráfico 37** – Países importadores de ouro de Minas Gerais.*

As importações nacionais de ouro foram da ordem de US$ 5,67 milhões, principalmente na forma de ouro em barras, fios e perfis de seção maciça (57,1%), sendo o restante distribuído em outras formas. O Estado de São Paulo foi o responsável por aproximadamente 75% (US$ 4,25 milhões) do valor total das importações e Minas Gerais o segundo, com pouco menos de US$ 350 mil (sobretudo na forma de barras, fios e perfis de seção maciça, com 98% provenientes de Taiwan) (**Gráfico 38**).



Fonte: Comex Stat, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)
***Gráfico 38** – Principais Estados importadores de ouro.*

Segundo os dados publicados no RAIS, o número de empregos diretos gerados pela indústria de transformação de ouro, no Estado, é praticamente inexistente, sendo limitados à indústria extrativa. No tocante aos empregos da indústria extrativa de metais preciosos (6.532), esses estão concentrados na RGInt de Belo Horizonte, nos municípios de Sabará (1.852) e Santa Bárbara (1.284); e na RGInt de Patos de Minas, no município de Paracatu (1.713) (**Figura 25**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 25** - Quantificação dos empregos gerados na indústria extrativa do ouro por Região Geográfica Intermediária.*

3.1.1.3. *Alumínio (Al)*

A principal fonte de óxidos e hidróxidos de alumínio hidratados ($Al_2O_32H_2O$) é a **bauxita**, rocha de coloração variada (do vermelho, amarelo, marrom ao branco) em função da proporção dos óxidos de ferro. A rocha bauxita é constituída por mais de 40% de óxidos e hidróxidos de alumínio (gibbsita ou hidrargilita ($Al_2O_33H_2O$), boehmita ($Al_2O_3H_2O$) e o diásporo ($HAlO_2$)), além de conter impurezas tais como óxidos e hidróxidos de ferro, argila, sílica, dióxido de titânio, entre outras, (SAMPAIO, ANDRADE e DUTRA, 2005).

A bauxita foi inicialmente empregada para usos não metalúrgicos e após o desenvolvimento do processo de Hall-Héroult em 1886, passou a ser usada na produção de alumínio metálico. Mesmo assim, ainda se desenvolveram aplicações para a bauxita não metalúrgica, incluindo abrasivos, refratários, produtos químicos, cimentos de alta alumina e prótese humana (SAMPAIO, ANDRADE e DUTRA, 2005).

Segundo Sampaio, Andrade e Dutra (2005), as principais diferenças da bauxita quanto ao uso são os teores de Fe_2O_3, SiO_2 e álcalis, sendo que na bauxita metalúrgica os teores de Fe_2O_3 devem estar entre 11 e 12%, SiO_2 abaixo de 4% e alumina superior a 48%; já para a bauxita não metalúrgica (refratária), os teores de Fe_2O_3 devem ser inferiores a 2,5%; os teores de SiO_2 devem ser entre 5 e 7%, e devem ter mais alumina (50%) e menos impurezas (álcalis).

Os depósitos de bauxita em Minas Gerais são isolados do tipo Topo de Morros, Encostas de Montanhas e Montanhas (COSTA, 2016) com as principais minas localizadas nas regiões de **Poços de Caldas** e arredores (Sul do Estado), na região de **Juiz de Fora** (nos municípios de São João Nepomuceno e Miraí), na região do **Quadrilátero Ferrífero** (Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara, Barão de Cocais e Nova Lima), além da Sub-Região do Espinhaço.

Segundo Costa (2016), as bauxitas de Poços de Caldas e Passa Quatro são majoritariamente derivadas de rochas alcalinas (nefelina sienitos, fonólitos, entre outras associadas) e de natureza refratária, enquanto as bauxitas das minas de Miraí são derivadas de rochas metamórficas (xistos e gnaisses) sendo constituídas de gibbsita e quartzo residual.

As principais empresas produtoras de alumínio em Minas Gerais são a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Alcoa Alumínio S.A., Mineração Curimbaba, Hindalco e Mineração Varginha.

A **Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)**, empresa do grupo Votorantim, atua nos municípios de Poços de Caldas, Itamarati de Minas e Miraí. A Unidade Poços de Caldas tem capacidade instalada para beneficiar anualmente um milhão de toneladas de bauxita; a de Miraí tem capacidade instalada para produzir anualmente 2,4 Mt; e a unidade operacional de Itamarati de Minas encerrou sua produção em 2015, e está com plano de descomissionamento em elaboração.

A **Alcoa Alumínio S.A.** é a terceira maior produtora mundial de alumínio, com unidades no Pará (Juruti) e em Minas Gerais (Poços de Caldas), sendo que a unidade do Sul de Minas opera com as atividades de mineração, refino, produção de pó de alumínio e fundição. A operação de obtenção de alumínio primário encerrou suas atividades definitivamente no ano de 2015, em virtude das condições de mercado e do alto custo de energia. Isso levou a uma queda de 96 mil toneladas na produção global do grupo que alcançou 3,4 Mt (BRASIL MINERAL, 2015).

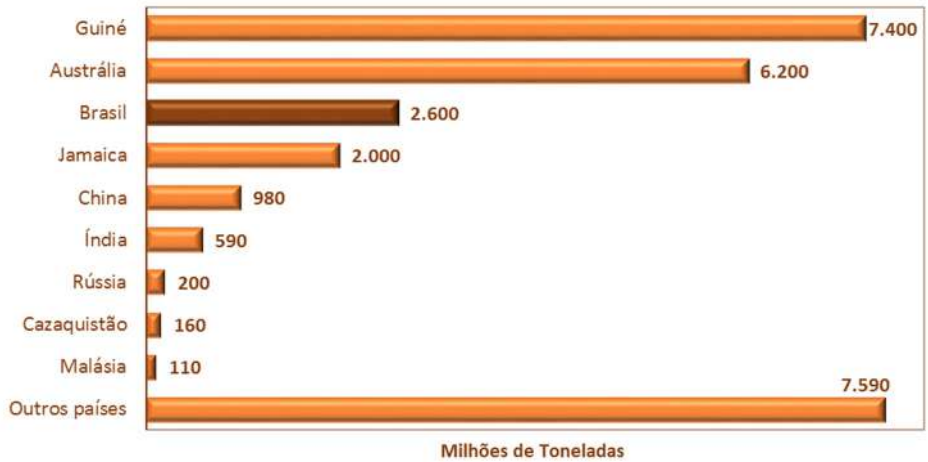
A **Mineração Curimbaba Ltda**. possui duas unidades operacionais na região de Poços de Caldas, com uma capacidade produtiva de 375 mil toneladas ao ano de bauxitas sinterizadas, bauxitas ativadas, argilas refratárias sinterizadas e propantes. A maior parte desse volume é exportada para os Estados Unidos, Europa e América do Sul.

A **Hindalco** tem uma unidade de transformação na cidade de Ouro Preto com capacidade máxima de produção de alumina prevista para 145 mil toneladas por ano.

A **Mineração Varginha** está localizada na região de Poços de Caldas e é uma das principais fornecedoras de bauxita do grupo Votorantim Cimentos. Possui reservas nas regiões de Campestre, Ipuiuna, Manhuaçu e Cataguases.

Recursos e Reservas

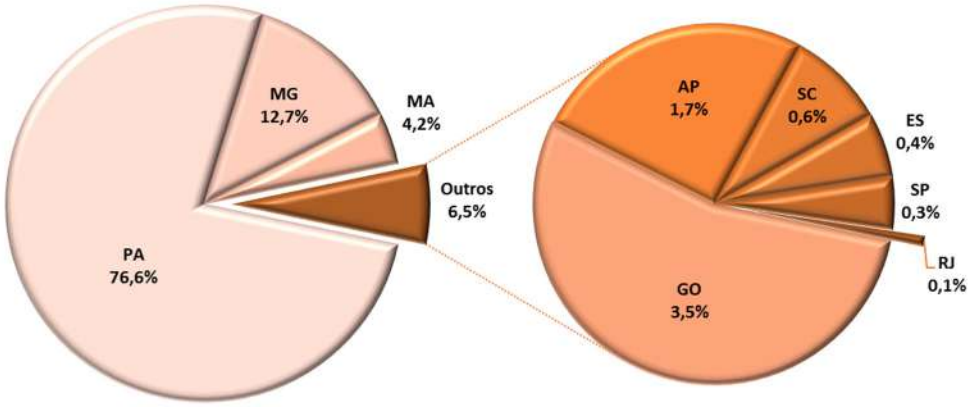
Segundo o Sumário Mineral, as reservas mundiais de bauxita somaram 27,8 Bt em 2016, sendo as mais significativas localizadas na Guiné e na Austrália, com 7,4 e 6,2 Bt, respectivamente (**Gráfico 39**). O Brasil registra o terceiro lugar neste *ranking*, com 2,6 Bt (9,3% das reservas mundiais), seguido da Jamaica com 2,0 Bt.



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017 (ANM).

***Gráfico 39** - Distribuição das reservas mundial de bauxita.*

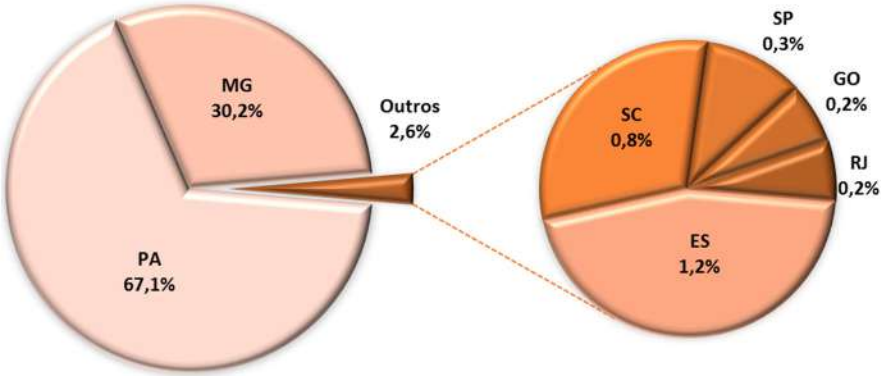
Em nível nacional, os dados mais recentes foram publicados pela ANM em 2010, referentes ao ano de 2009, onde os **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos) de bauxita (metalúrgica e refratária) evidenciam que o Estado do Pará concentra o maior volume de recursos do País, com 3,36 Bt, o que representa 76,6% do total. Em seguida, têm-se os Estados de Minas Gerais, com 556,5 Mt (12,7%); Maranhão, com 186,2 Mt (4,2%); Goiás, com 154,6 Mt (3,5%); Amapá, com 72,7 Mt (1,7%) e ainda Santa Catarina, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro, que somam mais de 58,0 Mt (**Gráfico 40**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010 (ANM).

***Gráfico 40** - Distribuição nacional dos recursos totais de bauxita (metalúrgica e refratária).*

Em termos de **reservas lavráveis** de bauxita (metalúrgica e refratária), o Estado do Pará se destaca com uma reserva de aproximadamente 751 Mt (67,1%), seguido por Minas Gerais, com 388 Mt (30,2%); Espírito Santo, com 13 Mt(1,2%); Santa Catarina, São Paulo, Goiás e Rio de Janeiro que somam 16 Mt (**Gráfico 41**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010 (ANM).

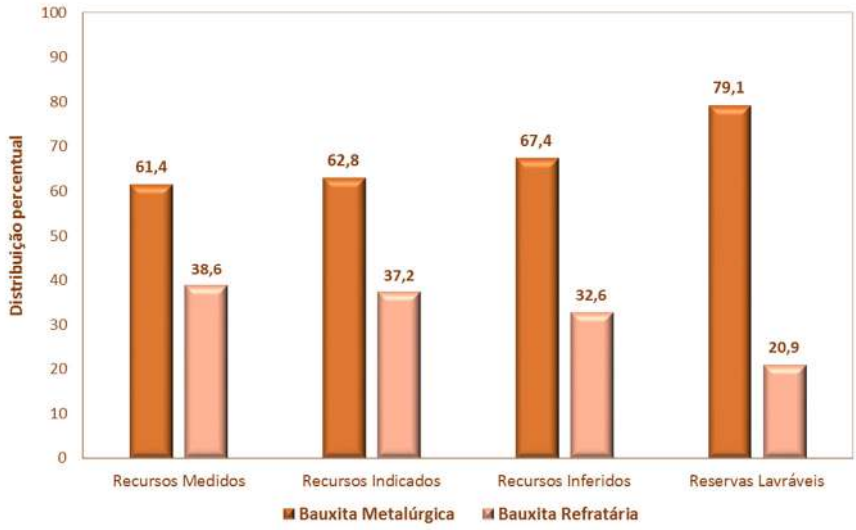
***Gráfico 41** - Distribuição nacional das reservas lavráveis de bauxita (metalúrgica e refratária).*

Em uma análise sob o ponto de vista regional, segundo os dados da ANM, em 2017 os dados referentes os recursos totais e reservas lavráveis de bauxita (metalúrgica e refratária) no Estado, mostraram que:21,8 Mt foram para os recursos inferidos (2%); 455,3 Mt para recursos indicados (42%); 331,4 Mt para recursos medidos (31%); e 277,1 Mt para as reservas lavráveis (25%) (**Gráfico 42**).

Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 42** – Distribuição percentual dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.*

Os dados da ANM de 2017, ainda mostram que do total de recursos e reservas, 66,7% são referentes a bauxita do tipo metalúrgica e 33,3% são referentes a bauxita refratária (**Gráfico 43**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 43** - Distribuição dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.*

Os principais depósitos (recursos e reservas) de bauxita do tipo **metalúrgica** estão concentrados nas regiões de: Juiz de Fora, Pouso Alegre, Belo Horizonte e Patos de Minas, distribuídos em 28 municípios.

Já os depósitos de bauxitas do tipo **refratária** estão nas regiões de: Pouso Alegre, Juiz de Fora, Patos de Minas e Teófilo Otoni, distribuídos em de 25 municípios.

Bauxita metalúrgica

Com relação à localização dos **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos) de bauxita do tipo **metalúrgica**, os maiores depósitos encontram-se nas regiões de Juiz de Fora (63,4%); Pouso Alegre (12,1%); Belo Horizonte (12,0%); Patos de Minas (9,9%); Barbacena (2,4%), Ipatinga (0,2%) e Uberaba (0,1%).

Os principais municípios detentores de recursos totais são **Miraí**, com 152,9 Mt (30,3%); e **Itamarati de Minas**, com 67,3 Mt (13,4%) (**Gráfico 44**). Ainda existem depósitos nos municípios de **Mariana** (10,3%), **Guimarânia** (9,9%), **Pedra Dourada** (9,1%), **Poços de Caldas** (8,5%) e **Descoberto** (6,7%). Outros depósitos com volumes menos expressivos estão localizados nos municípios de **Antônio Carlos**, **Ouro Preto**,

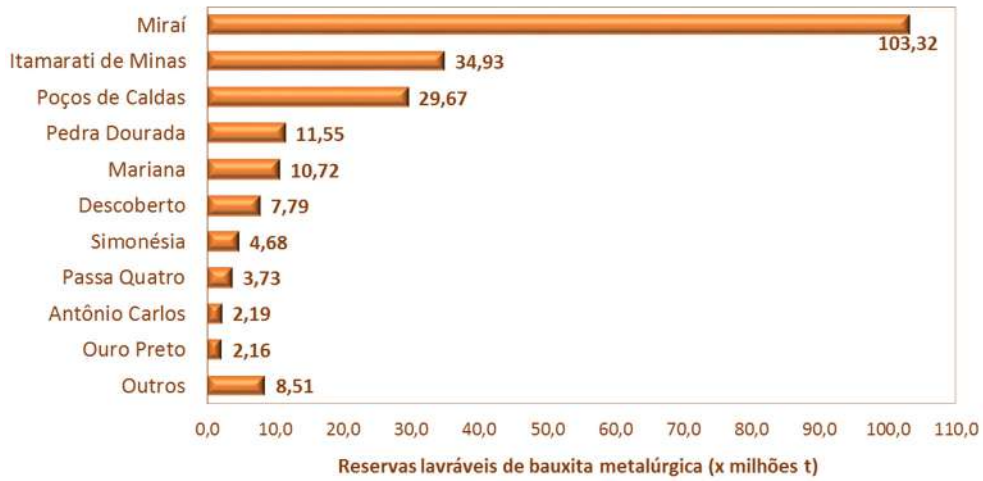
Cataguases e outros 25 municípios das regiões de Juiz de Fora, Pouso Alegre, Ipatinga Barbacena, Belo Horizonte e Uberaba.

Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 44** - Distribuição dos recursos totais de bauxita metalúrgica por município.*

Com relação à localização das **reservas lavráveis** de bauxita do tipo **metalúrgica**, no Estado destacam-se as regiões de Juiz de Fora (75,3%), Pouso Alegre (17,5%), Belo Horizonte (5,9%), Barbacena (1,1%) e Ipatinga (0,2%).

Os principais municípios detentores de reservas lavráveis são **Miraí**, com mais de 103 Mt, correspondendo a 47,1% do total, seguido por **Itamarati de Minas** com aproximadamente 35,0 Mt (15,9%); e **Poços de Caldas**, com aproximadamente 30,0 Mt (13,5%) (**Gráfico 45**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 45** - Distribuição das reservas lavráveis de bauxita metalúrgica por município.*

Ainda merecem destaque os municípios de **Pedra Dourada** (5,3%), **Mariana** (4,9%), **Descoberto** (3,6%), **Simonésia** (2,1%), **Passa Quatro** (1,7%), **Antônio Carlos** (1,0%) e **Ouro Preto** (1,0%). Também são encontrados jazimentos em outros 12 municípios (das regiões de Pouso Alegre, Juiz de Fora, Ipatinga, Barbacena e Belo Horizonte) que somam 8,5 Mt (3,9%).

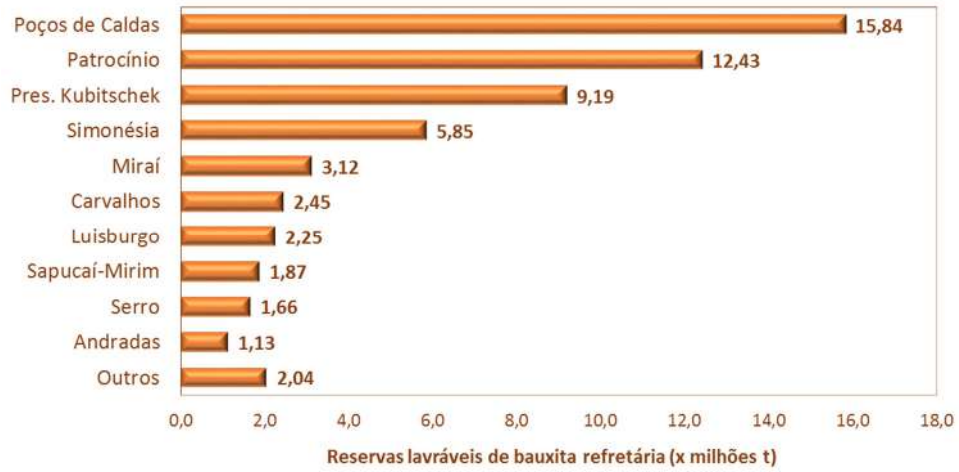
Bauxita refratária

Em 2017, segundo dados da ANM, os principais municípios que concentraram **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos) de bauxita **refratária** foram: **Andradas**, com aproximadamente 189,7 Mt, o que corresponde a 62,3% do total de recursos do Estado; **Poços de Caldas**, com 21,1 Mt (6,9%); **Patrocínio**, com 12,4 Mt (4,1%) e **Manhuaçu**, com 10,5 Mt (3,4%) (**Gráfico 46**).

Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 46** - Principais municípios detentores dos recursos totais de bauxita refratária do Estado.*

Os principais municípios detentores de **reservas lavráveis** de bauxita do tipo **refratária**, estão concentrados principalmente nas regiões de Pouso Alegre, Patos de Minas, Teófilo Otoni e Juiz de Fora, abrangendo 10 municípios (**Gráfico 47**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 47** - Principais municípios detentores das reservas lavráveis de bauxita refratária do Estado.*

Na região de Pouso Alegre se destacam os municípios de **Poços de Caldas** com 15,8 Mt, representando 27,4% do total de reservas lavráveis do Estado e possuindo uma relação volume de Al_2O_3 por volume da reserva, na ordem de 53%; seguido por **Carvalhos**, com 2,5 Mt (4,2%); **Sapucaí-Mirim** com 1,8 Mt (3,2%), além de **Andradas**, **Passa Quatro** e **Itamonte**, **Caldas**, **Senador Amaral** e **Campestre**.

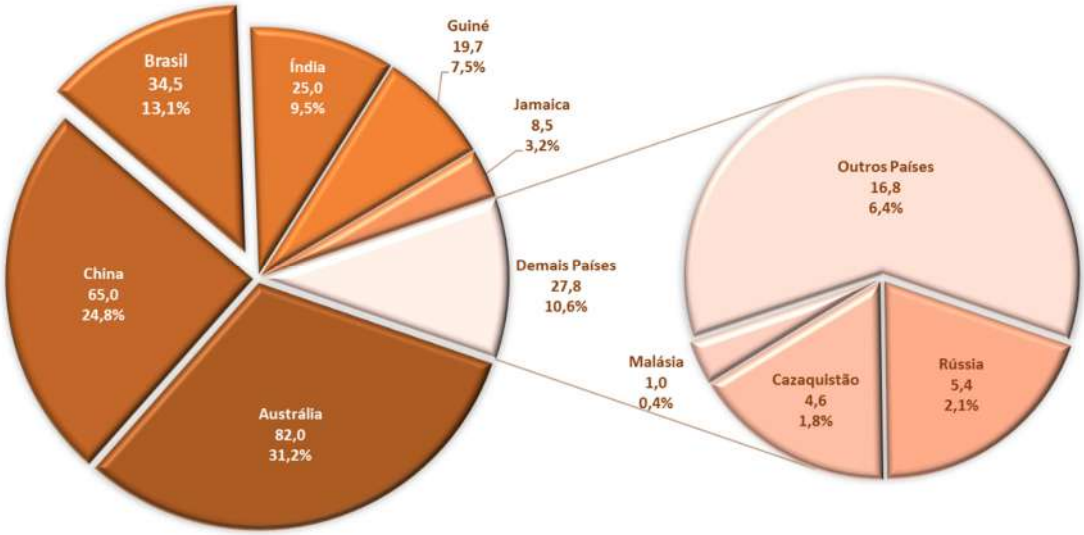
Na região de Patos de Minas, tem-se o município de **Patrocínio**, com 12,4 Mt, ou 21,5% do total do Estado, onde a relação massa do contido/ massa de reserva é de 40%.

Na região de Teófilo Otoni, o município de **Presidente Kubitschek** detém 9,2 Mt, ou 15,9% do total do Estado.

Na região de Juiz de Fora destacam-se os municípios de **Simonésia**, com 5,8 Mt (10,1%); **Miraí**, com 3,1 Mt (5,4%) e **Luisburgo**, 2,3 Mt (3,9%), encontram-se ainda jazimentos menos significativos nos municípios de **Manhuaçu**, **Mercês** e **Orizânia**, que juntos detém aproximadamente 650 mil toneladas (1,1%) de reservas lavráveis.

Produção

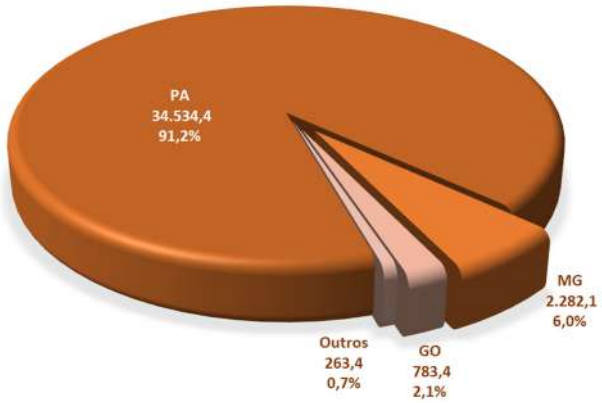
O Sumário Mineral Brasileiro mostra que o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de alumínio em 2016, com 34,5 Mt, correspondendo a 13,1% do total mundial (262,4 Mt). O maior produtor mundial foi a Austrália, seguido pela China (**Gráfico 48**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 48** – Produção mundial de alumínio (em milhões de toneladas)*

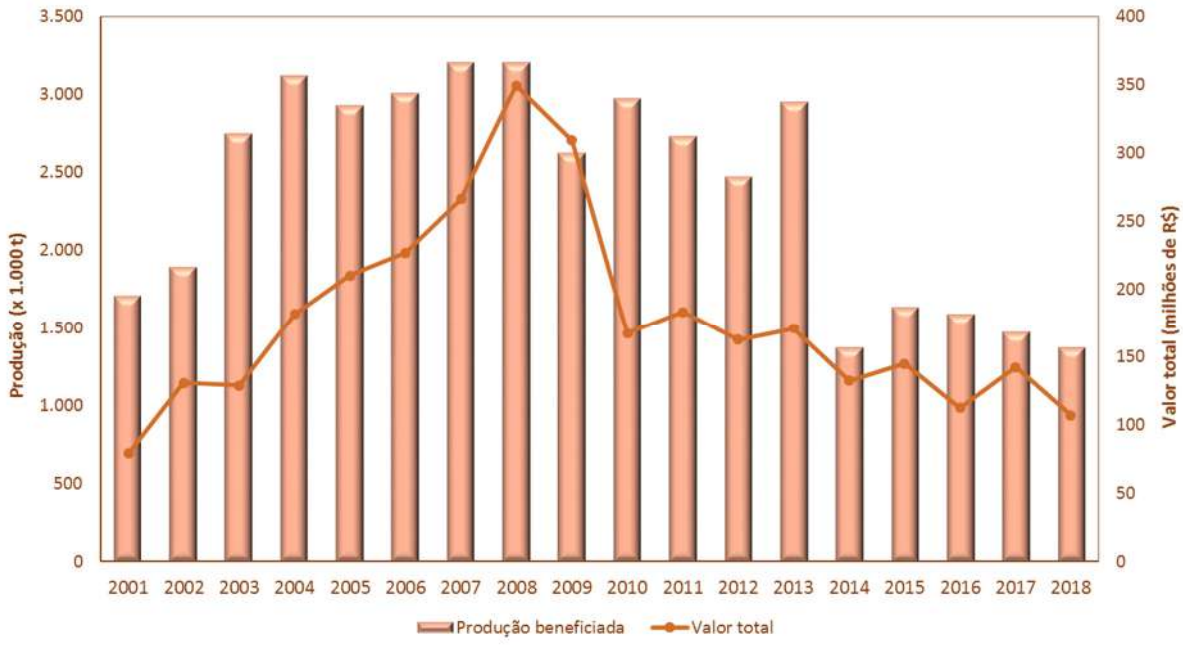
A produção nacional é liderada pelo Estado do Pará, que obteve mais de 34,53 Mt em 2017, o que correspondeu a uma fatia superior a 91% do alumínio produzido no Brasil (**Gráfico 49**). Minas Gerais vem em segundo, com 2,28 Mt (6,0%); seguido por Goiás com mais de 783 mil t (2,1%) e outros como São Paulo e Santa Catarina, com 263,4 mil t, o que representou 0,7% da produção brasileira.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2018.

***Gráfico 49** – Produção nacional de alumínio (x 1.000 t).*

Em Minas Gerais, a produção beneficiada comercializada de alumínio apresentou tendência de crescimento no período de 2001 até 2008, quando atingiu o máximo de 3,2 Mt. A partir daí, a tendência foi de queda chegando a atingir o mínimo de 1,37 Mt em 2014, com pequena recuperação em 2015 e apresentando leve tendência de queda até 2018 (**Gráfico 50**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

***Gráfico 50** – Produção beneficiada e valor total comercializado de alumínio (bauxita metalúrgica e refratária).*

É possível observar ainda que o valor total comercializado seguiu a mesma tendência de crescimento até o máximo, de aproximadamente R$350 milhões em 2008, sofrendo forte queda no ano seguinte, até atingir o patamar de R$140 milhões em 2018, o que representou uma retração de aproximadamente 70%, de 2008 para 2018.

Cadeias Produtivas

No Brasil, a cadeia produtiva da indústria do alumínio, inicia-se com a exploração da bauxita, extraída em mina a céu aberto pelo método de lavra por tiras (*strip mining*). O beneficiamento é feito, basicamente, por

um processo de britagem, lavagem e peneiramento podendo incluir métodos de concentração gravítica ou separação magnética em casos específicos. Dependendo do tipo de bauxita, os produtos seguirão distintas rotas de processos de transformação.

A **bauxita metalúrgica** passa pelo processo Bayer para a obtenção de alumina, e, posteriormente, pelo processo Hall-Héroult para a obtenção de alumínio metálico. Tanto o alumínio primário quanto o secundário, este último obtido da reciclagem de artigos aluminosos, serão as matérias primas dos produtos semimanufaturados e acabados. Já a **bauxita não metalúrgica** é usada no processo de calcinação, para a obtenção de diversos produtos (**Figura 26**).

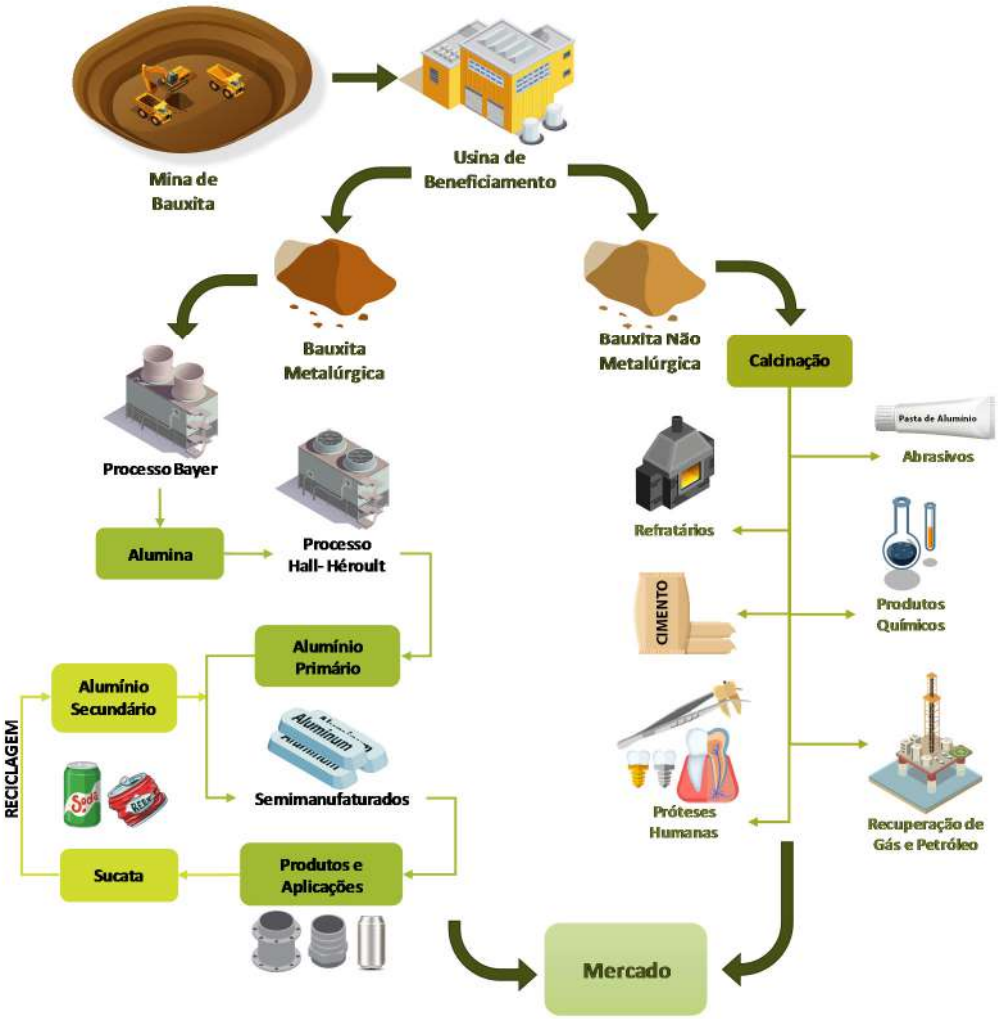


Figura 26 *- Fluxograma da cadeia industrial dos produtos e subprodutos da bauxita.*

Atualmente, o índice de reciclagem de sucata no Brasil representa 54,1% do consumo doméstico, reciclando praticamente toda a sucata disponível, ficando acima da média mundial que é de 27,8% (ABAL, 2017). Essa é a grande vantagem do alumínio, que retorna para a cadeia depois de utilizado e pode ser reaplicado em diferentes segmentos, gerando ganhos para todo o ciclo (MÁRTIRES, 2009).

Em Minas Gerais, a cadeia do alumínio possui operações que vão desde a extração de bauxita até a produção de embalagens e utensílios. Está distribuída principalmente, nas Regiões Geográficas Intermediárias (RGInt) de Pouso Alegre, Juiz de Fora e Belo Horizonte. A localização das indústrias de transformação está próxima a

região dos jazimentos de bauxita, conforme a distribuição dos títulos de concessões de lavra, situadas em locais com bom fornecimento de infraestrutura (principalmente energia elétrica) e logística (**Figura 27**). Essas empresas realizam atividades diretamente ligadas à produção de insumos e produtos metálicos, como organizações envolvidas em uma ampla série de setores correlatos, referentes ao fornecimento de bens e serviços para as indústrias centrais.

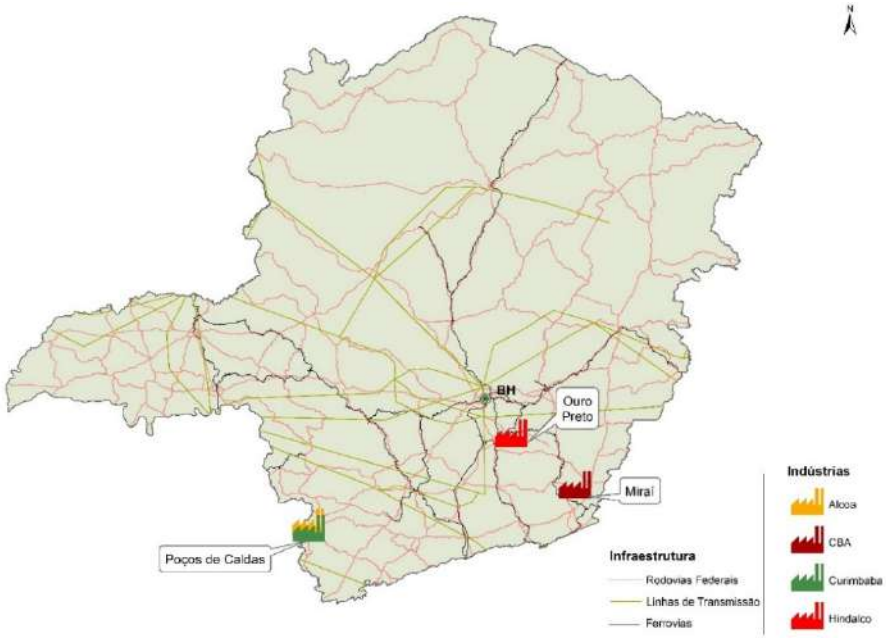


***Figura 27** - Localização do parque produtivo de alumínio em Minas Gerais.*

Dentre as principais empresas de transformação de alumínio que possuem unidades em Minas Gerais citam-se a **Alcoa** (Poços de Caldas), a Companhia Brasileira de Alumínio e a Hindalco.

A Alcoa, possui operações em Mineração, Refinaria, Químicos, Refusão e Fábrica de Pó de Alumínio, em que calcina e hidrata alumina e, também, produz lingotes e pó de alumínio – produzido apenas no Brasil, entre todas as unidades Alcoa do mundo.

A Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), tem capacidade instalada para beneficiar anualmente um milhão de toneladas de bauxita na unidade Poços de Caldas e 2,4 milhões de toneladas de bauxita na unidade de Miraí. Ressalta-se que a produção na unidade de Itamarati de Minas foi encerrada em 2015. A companhia ainda compra bauxita de terceiros.

A Hindalco tem uma unidade de transformação na cidade de Ouro Preto que recebe a bauxita das unidades localizadas nos municípios de Faria Lemos e Pedra Dourada (RGInt de Juiz de Fora). A unidade de Ouro Preto produz alumina e hidrato de alumínio, com capacidade máxima de produção de alumina de 145 mil toneladas por ano.

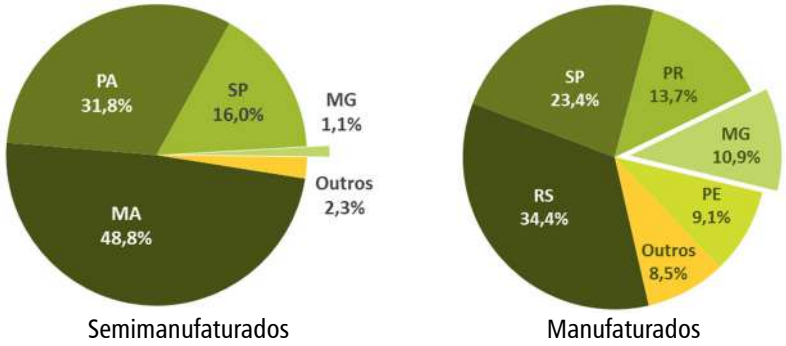
Aspectos Econômicos

Em 2017 o Brasil produziu 37,8 Mt de bauxita, sendo Minas Gerais responsável por 6,0%. A produção nacional de alumina atingiu 11,0 Mt, apresentando alta de 1,6% em relação ao ano anterior. Já a produção do alumínio primário foi de 801,7 mil t e a reciclagem total ficou em 680 mil t (ABAL, 2020).

No ano de 2018, o país exportou mais de 6,5 Mt em produtos transformados de alumínio, o que gerou um montante de US$ 3,56 bilhões, sendo os semimanufaturados responsáveis por aproximadamente 94% desse total. Já o total das importações foi de 711 mil t, o que correspondeu a US$ 2,01 bilhões, com aproximadamente 85% representados por produtos semimanufaturados.

Dentre os principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio, Minas Gerais teve uma pequena participação na venda de produtos semimanufaturados, em 2018, representando US$ 38,2 milhões (1,1%), já para os produtos manufaturados, a sua participação foi mais significativa totalizando US$ 23,7 milhões (10,9%) (**Gráfico 51**).

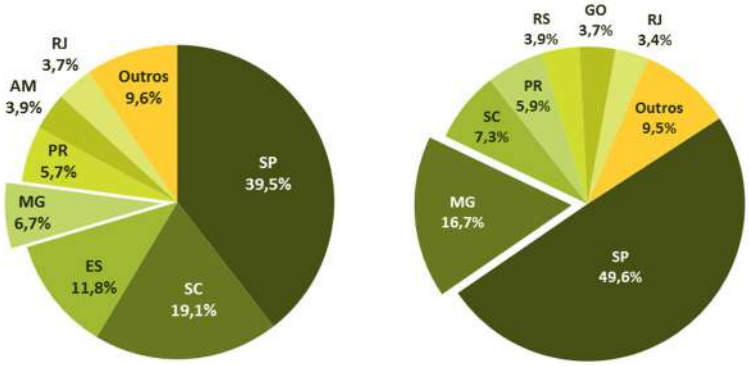
Apesar do Estado do Maranhão não figurar como grande produtor de bauxita, observa-se que é um dos principais exportadores de produtos semimanufaturados de alumínio. O que possivelmente explica esse fato é que parte da produção de alumina do Estado do Pará é destinado a esse Estado.



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)

***Gráfico 51** – Principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio.*

Com relação às importações nacionais, tem-se que, em 2018, Minas Gerais ocupou a quarta posição em importação de produtos semimanufaturados e o segundo lugar em manufaturados, correspondendo, respectivamente, a um montante de US$ 114,8 milhões e US$ 51,1 milhões, em valores FOB.



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)

***Gráfico 52** - Principais Estados importadores de produtos transformados de alumínio*

O comércio exterior da indústria de transformação de alumínio em Minas Gerais segue a tendência nacional, onde as exportações de bens primários ou semimanufaturados superam as de manufaturados. Nota-se que a importação de produtos com alto valor agregado vem apresentando crescimento, superando as exportações.

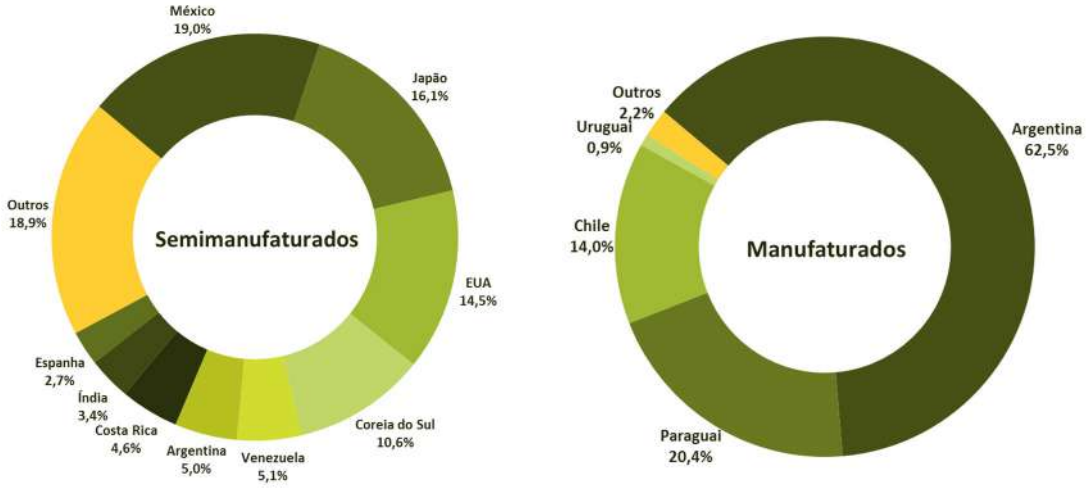
Em 2018 a importação mineira de produtos semimanufaturados e manufaturados de alumínio alcançou US$ 166 milhões, o que representou um crescimento de 65% em relação ao ano anterior. Dentre os bens semimanufaturados o alumínio não ligado, em formas brutas, foi o item mais importado, com aproximadamente US$ 48 milhões. Já entre os bens manufaturados, o maior volume de importação foi para os cabos de alumínio não isolados para uso elétrico, com aproximadamente US$ 40,6 milhões.

A indústria de transformação do alumínio no Estado, alcançou um volume de exportações de US$ 61,9 milhões, em 2018, representando um crescimento de 51% comparado ao ano anterior. Os produtos de destaque foram a alumina calcinada e recipientes tubulares de alumínio de capacidade não superior a 300 litros, com valor na ordem de US$ 22 milhões cada um.

Fonte: COMEXSTAT, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

***Gráfico 53** – Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de alumínio em Minas Gerais.*

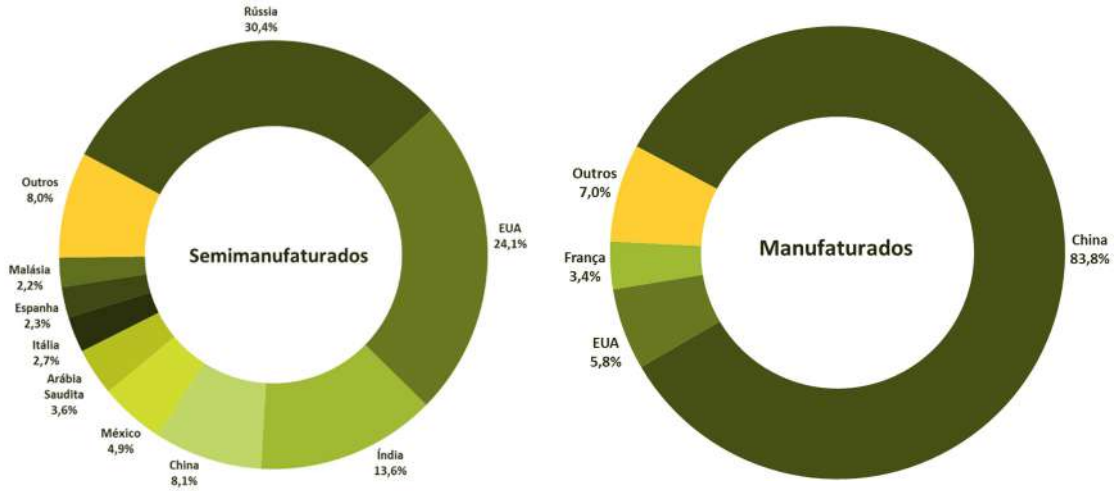
Os principais países que compraram produtos transformados de alumínio do Estado de Minas, em 2018, foram México (US$ 7,29 milhões), Japão (US$ 6,17 milhões), EUA (US$ 5,53 milhões) e Coreia do Sul (US$ 4,03 milhões), para produtos semimanufaturados; e Argentina (US$ 14,83 milhões), Paraguai (US$ 4,48 milhões) e Chile (US$ 3,31 milhões), para produtos manufaturados (**Gráfico 54**).



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

***Gráfico 54** – Principais destinos das exportações mineiras de produtos transformados de alumínio.*

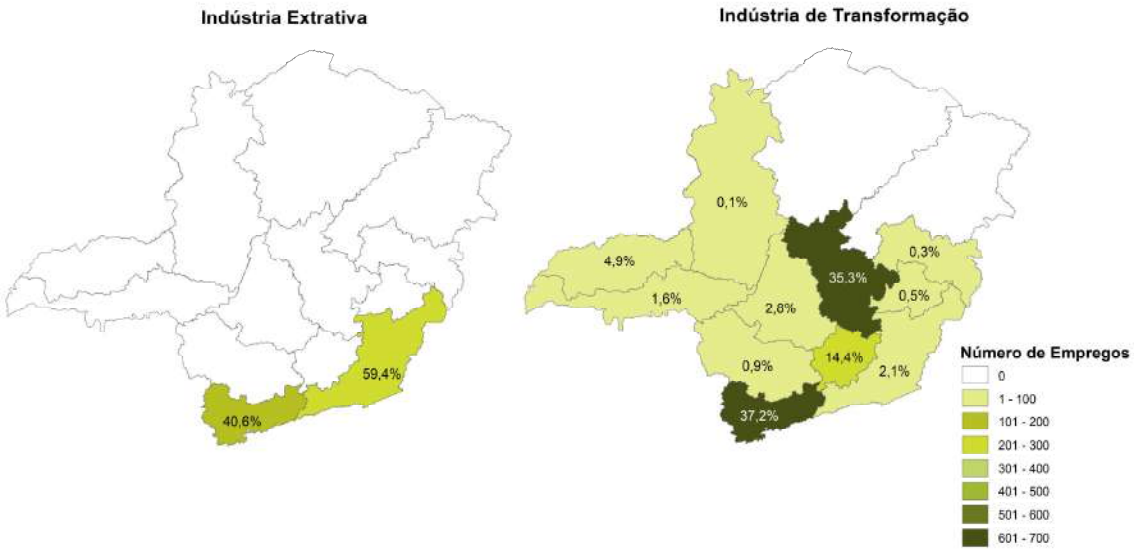
Dos 49 países que exportaram produtos transformados de alumínio para o Estado, os que se destacaram foram Rússia (US$ 34,96 milhões), EUA (US$ 27,74 milhões), Índia (US$ 15,60 milhões) e China (US$ 9,35 milhões), para produtos semimanufaturados; enquanto a China (US$ 42,84 milhões), EUA (US$ 2,98 milhões) e França (US$ 1,73 milhões), foram os principais fornecedores de produtos manufaturados (**Gráfico 55**).



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

***Gráfico 55** - Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de alumínio.*

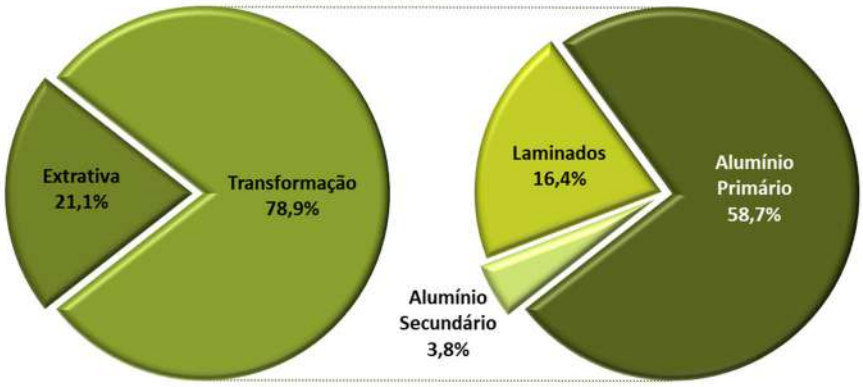
Na cadeia produtiva do alumínio, em 2018, a força de trabalho concentrou-se na indústria de transformação, com 1.739 empregos gerados, principalmente nas RGInt de Pouso Alegre, Belo Horizonte e Barbacena. Já a atividade extrativa foi responsável por 466 empregos, localizados nas RGInt de Juiz de Fora e Pouso Alegre (**Figura 28**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 28** - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do alumínio por Região Geográfica Intermediária.*

Dentro da indústria de transformação os empregos foram principalmente para a produção de alumínio e suas ligas em formas primárias (1.295), produção de laminados de alumínio (361) e recuperação de sucatas de alumínio (83) (**Gráfico 56**).



Fonte: RAIS, 2018.

***Gráfico 56** - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do alumínio metalúrgico.*

3.1.1.4. *Manganês (Mn)*

O minério de manganês foi descoberto no século XVIII e foi uma das principais substâncias minerais na incipiente pauta de exportações do Brasil, desde o final do século XIX. É considerado um mineral estratégico, uma vez que é insumo indispensável para a produção de ligas de ferro-manganês.

As principais ocorrências e reservas de manganês do Estado estão localizadas ao sul do Quadrilátero Ferrífero, sendo o Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, considerada a de maior importância; e na Borda Oeste da Serra do Espinhaço Meridional, onde há ocorrências e depósitos em menor escala, hospedados em sequências metassedimentares (DIAS e CAXITO, 2018).

O número de títulos de concessões de lavras de minério de manganês em todo o Estado é de 48 e desde o ano de 1992 não há registros de títulos concedidos. O total de empresas que operam em Minas Gerais, segundo SIGMINE é de 31, mas somente três são destaque pelo tamanho do empreendimento (Vale, Mineração Nogueira Duarte e Tratex Mineração).

Segundo Dardene e Schobbenhaus (2003), essas numerosas ocorrências de manganês que afloram ao sul do Quadrilátero Ferrífero, mais precisamente, no segmento Conselheiro Lafaiete-Ritápolis-Nazareno estão associadas à sequência vulcanossedimentar do Grupo Barbacena, correlacionado ao Grupo Nova Lima do *Greenstone Belt* Rio das Velhas descrito por Dorr (1969).

Essa sequência vulcanossedimentar é constituída na porção basal por um espesso pacote de metavulcânicas máficas e ultramáficas intercaladas com níveis de BIF e metachert, sobreposto por metapelitos grafitosos com intercalações de metachert, BIF e por níveis manganesíferos silicatados, classificados como gonditos, que são intercalações entre quartzo e espessartita; e níveis manganesíferos carbonatados denominados de queluzitos, formados principalmente por rodocrosita (PIRES, 1977, 1983 *apud* DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003).

No Quadrilátero Ferrífero, nas regiões de Ouro Preto, Marina, Brumadinho, Itabirito, etc. há ocorrência de vários pequenos depósitos secundários de Mn que estão ligados a formação ferrífera. O Mn neste caso ocorre como minério em intercalações com os itabiritos da Formação Cauê do Supergrupo Minas, formando minério de Fe-Mn, que é constituído essencialmente por psilomelana e pirolusita (LOBATO *et al.*, 2001 *apud* LEÃO *et. al*, 2019).

As principais minas que extraem minério de manganês no Estado são: mina Morro da Mina, operada pela Vale (com produção de 80 mil toneladas em 2017), localizada no município de Conselheiro Lafaiete; e as minas do Lucas e Portão (atualmente com regime de produção reduzida), localizadas entre os municípios de Dom Silvério e Domingos do Prata.

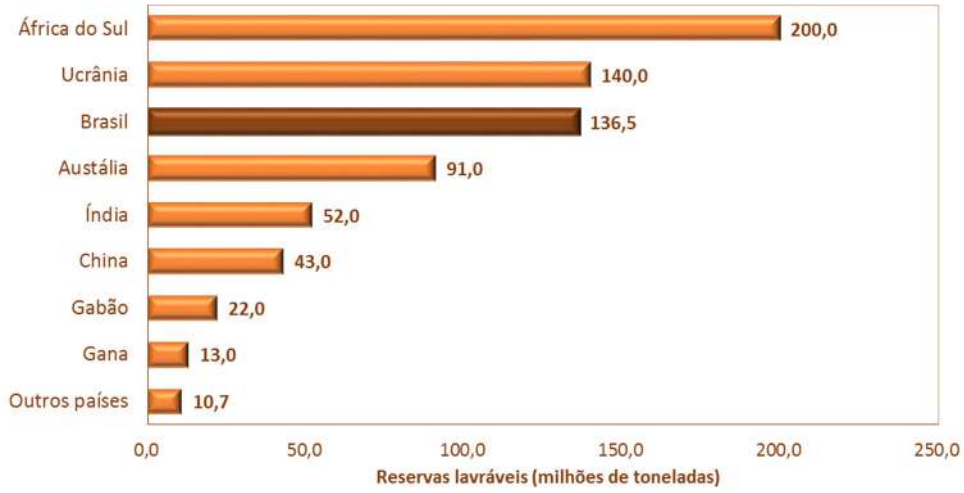
A **Vale** é a principal empresa mineradora de minério de manganês do país sendo responsável por cerca de 70% do mercado nacional, atuando principalmente nos Estados Pará, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Outras empresas de mineração de menor porte, que atuam em Minas Gerais, são a **Mineração Nogueira Duarte** e a **Tratex Mineração**.

Entre 2007 e 2016, foram aprovados 42 relatórios finais de pesquisa pela ANM, de um total de 127, com um montante de 191 Mt de reservas contidas, o que equivale a cerca de 45 Mt de manganês contido (não considerando os recursos indicados e inferidos) (HEIDER e AMARANTE, 2018).

Existem atualmente um total de 48 concessões de lavra ativas no Estado de Minas Gerais, desde o início do sistema SIGMINE. Entre 2000 e 2018, foram registrados 151 requerimentos de pesquisa, 434 autorizações de pesquisa e 46 requerimentos de lavra para minério de manganês no Estado (SIGMINE – ANM, 2018).

Recursos e Reservas

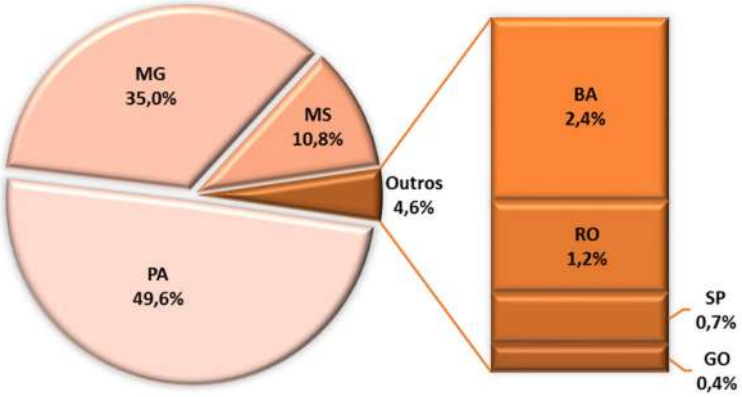
Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, as reservas mundiais de manganês em 2016 foram de 708,1 Mt de minério, distribuídas nos seguintes países: Brasil, com 136 Mt (19,3%); África do Sul, com 200 Mt (28,2%); Ucrânia, com 140 Mt (19,8%); Austrália, com 91 Mt (12,9%); Índia com 52 Mt (7,3%); China com 44 Mt (6,1%), Gabão com 22 Mt (3,1%) e Gana 13 Mt (1,8%) (**Gráfico 57**). Estes oitos países detêm cerca de 98,5% do total das reservas do mundo



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017 (ANM).

***Gráfico 57** - Distribuição das reservas mundiais de manganês em milhões de toneladas.*

No Brasil, as reservas lavráveis de minério de manganês, em 2016, segundo a ANM, eram da ordem de 136,5 Mt. Entretanto, não consta a distribuição nacional dessas reservas no banco de dados da ANM. Contudo, dados referentes a 2009, publicados no Anuário Mineral Brasileiro de 2010, apresentam as distribuições dos principais Estados portadores de reservas lavráveis de minério de manganês (**Gráfico 58**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 58** - Distribuição nacional das reservas lavráveis de manganês.*

O Estado de Minas Gerais, Pará e Mato Grosso do Sul, possuem as principais reservas nacionais de minério de manganês.

Em 2009, as reservas lavráveis do país eram superiores a 75,8 Mt, sendo que o Estado de Minas Gerais era o segundo maior detentor nacional de reservas lavráveis, com mais de 26,5 Mt, ficando atrás somente do Estado do Pará (com 37,6 Mt) e a frente dos Estados do Mato Grosso do Sul, Bahia, Rondônia, São Paulo e Goiás.

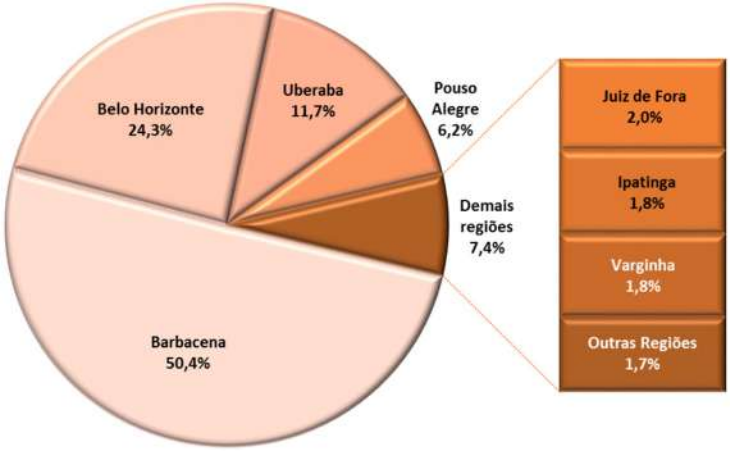
Com base nos dados disponibilizados pela ANM para o ano de 2017, sobre recursos e reservas de minério de manganês no Estado, observou-se que 65,4 Mt foram para os recursos inferidos; 81,5 Mt para recursos indicados; 160,0 Mt para recursos medidos; e 53,6 Mt para as reservas lavráveis; o que correspondeu respectivamente a 18%, 23%, 44% e 33% (**Gráfico 59)**.

Fonte: Anuário Mineral Estadual- MG, 2017.

***Gráfico 59** - Percentual dos recursos e reservas de manganês para Minas Gerais.*

Com base nos dados da ANM de 2017, pode-se afirmar que há nove regiões de ocorrências (recursos totais e reservas lavráveis) de minério de manganês no Estado.

Em termos de **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos), duas Regiões Geográficas Intermediárias (RGInt) são as principais detentoras de depósitos de minério de manganês: a região de Barbacena, com mais de 154,7 Mt, correspondendo a 50,4% do total; e a região de **Belo Horizonte**, com 74,6 Mt, ou 24,3% do total de recursos do Estado (**Gráfico 60**).

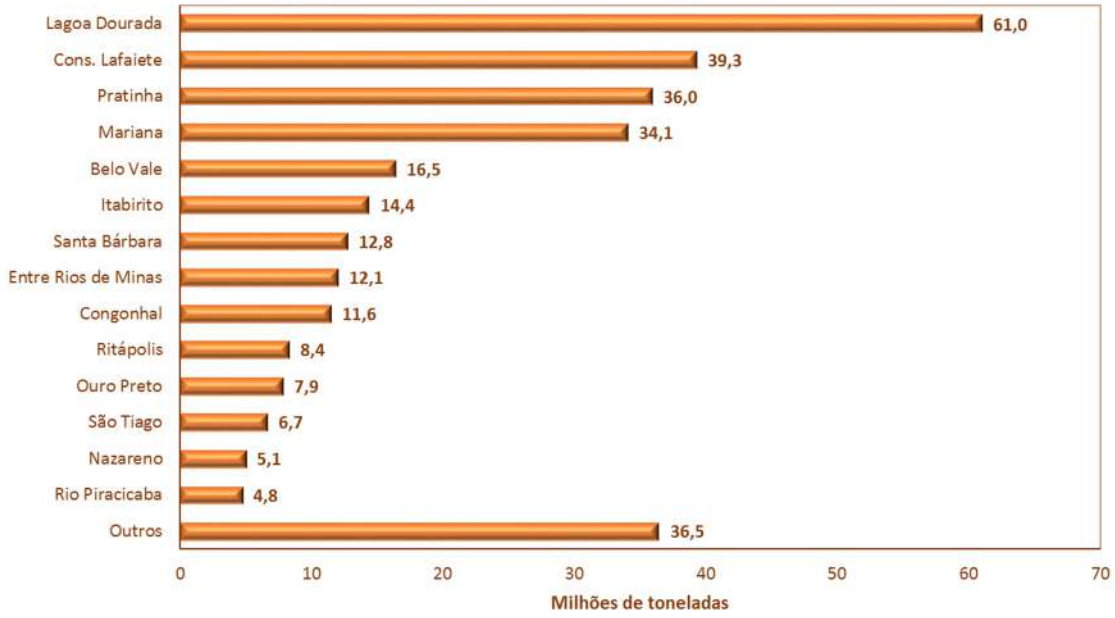


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 60** - Distribuição por RGInts dos recursos totais de minério de manganês em Minas Gerais.*

Porém, ainda em menores proporções, citam-se os depósitos das regiões de **Uberaba**, com 35,9 Mt (11,7%); **Pouso Alegre**, com 19,1 Mt (6,2%); **Juiz de Fora**, com 6,3 Mt (2,0%); **Ipatinga**, com 5,7 Mt (1,8%) e Varginha, com 5,6 Mt (1,8%). Dentre as outras regiões estão as de **Teófilo Otoni** e **Montes Claros**, que juntas têm 5,1 Mt (1,7%), do total de recursos de minério de manganês.

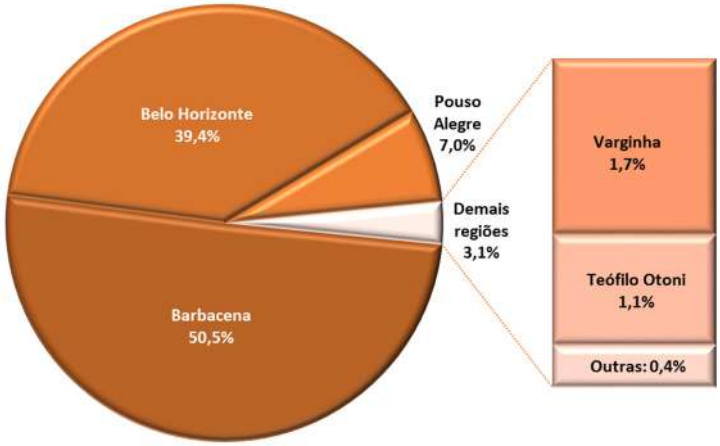
Observa-se que o município de **Lagoa Dourada**, localizado na região de Barbacena, detém o maior volume de recursos totais de minério de manganês do Estado, com 61,0 Mt (19,9% do total); seguido por **Conselheiro Lafaiete**, com 39,3 Mt (12,8%); **Pratinha**, com 36,0 Mt (11,7%); **Mariana**, com 34,1 Mt (11,1%); **Belo Vale**, com 16,5 Mt (5,4%); **Itabirito**, com 14,4 Mt (4,7%); **Santa Bárbara**, com 12,8 Mt (4,2%); **Entre Rios de Minas**, com 12,1 Mt (3,9%); **Congonhal**, com 11,6 Mt (3,8%) além dos municípios de Ritápolis, Ouro Preto, São Tiago, Nazareno, Rio Piracicaba e mais 29 municípios (**Gráfico 61**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 61** - Distribuição dos recursos totais de minério de manganês nos principais municípios de Minas Gerais.*

Em termos de **reservas lavráveis**, duas regiões se destacam, sendo a principal a de **Barbacena**, com 27,0 Mt, correspondendo a 50,5% do total; e a região de **Belo Horizonte**, com 21,1 Mt de reservas lavráveis, ou 3,9,4% do total de reservas lavráveis (**Gráfico 62**).

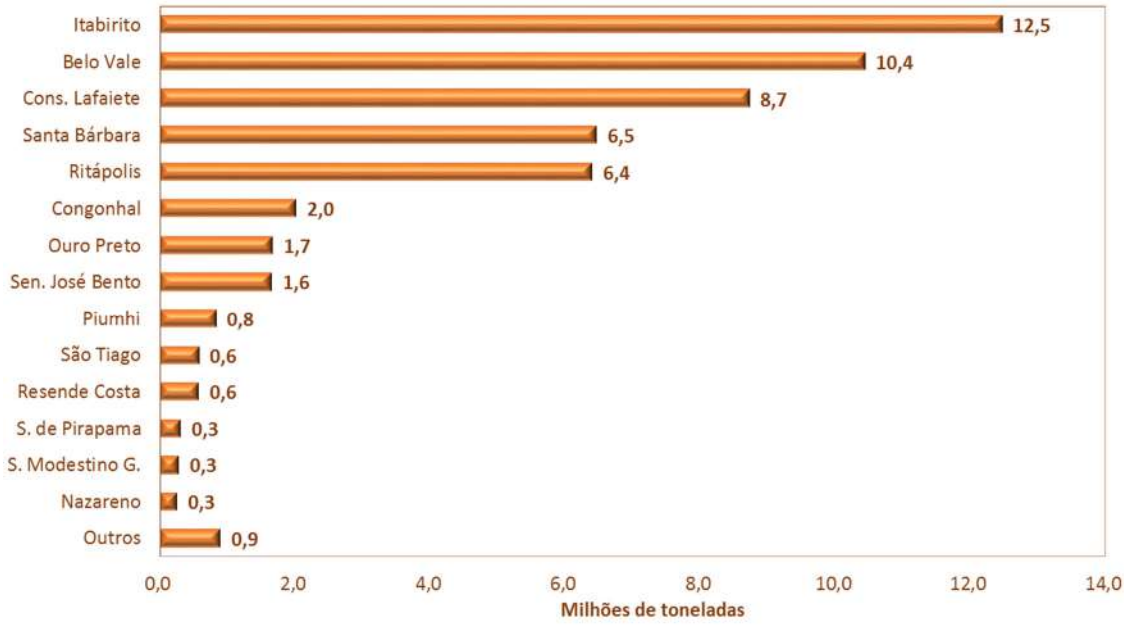


Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 62** - Distribuição por RGInts das reservas lavráveis de minério de manganês em Minas Gerais.*

Citam-se ainda as jazidas localizados nas regiões de: **Pouso Alegre**, com 3,7 Mt (7,0%); **Varginha**, com 898 mil toneladas (1,7%); **Teófilo Otoni**, com 563 mil toneladas (1,1%). Dentre as outras regiões, estão a de Juiz de Fora, Ipatinga e Montes Claros, que somam 215 mil toneladas (0,4%) das reservas lavráveis do Estado.

É importante salientar que o município de **Itabirito** é o maior detentor de reservas lavráveis do Estado, com mais de 12,5 Mt, o que corresponde a 23,3% do total; seguido por **Belo Vale**, com 10,4 Mt (19,5%); **Conselheiro Lafaiete**, com 8,7 Mt (16,3%); **Santa Bárbara**, com 6,5 Mt (12,1%); **Ritápolis**, com 6,4 Mt (12,0%); **Congonhal**, com 2,0 Mt (3,8%); **Ouro Preto**, com 1,7 Mt (3,1%) e **Senador José Bento**, com 1,6 Mt (3,1%) e demais municípios (Piumhi, São Tiago, Santana do Pirapama, Senador Modestino Gonçalves, Nazareno e mais 10 municípios) (**Gráfico 63**).



Fonte: ANM, 2017.

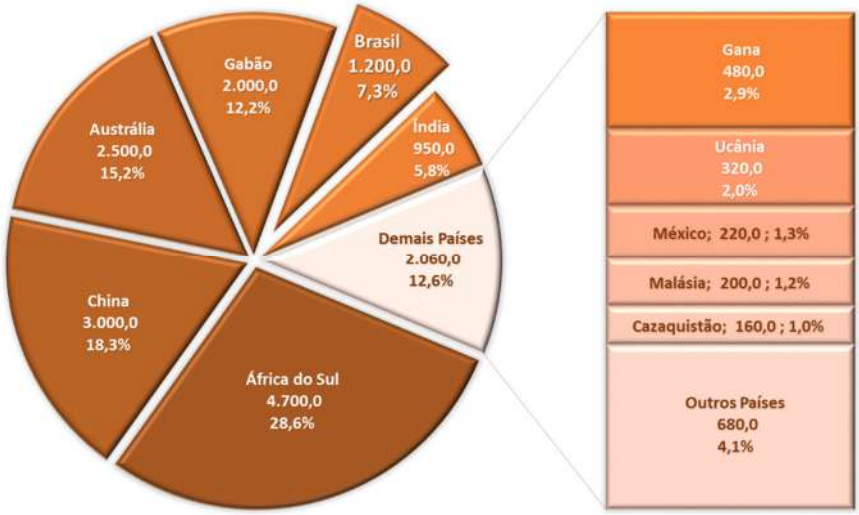
***Gráfico 63** - Distribuição das reservas lavráveis de minério de manganês por municípios.*

Na medida em que as minas de manganês entram em processo de exaustão, tem-se a estimativa de que a cotação desse bem mineral apresente tendência de valorização que, por sua vez, viabilize jazimentos de menor porte e com maior custo de produção.

Sem a previsão de novos ativos de classe mundial no território brasileiro, buscam-se novas tecnologias visando o prolongamento do processo produtivo de manganês, como o aproveitamento de resíduos, rejeitos e finos de rejeito, como já previsto para as minas da Serra do Navio (Amapá) e Mina do Azul (Pará).

Produção

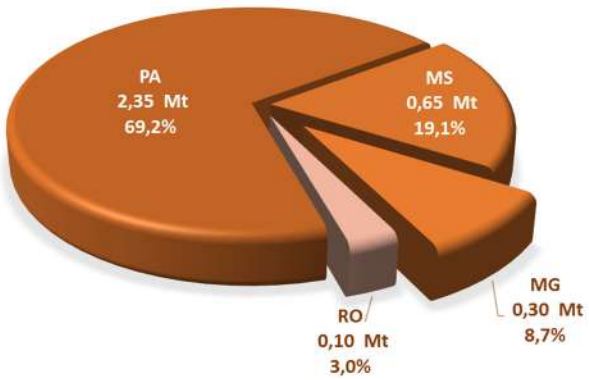
Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, a produção mundial de manganês em 2016, foi estimada em 16,4 Mt em metal contido; com liderança da África do Sul que responde por 4,7 Mt (28,6%); seguido por China, Austrália e Gabão. O Brasil se sustenta na quinta posição, com 1,2 Mt, o que representa 7,3% do total da produção mundial (**Gráfico 64**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 64** – Produção mundial de manganês (x 1000 t).*

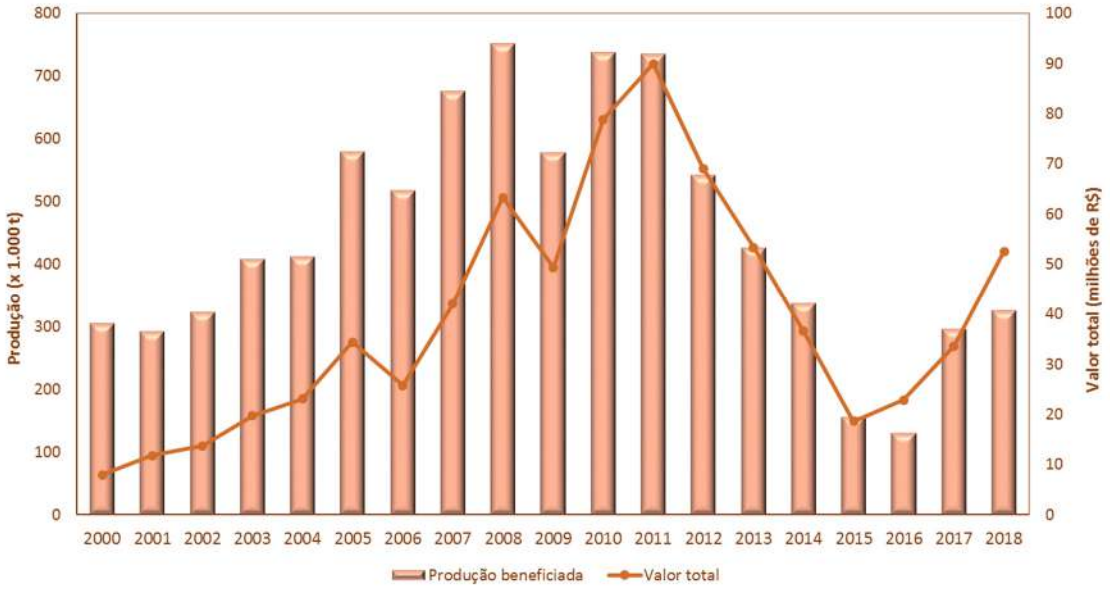
No Brasil, a produção de manganês, em 2017, foi liderada pelo Pará com 2,35 Mt, o que representou 69,2% do total nacional. Citam-se ainda o Mato Grosso do Sul, com aproximadamente 650 mil toneladas (19,1%); Minas Gerais, com aproximadamente 300 mil toneladas (8,7%) e Rondônia com 100 mil toneladas (3,0%) (**Gráfico 65**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2018.

***Gráfico 65** – Distribuição da produção nacional de manganês.*

No Estado de Minas Gerais, a produção beneficiada de manganês apresentou tendência de crescimento no período de 2000 a 2011, com máximo de 750 mil toneladas em 2008. A partir de 2012, apresentou forte queda, com mínimo de 130 mil toneladas em 2016. Após esse período, apresentou leve recuperação, quando atinge o patamar de 330 mil toneladas, em 2018 (**Gráfico 66**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

***Gráfico 66** - Produção beneficiada e valor total comercializado de manganês em Minas Gerais.*

Em termos de valor total comercializado, observou-se uma tendência de crescimento entre 2000 até 2011, passando de R$7,9 milhões, para aproximadamente R$90 milhões; com posterior queda até 2015, alcançando os R$18,6 milhões e apresentando crescimento até 2018, quando atinge os R$52,5 milhões.

Cadeia Produtiva

O minério de manganês tem papel importante no desenvolvimento de diversos processos de fabricação de aço, é comum o seu uso em ligas metálicas na indústria siderúrgica, o que chega a representar quase 98% de todo o manganês exportado pela indústria de transformação.

De forma geral, a cadeia produtiva do manganês está intrinsicamente ligada à indústria siderúrgica, uma vez que quase a totalidade do minério é insumo para a produção de ferro gusa e aço bruto, onde é usado para a obtenção de diversos tipos ligas (Fe-Si-Mn e Fe-Mn). Além disso, o manganês metálico de alta pureza é aplicado em fins mais nobres na siderurgia como a produção de aços inoxidáveis, aço ferramenta e na indústria de ligas não ferrosas à base de alumínio, cobre e níquel principalmente. O minério de manganês ainda pode ser aplicado em outras indústrias, como a de pilhas secas, química, vidros e cerâmicas (**Figura 29**).

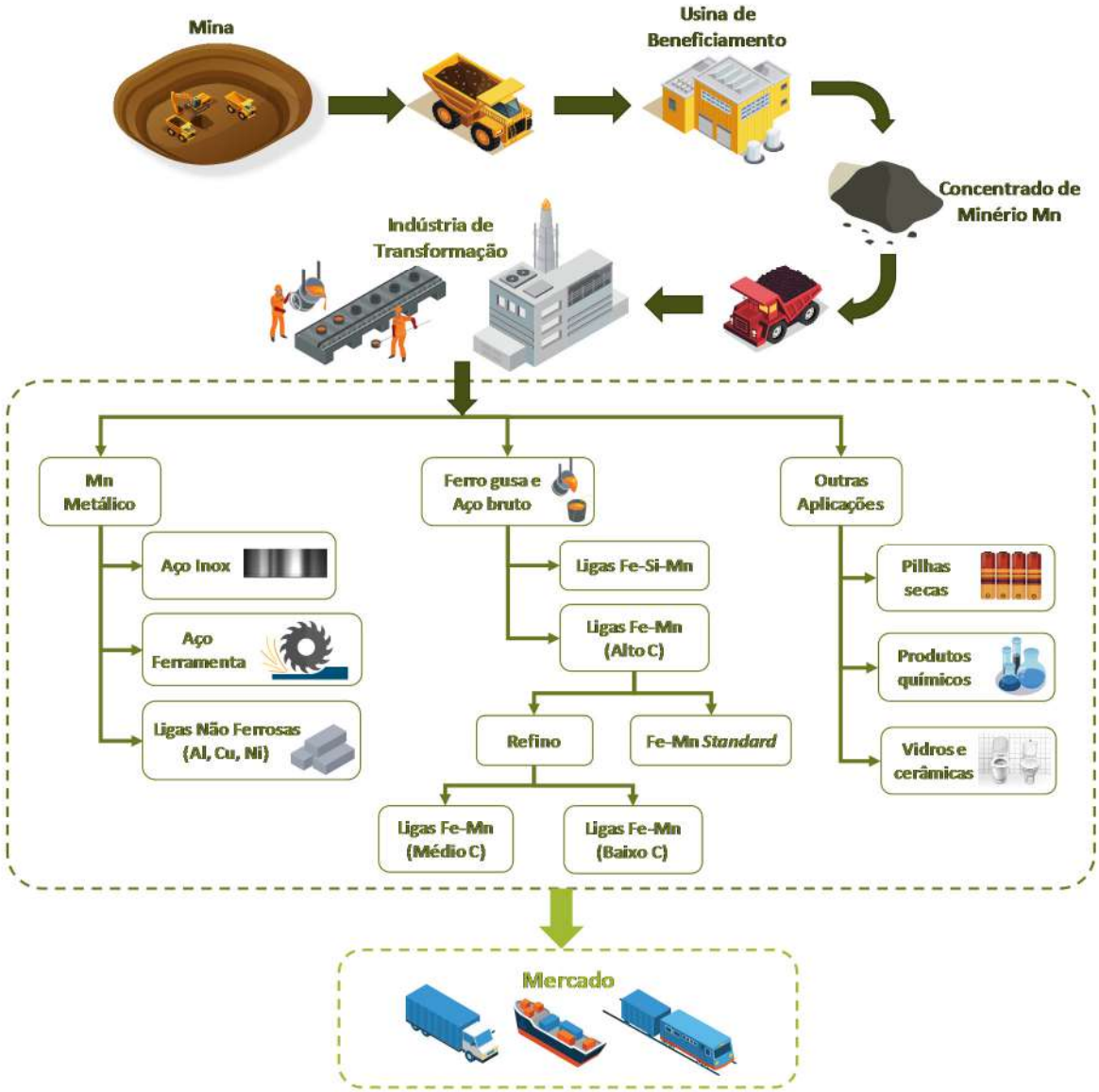


Figura 29 *– Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do manganês*

Ressalta-se que esse metal não é reciclável, possui ainda preço relativamente baixo, além de benefícios técnicos, que torna sua participação em diversas ligas mais viável, razão qual, não há um substituto econômico para o mesmo no mercado.

O parque produtivo de manganês no Estado teve grande impulso devido a abundância de estradas de ferro, que atenderia a demanda externa de aço, principal destino do produto na década de 1920. A produção do manganês, em Minas Gerais, é dominada principalmente pela Vale, no Morro da Mina (**Figura 30**), considerado o depósito de maior importância, situado no Quadrilátero Ferrífero, no município de Conselheiro Lafaiete.

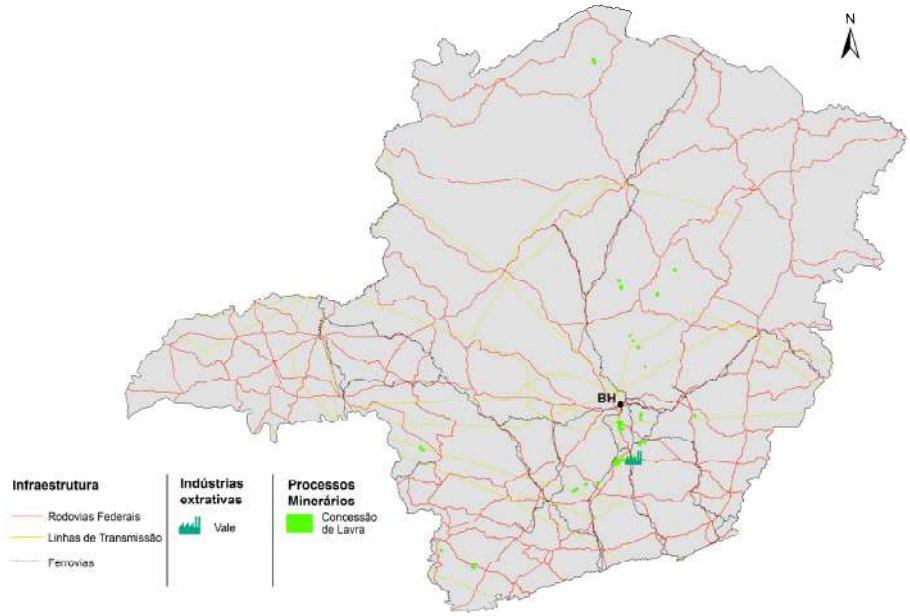
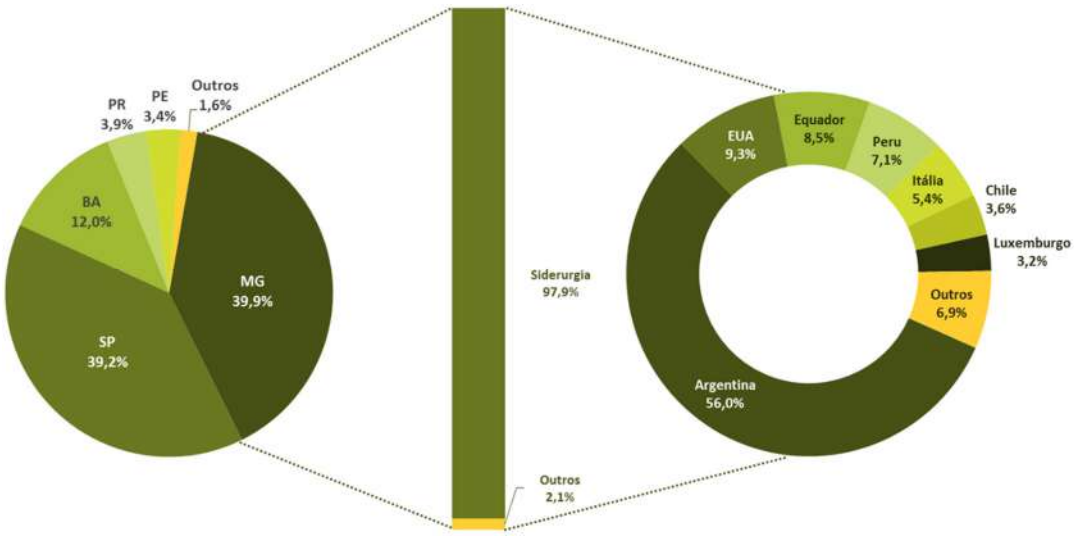


Figura 30 *– Localização das concessões de lavra e da mina de Morro da Mina.*

Além das empresas de exploração de manganês, ressalta-se que algumas empresas siderúrgicas e de transformação, são detentoras de concessões de lavra no Estados, como Aperam e Companhia Brasileira de Alumínio. Dessa forma, percebe-se como a cadeia do manganês é interligada à outras cadeias de metais, justamente por sua grande aplicação em ligas diversas.

Aspectos Econômicos

O volume das exportações nacionais da indústria de transformação de manganês foi da ordem de 60 toneladas (2018), com um montante de US$ 81 milhões. Desse total, o Estado de Minas Gerais representou cerca de US$ 32,3 milhões, principalmente na forma de ligas metálicas. Os principais países de destino das exportações mineiras foram Argentina (US$ 18,0 Mi); EUA (US$ 2,9 Mi); Equador (US$ 2,7 Mi) e Peru (US$ 2,3 Mi) (**Gráfico 67**).



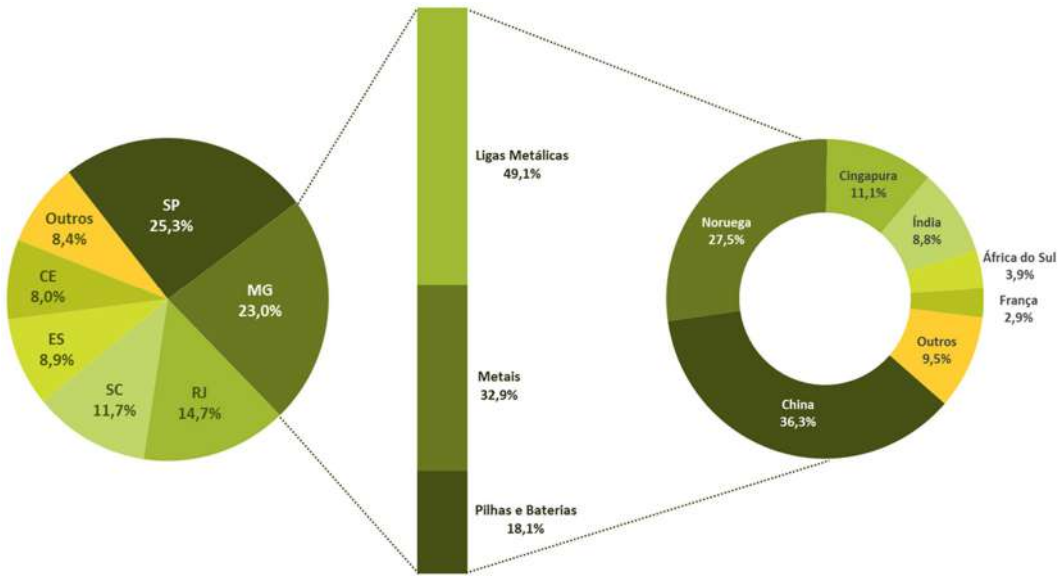
Fonte: COMEX STAT, 2018.

Gráfico 67 *– Exportações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).*

Considerando as indústrias extrativa e de transformação de manganês, o volume das exportações mineiras em 2018 foi de aproximadamente 52 mil toneladas, o que representou um acréscimo de 48,2%, frente às 35,6 mil toneladas de 2017. Entretanto, tomando apenas os dados da indústria de transformação, o crescimento foi de apenas 11,8% no mesmo período, passando de 32,5 mil t para 28,7 mil t.

Embora volume das exportações de manganês, em Minas Gerais, tenha aumentado de 2017 para 2018, observa-se uma queda de 4,1% no valor FOB, passando de US$ 38,8 Mi em 2017, para US$32,7 Mi, para as indústrias extrativa e de transformação. Considerando apenas a indústria de transformação, a queda foi mais pronunciada (14,1%), passando de US$ 37,5 Mi em 2017 para US$ 32,2 Mi em 2018. Esse decréscimo no valor foi devido ao excesso de oferta de produtos de manganês no mercado.

As importações nacionais da indústria de transformação de manganês foram da ordem de 95,5 mil toneladas (2018), o que representou um montante de US$ 188,1 milhões. Minas Gerais, representou US$ 43,2 Mi, nas formas de ligas metálicas, metais, pilhas e baterias, provenientes, principalmente da China (US$ 15,7 Mi), Noruega (US$ 11,9 Mi), Cingapura (US$ 4,8 Mi) e Índia (US$ 3,8 Mi) (**Gráfico 68**).



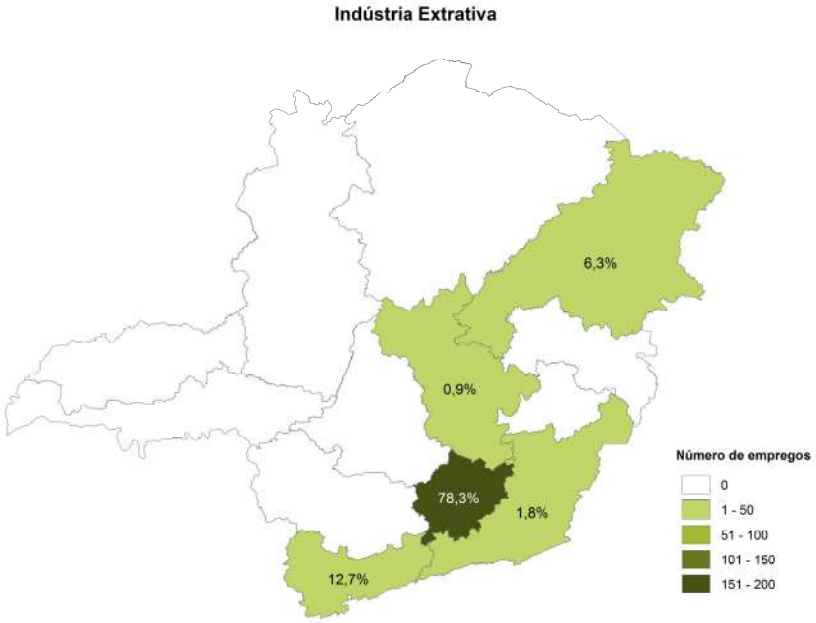
Fonte: COMEX STAT, 2018.

***Gráfico 68** - Importações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).*

Ressalta-se que Minas Gerais importa apenas produtos transformados de manganês, não havendo registros de importações de produtos da indústria extrativa para o ano de 2018.

Em comparação ao ano de 2017, observa-se que, em 2018, houve queda de 2,5% no volume de importações de produtos transformados, passando de 21,6 mil toneladas para 21,0 mil toneladas. Em contrapartida, no mesmo período, houve um aumento de 9,5% no valor FOB, passando de US$ 39,5 Mi para US$ 43,2Mi.

Os dados do RAIS (2018) apontam que os empregos diretos, na cadeia produtiva do manganês, foram para a indústria extrativa, concentrando-se nas RGInt de Barbacena (173), Pouso Alegre (28) e Teófilo Otoni (14) (**Figura 31**). Cabe ressaltar que esse bem mineral é consumido, quase que em sua totalidade, na indústria siderúrgica, não sendo contabilizados dados específicos para a indústria de transformação.



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 31** – Quantificação dos empregos gerados na cadeia do manganês por Região Geográfica Intermediária.*

3.1.1.5. *Zinco (Zn)*

As ocorrências de minério de zinco no Estado, que correspondem, em grande parte, às reservas nacionais, estão localizadas nos municípios de **Vazante** e **Paracatu**, na região de Patos de Minas Gerais.

Os jazimentos de zinco de vazantes estão relacionados às rochas pelito-carbonáticas do Grupo Vazante (DIAS *et al.,* 2015). A mineralização principal é constituída essencialmente por **willemita** (mineral-minério), associada a hematita e zincita, com franklinita, smithsonita, esfalerita e galena subordinadas, (MONTEIRO, 1997; MONTEIRO *et al.* 1996, 1999; BITTENCOURT *et al.* 2001 *apud* DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003).

Amaral (1968), Pinto (1990) e Monteiro *et al.* (2006) *apud* Dias *et al.* (2015), ressaltam que essa mineralização pode conter ainda ganga de dolomita, siderita, quartzo, clorita rica em Zn, barita e concentrações subordinadas de magnetita e apatita. Siqueira (2013) ainda acrescenta que associados ao zinco podem ser identificados chumbo, cádmio, prata, cobalto, antimônio, cobre, níquel, arsênio, mercúrio, vanádio, urânio e Elementos de Terras Raras leves.

Na cidade de Vazante, na Região de Patos de Minas, está a maior mina subterrânea de zinco em operação no Brasil (**mina Vazante**), sendo a maior reserva brasileira de zinco, com cerca de dois milhões de toneladas e teor estimado em 22% de zinco, o que corresponde a quase 1% do total mundial.

Outra região que merece destaque no Estado é a de Paracatu pela presença de depósitos sulfetado de Pb-Zn, hospedados nos dolomitos do Grupo Vazante, onde a mineralização primária é constituída essencialmente por esfalerita e galena predominantes, com pirita e barita subordinadas (DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003). Nessa região está localizada a mina subterrânea de zinco de Morro Agudo (**Figura 32**), com teores *in situ* da ordem de 4,66% de Zn e 1,53% Pb, e teor médio lavrável de 3,93% Zn e 1,29% Pb.

As minas de Vazante e de Morro Agudo produzem, respectivamente, minérios silicatados e sulfetados, que após beneficiados, garantem mais de 80% da necessidade da planta metalúrgica de Três Marias, ao passo

que a unidade de fundição, localizada em Juiz de Fora, produz zinco utilizando como matéria-prima o concentrado sulfetado importado.

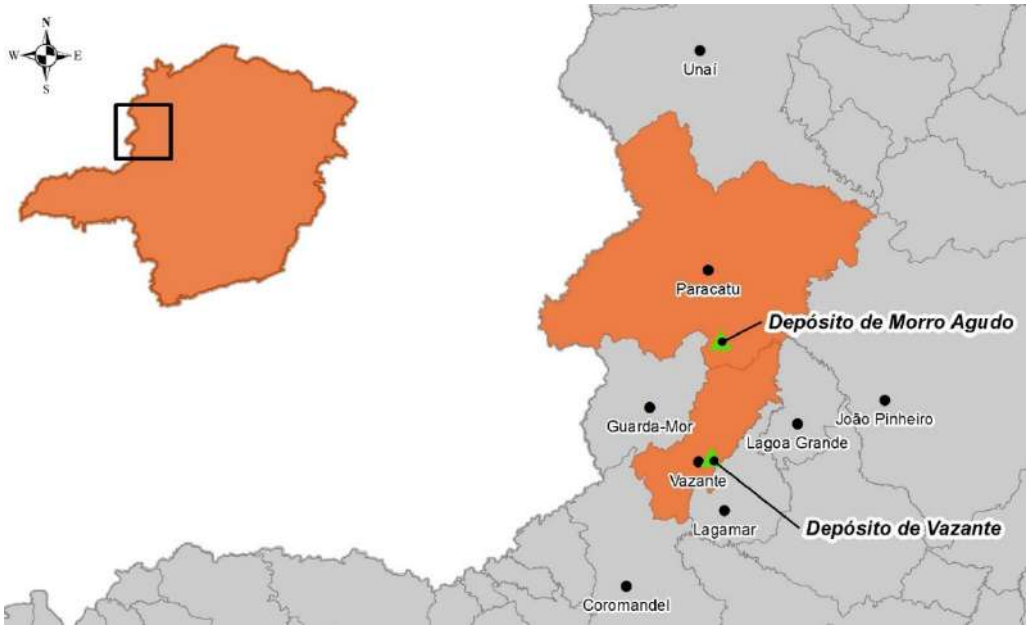
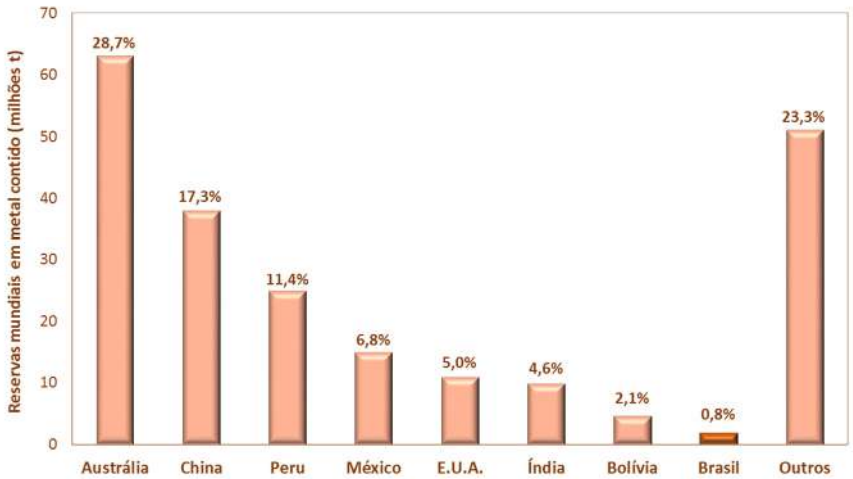


***Figura 32** - Localização dos depósitos de minério de zinco no Estado de Minas Gerais.*

A principal empresa produtora de zinco no Estado é a **Nexa Resources** que faz parte do Grupo **Votarantim**. Suas unidades industriais estão localizadas em dois empreendimentos mineiros, um em Vazante (com uma capacidade instalada de 170 mil toneladas/ano de zinco silicatado) e outro em Paracatu; além de duas usinas metalúrgicas, situadas em Três Marias e Juiz de Fora.

Recursos e Reservas

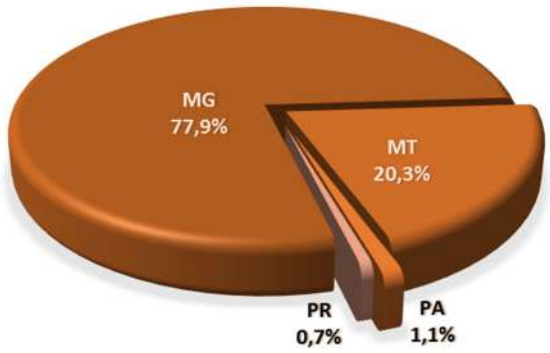
As reservas mundiais de zinco (em metal contido) atingiram 203 Mt, em 2015. As principais reservas estão concentradas na Austrália (28,7%), China (17,3%), Peru (11,4%) e México (6,8%) (**Gráfico 69**), sendo que 0,8% das reservas (1,8 Mt) estão localizadas no Brasil, distribuídas principalmente por Minas Gerais, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Pará, Bahia e Tocantins. (Sumário Mineral Brasileiro, 2016).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 69** - Distribuição das reservas mundiais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).*

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2010, o Estado de Minas Gerais era o principal detentor nacional de recursos totais (medidos, indicados e inferidos) de minério de zinco, com 5,9 Mt de zinco contido, ou 77,9% do total; seguido pelo Mato Grosso, com 1,5 Mt de zinco contido, ou 20,3%; Pará com 84,7 mil toneladas (1,1%); e do Paraná com uma participação de 0,7% do total, o que equivale a 5,14 mil toneladas de zinco contido (**Gráfico 70**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 70** - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).*

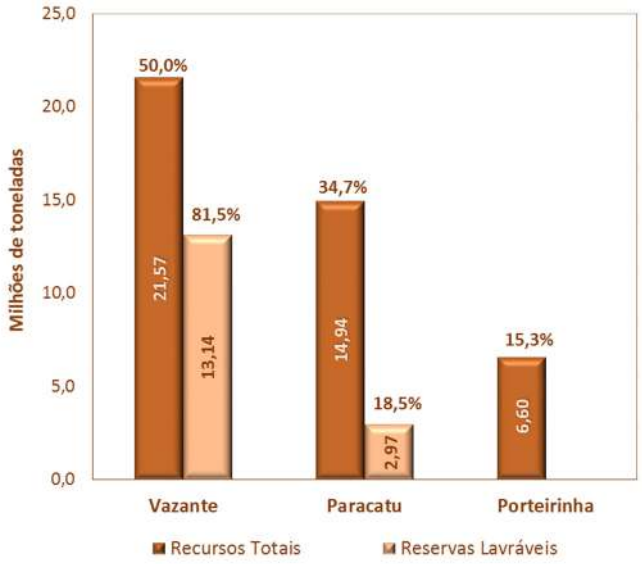
É importante ressaltar que, somente os depósitos localizados em Minas Gerais e Mato Grosso têm importância econômica, sendo as reservas lavráveis concentradas em Minas Gerais, com 1,3 Bt (97,3%) de zinco contido; e Mato Grosso, com 36,9 mil toneladas de zinco contido, ou 2,7% do total.

Em âmbito regional, segundo dados da ANM, em 2017, a distribuição dos recursos (medidos, indicados e inferidos) e das reservas lavráveis (**Gráfico 71**) que mostra que 34% destes recursos são medidos, o equivalente a 19,9 Mt; 24% são de recursos indicados (14,4 Mt); 15% referentes a recursos inferidos (8,8 Mt); e 27% referentes a reservas lavráveis, ou 16,1 Mt.

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 71** - Distribuição dos recursos e reservas de minério de zinco em Minas Gerais.*

Conforme mencionado, a Região Geográfica Intermediária de Patos de Minas é principal região do Estado onde há ocorrências de zinco, distribuídas nos municípios de Vazante e Paracatu (**Gráfico 72**). Observa-se que o município de **Vazante** é o que concentra 50,0% dos recursos totais de minério de zinco (21,6 Mt) e 81,5% das reservas lavráveis (13,1 Mt), seguido pelo município de **Paracatu**, com 34,7% de recursos totais (14,9 Mt) e 18,5% de reservas lavráveis (2,9 Mt). Cita-se ainda o município de **Porteirinha**, com 6,6 Mt de recursos totais (15,3%).

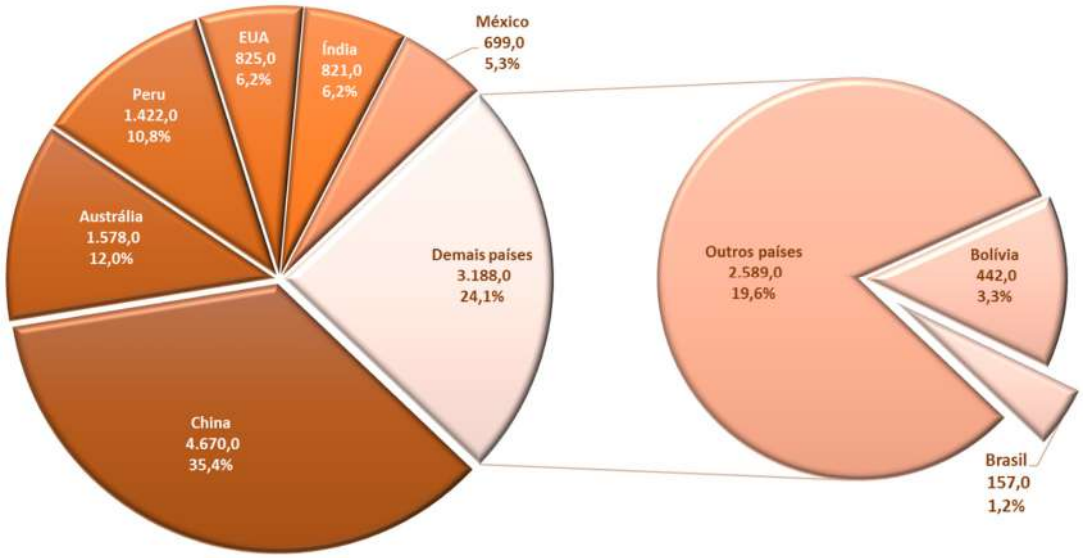


Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 72** - Distribuição regional dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de zinco.*

Produção

O Sumário Mineral Brasileiro informou que a produção mundial de zinco, em 2015 foi de 13,2 Mt, sendo liderada pela China, com 4,67 Mt, ou 35,4% do total; seguida por Austrália, com 1,58 Mt (12,0%) e Peru, com 1,42 Mt (10,8%) (**Gráfico 73**). A produção brasileira participou com apenas 1,2%, representados pelas minas de Vazante e Paracatu, localizadas em Minas Gerais.

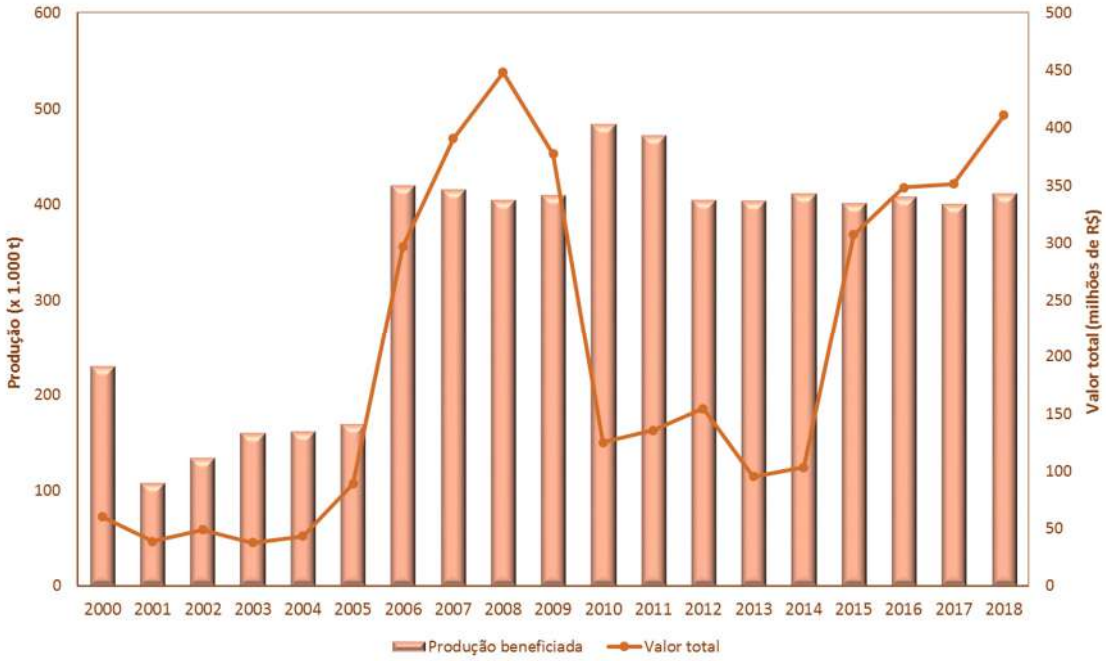


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 73** – Distribuição da produção mundial de zinco (x1.000 t).*

Dados do Anuário Mineral Brasileiro mostram que a produção beneficiada nacional, em 2017, foi mais de 400,3 mil toneladas, sendo Minas Gerais responsável por todo o volume produzido. Todavia, houve produção bruta de mais de 26,2 mil toneladas no Estado de Rondônia.

Para o Estado de Minas Gerais, observa-se, segundo os dados do Anuário Mineral Brasileiro, que a produção beneficiada de zinco sofreu forte crescimento de 2005 para 2006 (150%), passando de aproximadamente 170 mil toneladas para 420 mil toneladas, se mantendo no patamar de 400 a 480 mil toneladas até 2017 (**Gráfico 74**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 74** - Produção beneficiada e valor total comercializado de zinco em Minas Gerais.*

Com relação ao valor total da produção comercializada, observa-se uma grande variação no período de 2000 a 2017, atingindo um valor mínimo de R$37,5 milhões em 2003 e máximo de R$448,1 milhões em 2008, com forte queda até 2014, voltando a subir em 2015 e atingindo R$410 milhões em 2018.

Cadeia Produtiva

Minas Gerais é o principal produtor nacional de zinco metálico, com 278 mil toneladas em 2018 (NEXA, 2018). As minas de zinco do Estado estão localizadas nos municípios de Paracatu (Mina Morro Agudo) e Vazante (Mina Vazante), na região de Patos de Minas, operadas pela Nexa Resources, uma empresa do Grupo Votorantim. Os concentrados produzidos nessas minas são transformados nos municípios de Três Marias e Juiz de Fora (**Figura 33**), onde as operações também são realizadas pela Nexa. Cabe ressaltar que em Juiz de Fora, além de concentrados, materiais recicláveis (como sucatas e pó de aciaria) também são usados para a produção de zinco.

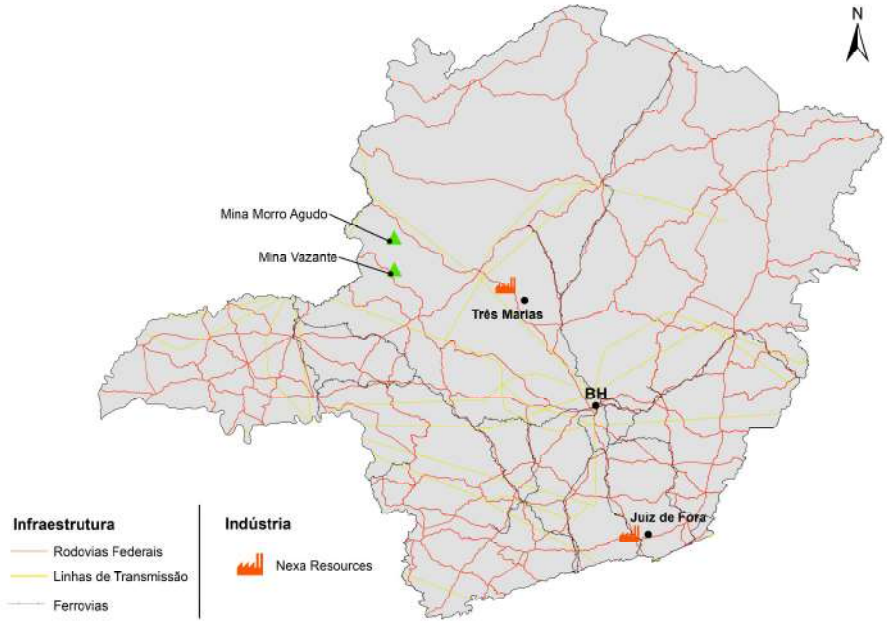


***Figura 33** - Localização das indústrias de transformação de zinco em Minas Gerais*

Em Três Marias são processados os concentrados das minas de Vazante (silicatado) e Morro Agudo (sulfetado), por rotas integradas de calcinação, lixiviação e eletroextração, onde são produzidos zinco metálico e óxido de zinco (**Figura 34**). Em Juiz de Fora, além dos processos citados, o zinco é transformado em forno de arco elétrico (NEXA, 2020).

É importante salientar que Minas Gerais faz a importação de concentrado de zinco sulfetado proveniente do Peru, o qual é transformado na usina de Três Marias, de forma a atender o mercado. A título de exemplo, no ano de 2018, foram importadas 209,2 mil toneladas, o que correspondeu a mais de US$ 206,0 milhões.

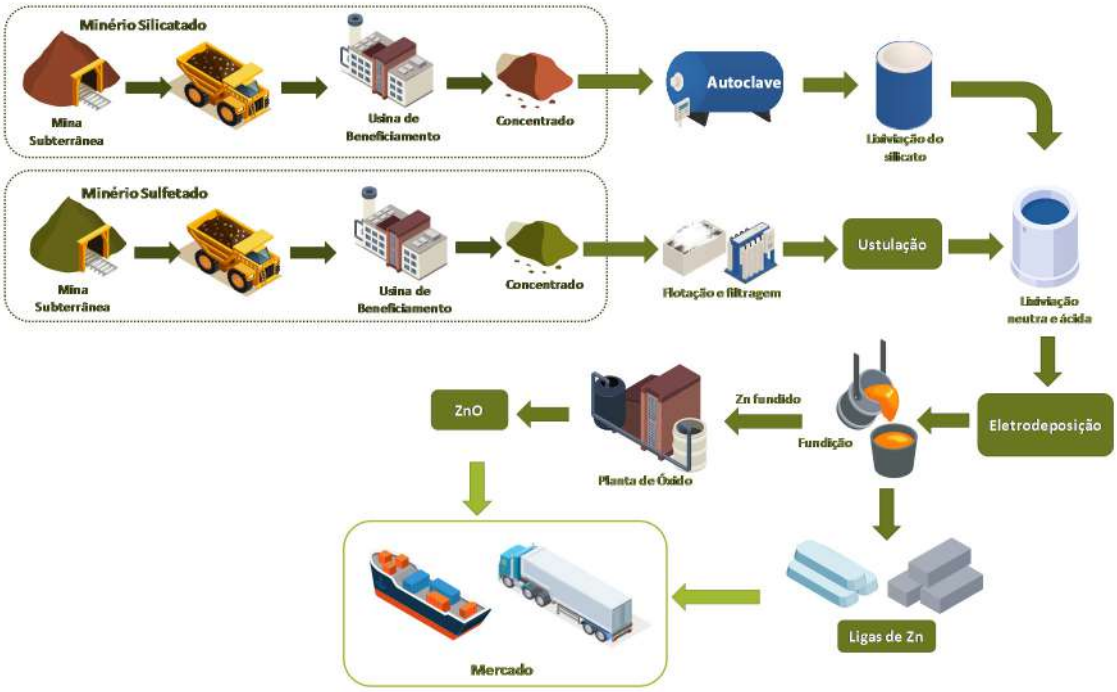
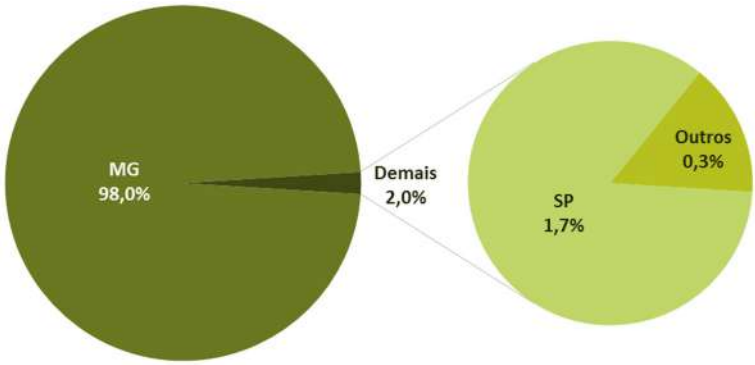


***Figura 34** - Fluxograma esquemático da indústria de transformação do zinco.*

O zinco é um mineral essencial com diversas aplicações, que incluem aumento do valor nutricional dos alimentos e da produtividade no agronegócio, sendo utilizado também na construção civil, em equipamentos eletroeletrônicos, em produtos de higiene pessoal, na galvanização aço para evitar a corrosão, dentre outros. Suas variações, como metal puro e ligas, óxidos, sulfatos, entre outras, fazem com que o zinco tenha diversas aplicações (NEXA, 2020).

Aspectos Econômicos

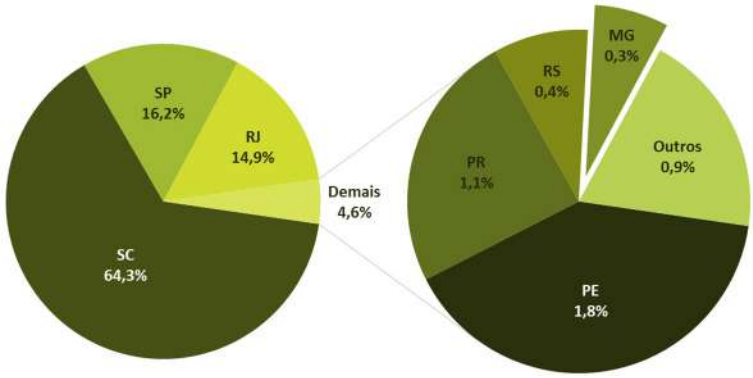
Tendo em vista o destaque nacional de Minas Gerais na produção mineral de zinco, cabe ressaltar a relevância da indústria de transformação do Estado, que, em 2018, foi responsável por um montante de US$ 247,0 milhões em exportações, o que correspondeu a 98% do total de produtos semimanufaturados de zinco, as quais totalizaram 82,8 mil toneladas (**Gráfico 21**).



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (Caps. 28 e 79 da NCM).

***Gráfico 75** – Distribuição nacional das exportações da indústria de transformação do zinco.*

Em termos de importações de produtos transformados de zinco, em 2018, o Brasil somou US$ 181,5 milhões, sendo Minas Gerais responsável por apenas US$ 582,3 mil. O principal importador foi Santa Catarina com US$ 118,8 milhões (**Gráfico 22**).

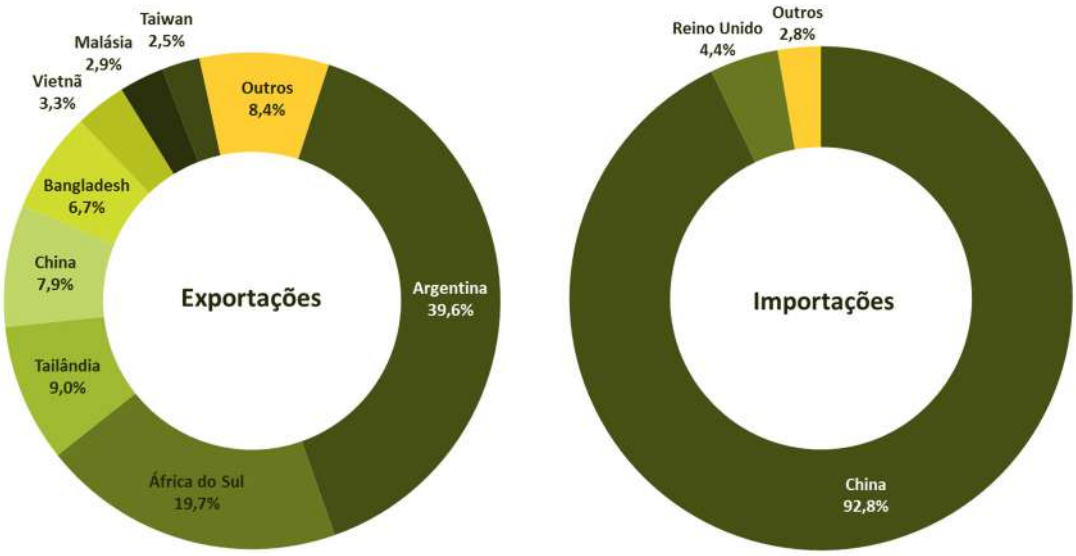


Fonte: COMEXSTAT, 2018 (Caps. 28 e 79 NCM).

***Gráfico 76** - Distribuição nacional das importações da indústria de transformação do zinco.*

Do montante de exportações do Estado, aproximadamente US$ 243,0 milhões foram referentes a lingotes de zinco não ligado, representando mais de 98% do total e aproximadamente 81,0 mil toneladas. Outros produtos como óxido de zinco, sulfato de zinco, ligas de zinco e outras obras também contribuíram para as exportações mineiras de produtos transformados de zinco. Já as importações foram principalmente de sulfatos de zinco, o que representou US$ 528,7 mil (91%) e um volume de 405 toneladas.

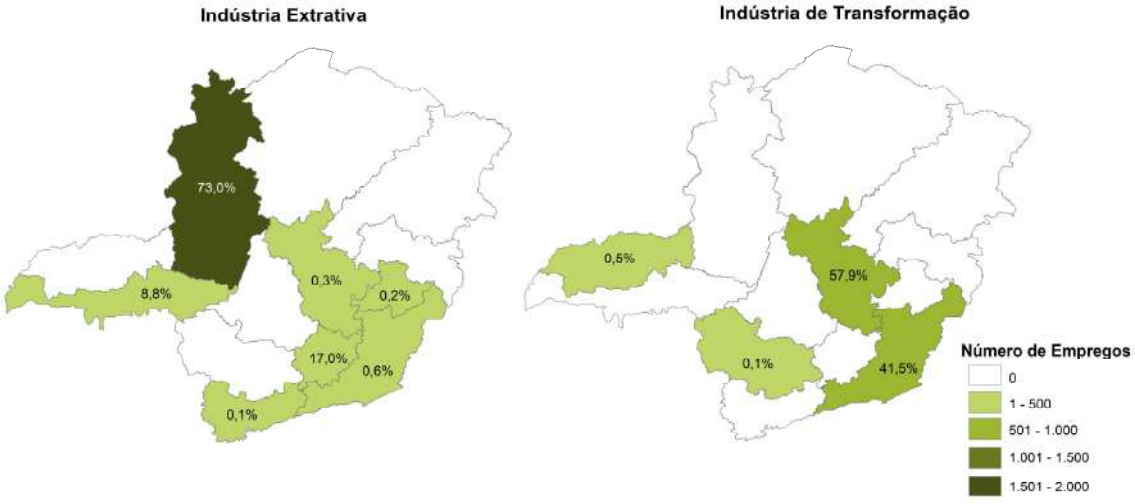
As exportações da indústria de transformação de zinco tiveram como principais destinos Argentina, África do Sul, Tailândia, China e Bangladesh, que foram responsáveis por um montante de US$ 204,7 milhões e um volume de 68,5 mil toneladas. Já as importações foram principalmente da China, responsável por US$540,6 mil e 406,8 toneladas **(Gráfico 23)**.



Fonte: COMEXSTAT, 2018 (Caps. 28 e 79 da NCM).

***Gráfico 77** – Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de zinco de Minas Gerais.*

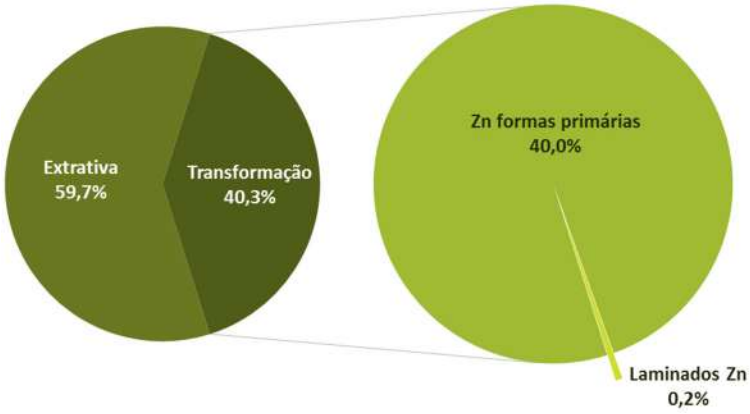
Uma vez que as principais minas de zinco do Estado estão localizadas nos municípios de Paracatu e Vazante, observa-se que em 2018, a mão de obra da indústria extrativa esteve concentrada na RGInt de Patos de Minas, com 1.576 empregos diretos; podendo citar ainda as regiões de Barbacena, Uberaba, Juiz de Fora, Belo Horizonte, Ipatinga e Pouso Alegre. Para a indústria de transformação, os empregos diretos estão concentrados nas RGInts de Belo Horizonte (843) e Juiz de Fora (604); e demais regiões com nove empregos diretos (**Figura 21**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 35** - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do zinco por Região Geográfica Intermediária.*

Na cadeia produtiva do zinco, em 2018, o setor extrativista foi responsável pela geração de 2.159 empregos diretos, englobando os setores de extração de minério de zinco. Já o setor de transformação foi responsável por 1.456 empregos, sendo distribuídos nos setores de produção de zinco em formas primárias (1.447) e laminados de zinco (**Gráfico 25**).



Fonte: RAIS, 2018.

***Gráfico 78** - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do zinco.*

3.1.1.6. Nióbio (Nb)

O nióbio provém principalmente de depósitos originados de corpos alcalino-carbonatitícos, onde se encontra o mineral pirocloro $(Na, Ca)_2 (Nb, Ti)_2 (O, F)_7$, principal mineral portador de Nb; e também em depósitos pegmatíticos e *pláceres*, onde o principal portador de Nb é a columbita-tantalita, $(Fe, Mn) (Nb, Ta)_2O_6$.

O nióbio é um metal estratégico, utilizado na industrialização de produtos que suportem altas e baixas temperaturas, como aviões e foguetes. Indispensável nas indústrias espacial e nuclear, várias ligas de nióbio são desenvolvidas por sua leveza e por sua supercondutividade, muito superior a de outros minerais. Um exemplo disso, é a utilização do nióbio em baterias de alta performance (NbTiO). Seus principais derivados entram na composição de aços diversos, como nos aços de alta resistência usados na fabricação de tubulações para transmissão de gás sob alta pressão, petróleo e água, e por ser um poderoso agente anticorrosivo, resistente aos ácidos mais agressivos (VILLELA, 2015).

O Brasil é o principal detentor mundial de recursos e reservas de nióbio, sendo ainda detectadas ocorrências em países como Canadá, Estados Unidos, Rússia, Austrália, Angola, Arábia Saudita, Groenlândia, dentre outros.

As principais ocorrências nacionais de Nb estão localizadas no município de São Gabriel da Cachoeira (Amazonas), no depósito de Seis Lagos, considerado um dos maiores do mundo com 2,9 Bt de minério; e pelos depósitos de Barreio e Tapira, nos municípios de Araxá e Tapira, em Minas Gerais (**Figura 36**).

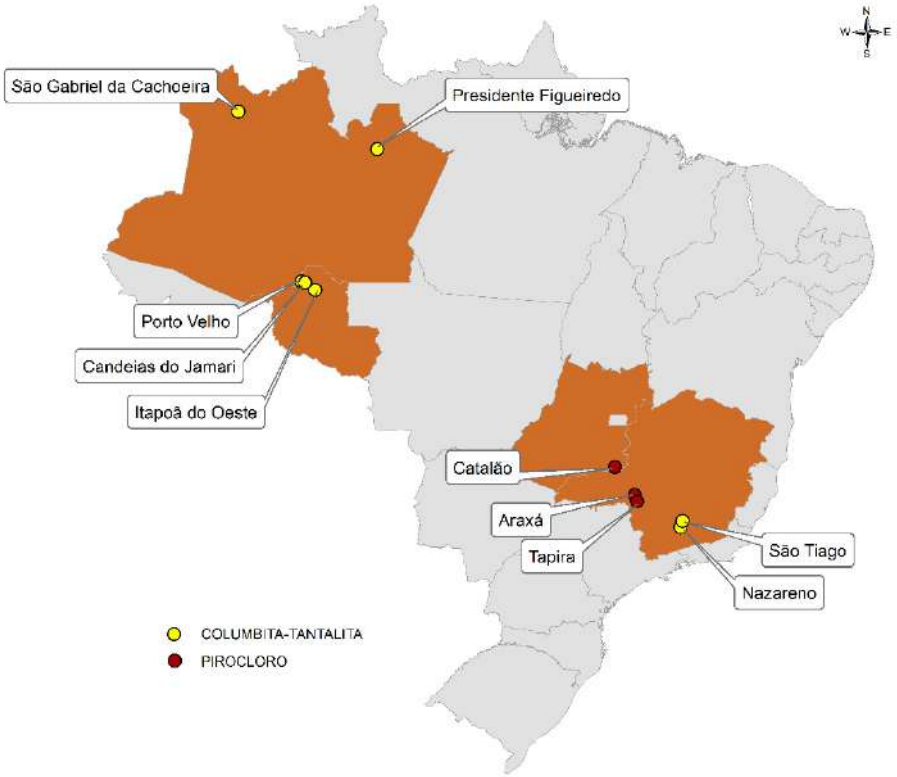


Figura 36 *- Principais ocorrências brasileiras de nióbio.*

Apesar do depósito de Seis Lagos ser a principal no território nacional, não existe tecnologia conhecida para o aproveitamento de qualquer um dos oito diferentes tipos de niobatos desse depósito. Além disto, este depósito não pode ser explorado, uma vez que está localizado em território indígena e dentro das áreas de proteção ambiental do Parque Nacional do Pico da Neblina e da Reserva Biológica Estadual do Morro dos Seis Lagos. Por sua vez, o depósito de Barreiro, em Araxá, constitui a maior reserva de Nb em exploração do mundo.

A principal empresa produtora de Nb no Estado é a **Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração** (**CBMM**), sendo 70% pertencente ao Grupo Moreira Salles, 15% pelo consórcio chinês (composto por cinco empresas) e 15% por um consórcio asiático (formado por quatro empresas japonesas e duas sul-coreanas).

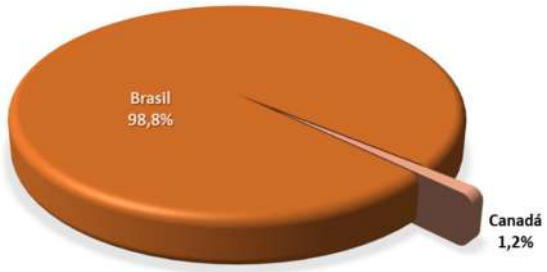
As atividades de mineração da **CBMM** estão localizadas no município de Araxá, e realizadas a céu aberto sem explosivos (**Figura 37**). No local explora-se o bariopirocloro $(Ba, Sr)_2 (Nb, Ti)_2 (O, OH)_7$. As unidades de concentração possuem uma capacidade conjunta instalada de 150 mil toneladas de ferro-nióbio equivalentes, ou 300 mil toneladas de concentrado de nióbio. Os processos de produção utilizados são: moagem a úmido, separação magnética, deslamagem e flotação. A unidade ainda conta com processo pirometalúrgico de refino, com pelotização e sinterização do concentrado, seguido de fusão redutora para remoção de chumbo e fósforo.

Fonte: Google

***Figura 37** - Mina de nióbio CBMM (Araxá-MG).*

Recursos e Reservas

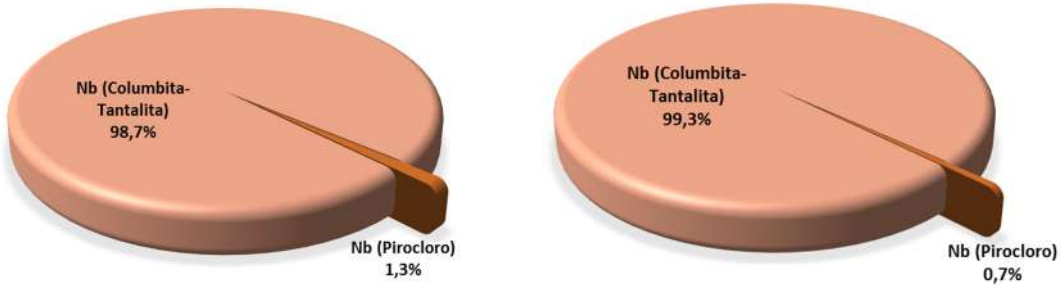
As reservas mundiais de nióbio estão principalmente concentradas no Brasil, com 16,2 Mt, ou 98,8% do total, seguido pelo Canadá com 200 mil toneladas, ou 1,2% (**Gráfico 79**). Ainda há registros de ocorrências, porém sem dados disponíveis, na Austrália, Angola, Rússia, Arábia Saudita, República Democrática do Congo, Groenlândia (território pertencente à Dinamarca), Finlândia, Gabão, Tanzânia, Nigéria, Malawi, Etiópia, dentre outros.



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 79** - Distribuição das reservas mundiais de nióbio.*

Em nível nacional, os dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostram que os recursos totais (medido, indicado e inferido) e reservas lavráveis de nióbio, provenientes do pirocloro, correspondem, respectivamente, a 1,3 e 0,7% do total nacional (**Gráfico 80**). Embora esse percentual seja inexpressível quando comparados ao percentual dos depósitos de nióbio provenientes de columbita-tantalita, ainda assim, é suficiente para atender o mercado consumidor por aproximadamente 200 anos.

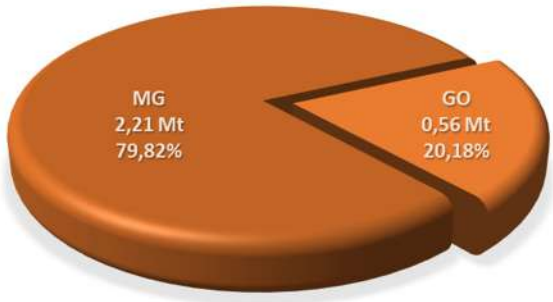


(a) ***(b)***

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010

***Gráfico 80** - Distribuição dos recursos totais (a) e reservas lavráveis (b) das fontes de nióbio no Brasil (em Nb_2O_5 contido).*

Enquanto os recursos e reservas de Nb, proveniente de columbita-tantalita, estão localizados nos Estados do Amazonas e Rondônia, os recursos e reservas provenientes de pirocloro, estão localizados, principalmente em Minas Gerais (Araxá) e Goiás (Catalão). Nestes Estados a distribuição das reservas lavráveis de Nb, a partir de pirocloro, é apresentada no **Gráfico 81**.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 81** - Distribuição nacional das reservas lavráveis de nióbio proveniente de pirocloro (em Nb_2O_5 contido).*

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro de 2017, as reservas lavráveis em Minas Gerais (Araxá) foram de 742 Mt de minério de pirocloro (ROM). Por outro lado, segundo Carneiro (2016), as reservas de nióbio de Araxá somam 829 Mt de minério intemperizado, com teor médio de 2,4% de Nb_2O_5.

O Sumário Mineral Brasileiro, informa também que: em Goiás (Catalão e Ouvidor) as reservas lavráveis são de 82,3 Mt de minério pirocloro (ROM). No Amazonas, no município de Presidente Figueiredo, destaca-se o depósito de Pitinga, com uma reserva lavrável de 108,2 Mt de minério columbita (ROM) e de modo menos significativo, o Estado de Rondônia, onde o minério é oriundo de jazidas de columbita. Os teores desses depósitos variam, em média, de 0,21% a 2,85% de Nb_2O_5 contido.

Em âmbito estadual, segundo dados da ANM, em 2017, a distribuição dos recursos (medidos, indicados e inferidos), além das reservas lavráveis (**Gráfico 82**) mostra que 58,5% destes recursos são medidos, o equivalente a 769,5 mil toneladas; 4,1% são de recursos indicados (53,8 mil toneladas); 6,1% referentes a recursos inferidos (80,3 mil toneladas); e 31,3% referentes a reservas lavráveis, ou 412 mil toneladas de nióbio contido, provenientes principalmente de minerais-minério de **pirocloro**.

Fonte: ANM, 2017.

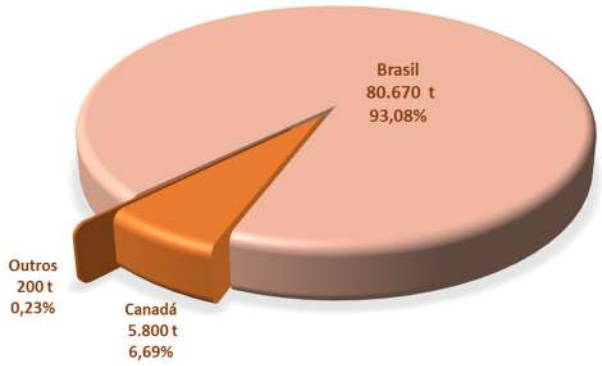
***Gráfico 82** - Distribuição estadual dos recursos e reservas lavráveis de nióbio (em Nb_2O_5 contido).*

Destaca-se que diante da abundância de recursos de nióbio no mundo, com mais de 300 ocorrências em vários países, a importância estratégica dos recursos brasileiros de nióbio é reduzida, e se existente, está

associada ao desenvolvimento tecnológico deste metal (CARNEIRO, 2016). É importante ressaltar ainda, que o nióbio pode ser substituído por vanádio e titânio, que cumprem basicamente a mesma função. A vantagem do Brasil e da CBMM é o domínio de uma tecnologia avançada para produzir o metal e outros elementos agregados.

Produção

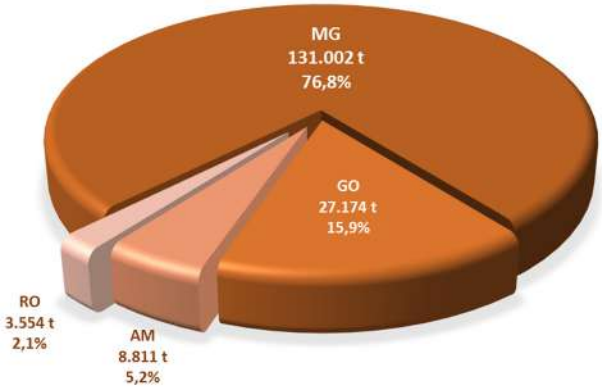
O Sumário Mineral Brasileiro de 2017, informou que a produção mundial de nióbio foi de 86.670 toneladas (Nb_2O_5 contido no concentrado), sendo o Brasil responsável por 93,07% desse montante, com 80.670 toneladas. O restante da produção vem do Canadá com 5.800 toneladas (6,69%) e outros países com apenas 200 toneladas (**Gráfico 83**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 83** - Produção mundial de nióbio em 2016.*

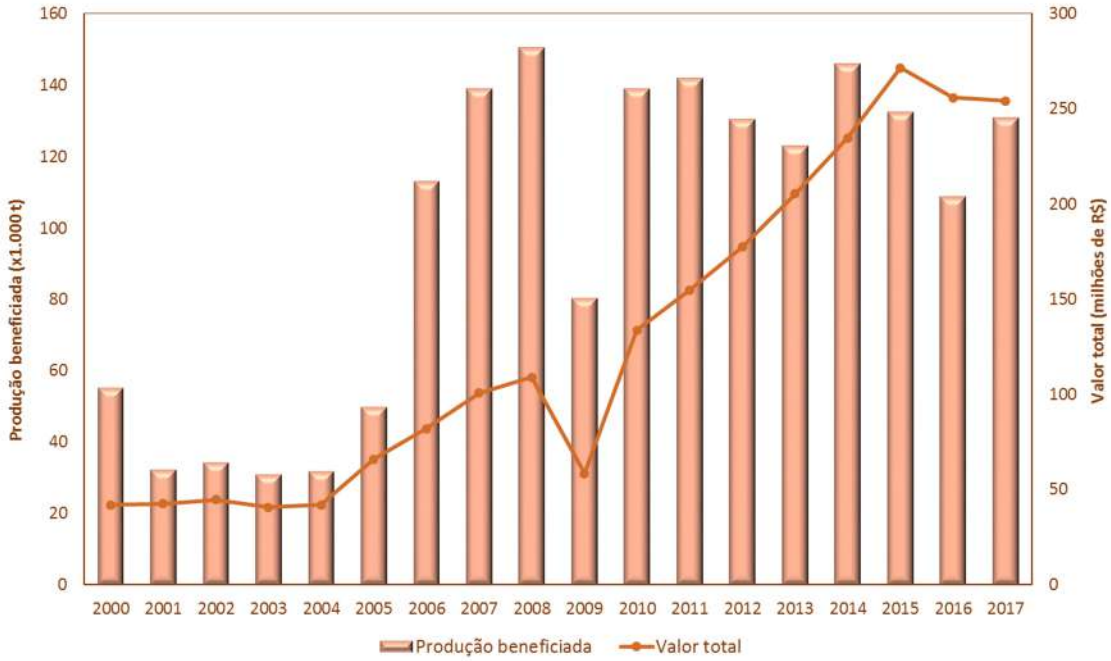
Segundo o Anuário Mineral Brasileiro, em 2017, a produção comercializada nacional de nióbio, proveniente de pirocloro e de columbita-tantalita, foi superior a 170,5 mil toneladas, sendo o Estado de Minas Gerais responsável por 131 mil toneladas (76,8%); Goiás, com 27,1 mil toneladas (15,9%); Amazonas, com 8,8 mil toneladas (8,2%) e Rondônia, com 3,5 mil toneladas (2,1%) (**Gráfico 84**). Ressalta-se que para Minas Gerais e Goiás, a produção é referente à concentração de pirocloro e, de columbita-tantalita, no Amazonas e em Rondônia.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2018.

***Gráfico 84** - Produção nacional de nióbio em 2017.*

A produção beneficiada de nióbio, em Minas Gerais, apresentou crescimento significativo de 2005 para 2006, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro; passando do patamar de 50 mil toneladas para aproximadamente 115 mil toneladas, apresentando queda em 2009 (80 mil toneladas) voltando a subir em 2010, mantendo a média de 130 mil toneladas até 2017 (**Gráfico 85**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

***Gráfico 85** – Produção beneficiada e valor total comercializado de nióbio em Minas Gerais*

No período de 2000 a 2017, o valor total da produção comercializada de nióbio no Estado apresentou tendência de crescimento, passando de R$42 milhões em 2000 com máximo de R$271 milhões em 2015 e mantendo o patamar de R$250 milhões em 2016 e 2017.

Cadeia Produtiva

Apesar de existirem ocorrências de nióbio em várias regiões do planeta, o Brasil tem papel de destaque na produção e comercialização de produtos semimanufaturados de nióbio, devido à tecnologia de extração, transformação e aplicação de nióbio proveniente de pirocloro (CBMM, 2020).

Em Minas Gerais, a cadeia produtiva do nióbio está concentrada no município de Araxá (**Figura 38**), sendo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) a única empresa que explora e comercializa nióbio no Estado. A companhia conta com um complexo industrial que inclui mina, unidade de concentração, unidades de refino e metalurgia, além da unidade de embalagem e expedição (CBMM, 2020), cujos produtos são ligas de ferronióbio, óxidos de nióbio, ligas de grau vácuo e nióbio metálico.

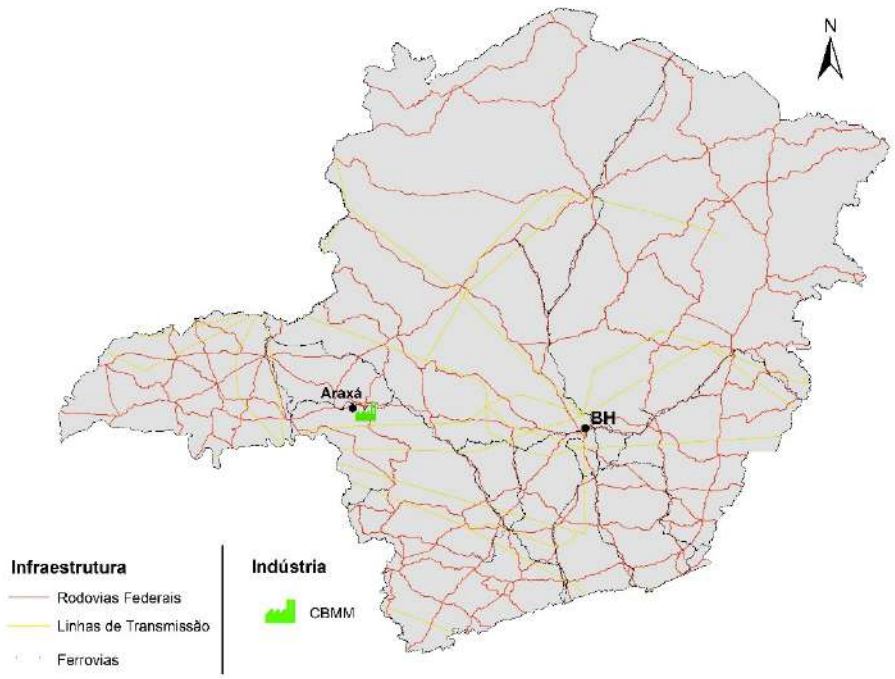


Figura 38 *- Localização da principal indústria de transformação de nióbio em Minas Gerais*

Aspectos Econômicos

O Brasil é considerado autossuficiente em Nb para atender a demanda do mercado interno. Entretanto, com base nos dados fornecidos pelo Ministério da Economia, em 2018, o país importou US$1.186.397 (em Fe-Nb e óxidos de Nb) com Minas Gerais representando apenas 0,1% desse montante.

É importante ressaltar que desde a década de 1970, o Brasil exporta produtos semimanufaturados de nióbio, tendo como carro chefe a liga ferro-nióbio (64% Nb, 31% Fe e outros elementos). Cerca de 90% da produção de nióbio são empregados na produção dessa liga (MORAES e SEER, 2018).

O **Gráfico 86** mostra a evolução das exportações dos produtos da indústria de transformação de nióbio para o Brasil e Minas Gerais.

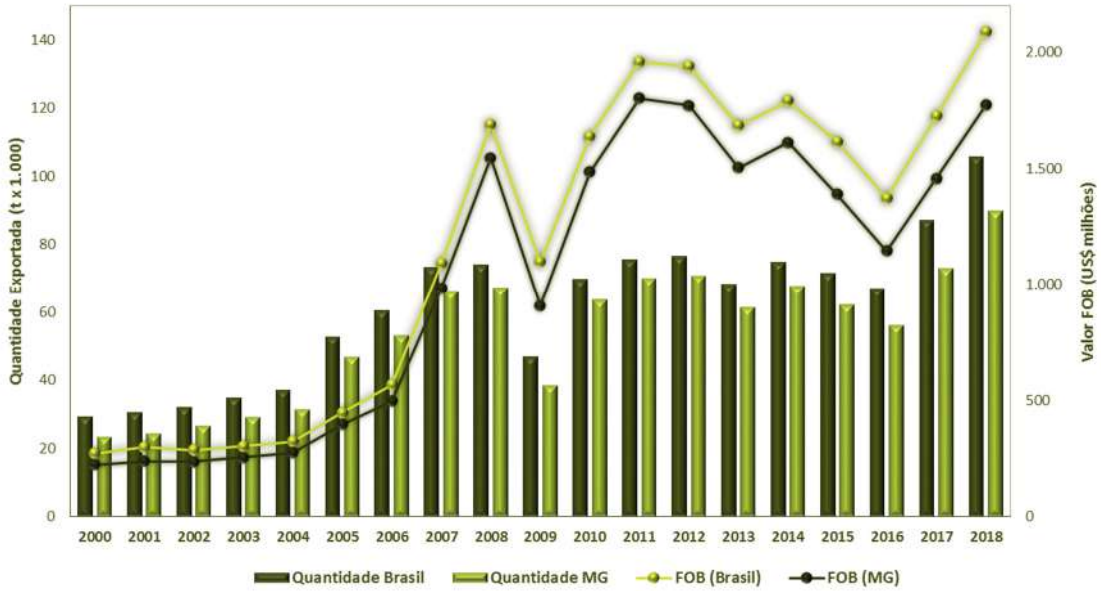
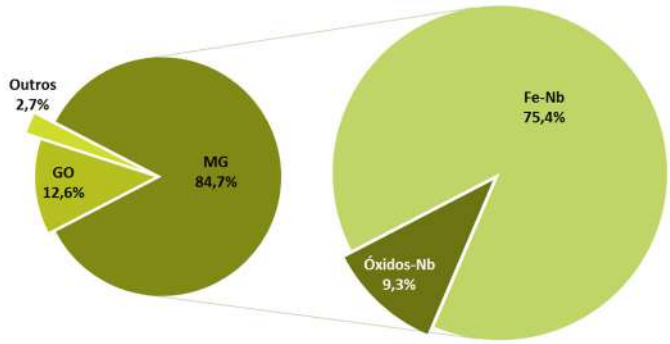


Gráfico 86 *– Quantidade e valor FOB das exportações da indústria de transformação do Brasil e de Minas Gerais*

Minas Gerais sempre desempenhou um papel importante na exportação de produtos semimanufaturados, na forma de ligas ferronióbio e óxidos de nióbio. Em 2018, o Estado foi responsável por um volume de exportações de 89,5 mil t, o que correspondeu a aproximadamente 85% da exportação nacional desses produtos, e um montante de US$ 1,77 bilhões (**Gráfico 87**).

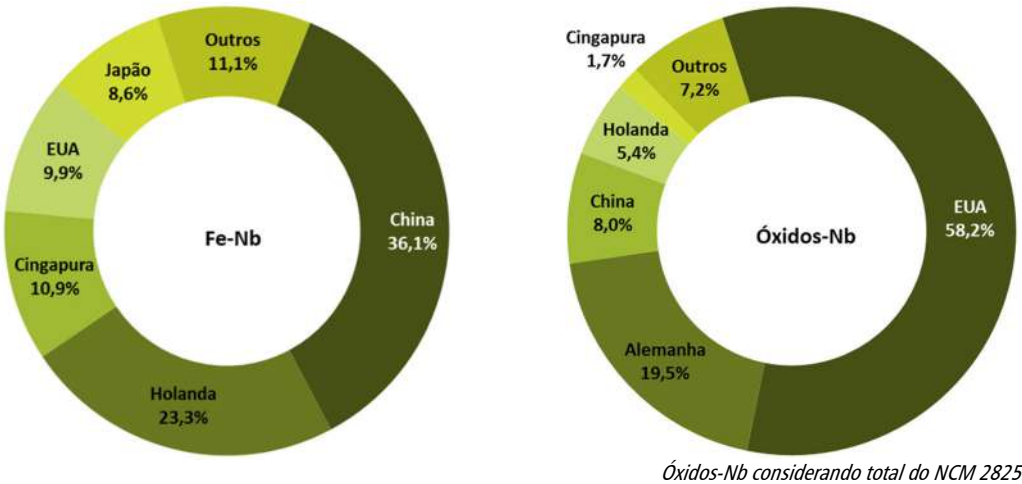


Fonte: COMEXSTAT, 2018.

Gráfico 87 *– Exportações da indústria de transformação de nióbio no Brasil e em Minas Gerais*

Dente os 22 países que compram produtos semimanufaturados de nióbio de Minas Gerais, destacam-se China, Holanda, EUA e Cingapura, responsáveis por 65,5 mil t e US$1,39 bilhões das exportações mineiras em 2018.

Os principais destinos das ligas de ferronióbio, produzidas no Estado em 2018, foram China, com US$612,9 milhões; Holanda, com US$ 395,2 milhões; e Cingapura, com US$ 184,6 milhões. Quanto às exportações de óxidos de nióbio, os EUA foram responsáveis por US$ 43,8 milhões, seguido por Alemanha, com US$ 14,6 milhões e China, com US$6,0 milhões (***Gráfico 88***).



Óxidos-Nb considerando total do NCM 28259090
Fonte: COMEXSTAT, 2018

***Gráfico 88** – Destino das exportações da indústria de transformação de nióbio de Minas Gerais*

3.1.1.7. Lítio (Li)

O lítio é encontrado na natureza sob a forma de fosfatos e silicatos como ambligonita, Li Al(F, OH)PO_4; espodumênio, Li Al$(SiO_3)_2$; petalita, Li Al$(Si_2O_5)_2$; e lepidolita, $(OH, F)_2$ $KLiAl_2Si_3O_{10}$, em rochas pegmatíticas, diques graníticos e em certos granitos grosseiros. Braga e Sampaio (2008) ressaltam que os evaporitos atualmente são as principais fontes de lítio.

O metal é intensamente utilizado desde a fabricação de vidros especiais, graxas, na indústria aeroespacial, e ainda na fabricação de bateiras elétricas e reatores de fusão por laser. O lítio é um metal conhecido como "petróleo branco", cuja demanda global tem aumentado para a produção de itens de alta tecnologia. Novos desafios tecnológicos quanto às baterias de Li-S, estão em fase de estudos pela CODEMGE em parceria com a Oxis Energy

Em Minas Gerais, as ocorrências de lítio se localizam principalmente nas regiões leste e sul, e no extremo sudeste do Estado. As situadas a leste estão inseridas na **Província Pegmatítica Oriental** do Brasil, localizada geologicamente no Orógeno Araçuaí, porção setentrional da Província Estrutural Mantiqueira; enquanto que as ocorrências a sul do Estado estão situadas na **Província Pegmatítica de São João del-Rei**, inserida na extremidade meridional do Cráton do São Francisco (PAES *et al.*, 2016).

Os registros de reservas de lítio em Minas Gerais ocorrem principalmente na região de Araçuaí/Itinga, no Campo Pegmatítico de Itinga (um dos três campos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí), o qual detém 100% das reservas oficiais de lítio do Brasil, sendo o espodumênio e a petalita os minerais-minério (CHAVES, DIAS e CARDOSO, 2018).

A região do Vale do Rio Doce, localizada a leste do Estado, abriga pegmatitos que produzem minerais de lítio. As cidades de Governador Valadares, Galiléia, Conselheiro Pena, Resplendor, Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel são áreas produtoras de ambligonita, lepidolita e espodumênio com aplicações industriais; já as variedades do espodumênio (kunzita e hiddenita) são comercializadas como gemas. Ressalta-se que Linópolis, região rural de Divino das Laranjeiras, é a única produtora de ambligonita gemológica (NETTO *et al.*, 1998, *apud* CPRM, 2016).

Na região centro sul do Estado de Minas Gerais, os principais municípios produtores são: Nazareno, São Tiago, Resende Costa, Conceição da Barra de Minas, São João del-Rei, Ritápolis e Coronel Xavier Chaves.

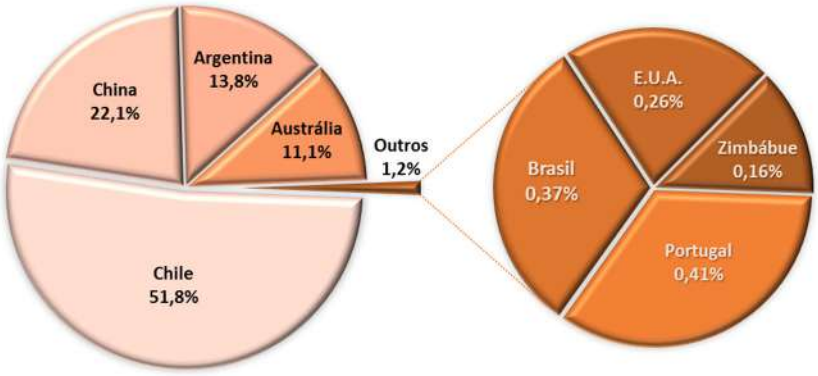
A **Companhia Brasileira de Lítio - CBL**, que tem mais de 1,3 Mt de reservas certificadas de espodumênio, é a única empresa brasileira produtora de carbonato e hidróxido de lítio. A companhia conta com unidade de mineração em Araçuaí e planta de processamento químico em Divisa Alegre, ambos os municípios localizados no Território do Médio e Baixo Jequitinhonha (CODEMIG, 2018).

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro de 2016, a CBL concentrou 5.781 t de espodumênio em sua Unidade de Meio Denso (queda de 32,1% frente a 2014), extraído em lavra subterrânea de pegmatitos da Mina da Cachoeira, em Araçuaí. O teor médio foi de 5,3%, ou 308,1 t de Li_2O contido.

Há ainda informações que a **Sigma Lithium** está investindo em um projeto *Green Mining* de exploração de lítio de pegmatito, na região de Teófilo Otoni, em jazidas localizadas entre as cidades de Araçuaí e Itinga.

Recursos e Reservas

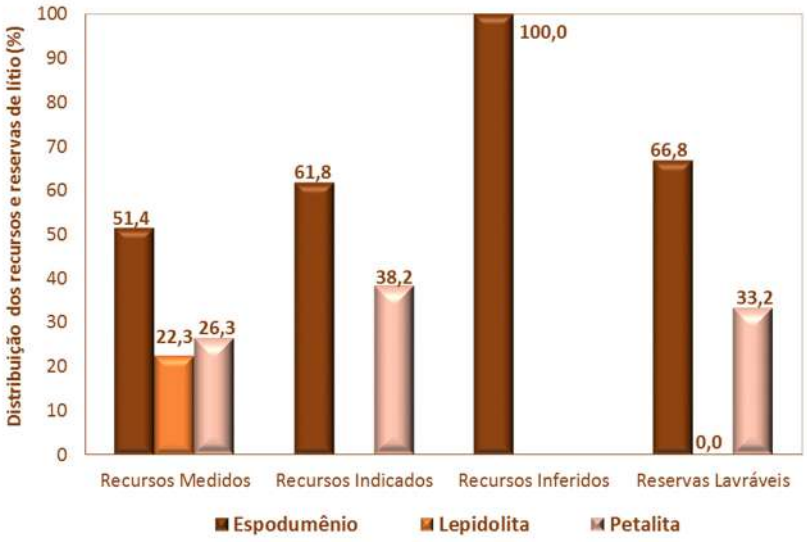
Segundo o Sumário Mineral Brasileiro de 2017, no panorama mundial, o Chile detém as maiores reservas de lítio, com 7,5 Mt (52,2%); seguido por China, com 3,2 Mt (22,3%); Argentina, com 2,0 Mt (13,9%) e Austrália, com 1,5 Mt (10,4%). O Brasil está na sexta posição, com 54 mil toneladas, e soma com outros países, o total de 1,22% das reservas de LiO_2 contido (**Gráfico 89**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 89** - Distribuição mundial das reservas de minério de lítio (em LiO_2 contido).*

Segundo Paes *et.al* (2016), no Brasil há registros de ocorrências de lítio nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia e Tocantins.

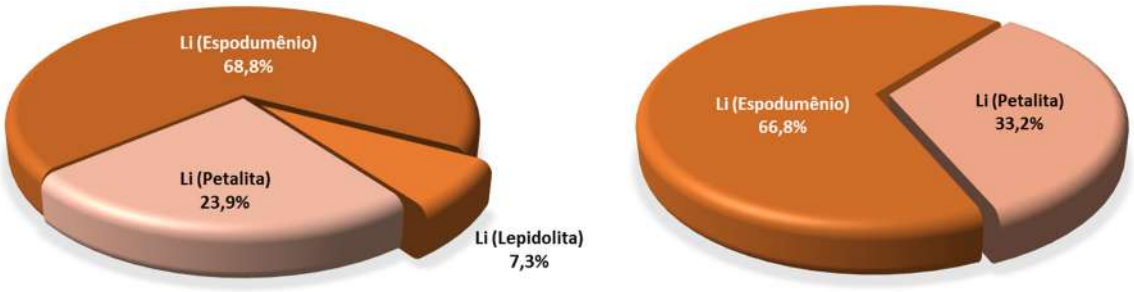


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 90** - Distribuição percentual dos recursos totais e reservas lavráveis por mineral-minério no Estado.*

Em Minas Gerais, a extração de lítio para aplicação industrial é proveniente principalmente de minerais como espodumênio, petalita e lepidolita (**Gráfico 90**).

Cabe ressaltar que, em Minas Gerais, os recursos totais de lítio são provenientes de minerais-minério de espodumênio (3,39 Mt, ou 68,8%); petalita (1,18 Mt, ou 23,9%) e de lepidolita (358,8 mil toneladas, ou 7,3%). As reservas lavráveis são de minerais-minério de espodumênio (827 mil toneladas, ou 66,8%) e de petalita (411 mil toneladas, ou 33,2%), segundo dados disponibilizados pela ANM para o ano de 2017 (**Gráfico 91**).

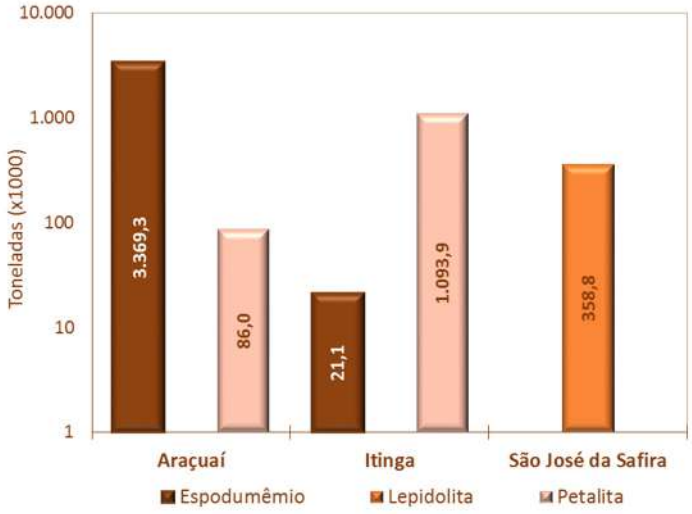


(a) ***(b)***

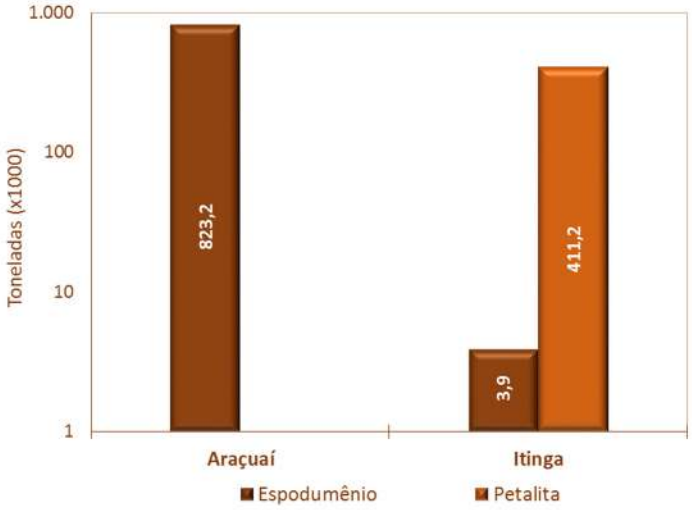
Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 91** – Distribuição dos recursos totais (a) e das reservas lavráveis (b) de minerais-minério de lítio no Estado.*

Segundo dados da ANM, em 2017, os principais depósitos de lítio estão localizados nos municípios de Araçuaí e Itinga, na Região Geográfica Intermediária de Teófilo Otoni, e São José da Safira, na Região de Governador Valadares. Os recursos totais e reservas lavráveis por município estão distribuídos conforme **Gráfico 92**.



(a)



(b)

Fonte: ANM, 2017.

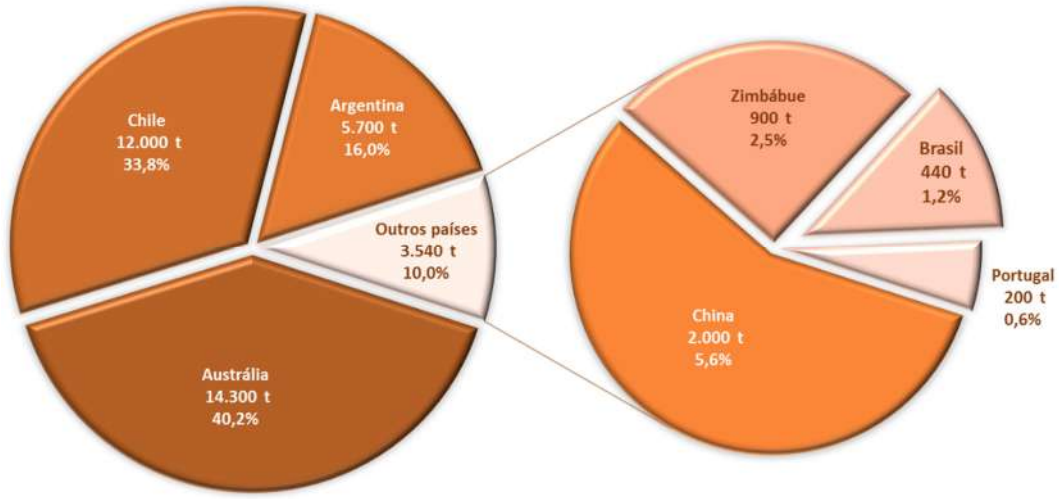
***Gráfico 92** - Distribuição estadual dos recursos totais (a) e das reservas lavráveis (b) de minerais-minério de lítio.*

Em termos de recursos totais (**Gráfico 92a**), observa-se que o município de **Araçuaí** é o principal detentor dos depósitos, com mais de 3,4 Mt (ou 70,1% do total do estado), sendo 3,36 Mt (97,5% dos recursos do município). O município de **Itinga** possui 1,1 Mt (22,6% do total), distribuídos em 1,09 Mt (98,1%), oriundos de petalita e 21,1 mil toneladas provenientes de espodumênio. Já os recursos do município de **São José da Safira** são oriundos de lepidolita, o que corresponde a aproximadamente 359 mil toneladas, ou 7,3% do total.

As reservas lavráveis do Estado se concentram na Região de Teófilo Otoni (**Gráfico 92b**), sendo o município de **Araçuaí** responsável por 823,2 mil toneladas (66,5% do total), oriundos apenas de espodumênio; e o município de **Itinga** com 415,1 mil toneladas (33,5% do total), provenientes de petalita (411,2 mil toneladas, ou 99,1% das reservas lavráveis do município) e de espodumênio (3,9 mil toneladas).

Produção

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, a produção mundial de lítio foi de 35,5 mil toneladas em 2016, sendo os principais países produtores a Austrália, com 14,3 mil toneladas; Chile, com 12,0 mil toneladas e Argentina, com 5,7 mil toneladas, que juntos foram responsáveis por 90% da produção mundial. O Brasil apresentou produção tímida de 440 t (1,2%), ficando atrás de China e Zimbábue (**Gráfico 93**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 93** – Produção mundial de lítio em 2016*

Segundo dados do Sumário Mineral Brasileiro, a produção nacional de lítio está concentrada no Estado de Minas Gerais. A exploração é realizada pela CBL que tem suas operações em Araçuaí (MG) que produziu 440 toneladas de Li_2O contido no concentrado em 2016. Parte da produção se direciona para a fábrica de compostos químicos da empresa em Divisa Alegre (MG).

Observou-se que, no período de 2000 a 2005, o Anuário Mineral Brasileiro reportou a produção nacional de lítio em tonelada de LiO_2 contido, que variou entre 309 e 598 toneladas e valor total entre R$1,88 e R$4,11 milhões. A partir de 2006, a produção foi reportada em toneladas de concentrado.

No âmbito estadual, entre 2006 e 2009, a produção beneficiada de lítio apresentou crescimento alcançando o máximo de 15,3 mil toneladas (2009), caindo para aproximadamente 7,0 mil toneladas em 2010. A produção de lítio permaneceu no mesmo patamar até 2015, quando voltou a apresentar tendência de crescimento até atingir 13,2 mil toneladas em 2018 (**Gráfico 94**).

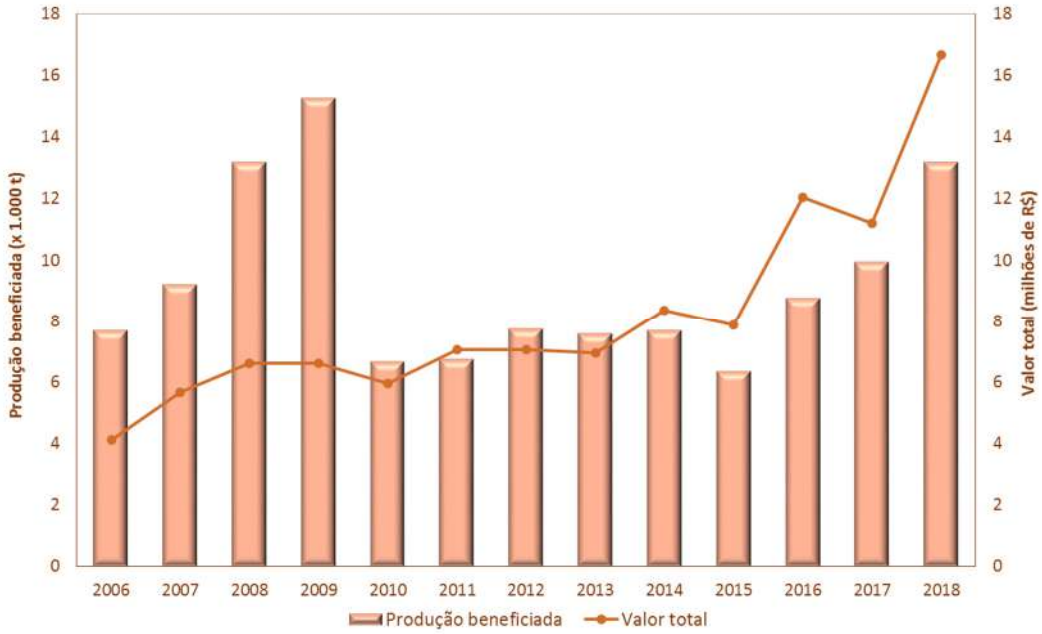


Gráfico 94 *– Evolução da produção beneficiada e valor total comercializado de concentrado de lítio em Minas Gerais.*

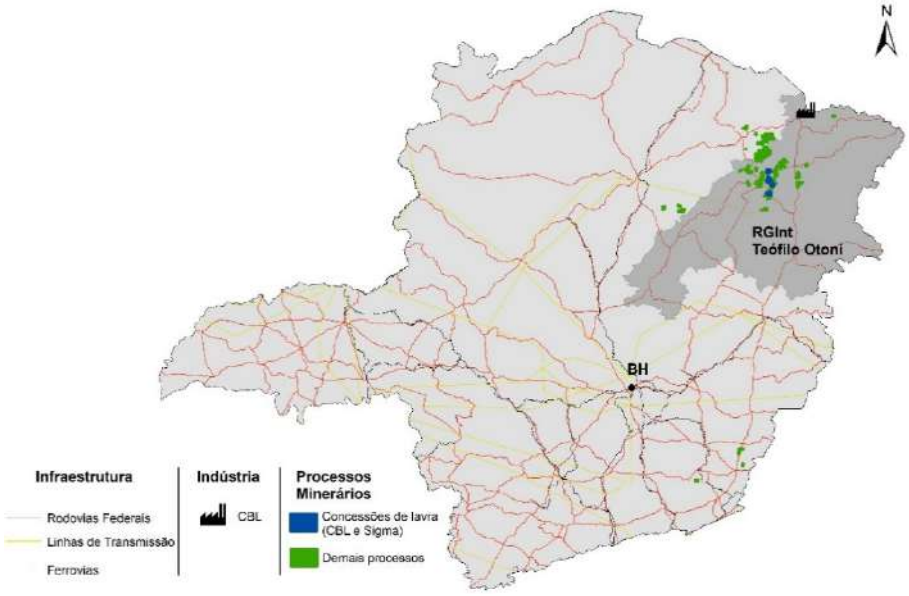
No período de 2006 a 2018, o valor total comercializado de lítio apresentou uma tendência de crescimento, passando de R$4,10 milhões em 2006, atingindo um máximo de R$16,7 milhões em 2018, um crescimento superior a 300%.

Cadeia Produtiva

O lítio apresenta diversas aplicações estratégicas por se tratar de um elemento mais leve, ter melhor potencial eletroquímico e a melhor relação entre peso e capacidade energética. Portanto, seu uso abrange desde aplicações energético nuclear, baterias para produtos eletrônicos e veiculares, até a produção de lubrificantes e graxas.

Os principais depósitos brasileiros de lítio se encontram em Minas Gerais, que detém a totalidade da produção nacional, sendo extraído e comercializado pela Companhia Brasileira de Lítio.

A pesquisa e extração do lítio em Minas Gerais é feita predominantemente a partir de rochas pegmatíticas, localizadas principalmente na RGInt de Teófilo Otoni (**Figura 39**). Observando o número total de processos minerários de requerimento de pesquisa no período de 2000 a 2018 (37), nota-se que o ano de 2017 apresentou maior quantidade de processos (29) (SIGMINE, 2018).



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

***Figura 39** – Localização dos processos e indústria de transformação do lítio.*

A **Companhia Brasileira de Lítio** (CBL) foi a principal produtora de concentrado de lítio em 2017, sendo responsável por 10.547 toneladas, provenientes de espodumênio, cujo teor médio é de 5,05% de LiO_2. A extração é feita na Mina da Cachoeira e o beneficiamento na unidade de Meio Denso, localizados em Araçuaí. Do total concentrado, 9.710,8 toneladas foram transferidas para a fábrica de compostos químicos em Divisa Alegre/MG, o restante foi vendido ou permaneceu em estoque. A produção de compostos se dividiu em hidróxido de lítio monohidratado (439 t) e carbonato de lítio seco (357 t) (GARCIA, 2016).

A CBL por ser classificada como uma empresa mineradora de pequeno porte, em termos de produção, gera cerca de 320 empregos diretos (CBL, 2020).

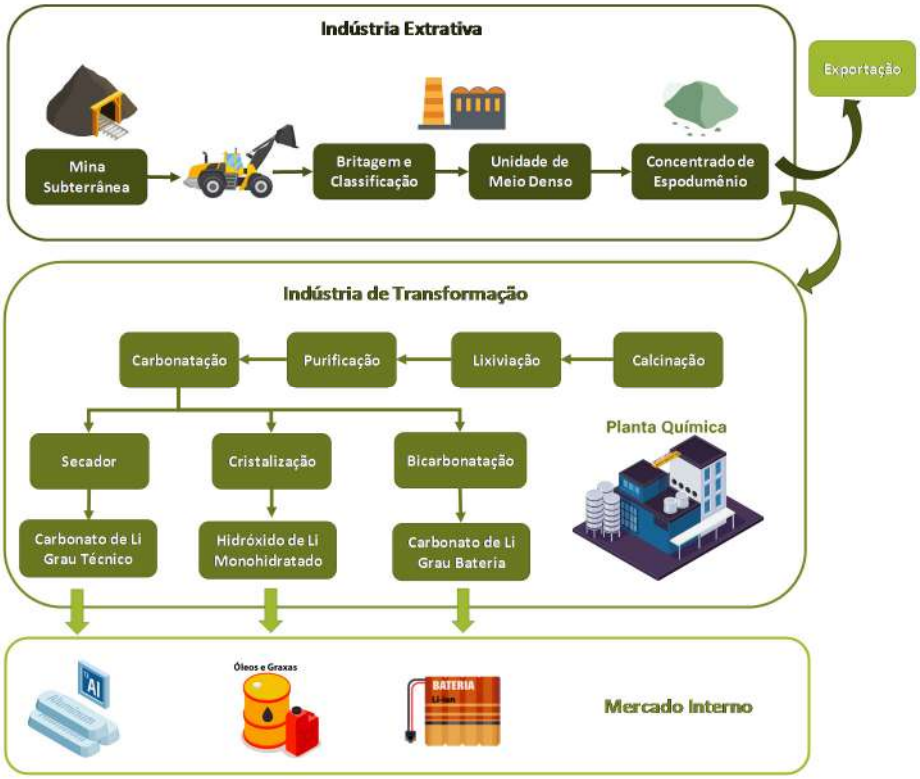
A **Sigma Mineração**, localizado no limite de Itinga e Araçuaí, está com projeto em fase de implantação, com testes de planta piloto para a implementação do processo de produção do concentrado a partir do espodumênio, com objetivo de produção de 220 mil toneladas por ano, com 6% LiO_2.

A produção de lítio é feita exclusivamente no Estado de Minas Gerais, na região de Araçuaí, representando toda a produção nacional. A exploração e comercialização é realizada pela CBL a partir de uma mina subterrânea (Mina da Cachoeira), onde é extraído o pegmatito litinífero, depois processado até tornar-se concentrado de espodumênio, para a produção de compostos de lítio.

O beneficiamento do minério é feito por etapas de britagem e classificação granulométrica que, posteriormente é processado na unidade de meio-denso, onde é obtido o concentrado de espodumênio. Esse concentrado é enviado para a planta química localizada no município de Divisa Alegre (MG), passando pelos processos de calcinação, lixiviação, purificação e carbonatação, para a obtenção do carbonato de lítio e produção dos demais derivados (**Figura 40**).

A partir da obtenção do carbonato de lítio, existem três rotas de processamento: *i)* etapa de secagem para a obtenção de carbonato de lítio grau técnico; *ii)* processo de cristalização para a produção de hidróxido de lítio

monohidratado; *iii)* bicarbonatação para a obtenção de carbonato de lítio grau bateria (**Figura 40**). Todos esses produtos são destinados ao mercado interno.



Fonte: Adaptado de CBL, 2020.

***Figura 40** - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva do lítio.*

Dentre os produtos oriundos da cadeia produtivo do lítio, o hidróxido de lítio é o produto de maior uso direto, sendo obtido a partir do carbonato de lítio ou diretamente de concentrado de espodumênio. É utilizado na produção de graxas lubrificantes especiais para assegurar um maior índice de viscosidade em diferentes temperaturas (ABDI, 2016).

O segundo produto mais consumido no Brasil é o carbonato de lítio, usado diretamente na indústria de alumínio primário, vidro e cerâmica (ABDI, 2016).

A tendência mundial de veículos elétricos e híbridos deve gerar grande demanda à indústria de componentes para as baterias de lítio, o que gera oportunidades para empresas brasileiras de diversos setores, como o extrativo mineral, o de transformação e o químico.

O mercado nacional de baterias de lítio é voltado para a aplicação em eletrônicos de consumo, entretanto há uma tendência mundial de veículos elétricos e híbridos que deve gerar grande demanda à indústria de componentes para as baterias de lítio, criando oportunidades para empresas brasileiras de diversos setores, como o extrativo mineral, o de transformação e o químico.

Entretanto, a indústria de baterias veiculares de lítio tem grandes desafios a serem superados, desde a implementação de estrutura tecnológica, capacitação da mão-de-obra, legislação, regulação, PD&I, difusão do uso e desenvolvimento de infraestrutura de postos de recarga para a viabilização dos veículos elétricos e híbridos, entre outros.

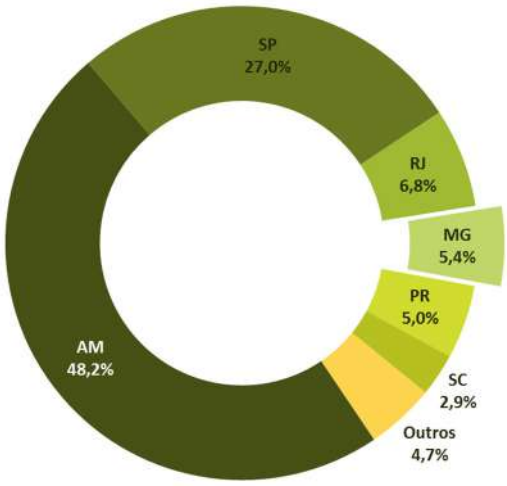
Aspectos Econômicos

O Estado de Minas Gerais é o responsável pelas exportações nacionais de concentrado de espodumênio, somando US$ 1,73 milhões e que corresponderam a 3.060 toneladas no ano de 2018. Desse montante, 99,95% foram destinados à China, e o restante foi para o Canadá, Alemanha e Coreia do Sul.

Ressalta-se que a CBL produz hidróxido e carbonato de lítio, entretanto essa produção atende somente ao mercado interno.

Em 2018, os principais produtos manufaturados e compostos químicos de lítio, importados no Brasil, foram principalmente pilhas e baterias elétricas, que corresponderam a US$ 18,28 milhões (96% do total), seguido por resfriadores de água, de absorção por brometo de lítio; e compostos químicos na forma de cloreto, hidróxido, carbonato, nitrato e sulfato de lítio.

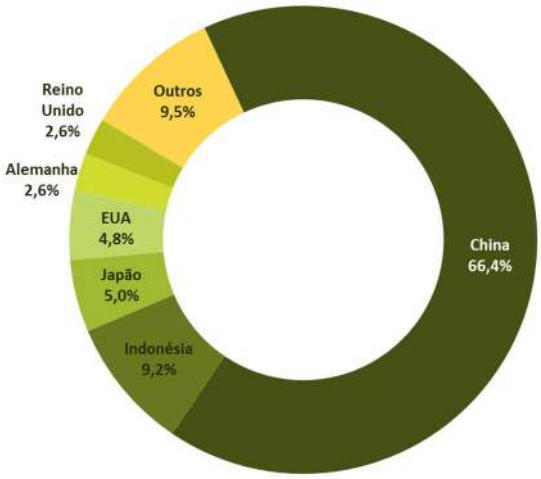
Desse total de US$ 18,28 milhões os Estados que mais importaram pilhas e baterias elétricas de lítio, são o Amazonas com US$ 8,81 milhões, seguido por São Paulo e Rio de Janeiro. Minas Gerais foi o quarto Estado importador, com US$ 991 mil (**Gráfico 95**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 95** – Principais Estados importadores de pilhas e baterias elétricas de lítio.*

O principal país exportador de pilhas e baterias elétricas de lítio para o Brasil foi a China, com um montante de US$ 12,14 milhões (2018), seguido por Indonésia, Japão e EUA (**Gráfico 96**). Seguindo a tendência nacional, Minas Gerais também importa pilhas e baterias elétricas de lítio principalmente da China (US$ 610,9 mil).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 96** – Principais países exportadores de pilhas e baterias elétricas de lítio para o Brasil.*

3.1.1.8. Elementos Terras Raras (ETRs) e Titânio (TiO_2)

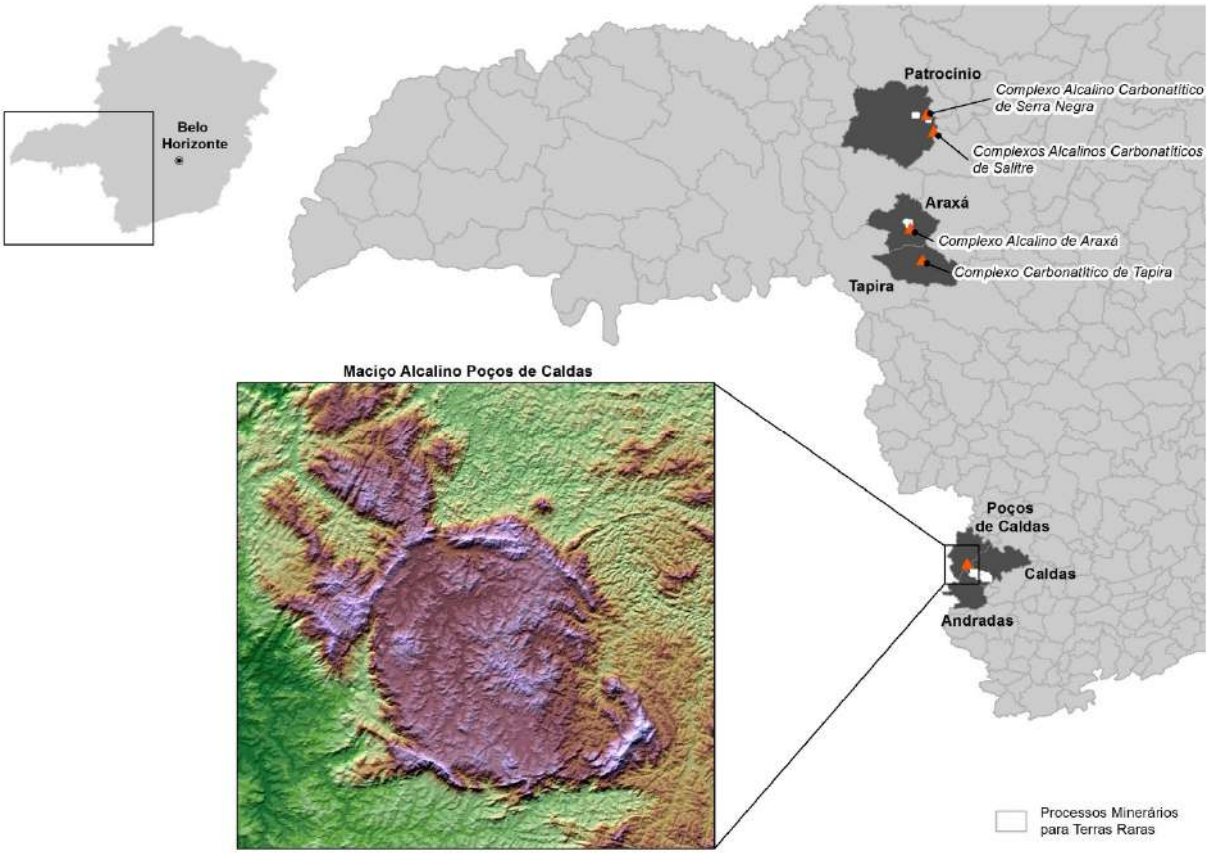
Elementos Terras Raras (ETRs)

Os ETRs são em sua grande maioria pertencentes ao grupo dos lantanídeos (15 elementos), incluindo além desses, mais dois elementos: escândio e o ítrio. Estes ETRs estão presentes em mais de 200 minerais. Todavia, os minerais fornecedores de ETRs em volume econômico são: xenotima, monazita e bastenaesita e, como fonte futura de minerais-minério, perovskita, fluorita e zircão (MORAES e SEER, 2018).

Cabe ressaltar o vasto potencial de aplicações de ETRs, desde a indústria têxtil, de petróleo, metalúrgica e agricultura à indústria de alta tecnologia como turbinas eólicas, carros híbridos, televisores de tela plana, telefone celular, lâmpadas fluorescentes compactas, ímãs permanentes, catalisadores de gases de escapamento, lentes de alta refração, cerâmica, LED, baterias e mísseis teleguiados (MORAES e SEER, 2018).

No Estado de Minas Gerais as ocorrências de ETRs aparecem relacionadas à **Província Ígnea do Alto Paranaíba**, que aloja os complexos alcalino-carbonatíticos, pipes kimberlíticos e kamafugíticos, localizados entre o centro-oeste e sudeste de Minas Gerais; às rochas vulcânicas alcalinas do **Grupo Mata da Corda,** a leste dessa Província; aos **pegmatitos** da região de São João del Rei e aos depósitos em ***pláceres* fluviais**, principalmente os da região de São Gonçalo do Sapucaí (MORAES e SEER, 2018; LOBATO e COSTA, 2018; DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003).

Em geral, as mineralizações de ETRs ocorrem de maneira subordinada nos depósitos de nióbio, fosfato e titânio, que se encontram alojados nos complexos alcalino-carbonatíticos**.** Os maciços alcalinos economicamente mais importantes (**Figura 41**) e que merecem destaques por conterem ETRs, além do maciço alcalino **Poços de Caldas** por ser o maior corpo intrusivo dômico e conter diversos depósitos minerais (Nb, **ETR**, Mo, etc.), são os de **Araxá** (Nb, P_2O_5, Ba, **ETR**), **Serra Negra** (TiO_2, P_2O_5, **ETR**) e **Tapira** (P_2O_5, TiO_2, Nb, **ETR)** (MORAES e SEER, 2018; LOBATO e COSTA, 2018; DARDENE e SCHOBBENHAUS, 2003).



Fonte: ANM, 2018/ Elaboração: SEDE.

***Figura 41** - Distribuição dos processos minerários de Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais e detalhe do Maciço Alcalino de Poços de Caldas*

Ressalta-se que nos Complexos Alcalino Carbonatíticos de **Salitre I, II e III** os depósitos são de fosfato e titânio, todavia, há ocorrência de nióbio e ETRs. Os ETRs ocorrem de maneira muito subordinadas nestes depósitos, estando associados à apatita, perovskita, anatásio e monazita, além de elementos radioativos como urânio e tório. Durante o processo de beneficiamento mineral, estes ETRs são liberados numa faixa granulométrica muito fina, dificultando sua recuperação (MORAES e SEER, 2018).

Ocorrências de ETRs, como subprodutos do processamento de Ti (titanomagnetita e anatásio), são descritas nas lateritas, nos saprólitos e em rochas de afinidade kamafugíticas alteradas do **Grupo Mata da Corda,** que compõe o flanco leste do Arco do Alto Paranaíba (ROLIM, 2014 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Moraes e Seer (2018), citam alguns trabalhos de pesquisa entre 1940 a 1950, que alertaram para a presença de xenotímio e monazita, minerais fontes de elementos terras-raras, em **pegmatitos da região de São João del-Rei;** porém, sem mais informações atualizadas e detalhadas a respeito.

Ainda, são observados ETRs em depósitos tipo ***pláceres* fluviais**, como o depósito situado ao longo do rio São Gonçalo do Sapucaí. Estes ETRs concentram-se na monazita e o depósito ainda conta com concentrações de ilmenita, zirconita e ouro. Atualmente estas reservas pertencem a Vale (MORAES e SEER, 2018).

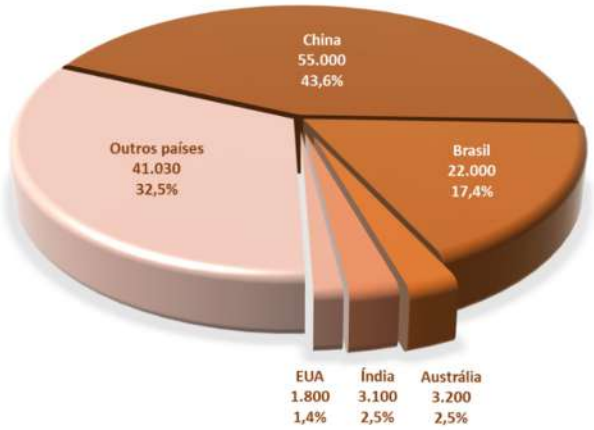
Em termos de processos minerários registrados, até o primeiro semestre de 2018 no SIGMINE, para os Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais, existiam 10 processos pelo Regime de Concessão de Lavra,

sendo dois na fase de autorização de pesquisa, cinco na fase de requerimentos de pesquisa e dois na fase de requerimentos de lavra. Não existe até o momento nenhuma Concessão de Lavra.

A **Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM)** possui uma mina de nióbio, que contém outras mineralizações como fosfato e ETRs.

Recursos e Reservas

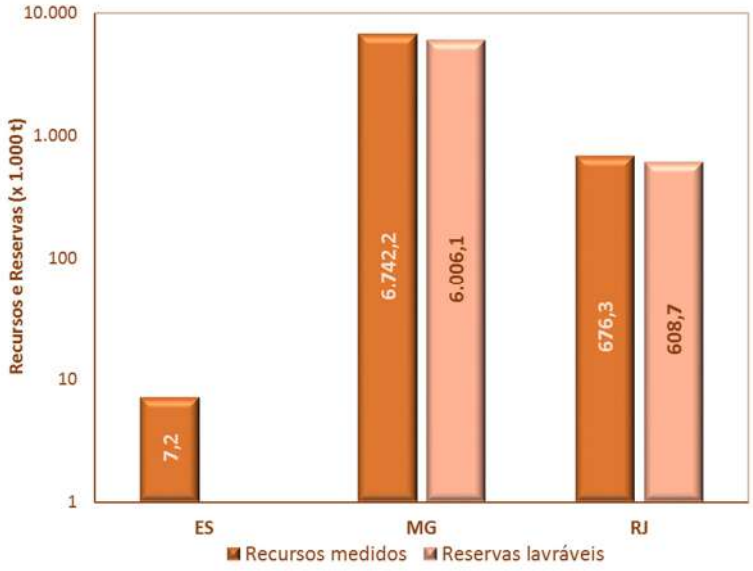
O Sumário Mineral Brasileiro informa que as reservas mundiais de ETRs foram da ordem de 124 mil toneladas em 2015, com a China responsável por 43,6% do total. O Brasil é o segundo detentor mundial dessas reservas com 22 mil toneladas (17,4%), havendo ainda ocorrências na Austrália, Índia e EUA (**Gráfico 97**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 97** – Distribuição mundial de reservas de ETRs*

Dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostraram que os recursos medidos e as reservas lavráveis de ETRs se concentram no Estado de Minas Gerais, com mais de 6,7 Mt e 6,0 Mt, respectivamente (**Gráfico 98**). Ainda existem ocorrências menos expressivas no Rio de Janeiro e no Espírito Santo.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 98** – Distribuição nacional dos recursos medidos e reservas lavráveis de ETRs.*

Dados fornecidos pela ANM/MG mostraram que, em 2018, os recursos totais e reservas lavráveis de ETRs se concentraram no município de **Araxá**, com mais de 98% do volume das ocorrências (**Gráfico 99**). As demais estavam no município de **Poços de Caldas**.

Fonte: AMG-MG, 2018.

***Gráfico 99** – Distribuição estadual dos recursos e reservas de ETRs em Minas Gerais*

O Sumário Mineral Brasileiro de 2016 destaca que a produção mundial é liderada pela China, com 105 mil toneladas (84,7%); seguida pela Austrália, com 10 mil toneladas (8,1%) e EUA, com 4,1 mil toneladas. Ainda há produção na Rússia, Tailândia e Malásia, **não havendo registros de produção no Brasil**.

Titânio (TiO_2)

O titânio é um mineral altamente resistente a corrosão e quimicamente inerte. Os minerais portadores de titânio são a ilmenita ($FeTiO_2$), que é fonte de 89% do Ti produzido mundialmente, anatásio (TiO_2), rutilo (TiO_2), perovskita ($CaTiO_3$) e leucoxênio. Possui diversas aplicações, entretanto, boa parte de sua produção é usada na fabricação de tintas. É utilizado ainda em uma variedade de produtos, tais como plásticos, papel e tintas, conferindo luminosidade e opacidade (MORAES e SEER, 2018).

Segundo Moraes e Seer (2018), apenas 5% do concentrado de minerais de titânio produzido anualmente são empregados na produção do metal de titânio. Este metal é usado extensivamente na indústria aeroespacial na fabricação de motores de mísseis, nas aletas de turbinas, pontas das asas e cobertura de tubos de escapes. Na indústria química o metal é usado em recipientes e tubos anticorrosivos. É usado também na fabricação de instrumentos cirúrgicos como grampos e pregos cirúrgicos e outros. Ademais, é aplicado em equipamentos submarinos e de processamento de alimentos (ALECRIM, 1982).

Assim como os ETRs, as ocorrências de titânio no Estado aparecem relacionados a **Província Ígnea Alcalina do Alto Paranaíba**; ao **Grupo Mata da Corda** na região de Presidente Olegário e aos depósitos tipo ***pláceres* fluviais**, na região sul de Minas Gerais (MORAES e SEER, 2018).

Nos complexos alcalino-carbonatíticos, as mineralizações de Ti que ocorrem em diferentes depósitos alojados nesses complexos, em geral são subordinadas à mineralização primária (fosfato ou nióbio) e têm como principal mineral fonte de Ti o anatásio, proveniente da alteração da perovskita presentes nas rochas destes complexos. O anatásio seria, portanto, o responsável pelas ocorrências de Ti nos depósitos de Tapira, Serra Negra e Salitre (RIBEIRO *et al.*2014 *apud* MORAES e SEER, 2018).

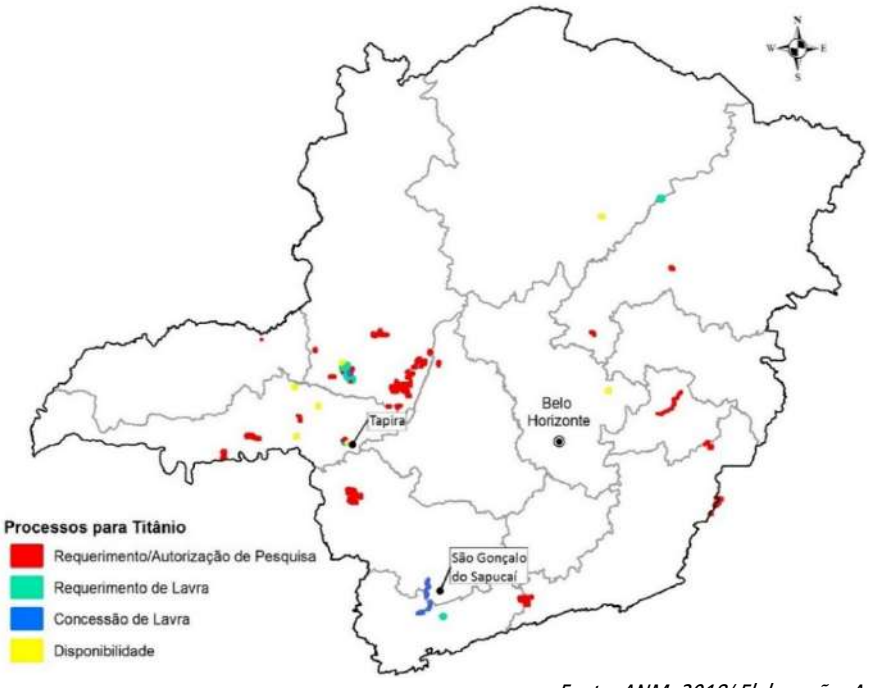
O **Complexo Carbonatítico de Tapira**, apesar de conter subordinadamente, **titânio** na sua mineralização, só o fosfato, atualmente, está sendo beneficiado pela Mosaic Fertilizantes. Mesmo sendo a mineralização de titânio subordinada a de fosfato neste complexo, esta mineralização o faz ser também considerado um dos maiores depósitos de titânio do mundo (MORAES e SEER, 2018). Entretanto o complexo de Tapira, assim como o **Complexo Alcalino Carbonatítico de Serra Negra,** que apresenta potencial especialmente para **titânio,** não têm processos metalúrgicos para sua extração, o que dificulta a totalidade de aproveitamento desses depósitos (ILUKA 2014, SANTOS, 2010 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Ressalta-se que há dois problemas que inviabilizam a produção de TiO_2 nestes complexos: o anatásio ser o principal mineral primário, fonte de titânio, e este requerer processos tecnológicos específicos para sua extração e o fato da indústria mundial estar implantada para operar com rutilo e ilmenita. (ALECRIM, 1982).

Na região de **Presidente Olegário**, as ocorrências de Ti estão relacionadas as rochas do Grupo Mata da Corda, cujas amostras estudadas apresentaram teores de TiO_2 entre 8,2 e 10%, os quais são bem elevados quando considerado com amostras de rochas semelhantes em outras regiões do Estado, fazendo desta região um bom potencial prospectivo para titânio (ROSA, 2015 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Ainda, são observados titânio, na forma de ilmenita, em depósitos tipo ***pláceres* fluviais**, como o depósito situado ao longo do rio São Gonçalo do Sapucaí, sendo um dos principais depósitos de titânio para o Estado, e que engobla os municípios de Turvolândia, Cordislândia, São Gonçalo do Sapucaí, Silvianópolis, São Sebastião da Bela Vista e Pouso Alegre, no sul de Minas Gerais (MORAES e SEER, 2018).

Foram registrados, até o primeiro semestre de 2018 no SIGMINE, 117 processos minerários pelo Regime de Concessão de Lavra para pesquisa e exploração de titânio no Estado, sendo 66 processos em fase de autorização de pesquisa, 23 processos na fase requerimento de pesquisa, 21 na fase de concessões de lavra, sete na fase de requerimento de lavra. Além destes, constam sete áreas em disponibilidade.



Fonte: ANM, 2018/ Elaboração: Autores.

***Figura 42** - Distribuição dos processos minerários de titânio Minas Gerais.*

Como se observa na **Figura 42**, as áreas de concessões de lavra no Estado estão situadas nas RGInts de Poços de Caldas, Varginha e Uberaba. Entretanto, na região de Uberaba, em virtude da diversidade de associações mineralógicas, essas concessões de titânio (anatásio) ficam subordinadas à exploração de fosfato e nióbio, em consequência das restrições tecnológicas para seu aproveitamento. Enquanto que as concessões de lavra que ocorrem ao sul estão paralisadas devido a questões legais, e não em função do seu mineral minério fonte a ilmenita.

Deste modo, o estado de Minas Gerais detém recursos significativos dos seguintes minerais de titânio:

- **Rutilo**: nos municípios de Seritinga, Serranos e Aiuruoca. Uma unidade piloto de concentração da empresa japonesa JFE encontra-se em operação desde meados de 2018;
- **Ilmenita**: no município de Sapucaí-Mirim existem recursos que totalizam cerca de 100Mt de minério de ilmenita associada a magnetita e escândio;
- **Anatásio**: nos municípios de Araxá, Tapira, Serra do Salitre, Patrocínio e Patos de Minas existem enormes recursos do mineral anatásio associado a formações alcalinas de apatita. Os recursos de minério associado ao anatásio podem chegar a mais de 2,0 Bt.

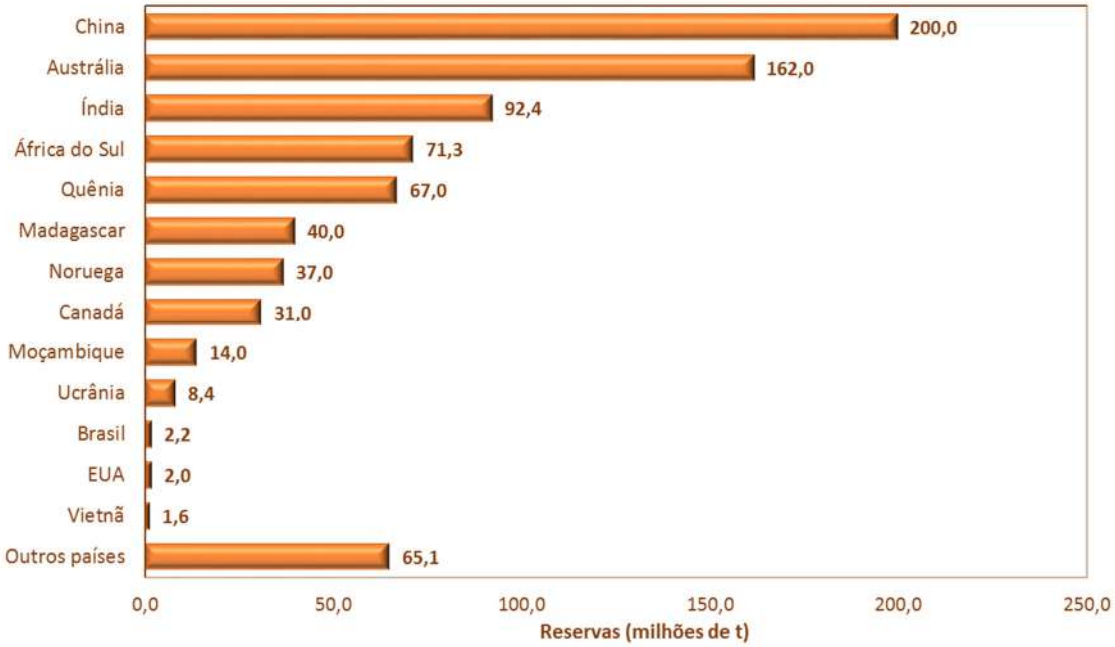
A indústria mundial do titânio é concentrada em cinco empresas que produzem TiO_2 de alta pureza por processos denominados rota sulfato ou rota cloreto, utilizando **essencialmente** rutilo e ilmenita. Dentre essas empresas, a única localizada no Brasil é a Cristal, localizada em Salvador, com produção de 60.000 toneladas por ano de TiO_2. As outras empresas são: Chemours, Huntsman International, Kronos e Tronox. A Cristal foi recentemente adquirida pela Tronox. O anatásio não é ainda um mineral processado comercialmente, pois o seu tratamento representa um desafio tecnológico, pela enorme quantidade de impurezas contidas, como Mg, Fe, U, Th, Nb dentre outros.

A **Vale** estudou por vários anos a introdução do anatásio como um novo *feedstock* na cadeia de produção do dióxido de titânio, contudo sem sucesso. A grande quantidade de minerais deletérios contidos dentro do mineral de interesse, inviabilizou esse desenvolvimento.

A **CODEMGE** estuda nesse momento o processamento direto do anatásio para a produção de dióxido de titânio através do processo de abertura e solubilização, purificação e precipitação do TiO_2.

Recursos e Reservas

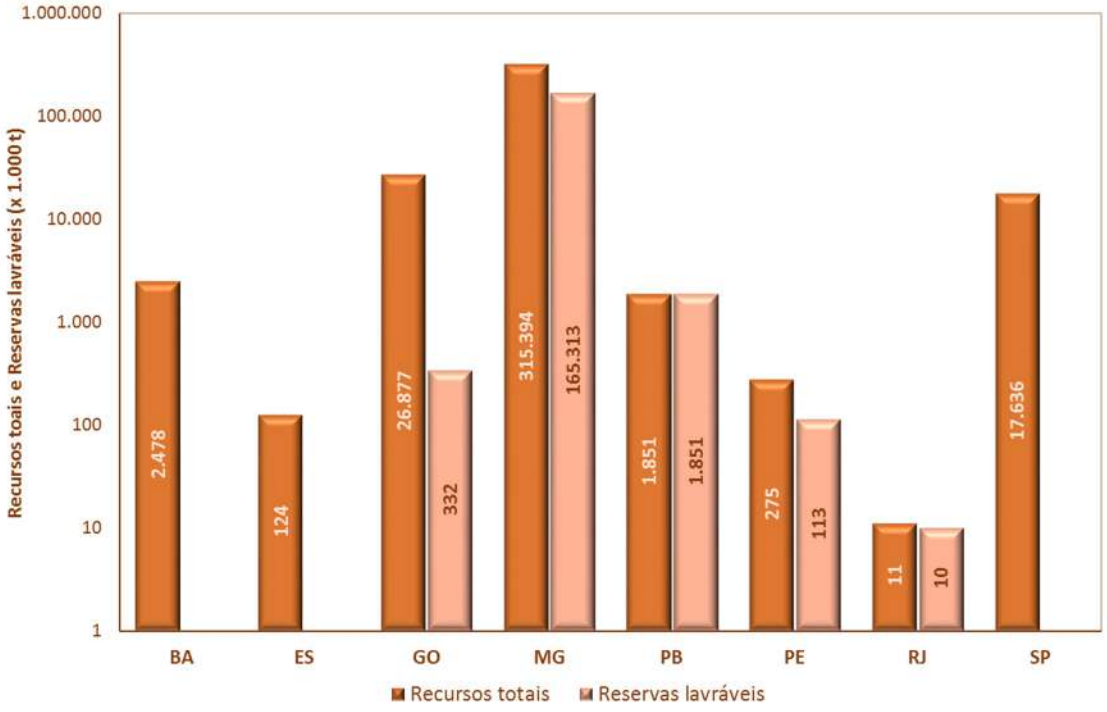
Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, em 2015 as reservas mundiais de titânio, provenientes de ilmenita e rutilo, concentraram-se principalmente na China (200 Mt); Austrália (162 Mt); Índia (92,4 Mt) e África do Sul (71,3 Mt), existindo ainda reservas consideráveis no Quênia, Madagascar, Noruega e Canadá. O Brasil aparece na 11ª posição, com apenas 2,2 Mt (**Gráfico 100**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 100** – Distribuição mundial das reservas de titânio proveniente de ilmenita e rutilo.*

Em nível nacional, os dados mais recentes publicados pela ANM, sobre a distribuição das reservas nacionais de titânio, foram no Anuário Mineral Brasileiro de 2010. O destaque ficou com o Estado de Minas Gerais, com um montante de recursos totais de mais de 315 Mt (86,5% do total nacional) e mais de 165 Mt de reservas lavráveis, o que supera os 98% do total nacional. Porém, ainda existem recursos e reservas nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo (**Gráfico 101**).



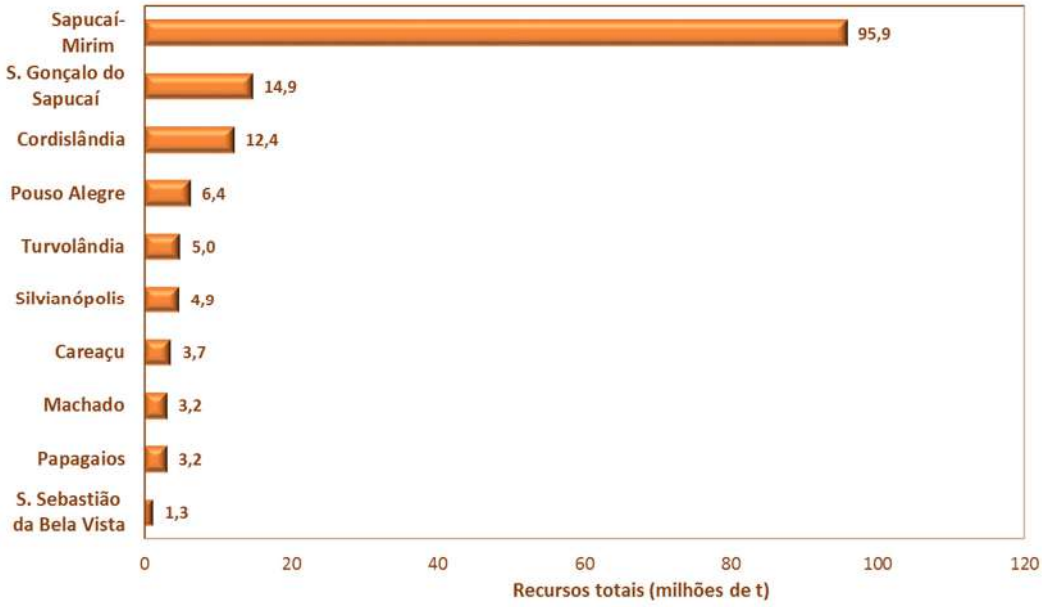
Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 101** – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de titânio*

Para o titânio oriundo de rutilo, ilmenita e anatásio, dados mais recentes disponibilizados pela ANM/MG mostraram que em 2017, o Estado apresentou uma distribuição de recursos totais de 1.867 Mt, sendo 846 Mt de recursos medidos; 712,4 Mt de recursos indicados e 308,7 Mt de recursos inferidos. Já as reservas lavráveis somaram mais de 876,4 Mt.

Ainda foi possível constatar que os **recursos totais** estavam distribuídos principalmente na Região Geográfica Intermediária de Pouso Alegre, com 117,2 Mt, o que representa 77,7% do total. Ainda existiam recursos nas regiões de Varginha, com 30,5 Mt (20,2%) e Divinópolis, com 3,2 Mt (2,1%).

Dentre os principias municípios, se destacam Sapucaí-Mirim com 95,9 Mt (63,9%); São Gonçalo do Sapucaí, com 14,9 Mt (9,9%) e Cordislândia, com 12,4 Mt (8,2%) (**Gráfico 102**). Ainda existem recursos nos municípios de Pouso Alegre, Turvolândia, Silvianópolis, Careaçu, Machado, Papagaios e São Sebastião da Bela Vista.

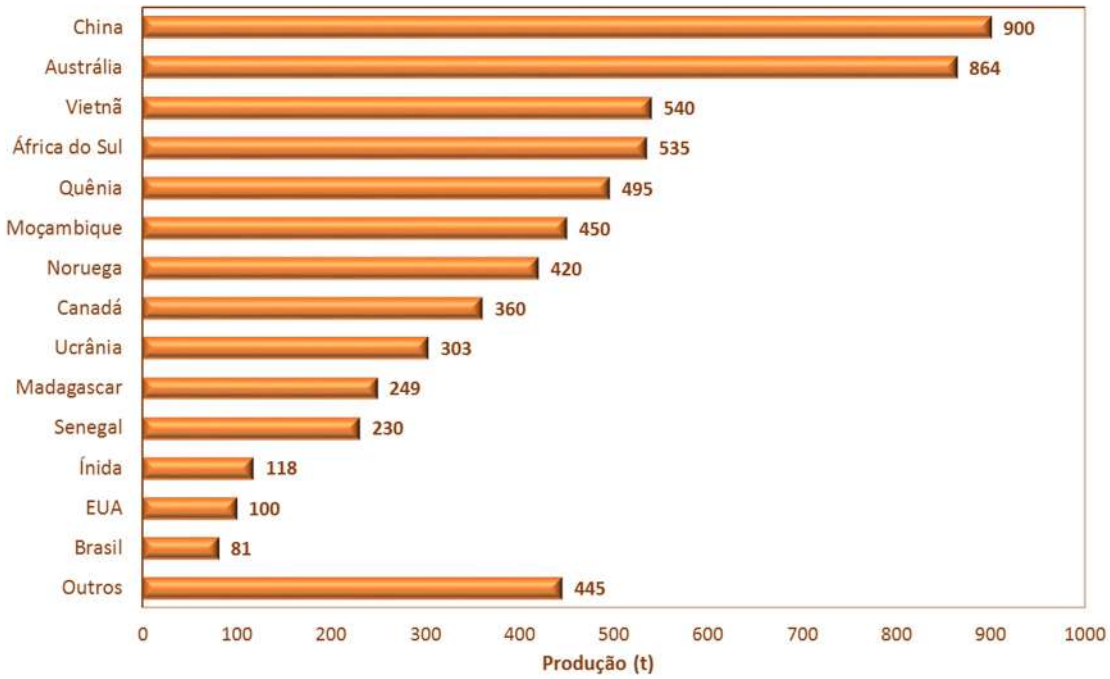


Fonte: ANM, 2017

***Gráfico 102** - Recursos totais de titânio por município.*

Produção

Em termos de produção mundial, a partir dos dados do Sumário Mineral Brasileiro de 2016, observa-se que a China, com 900 mil toneladas (14,8%) e a Austrália, com 864 mil toneladas (14,2%) são os dois principais países produtores de titânio oriundos de ilmenita e rutilo (**Gráfico 103**). Ainda merecem destaque o Vietnã, África do Sul, Quênia, Moçambique, Noruega, Canadá e Ucrânia. O Brasil é o 14º com 81 mil toneladas (1,3%).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 103** – Distribuição da produção mundial de titânio em 2015.*

O Anuário Mineral Brasileiro de 2016 reporta que os principais municípios produtores no Brasil foram Mataraca (PB), Santa Bárbara de Goiás (GO) e São Francisco de Itabapoana (RJ). A produção brasileira de concentrado de titânio caiu 2,6% entre 2014 e 2015, passando de 83,1 para 81 mil toneladas. Não existem dados publicados pela ANM sobre a produção de titânio no Estado de Minas Gerais.

3.1.2. Substâncias Não Metálicas

3.1.2.1. *Águas Minerais*

Segundo a ANM, a água mineral ou potável de mesa é obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas. Caracteriza-se pelo conteúdo definido e constante de sais minerais e outros constituintes, considerando-se as flutuações naturais.

Ressalta-se que o aproveitamento de águas minerais ou potáveis de mesa é regulamentado pelo Código de Águas, atualmente dependente de concessão da União Federal.

O território brasileiro é composto por 12 grandes regiões hidrográficas que, além das precipitações pluviométricas, são abastecidas por sistemas de águas subterrâneas compostos por 181 aquíferos, dentre os quais se destacam os dois maiores do mundo em termos de reservas, o Alter do Chão e o Guarani.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, os sistemas de aquíferos são classificados segundo a sua formação rochosa e permeabilidade, podendo ser poroso, cárstico ou fraturado, sendo o sistema poroso o que possui o maior número de aquíferos.

Em Minas Gerais, estão localizados, em área total ou parcial, um montante de 20 aquíferos, sendo 11 do sistema poroso, seis no sistema cárstico e três no sistema fraturado (**Figura 43**) (Fonte: SNIRH/ ANA, 2018). Os aquíferos situam-se em quatro grandes regiões hidrográficas: Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, São Francisco e Paraná.

Segundo Queiroz (2004), a diversidade litológica promove também a variedade hidrogeoquímica das águas (fluoretadas, radioativas, cálcicas, carbogasosas, sulfurosas, sulfo-alcalinas, sódicas, litinadas, férricas, alcalino-terrosas, alcalinobicarbonatadas e termais) e faixas de pH (entre 4,6 e 8,97).

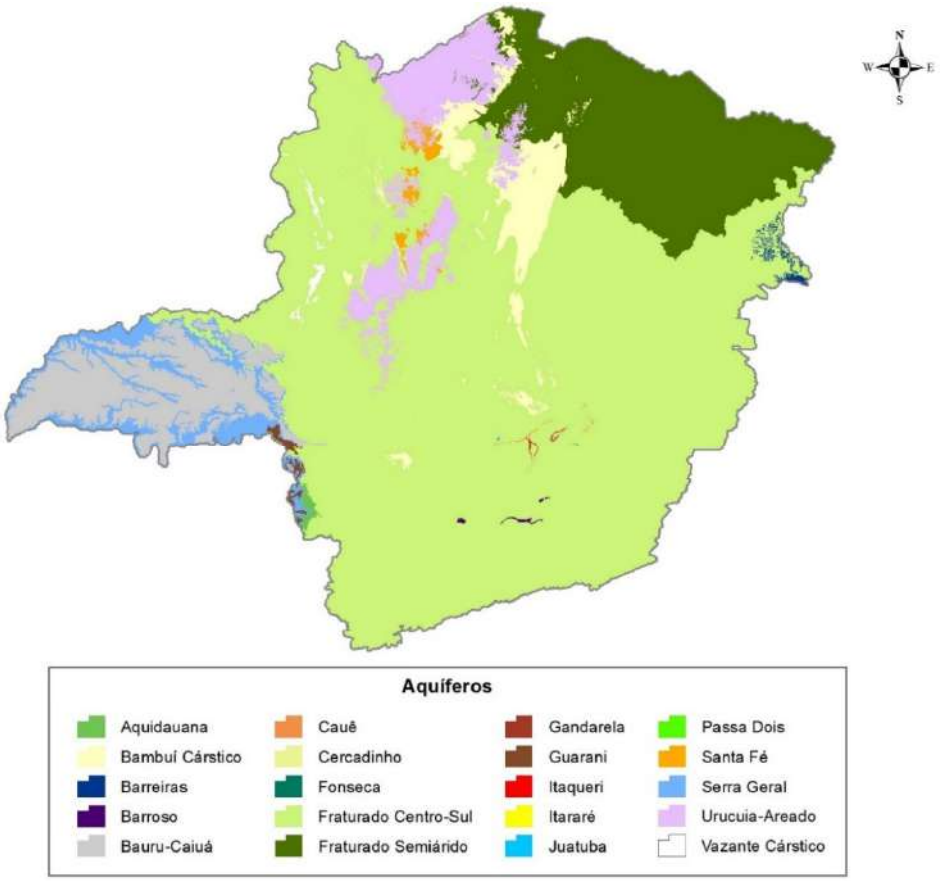


***Figura 43** - Principais sistemas de aquíferos localizados em Minas Gerais.*

A **Tabela 7** apresenta os aquíferos que possuem área aflorante no território do Estado Minas Gerais com respectivas áreas totais e reserva potencial explotável (RPE). É possível observar que o aquífero Fraturado Centro-Sul é um dos maiores do país e também o que possui maior área em Minas Gerais, e o segundo com maior potencial explotável em grande parte do Estado.

***Tabela 7** - Aquíferos brasileiros com área aflorante em Minas Gerais.*

Nome	Área total (km²)(*)	Sistema	RPE (1.000 L/s)	Localização em MG
Serra Geral	420.593.395.061	Fraturado	1069	Parcial
Fraturado Centro-Sul	113.021.899.117	Fraturado	828	Parcial
Bauru-Caiuá	35.337.435.466	Poroso	752	Parcial

Nome	Área total (km²)(*)	Sistema	RPE (1.000 L/s)	Localização em MG
Guarani	89.221.245.384	Poroso	300	Parcial
Aquidauana	730.272.824.046	Poroso	245	Parcial
Barreiras	169.520.036.892	Poroso	196	Parcial
Urucuia-Areado	144.258.782.518	Poroso	195	Parcial
Itararé	373.877.984.834	Poroso	118	Parcial
Fraturado Semiárido	702.803.139.765	Fraturado	78	Parcial
Bambuí Cárstico	407.163.305.484	Cárstico	42	Parcial
Passa Dois	507.506.945.649	Poroso	Sem Informação	Parcial
Santa Fé	270.555.276.452	Poroso	Sem Informação	Parcial
Itaqueri	266.924.816.789	Poroso	Sem Informação	Parcial
Vazante Cárstico	128.464.222.814	Cárstico	Sem Informação	Total
Barroso	28.476.377.861	Cárstico	Sem Informação	Total
Cauê	26.016.652.543	Poroso	Sem Informação	Total
Gandarela	13.689.202.799	Cárstico	Sem Informação	Total
Cercadinho	10.539.868.706	Poroso	Sem Informação	Total
Juatuba	1.690.113.013	Poroso	Sem Informação	Total
Fonseca	916.028.369	Poroso	Sem Informação	Total

(*) Área total do aquífero no Brasil. (Fonte: Ago/2018 - SNIRH/ ANA)

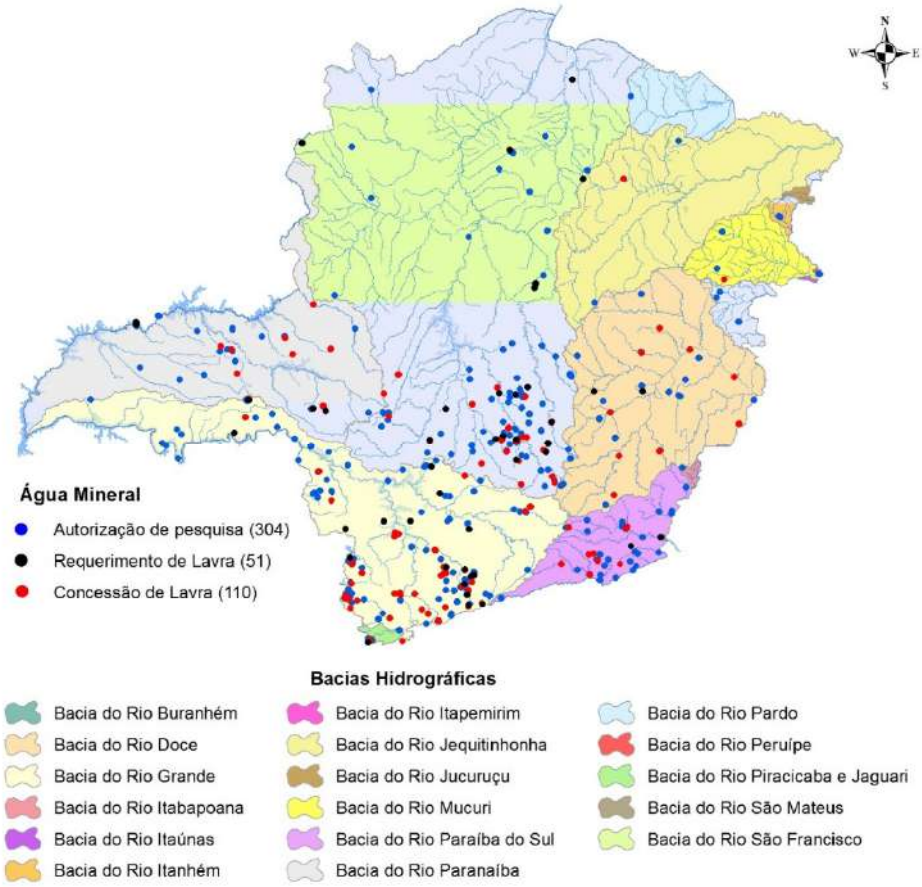
Na base de dados da ANM, até o primeiro semestre de 2018, foram registrados no Estado um total de 539 processos, sendo 533 para água mineral e seis para água potável de mesa. A maior parte dos processos registrados estão nas fases de autorização de pesquisa e concessão de lavra (**Tabela 8**).

***Tabela 8** - Número de registros de processos de exploração de águas para cada fase.*

Fase do processo	Água mineral	Água potável de mesa	Total
Autorização de pesquisa	304	3	307
Concessão de lavra	110		110
Requerimento de pesquisa	63	1	64
Requerimento de lavra	51	1	52
Disponibilidade	5	1	6
Total Geral	**533**	**6**	**539**

Fonte: SIGMINE 1º semestre/2018 – ANM.

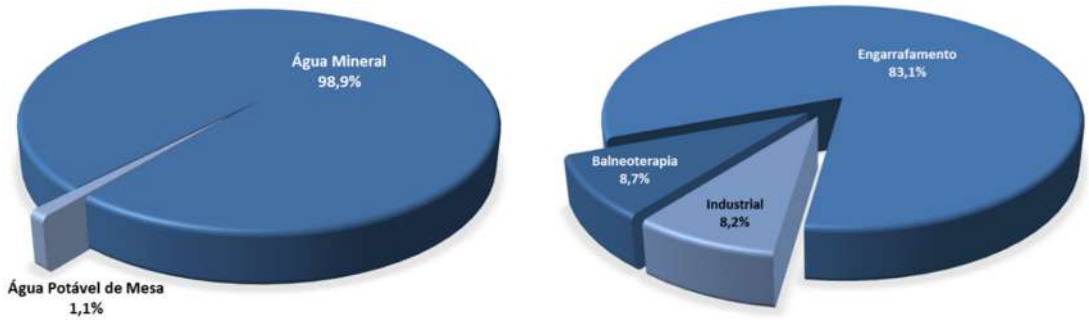
Os processos de autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, referentes à exploração de água estão distribuídos nas principais bacias hidrográficas – Rio São Francisco, Rio Doce, Rio Grande e Rio Paranaíba, principalmente na metade sul do Estado (SIGMINE – ANA, 2018 (**Figura 44**). Com base nas **Figura 43** e **Figura 44**, é possível constatar ainda que a maior parte dos processos, referentes à pesquisa e à exploração de águas minerais no Estado, estão localizados nos aquíferos Fraturado Centro-Sul, Bauru-Caiuá e Serra Geral.



Fonte: SIGMINE 1º semestre/2018 – ANA

***Figura 44** - Distribuição dos processos nas bacias hidrográficas de Minas Gerais.*

Dos principais usos das águas minerais, não considerando aqueles processos onde o uso não foi informado, tem-se que 363 (83,1%) foram destinados ao engarrafamento; 38 (8,7%) para balneoterapia e 36 (8,2%) destinados ao uso industrial (**Gráfico 104**).



(a) ***(b)***

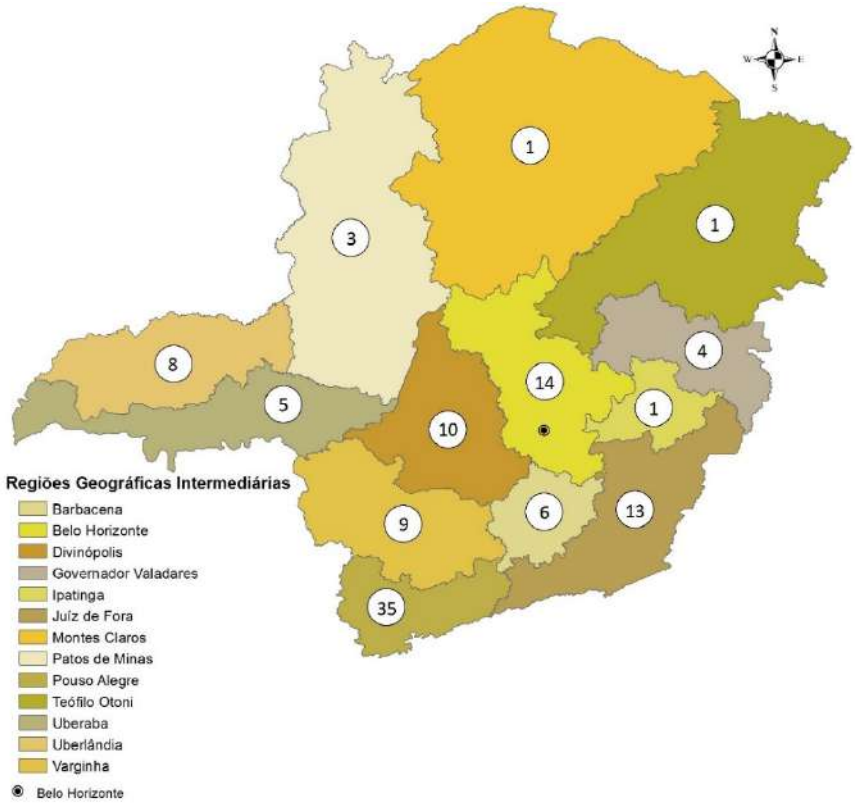
***Gráfico 104** - Distribuição dos processos registrados na ANM quanto a: **(a)** substância; **(b)** uso.*

Dentre as principais empresas que fazem uso das águas minerais, para engarrafamento e composição de produtos industrializados no Estado de Minas Gerais, estão a **Indaiá Brasil Águas Minerais**, a **Nestlé Waters Brasil – Bebidas e Alimentos Ltda**. e a **CPN Mineração Ltda**. (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2010).

Nicolau (2004) cita que é comum o uso da água subterrânea, de forma a suprir o abastecimento. Seguindo essa tendência, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA chega a usar em torno de 60% de poços tubulares de suas redes de distribuição.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM faz o monitoramento hidrológico em todo o território nacional através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), onde é possível realizar consulta, pesquisa, extração e geração de relatórios dos poços cadastrados. Até novembro de 2018 o sistema apontou um registro de 20.573 cadastros de poços tubulares, cisternas, surgências, nascentes e poços tipo Amazonas em Minas Gerais, com grande concentração de poços localizados na RGInt de Montes Claros (8.965 poços).

Segundo Queiroz (2004) Distrito Hidromineral é "uma determinada área ou região de contexto hidrogeológico bem definido e caracterizado por sistema aquífero que concentra e produz água mineral, ou água mineral e potável de mesa, ou somente água potável de mesa". Nesse contexto, o autor ressalta que o sudeste brasileiro é onde se concentra o maior número de distritos hidrominerais.



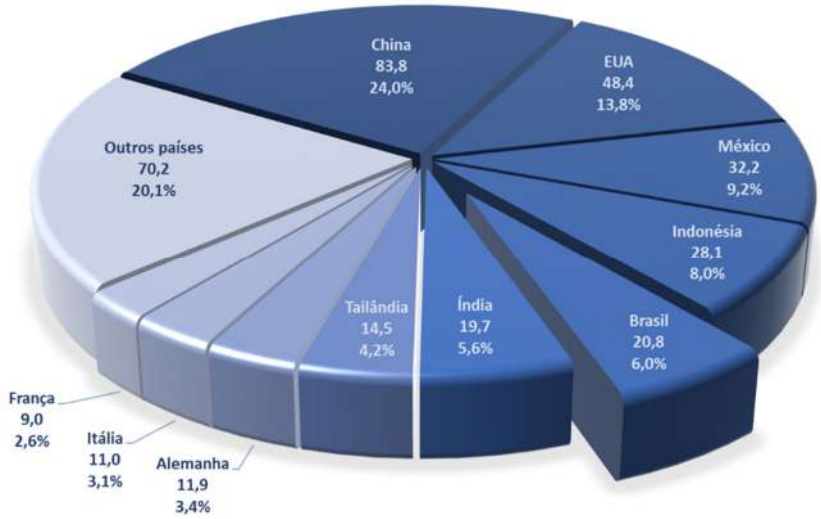
Fonte: SIGMINE/ Abril, 2018.

***Figura 45** – Distribuição das concessões de lavra de água por RGInts do Estado de Minas Gerais.*

Segundo dados do SIGMINE, existem 110 concessões de lavra em Minas Gerais, as quais se concentram nas Regiões Geográficas Intermediárias de Pouso Alegre, Belo Horizonte, Juiz de Fora, Varginha, dentre outras (**Figura 45**). Esses títulos estão distribuídos entre 94 empresas, das quais as maiores detentoras são: Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG (com nove títulos); Água Mineral Viva Ltda. (com quatro títulos); e Mineração Sal Nascente Ltda. (com quatro títulos).

Produção

O Sumário Mineral Brasileiro não divulga dados internacionais de produção de águas minerais. Há apenas informações referentes ao consumo de água engarrafada, com 349 bilhões de litros em 2016, com a liderança da China (83,8 bilhões de litros), seguido dos Estados Unidos, México, Indonésia e Brasil (**Gráfico 105**).



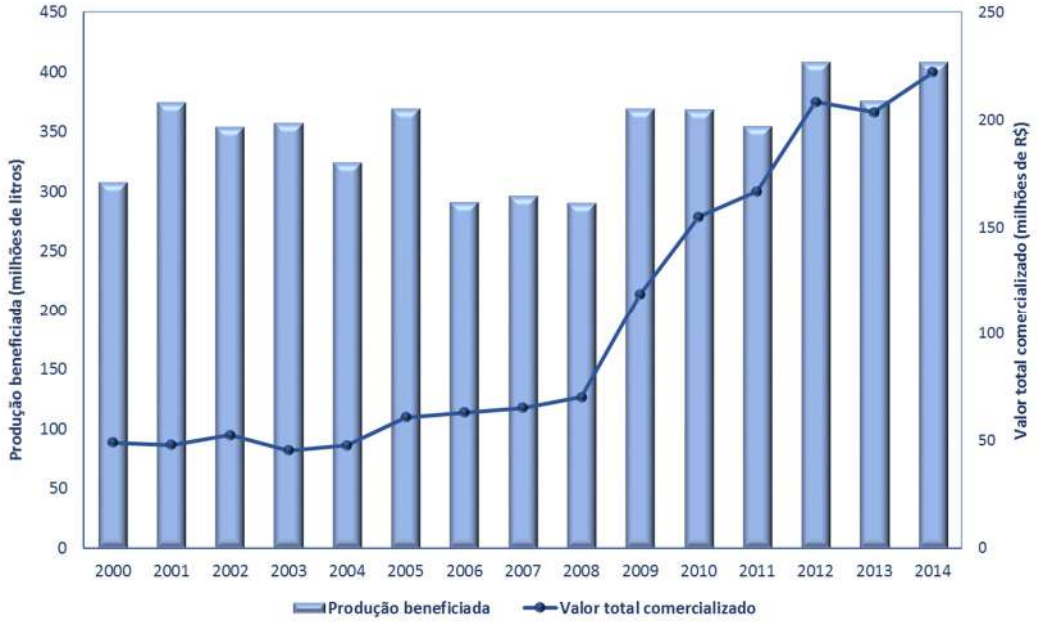
Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 105** - Distribuição do consumo mundial de águas minerais engarrafadas (em bilhões de litros)*

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, a produção de água mineral envasada no Brasil em 2016 foi de 8,14 bilhões de litros, sendo que 71,5% do volume referente a garrafões retornáveis, 26,7% em garrafas plásticas, 1,0% em copos plásticos, 0,1% em embalagens de vidro e 0,7% em outras embalagens. Os principais estados produtores foram São Paulo (21,7%), Bahia (8,4%), Pernambuco (8,2%), Ceará (7,8%), Rio Grande do Norte (5,3%), Minas Gerais (5,0%) e Rio Grande do Sul (4,9%).

A mesma publicação ressalta que, em 2016 foram declarados dois bilhões de litros de água mineral para composição de bebidas e 88,9 bilhões de litros água mineral para uso em balneários.

Para o Estado de Minas Gerais, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro, a produção beneficiada variou entre 290,7 e 408,8 milhões de litros no período de 2000 a 2014, com média em 350,3 milhões de litros (**Gráfico 106**). Ressalta-se que não foram publicados dados referentes à produção comercializada de águas minerais nos anos seguintes.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

***Gráfico 106** – Variação anual da produção beneficiada e do valor total comercializado de águas minerais.*

Observa-se ainda um acréscimo considerável no valor total referente à produção comercializada entre 2000 e 2014, passando de R$49,2 milhões para R$222,0 milhões, um crescimento de mais de 350%.

3.1.2.2. Rochas Ornamentais e de Revestimento

Rochas ornamentais e de revestimento correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos ou chapas, que podem ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

Dentre os principais tipos de rochas, com aproveitamento no setor de rochas ornamentais e de revestimento no Estado de Minas Gerais, destacam-se as inúmeras e volumosas ocorrências de "**maciços granitóides**", com grande diversidade de tipos. Os depósitos de **rochas quartzíticas**, as pequenas lentes de **mármores**, as raras ocorrências de **esteatitos** ("pedra sabão") e de **serpentinitos** e os grandes depósitos de materiais descritos comercialmente como **ardósias**, integram o conjunto das rochas ornamentais mineiras (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

As principais áreas de ocorrência de rochas ornamentais e de revestimento localizam-se nas regiões nordeste e leste (granitos), sudeste (granitos e gnaisses), sudoeste (gnaisses e sienitos) e central (ardósias, quartzitos, esteatitos, serpentinitos e mármores) (**Figura 46**). O Estado de Minas Gerais detém a posição de maior produtor de granito não beneficiado do país (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

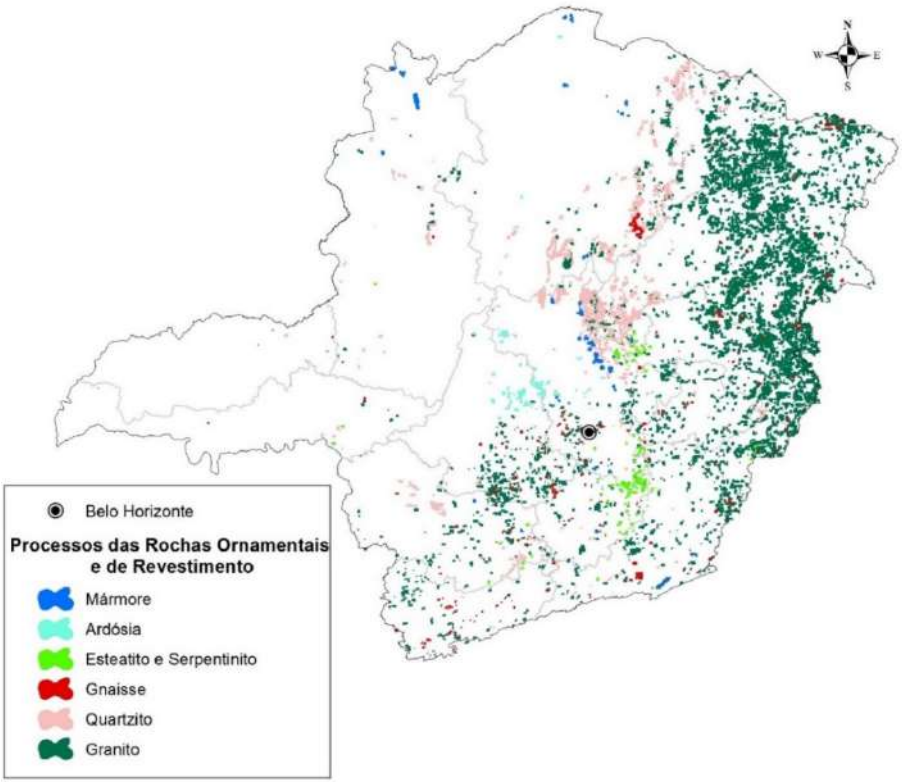


Figura 46 *- Mapa de localização baseado em número de processos minerários de Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (SIGMINE, Abril/ 2018).*

A participação, em termos de processos minerários contidos no SIGMINE - ANM (2018), para rochas ornamentais e de revestimentos no Estado, foi em torno de 20% do total. Deste montante, 70,1% são referentes à pesquisa ou extração de granito, 17,1% a quartzito, 3,8% a gnaisse, 2,1% a ardósia, 2,0% a esteatito, 1,3% a mármore e outros com 3,8% (migmatito, basalto, charnoquito, sienito, serpentinito, xisto, granulito, granodiorito, gabro, diabásio, conglomerado, dunito, diorito, filito, peridotito e tufo), (**Gráfico 107**)

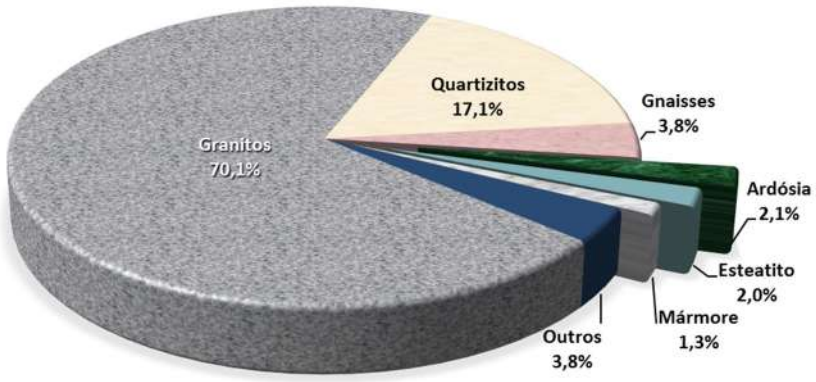


Gráfico 107 *- Distribuição de processos minerários por tipo de rochas ornamentais*

Os principais tipos de rochas ornamentais extraídos no Estado de Minas Gerais, classificados segundo a composição mineralógica, estão sintetizados na **Tabela 9**.

***Tabela 9** - Classificação com base nos critérios composicionais (Fonte: Costa, Campello e Pimenta, 2001)*

Rochas Ornamentais	Tipos		Localização	Nome comercial
Granitos Ornamentais	1) **quartzo - feldspáticos**	Granitos verdadeiros	-	*RUBY RED*
		Gnaisses migmatíticos ou não	-	VERDE LAVRAS e VERDE PRATA
	2) **feldspáticos**	sienitos	-	ÁS DE PAUS
		anortositos	-	AZUL DA NORUEGA
	3) **máficos**	Gabros de grão fino	-	NEGRO ABSOLUTO
		Basaltos	-	-
Quartzitos Ornamentais	Alto grau de recristalização e granulação fina		São Tomé das Letras e Luminárias (sul do Estado)	AZUL IMPERIAL, AZUL e ROSINHA DO SERRO. (comercializados como granitos).
	Alto conteúdo em minerais micáceos			Quartzito SÃO TOMÉ
	Pouco recristalizados (meta-arenitos)			Quartzito ROSA AURORA
	Altos conteúdos em feldspatos (meta-arcósios)			Quartzito PINK
Mármores	Carbonáticos, Sedimentares e metamórficos		Nas regiões de Cachoeira do Campo e de Campos Altos.	Calcários/BEGE BAHIA, dolomitos e mármores/AURORA PÉROLA
				JACARANDÁ, PRETO FLORIDO e VERDE JASPE
Ardósias			Região de Sete Lagoas ao sul e Pirapora ao norte.	*Ardósias
Esteatitos (Pedra Sabão) e Serpentinitos			Viriato, Santa Rita de Ouro Preto, Congonhas do Campo, Ouro Branco.	Com frequência, estas rochas são referenciadas comercialmente de forma incorreta como granitos.

**Para a principal área considerada como de ocorrência de ardósia, essas rochas não correspondem do ponto de vista da petrologia a ardósias típicas, entretanto, são comercialmente referenciadas como tal.*

Dentre as principais empresas que produzem e comercializam rochas ornamentais e de revestimento no Estado, podem ser mencionadas:

A **Mineração Pecuária Morrinhos** (**MPM Slate**) que explora e comercializa ardósias na Fazenda Morrinhos, localizada na rodovia entre os municípios de Papagaios e Pompéu, possuindo reservas cubadas com estimativa de vida útil de 30 anos.

A **Micapel Slate**, que explora e comercializa ardósia, quartzito e esteatito (pedra sabão). Está localizada no município de Pompéu e conta com processos de prospecção, extração e beneficiamento. A Micapel juntamente com a Engenharia S.A. (EGESA), desenvolve um projeto para o reaproveitamento e utilização de rejeitos de ardósia, sob a forma de brita e de pó, na construção civil e na pavimentação de vias de rodagem. A empresa ainda desenvolve alternativa de aproveitamento do resíduo da ardósia usado na agricultura como remineralizador de solos.

A **Associação dos Mineradores e Beneficiadores de Ardósia de Minas Gerais** (**AMAR-MG**) que conta com dez empresas associadas na exploração e comercialização de ardósia na região de Papagaios, Sete Lagoas e Paraopeba.

A **A. Pelucio Comércio e Exportação,** que realiza a extração e beneficiamento de quartzito, está localizada no município de Baependi. A empresa possui 1.500.000 m^2 de jazidas no interior de Minas Gerais para exploração e comercialização de quartzito, com utilização em revestimento e ornamentação.

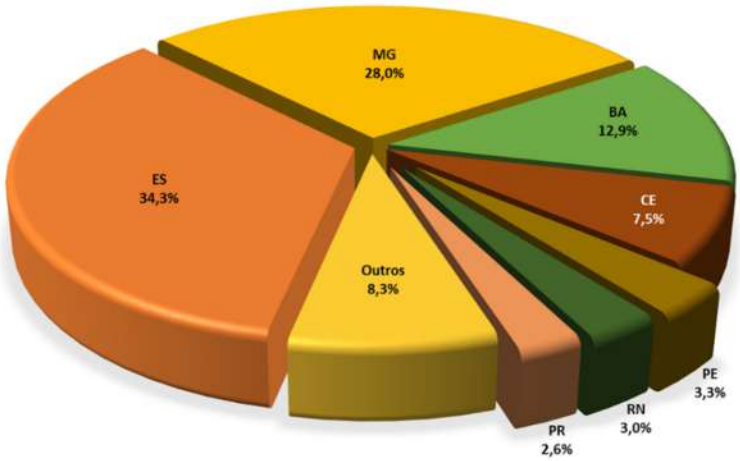
A **Itinga Mineração,** que explora e comercializa granitos, mármores e quartzitos, está localizada no município de Itinga. A empresa conta com capacidade produtiva calculada em mais de 100.000 toneladas de blocos/ano.

A **Ouro Preto Pedra Sabão** (**OPPS**), que explora e comercializa esteatito e granitos, localizada no município de Ouro Preto (Distrito de Cachoeira do Campo). É uma das principais exportadoras de pedra sabão do país. A empresa possui um amplo portfólio, que inclui desde peças artesanais a produtos manufaturados como panelas, chapas e ladrilhos para revestimentos e pisos, fontes, painéis, chafarizes, portais, molduras para portas e janelas, balaustrada e lavabos coloniais, além de kits completos para revestimentos de fornos para aquecimento doméstico.

Recursos e Reservas

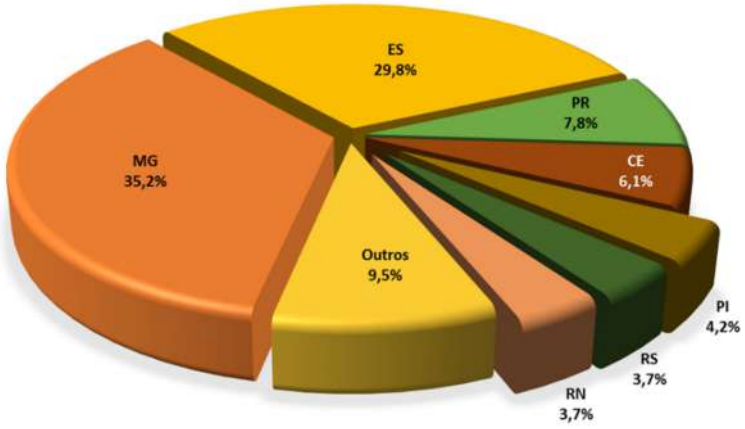
Segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2010, os recursos totais (medidos, indicados e inferidos), (**Gráfico 108**), e reservas lavráveis nacionais (**Gráfico 109**), referentes a rochas ornamentais e de revestimento, estão concentradas nos Estados do Espírito Santo e de Minas Gerais. Em 2009, mais de 80% dos recursos medidos foram de granitos e afins, ultrapassando os 22,5 Bt.

Salienta-se que o Estado de Minas Gerais apresenta um volume de recursos totais em torno de 17,0 Bt (28,0%). Este segmento é liderado pelo Estado do Espírito Santo, que possui um total de 20,8 Bt (34,3%) (**Gráfico 108**). Em termos de reservas lavráveis, o Estado é o maior detentor e possui em torno de 2,6 Bt (35,2%), seguido pelo Estado do Espírito Santo, com 2,2 Bt (29,8%) (**Gráfico 109**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010

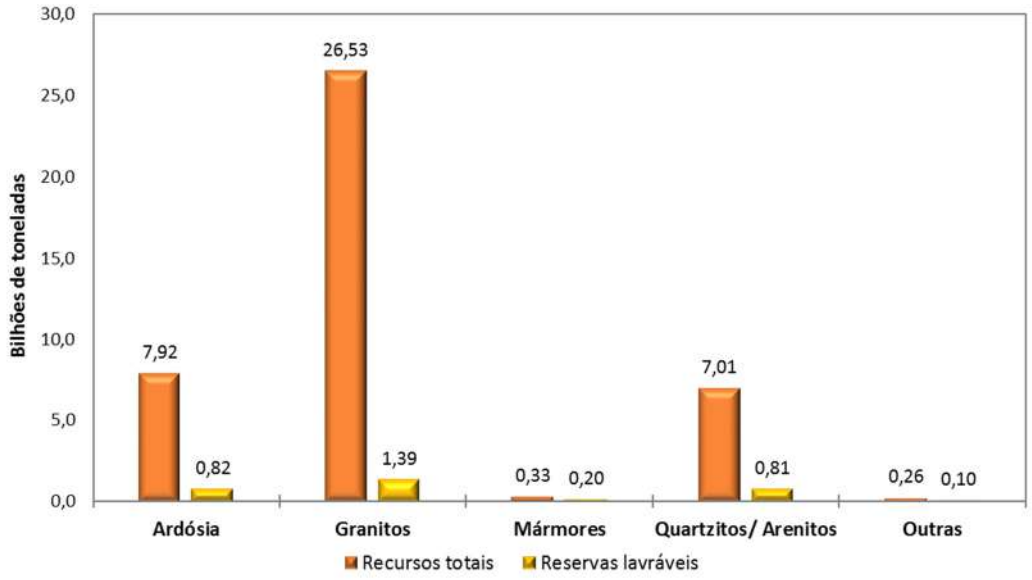
***Gráfico 108** - Distribuição nacional dos recursos totais de rochas ornamentais e de revestimento*



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010

***Gráfico 109** - Distribuição nacional das reservas lavráveis de rochas ornamentais e de revestimento.*

Em 2017, segundo dados da ANM/MG, observa-se que os recursos totais em Minas Gerais foram principalmente de **granitos e afins** (26,5 Bt), **ardósia** (7,9 Bt) e **quartzitos/arenitos** (7,0 Bt), que juntos são responsáveis por mais de 98% das ocorrências de rochas ornamentais do Estado (**Gráfico 110**).



Fonte: ANM, 2017.

***Gráfico 110** - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis dos tipos de rochas ornamentais e de revestimento.*

Segundo dados disponibilizados pela ANM/MG, em 2017, as regiões e os municípios mineiros detentores de recursos e reservas mais relevantes por tipo de rocha foram:

- **Ardósia**: Martinho Campos (2.690 Mt), Pompéu (1.340 Mt) e Papagaios (756 Mt), na região de Divinópolis; Itinga (1.906 Mt), na região de Teófilo Otoni; Felixlândia (1.396 Mt) na região de Belo Horizonte (**Gráfico 111**);

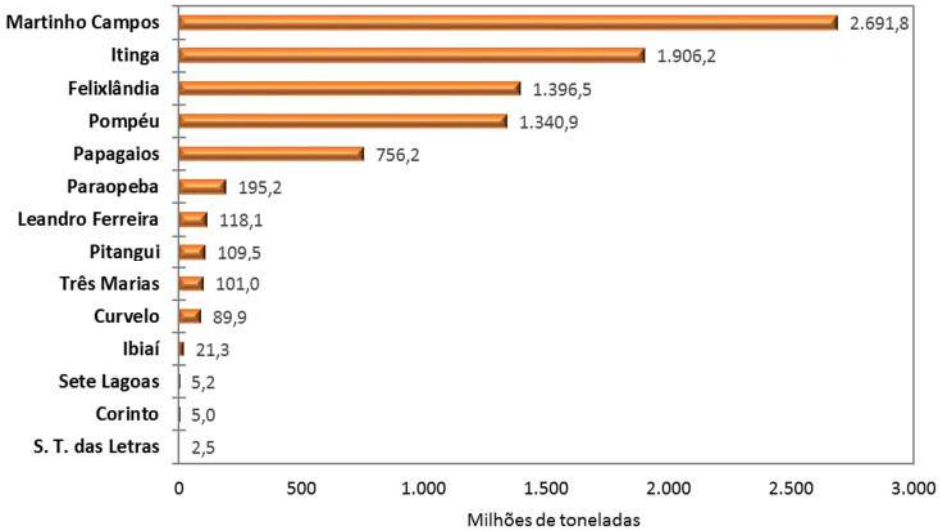


Gráfico 111 *– Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de ardósia.*

- **Quartzitos/Arenitos**: Guapé (1.531 Mt), São Thomé das Letras (953 Mt) e Carmo do Rio Claro (736 Mt), na região de Varginha; Congonhas do Norte (1.223 Mt) e Conceição do Mato Dentro (539 Mt) na região de Belo Horizonte; além de municípios nas regiões de Teófilo Otoni, Divinópolis, Uberaba, Montes Claros e Patos de Minas (**Gráfico 112**);

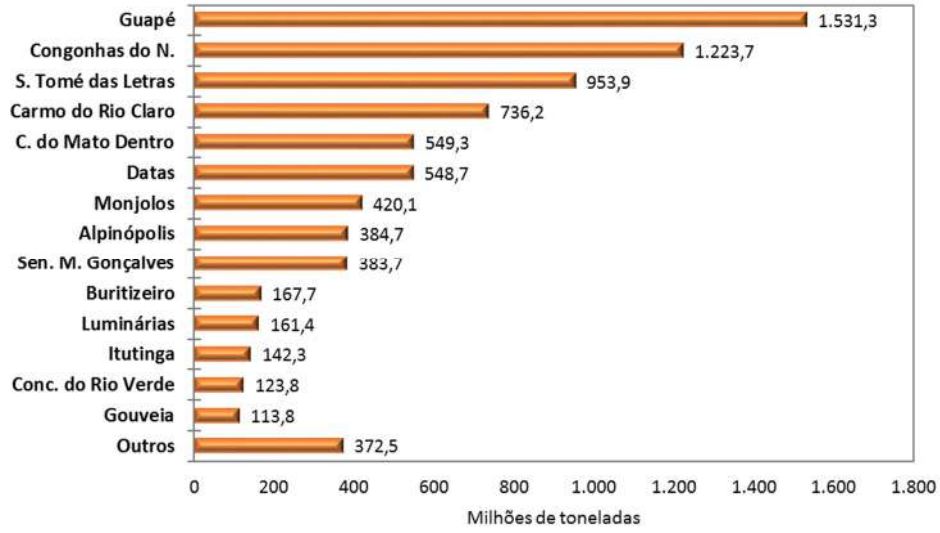


Gráfico 112 *– Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de quartzitos/arenitos.*

- **Granitos e afins**: as ocorrências estão distribuídas, principalmente nas porções leste e sul do Estado, nas Regiões Geográficas Intermediárias de Governador Valadares (10.893 Mt), Teófilo Otoni (7.216 Mt); Juiz de Fora (2.612 Mt), Ipatinga (2.364 Mt), Vaginha (1.409 Mt), Pouso Alegre (1.126 Mt), Montes Claros (1.067 Mt), Divinópolis (1.013 Mt) (**Gráfico 113**);

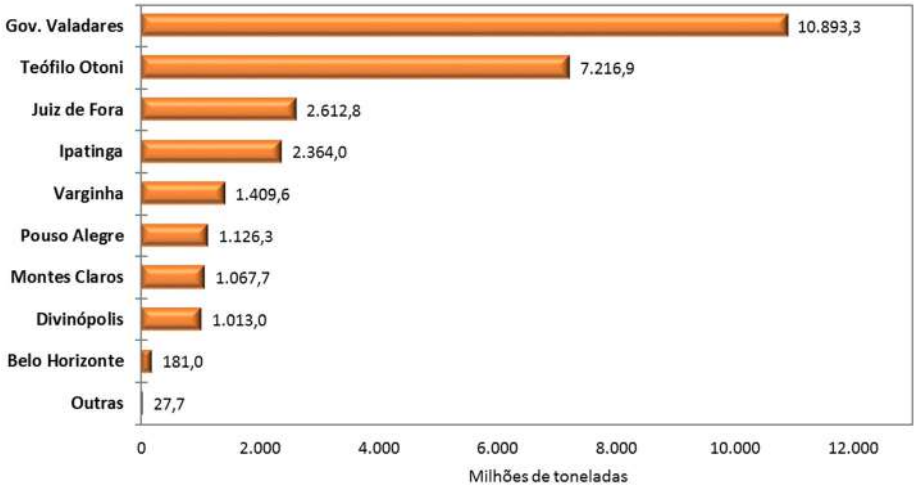


Gráfico 113 *– Distribuição por RGInts do montante de recursos totais e reservas lavráveis de granitos e afins.*

Destacam-se, os municípios de Dores de Guanhães (2.255 Mt), Aimorés (1.855 Mt), Alvarenga (1.830 Mt), Jampruca (1.433 Mt), Mantena (1.284 Mt) e Santa Rita do Itueto (1.108 Mt), que juntos detém aproximadamente 35% do total do Estado.

- **Mármores e afins**: Santana do Riacho (310 Mt), Monjolos (115 Mt) e Ouro Preto (19,4 Mt), na região de Belo Horizonte; Itinga (23,2 Mt) na região de Teófilo Otoni (**Gráfico 114**) que juntos detém aproximadamente 90% do total;

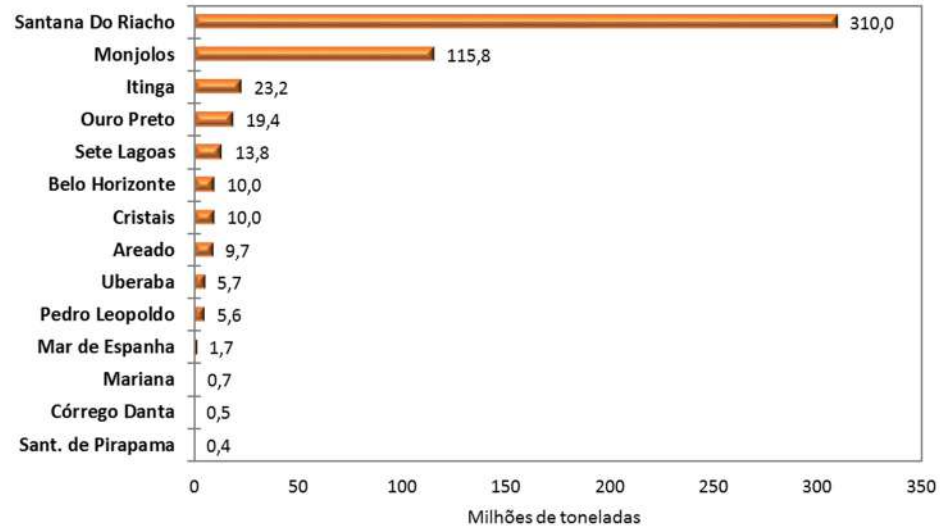


Gráfico 114 *– Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis de mármores e afins.*

- **Outras (pedra de talhe, esteatito, basalto)**: Nova Lima (97,2 Mt) e Ouro Preto (93,9 Mt), na região de Belo Horizonte; Durandé (59,1 Mt), na região de Juiz de Fora; Poços de Caldas (22,8 Mt), na região de Pouso Alegre; e Guapé (20,0 Mt), na região de Varginha (**Gráfico 115**).

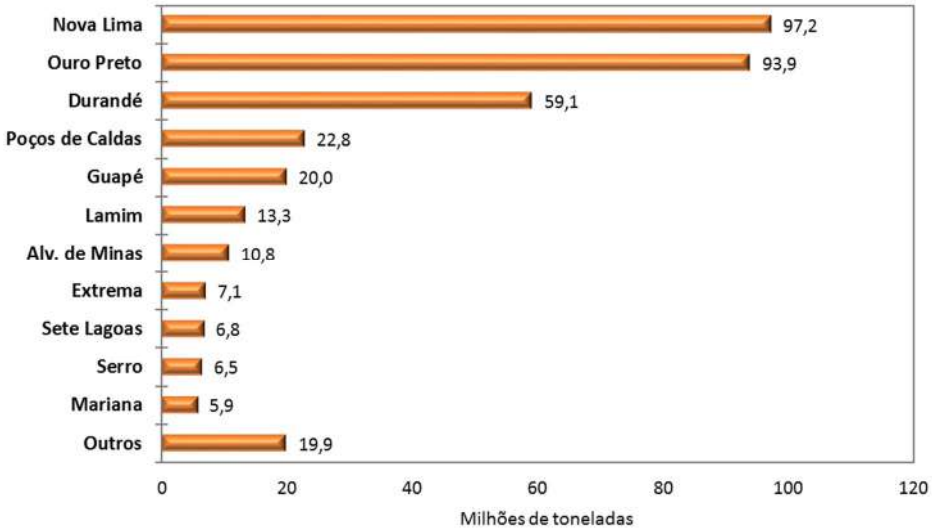
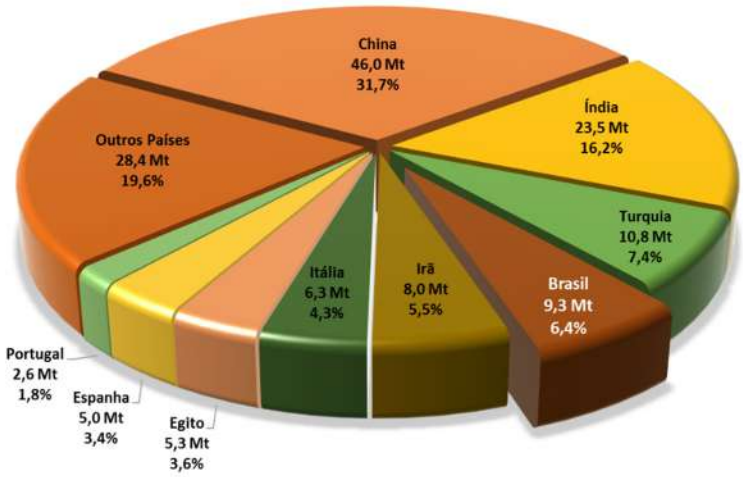


Gráfico 115 *– Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis para as demais substâncias usadas como rochas ornamentais e de revestimento.*

Produção

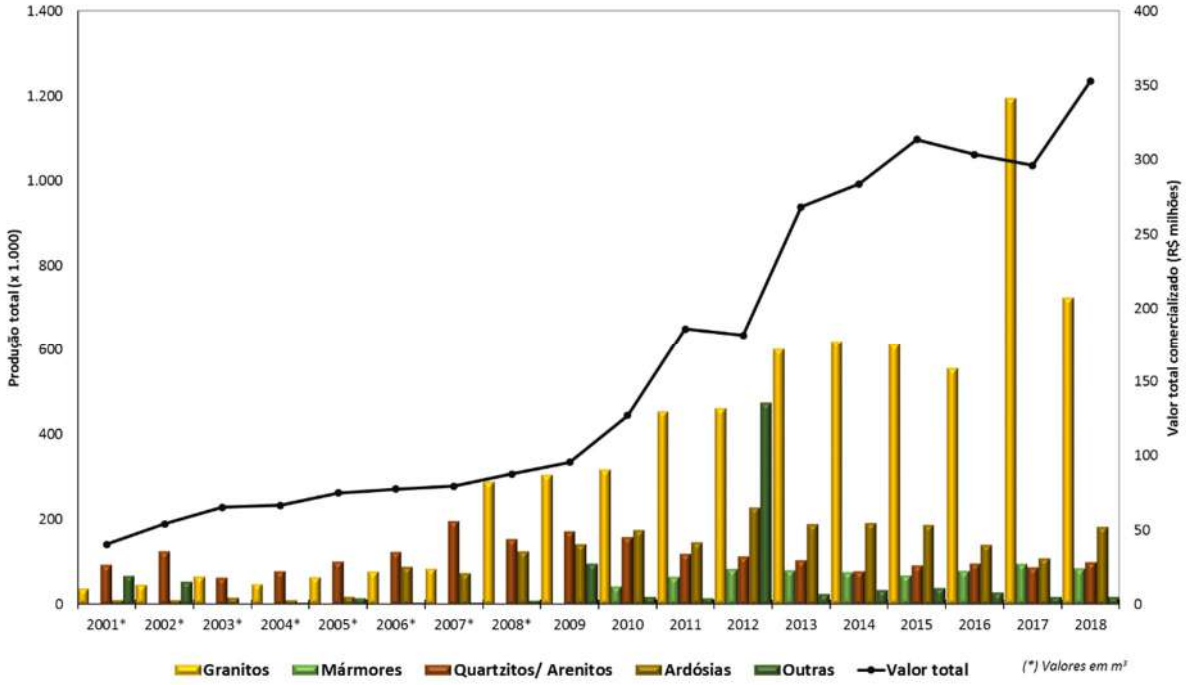
Em 2015, a produção mundial de Rochas Ornamentais e de Revestimento foi da ordem de 145 Mt, onde a China foi responsável por 31,7%, correspondendo a 46,0 Mt; seguido da Índia, com 23,5 Mt (16,2%); Turquia, com 10,8 Mt (7,4%) e Brasil, com 9,3 Mt (6,4%). Também ocorreu produção no Irã, Itália, Egito, Espanha e Portugal (**Gráfico 116**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

Gráfico 116 *- Distribuição da produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento*

No Brasil existem cerca de 1.500 frentes de produção ativas e 1.200 variedades comerciais. A participação dos granitos e similares correspondeu a cerca de 55% da produção nacional, com as ardósias e quartzitos foliados apresentando produção em declínio, devido à queda nas exportações. As regiões Sudeste e Nordeste são responsáveis por cerca de 90% da produção nacional (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 117** – Produção e valor total comercializado de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.*

É importante salientar que os dados de reservas e produção de rochas ornamentais e de revestimento apresentados no Anuário Mineral Brasileiro estão em metros cúbicos de 2001 a 2008 e em toneladas a partir de 2009.

Em Minas Gerais, a produção total de Rochas Ornamentais e de Revestimento foi predominantemente de granitos, que apresentou crescimento no período avaliado. Entre 2001 e 2008 o crescimento foi de 38,4 para 290,4 mil m^3. E de 306,2 mil t em 2009 até atingir o máximo de aproximadamente 1.200 mil t em 2017 (**Gráfico 117**).

Em segundo lugar têm-se as ardósias que, no mesmo período, também apresentaram um crescimento considerável na produção total, passando de 11,3 mil m^3 em 2001 para 125,1 mil m^3 em 2008, e de 141,8 mil t em 2009, com um máximo de 228,1 mil t em 2012 e atingindo 183 mil t em 2018. Ainda existe a participação de quartzitos/ arenitos, mármores e outras, dentre as quais englobam a pedra de talhe, esteatito (pedra-sabão) e basalto.

Observa-se que o valor total comercializado (considerando todos os tipos de rochas) apresentou tendência de crescimento no período, passando de R$40,3 milhões em 2001, para mais de R$350 milhões em 2018, um crescimento de mais de 750%.

3.1.2.3. *Gemas*

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de gemas do país (IBGM, 2005). Em todo Estado são encontrados inúmeros minerais com características gemológicas (cor, dureza e raridade) que atendem a indústria joalheira local, nacional e, sobretudo o mercado internacional, absorvendo mais de 80% da produção nacional (IBGM, 2005).

O principal polo produtor de gemas de Minas Gerais se insere na Província Gemológica Oriental do Brasil (**Figura 47**), subdividida em diversos distritos (Pinto e Pedrosa-Soares, 2001; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

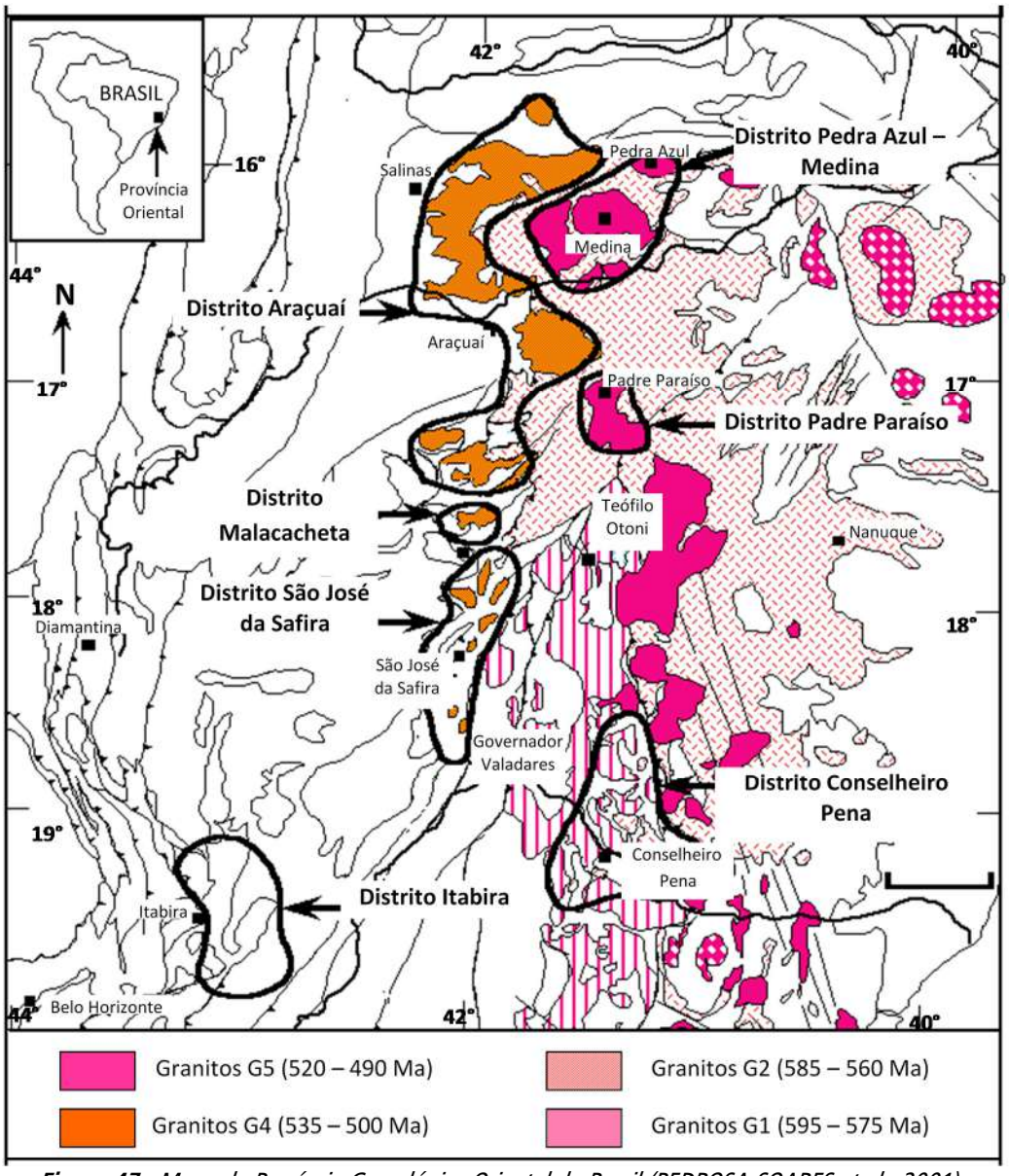


Figura 47 *- Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil (PEDROSA-SOARES et al., 2001).*

Entre as substâncias que constam nos processos de Requerimento de Pesquisa e Requerimento de Lavra Garimpeira do SIGMNINE / ANM/MG, destinadas à ourivesaria e artesanato mineral estão: ***água-marinha, alexandrita, esmeralda, diamante, ametista, crisoberilo, espodumênio, turmalina, quartzo, calcedônia, kunzita, olivina, rubi, safira*** e ***topázio***, sendo o Estado de Minas Gerais a única fonte de ***topázio imperial*** no mundo (**Figura 48**).

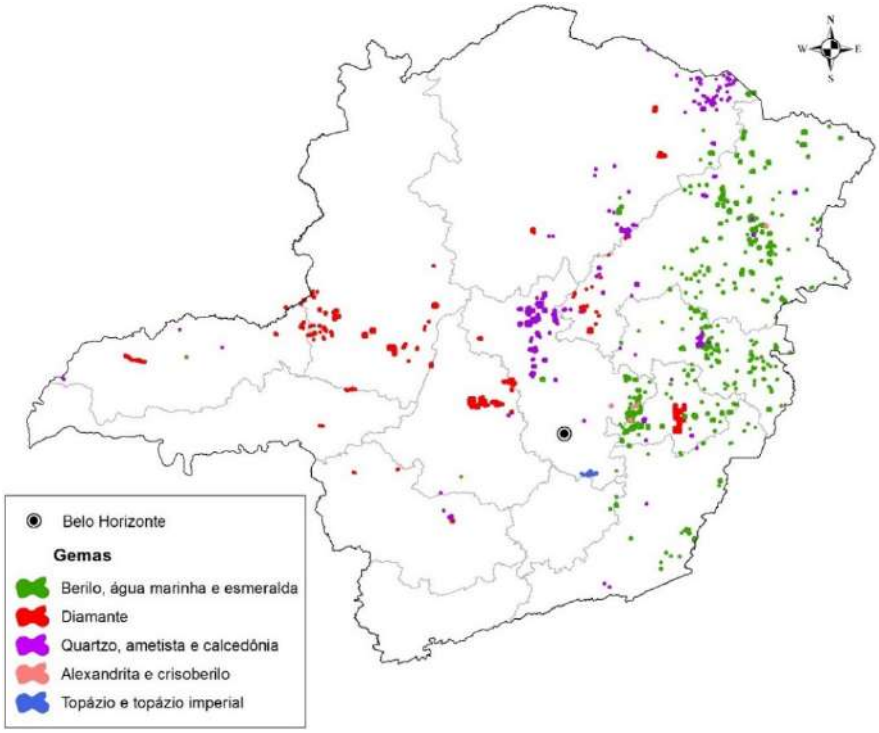


Figura 48 *- Mapa de distribuição dos processos minerários de gemas no Estado de Minas Gerais (SIGMINE – Abril, 2018).*

Os principais polos mineradores são os municípios de Ouro Preto, Itabira, Nova Era, Guanhães, Governador Valadares, Teófilo Otoni, Araçuaí, Turmalina, Malacacheta, Corinto e Diamantina.

Existem dois Arranjos Produtivos Locais (APL) de gemas: o APL de Gemas e Joias da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e o APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (**Tabela 10**).

Tabela 10 *- Principais ocorrências de gemas na região do APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (Adaptado de QUEIROZ, 2016)*

Tipos de gemas	Município	Pedra lapidada
Turmalina preta, azul, bicolor e incolor, quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, quartzo rosa, citrino, quartzo enfumaçado, berilos, granadas, espodumênios, cassiterita, tantalita-columbita e autunita	Araçuaí	Espodumênio
Quartzo rosa, cristais de quartzo, granada vermelha, cordierita azulada a negra, biotita, topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Ataléia	Quartzo rosa
Quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, variedades de berilo, topázio, turmalina, água-marinha, topázios (incolor, amarelo e azul), quartzo (incolor, mórion e enfumaçado) citrino, crisoberilo (olho de gato), alexandrita	Caraí	Citrino
Topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Catuji	Crisoberilo

Tipos de gemas	Município	Pedra lapidada
Turmalina, morganita, andaluzita, tópazio e quartzo	Coronel Murta	Turmalina
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Itaipé	Granada vermelha
Quartzo, turmalina preta, granada e berilo	Itinga	Granada
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Novo Cruzeiro	Quartzo
Topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Novo Oriente de Minas	Topázio azul
Topázio azul, água-marinha, crisoberilo, quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Padre Paraíso	Crisoberilo
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Pavão	Quartzo
Água-marinha	Poté	Água-marinha
Crisoberilo e alexandrita	Setubinha	Alexandrita
Titanita, zircão, granada, quartzo e epidoto	Teófilo Otoni	Zircão

O setor é constituído basicamente por micro e pequenas empresas, com elevado grau de informalidade, tanto na produção, lapidação e comercialização. As indústrias mineiras de joalheria, bijuteria e lapidação estão localizadas principalmente nos municípios de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Belo Horizonte.

Segundo levantamento realizado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), existem cerca de 300 microempresas nas áreas de lapidação e comercialização, além de 2.700 de lapidações informais, 1.500 corretores e um número desconhecido de garimpeiros. Estima-se que, em toda a cadeia produtiva, existam, direta ou indiretamente, 10 mil postos de trabalho ocupados (IBGM, 2005).

Como principais gargalos, o IBGM (2005) aponta a insuficiente integração de ações dos setores público e privado; a duplicidade de esforços; a inexistência de governança; a carência de assistência técnica na prospecção e extração; os conflitos existentes em função dos direitos minerários com os órgãos ambientais; a escassez de qualificação pessoal e capacidade de gestão; a reduzida agregação de valor ao produto; a forte concorrência informal, inclusive de estrangeiros; a existência de máquinas e equipamentos obsoletos e a falta de capital de giro.

Apesar das dificuldades do setor, cabe destacar as suas potencialidades, uma vez que o Estado de Minas Gerais detém um dos maiores polos gemológicos do mundo. Soma à vocação histórica da região para a diversidade de produção de gemas; a fabricação de artesanato, joias e bijuterias; a boa infraestrutura viária; o envolvimento das prefeituras; a existência de instituições de ensino, pesquisa e fomento como SENAI, SEBRAE, SENAC, e as escolas de mineração, lapidação e joalheria em Teófilo Otoni e Governador Valadares (IBGM, 2005).

Diamantes

Todas as informações deste item foram obtidas do SIGMINE - ANM/MG, do Anuário Mineral Brasileiro, do Sumário Mineral Brasileiro e do Projeto Diamante Brasil (NETO *et.al*, 2017), que apresenta um extensivo trabalho de pesquisa geológica e de campo sobre as áreas diamantíferas de Minas Gerais.

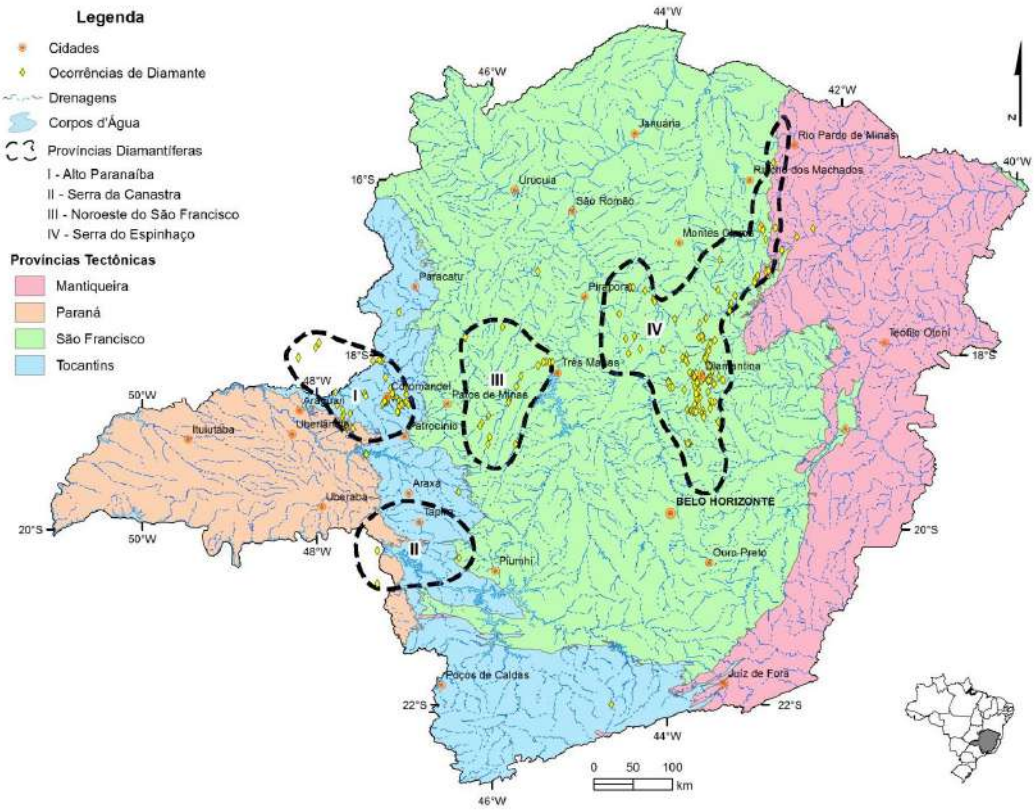
Diamantes em Fontes Secundárias

A exploração de diamantes em Minas Gerais começou de forma clandestina, no início do século XVIII, em lavras exclusivamente de fontes secundárias.

Das aproximadamente 29 áreas diamantíferas que ocorrem no território brasileiro, representadas principalmente por depósitos sedimentares, as ocorrentes no Estado de Minas Gerais têm especial papel na história do diamante no Brasil, graças à imensa quantidade de diamantes encontrados.

No Estado de Minas Gerais, se destacam duas regiões com maior concentração de diamantes que se destacam: o **Arco do Alto Paranaíba** e a **Serra do Espinhaço Meridional**. Com base em estudos de populações de diamantes, foi possível distinguir quatro províncias diamantíferas no Estado: **Alto Paranaíba** (I), **Serra da Canastra** (II), **Noroeste do São Francisco** (III) e **Serra do Espinhaço** (IV) (**Figura 49**). As províncias diamantíferas I e II ocorrem no oeste do Estado e ocupam áreas de faixa móvel (Faixa Brasília), enquanto as áreas (III e IV) estão dispostas dentro do Cráton São Francisco (NETO *et.al*, 2017). As principais subdivisões em distritos e campos, assim como as principais drenagens de cada província estão sumarizadas na **Tabela *11***.

Ressalta-se, que o maior número de ocorrência de diamantes e área de dispersão encontram-se nas províncias ***Noroeste São Francisco (III)*** e ***Serra do Espinhaço (IV)***, enquanto aquelas localizadas nas faixas móveis, **Províncias *Alto Paranaíba (I)*** e ***Serra da Canastra (II)***, apresentam maiores teores de diamantes e tamanho dos cristais, por vezes maiores que 100 quilates (ct). Esses diamantes gigantes são encontrados particularmente na região de Coromandel, província diamantífera do Alto Paranaíba. Os principais garimpos explorados dessas províncias estão em depósitos do tipo paleoaluvião e encontram-se, em sua grande maioria, paralisados em função de questões legais.



Fonte Neto et al., 2017

***Figura 49** - Mapa de localização e contexto tectônico das províncias diamantíferas de Minas Gerais. Segundo proposta de Chaves et al. (2008) e Benitez (2009), Projeto Diamante Brasil I.*

A exploração de diamantes em fontes secundárias propiciou o desenvolvimento de cidades no oeste mineiro, tais como: Coromandel, Abadia dos Dourados, Romaria, Grupiara, Cascalho Rico, Estrela do Sul, Tupaciguara, Monte Carmelo, Ituiutaba, Patrocínio, Patos de Minas, Carmo do Paranaíba, Tiros, Abaeté, entre outras (SVISERO, 1995 *apud* CPRM, 2017). Essas cidades apresentam em comum os chamados "cascalhos", que são depósitos aluvionares, recentes ou antigos, encontrados nas margens de rio ativos e em paleocanais, respectivamente.

***Tabela 11** - Localização dos diamantes secundários nas principais drenagens por província diamantífera, principais características físicas, processos de extração e beneficiamento e situação legal.*

PROVÍNCIAS DIAMANTÍFERAS	DISTRITOS	CAMPOS	DRENAGEM
ALTO PARANAÍBA	COROMANDEL		*Rio Santo Inácio
			*Rio Santo Antônio do Bonito
			Rio Douradinho
			Rio Paranaíba
			Rio Dourados
			Rio Preto
			Córrego Buriti
			Córregos dos Bois, dos Pilões e Água Limpa

	ROMARIA - ESTRELA DO SUL		Rio Bagagem
SERRA DA CANASTRA	ALTO SÃO FRANCISCO		Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Vargem Bonita, Rio Santo Antônio e Rio Samburá)
	MÉDIO RIO GRANDE		Pequenos Córregos da Região de Franca SP e na região Mineira
NOROESTE DO SÃO FRANCISCO'			Rio Abaeté
			Rio Borrachudo
SERRA DO ESPINHAÇO	DIAMANTINA	SOPA- GUINDA	Os ribeirões das Pedras, do Guinda e Caldeirão
		SÃO JOÃO DA CHAPADA	Rios Caeté – Mirim e Pardo Grande Ribeirão São João.
		EXTRAÇÃO BOA VISTA	Córrego Curralinho e o Ribeirão do Inferno.
		JEQUITINHONHA	Rio Jequitinhonha
		DATAS	Ribeirão Datas
		PRESIDENTE KUBISTCHEK	Córrego Raiz, Pratinha, Capela Velha e Ananias, pertencentes à região das cabeceiras do rio Jequitinhonha.
	GRÃO MOGOL		Rio Itacambiruçu, afluente direto do rio Jequitinhonha.
	JEQUITAI		Jequitaí
	ITACAMBIRA		

(Fonte: NETO et. al., 2017)

Exploração de Diamantes em Fontes Primárias

Trabalhos de prospecção mineral para fontes primárias de diamante em Minas Gerais iniciaram no final da década de 1960, apesar de antigos relatos da existência de rocha kimberlítica e da extensiva exploração de depósitos secundários desde o século XVIII.

No ano de 1969, um *pipe* kimberlítico foi descoberto à margem do rio Santo Inácio, no município de Coromandel, mais de 250 anos após o primeiro diamante brasileiro ter sido encontrado nas proximidades da atual cidade de Diamantina (MG) (BARBOSA, 1991 *apud* CPRM, 2017). Depois da descoberta deste corpo kimberlítico, conhecido como Vargem-1, uma nova era é iniciada na prospecção de diamantes em Minas Gerais e em todo o Brasil.

O Grupo De Beers desenvolveu por mais de 30 anos um extensivo programa de exploração para fontes primárias de diamantes em Minas Gerais. Além da De Beers, ressalta-se a contribuição de outras empresas na descoberta de mais corpos kimberlíticos, em Minas Gerais e pelo Brasil como: CPRM, Prospec, BP, Rio Tinto, Brasillian Diamonds, Blackswan, Vaaldiam, Vendome Mine.

Com o decorrer dos trabalhos, a quantidade de corpos kimberlíticos descobertos no Estado aumentou substancialmente ao longo dos anos. Atualmente, Minas Gerais é o Estado com a maior quantidade de corpos

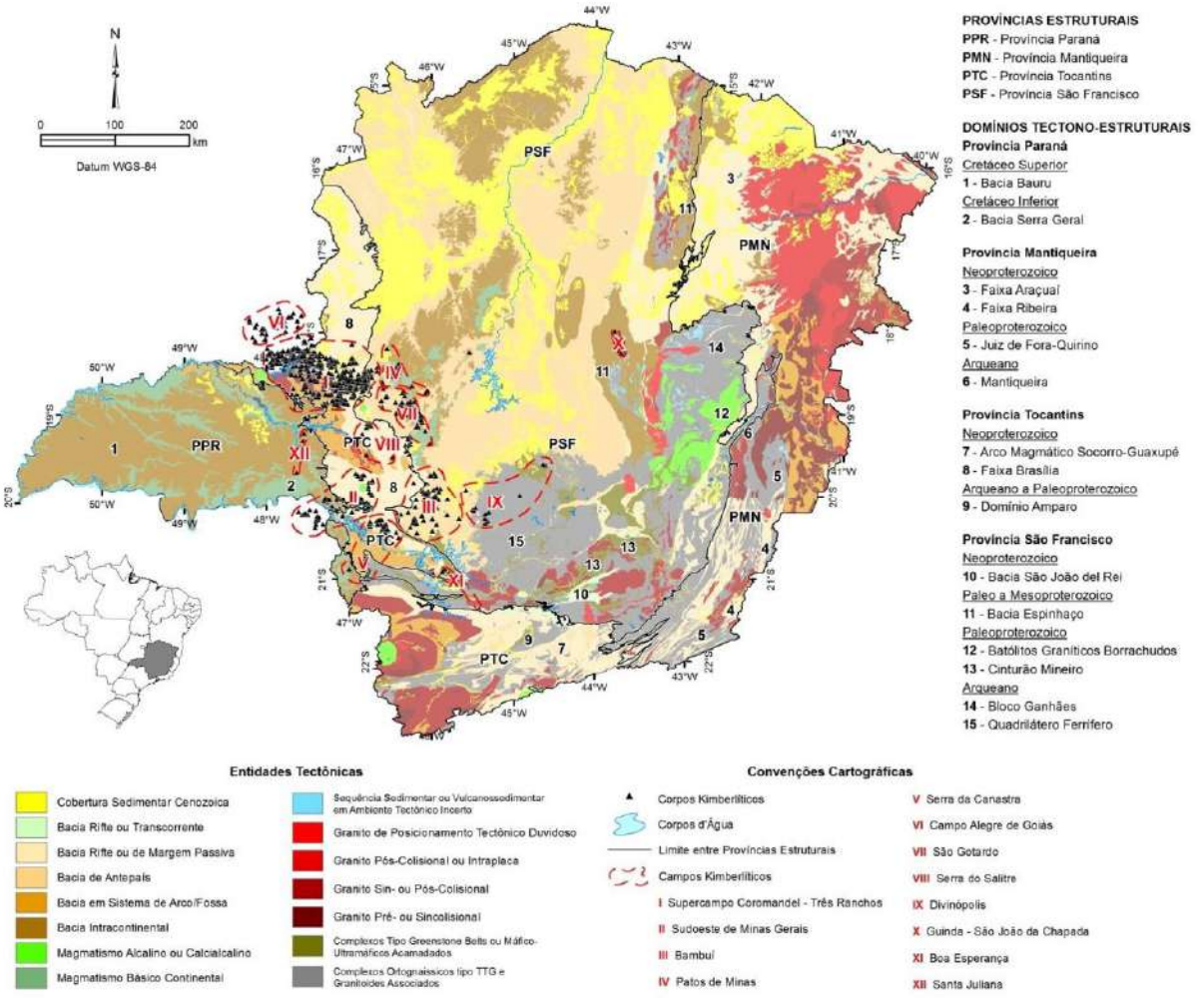
kimberlíticos conhecidos (772) chegando a 973 ao considerar as intrusões kimberlíticas das regiões adjacentes (CRPM, 2017). Alguns desses corpos são portadores de diamantes.

As intrusões de afinidade kimberlítica de Minas Gerais e regiões adjacentes foram agrupadas em 12 campos distintos (**Figura 50**). (I) Supercampo Coromandel – Três Ranchos, (II) Sudoeste Goiás, (III) Bambuí, (IV) Patos de Minas, (V) Campo Alegre de Goiás, (VII) São Gotardo, (VIII) Serra do Salitre, (IX) Divinópolis, (X) Guinda – São João da Chapada, (XI) Boa Esperança e (XII) Santa Juliana. As principais características desses campos estão sumarizadas na **Tabela 12**.

***Tabela 12** - Principais Campos Kimberlíticos em Minas Gerais (Projeto Diamante Brasil – CPRM, 2017).*

CAMPO KIMBERLÍTICO	ÁREA	LOCALIZAÇÃO	Nº DE INTRUSÕES KIMBERLÍTICAS	CARACTERÍSTICAS DOS DIAMANTES
Supercampo Coromandel – Três Ranchos (SCKTR)	11.600 Km^2	Localizado entre os municípios de Catalão (GO) e Patrocínio (MG), na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro.	580	Microdiamantes (<1 ct).
Sudoeste de Minas Gerais (CKSWMG)	6.000 Km^2	Localizado na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, limitado pelos municípios de Ibiá (MG) e Ituverava (SP)	96	Microdiamantes
Bambuí (CKB)	6.000 Km^2	Localizado no Sudoeste de Minas Gerais e dentro dos municípios de Piumhi e Córrego Danta.	66	Microdiamantes
Patos de Minas (CKPM)	1.750 Km^2	Localizado no oeste de Minas Gerais na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.	23	-
Serra da Canastra (CKSC)	3.900 Km^2	Localizado no sudoeste de Minas Gerais, entre os municípios de São Sebastião do Paraíso e São Roque de Minas.	47	Microdiamantes
Campo Alegre de Goiás (CKCAG)	3.100 Km^2	Localizado no sudoeste de Goiás, próximo à divisa com Minas Gerais.	45	-
São Gotardo (CKSG)	2.700 Km^2	Localizado no centro – oeste de Minas Gerais nos limites dos municípios de Lagoa Formosa e São Gotardo.	61	Microdiamantes
Serra do Salitre (CKSS)	1.800 Km^2	Localizado no sudoeste de Minas Gerais e limitada pelos municípios de Serra do Salitre e Ibiá.	17	-
Divinópolis (CKDV)	6.000 Km^2	Localizado na porção centro-sul de Minas Gerais, dentro dos municípios de Lagos da Prata e Pequi.	17	Microdiamantes
Rochas Relacionadas-Guinda São João da Chapada	-	Tais rochas são encontradas na porção mineira da Serra do Espinhaço e no Espinhaço baiano. Os nove corpos intrusivos de afinidade kimberlítica foram identificados entre a vila de Guinda e o povoado Macacos na região de Diamantina.	9	-
Boa Esperança (CKBE)	935 Km^2	Localizado no centro-sul de Minas Gerais, entre os municípios de Carmo do Rio Claro e Três Pontas.	7	-

CAMPO KIMBERLÍTICO	ÁREA	LOCALIZAÇÃO	Nº DE INTRUSÕES KIMBERLÍTICAS	CARACTERÍSTICAS DOS DIAMANTES
Santa Juliana (CKSJ)	440 Km^2	Localizado na região do Triângulo Mineiro, nos limites dos municípios de Pedrinópolis e Conquista.	4	-



Fonte Neto et al., 2017

***Figura 50** - Mapa de localização e de contextualização tectono-geológica dos campos kimberlíticos do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Geologia e limite cratônico extraídos respectivamente de Pinto & Silva (2014) e Bizzi et al. (2003).*

Recursos e Reservas

Em 2015, a reserva mundial de diamante foi estimada em 700 milhões de quilates (Mct). A Austrália é o país detentor da maior reserva de diamante, seguido da República Democrática do Congo e de Botsuana (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016).

O Brasil ocupa a quarta posição mundial com 5,8% das reservas, considerando aquelas declaradas pelos detentores de concessões de lavra (**Gráfico 118**). Entretanto, uma parcela importante da produção brasileira

é proveniente de áreas de Permissões de Lavra Garimpeira (PLG), o que prejudica a determinação exata das reservas nacionais, subestimando os dados (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016).

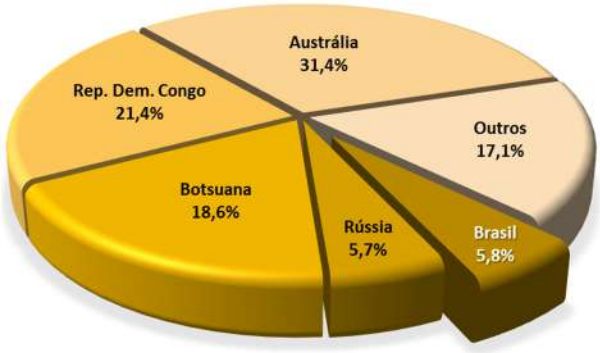


***Gráfico 118** - Distribuição mundial das reservas de diamante.*

No cenário nacional, segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2010, ao se considerar as fontes primárias e secundárias de diamante, o Estado de Minas Gerais possui um total de recursos medidos de mais de 11,8 Mct de diamante contido, atrás do Estado do Mato Grosso, que possui em torno de 24 Mct.

Dados da ANM/MG mostram que, em 2017, o Estado possuía uma distribuição de recursos medidos da ordem de 1.358 bilhões de quilates (ct) em diamante contido, o que corresponde a 45,6% do total; recursos indicados, em 1.618 bilhões ct (54,4%); recursos inferidos, em 1,43 Mct e reservas lavráveis em 5,16 Mct.

É possível constatar ainda que, as ocorrências de diamante de **fonte primária** no Estado estão principalmente concentradas na cidade de **São Roque de Minas**, enquanto que as ocorrências de **fontes secundárias** estão distribuídas nas Regiões Geográficas Intermediárias de Uberaba, Patos de Minas, Teófilo Otoni, Montes Claros, Uberlândia, Varginha e Divinópolis.

Os principais municípios com **recursos medidos** de diamante de fonte secundária são: **Frutal** (1.329 bilhões ct), **Lagoa Formosa** (27,1 bilhões ct), **Coromandel** (1,73 bilhão ct), **Diamantina** (1,7 Mct) e **Olhos D'Água** (1,02 Mct) que concentram a maior parte das ocorrências do Estado. Ainda existem 23 municípios com recursos medidos na faixa de 134 ct a 952 mil ct, tais como Carbonita, Virgem da Lapa, Serro, Bocaiúva, Romaria, Abadia dos Dourados dentre outros.

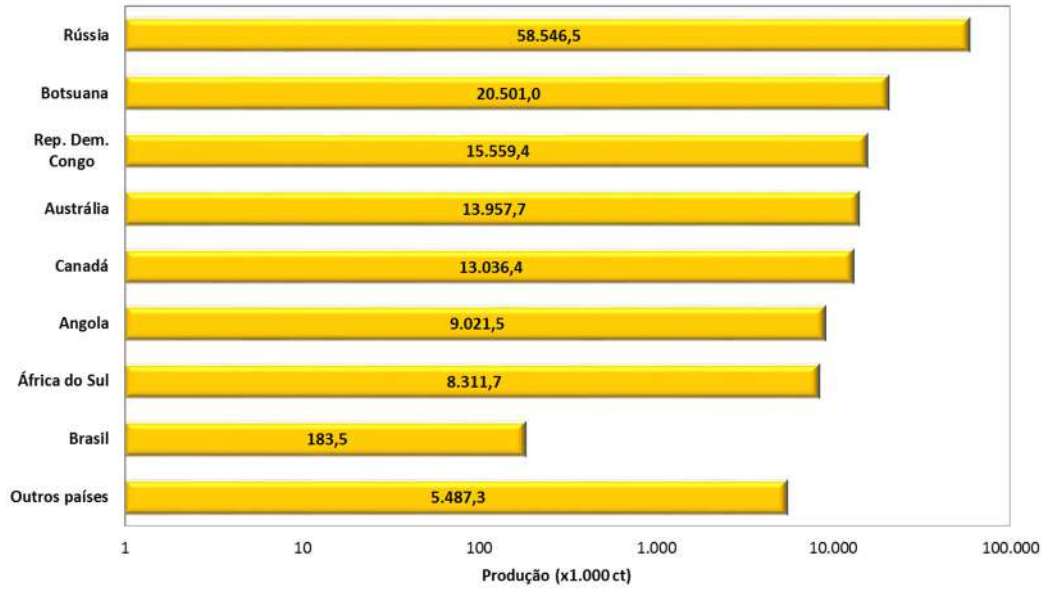
Uma das empresas mineradoras mais relevantes na exploração de diamantes no Estado é a **GAR Mineração, Comércio, Importação e Exportação Ltda.,** atuante há mais de 60 anos. A empresa explora áreas de fonte primária, localizadas nos municípios de Romaria e Monte Carmelo; e de fontes secundárias, localizadas no município de Abaeté.

Cita-se também a **Cooperativa dos Garimpeiros da Região de Coromandel** (**Coopergac**), que explora diamantes de fonte secundária, com 130 cooperados que atuam no munícipio, comercializando exclusivamente diamantes brutos.

Produção

Segundo os dados do Sumário Mineral Brasileiro de 2017, a produção nacional de diamantes é muito tímida, pouco mais de 183 mil ct, ou 0,1%, quando comparada aos demais países. Destacam-se a Rússia com 40,5%;

Botsuana com 14,2% e República Democrática do Congo com 10,8%. Ainda existe produção considerável na Austrália, Canadá, Angola e África do Sul (**Gráfico 119**).

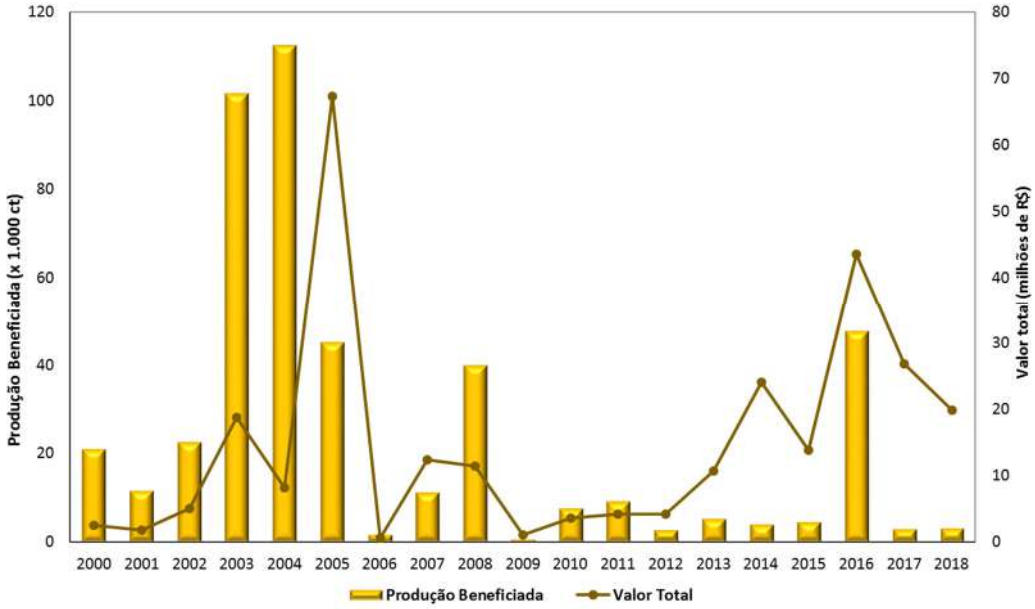


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 119** – Distribuição da produção mundial de diamantes.*

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro, em 2016, a produção nacional de diamantes foi superior a 183 mil ct sendo provenientes dos Estados da Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Goiás e Rondônia. Deste total, 85,71% foram do segmento empresarial e 14,29% de áreas de PLG. Os diamantes de Coromandel e Romaria (MG) se destacam pela qualidade e alto valor, embora não sejam os principais produtores em quantidade.

Em nível estadual, a evolução da produção beneficiada teve grande variação no período de 2000 a 2018, com máximo de 112,4 mil ct em 2004, um crescimento de cinco vezes quando comparada a 2002, e mínima de 1,7 mil ct em 2006 (**Gráfico 120**). Em termos de valor total comercializado, observa-se uma grande variação no período, com máximo de R$67,4 milhões em 2005, e mínimo de aproximadamente R$670 mil em 2006.

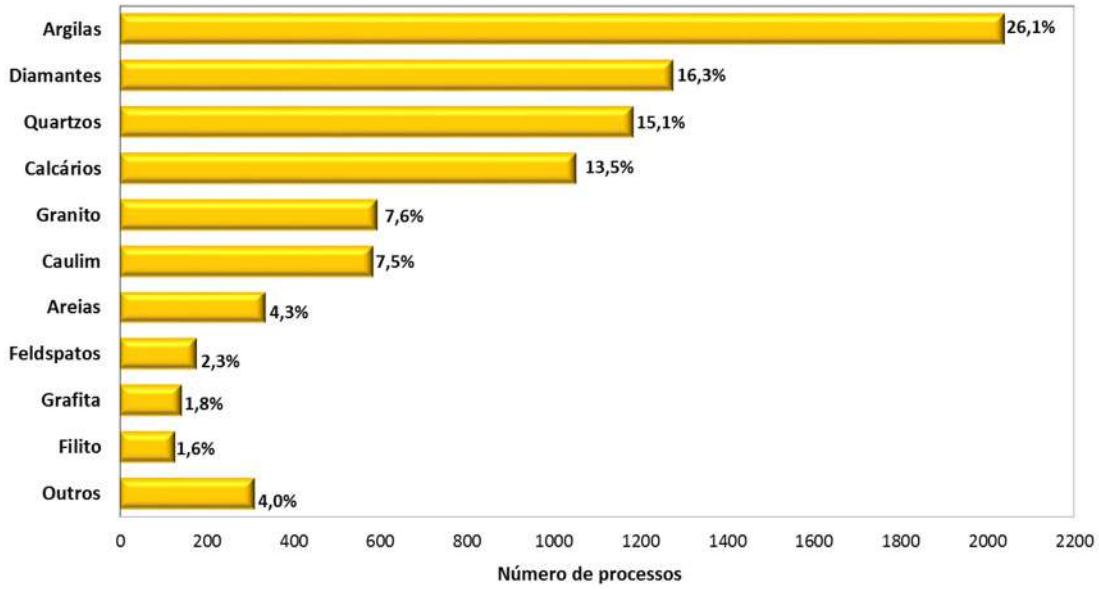


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 120** – Evolução da produção e valor total comercializado de diamante.*

3.1.2.4. Minerais Industriais

Segundo Lins (2008), Minerais Industriais são aqueles que *in natura* ou após algum tratamento se prestam como matéria prima para a fabricação de uma grande variedade de produtos. No Estado de Minas Gerais, segundo levantamento no SIGMINE (Abril de 2018), os minerais industriais que mais se destacam, em volume de processos minerários, estão apresentados no **Gráfico 121**.



Fonte: SIGMINE/ Abril, 2018

***Gráfico 121** – Distribuição dos processos minerários por substância com uso como minerais industriais.*

Nesta seção serão abordados os minerais industriais considerando o volume de processos minerários, a relevância dos recursos e reservas lavráveis, a significância da produção e o interesse estratégico desses minerais para a economia mineral do Estado de Minas Gerais (Argilas, Areias Industriais, Calcário e Grafita).

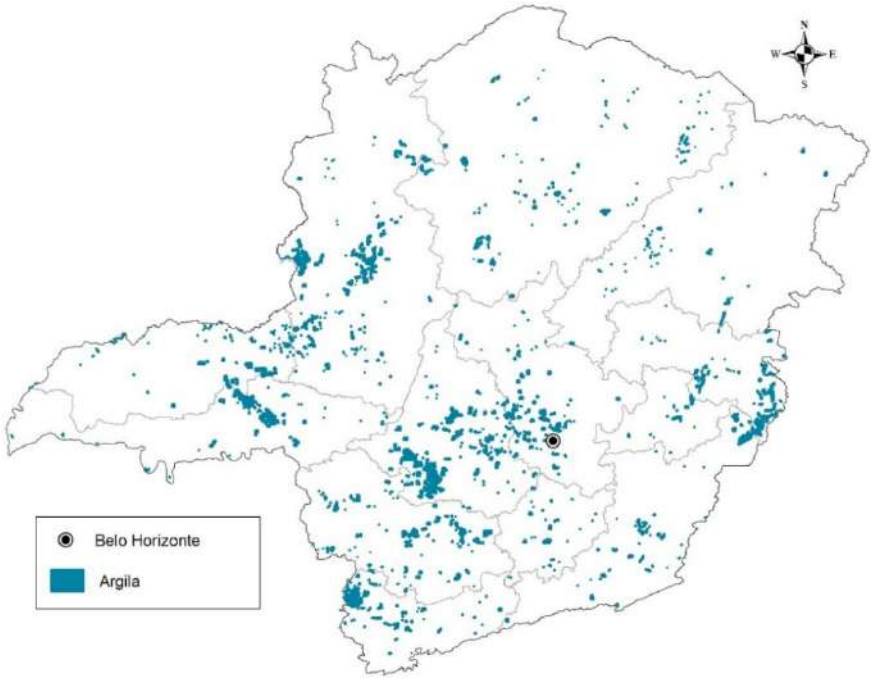
3.1.2.4.1. Argilas

As argilas se referem a um material natural, terroso, composto essencialmente de silicatos hidratados de alumínio (argilominerais), com diversos graus de substituição pelo ferro, sódio, potássio, cálcio e magnésio (ALECRIM, 1982). É ainda um termo que designa uma faixa de dimensão de partículas geralmente inferior a 5 μm utilizada na análise mecânica de rochas sedimentares e solo (ALECRIM, 1982). O termo "argila" se aplica também, genericamente, para designar uma grande variedade de materiais envolvendo sedimentos e rochas (argilitos) compostas predominantemente por argilominerais (SANTOS, 1975 *apud* ALECRIM, 1982).

As diversas aplicações das argilas vão desde a construção civil, na fabricação de cerâmica vermelha (telha, manilhas, tijolos de pavimentação e ladrilhos), até utilização na fabricação de porcelanas cerâmicas, materiais refratários, isolantes elétricos, indústria de papel, cimento *Portland*, em refinos de óleos e na indústria da borracha como carga a matéria-prima básica (ALECRIM, 1982).

Nesse item serão abordadas as ocorrências de argilas dos tipos comuns, plásticas e refratária, usadas de forma geral na indústria cerâmica, onde constituem os componentes básicos de praticamente todos os produtos.

As ocorrências/depósitos de argilas, para uso industrial, estão por todo o território mineiro, entretanto, percebe-se concentrações nas regiões de **Belo Horizonte**, **Divinópolis**, **Uberaba**, **Patos de Minas**, **Varginha**, **Pouso Alegre**, **Governador Valadares** e **Ipatinga**, conforme apontam os processos minerários registrados no SIGMINE (**Figura 51**), cuja quantidade de concessões de lavra e registros de licenciamento para esta substância até meados de 2018, foram de 179 e 497, respectivamente.



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

***Figura 51** - Localização dos processos minerários de argilas para uso industrial*

As ocorrências/depósitos de argilas na região Metropolitana e regiões adjacentes estão associadas a terrenos de idade variadas, desde arqueano até o quaternário, as do Sul de Minas estão associadas predominantemente as rochas alcalinas, situadas no Planalto de Poços de Caldas, enquanto que as

ocorrências do Triângulo Mineiro são oriundas principalmente de rochas básicas, de idade possivelmente mesozoica (ALECRIM, 1982). Segundo este mesmo autor, devido o predomínio de registros de argilas refratárias sobre os demais tipos na região do Triângulo mineiro, esta área poderia ser denominada de "província da argila refratária".

Essas ocorrências e/ou depósitos de argilas refratárias no Triângulo Mineiro, nas proximidades de Uberaba e Uberlândia, ocorrem nos domínios das rochas sedimentares atribuídas à Formação Marília, do Grupo Bauru. Trata-se de uma sequência sedimentar areno-argilosa depositada no topo da sequência estratigráfica da Bacia do Paraná (Cretáceo Superior) e basicamente constituída por conglomerados, arenitos, calcretes, argilitos e siltitos (CHAVES e DIAS 2017, SEER e MORAES 2017 *apud* VICTORIA, 2018).

Ressalta-se que as argilas refratárias que ocorrem no Sul/Sudoeste de Minas, entre as cidades de Andradas e Poços de Caldas, estão associadas à formação dos depósitos de bauxita, ambos produtos da alteração de nefelina sienitos, sienitos, fonolitos e tinguaítos que constituem o Complexo Alcalino de Poços de Caldas (VICTORIA, 2018).

Em termos de recursos e reservas, as ocorrências de **argilas comuns** estão distribuídas em 54 municípios mineiros e concentram-se principalmente nas regiões de **Varginha** e **Divinópolis**, onde os municípios de Ijaci, Arcos e Iguatama detém o maior volume desses depósitos no Estado.

As ocorrências de argilas **refratárias** estão distribuídas em 36 municípios mineiros e concentram-se principalmente nas regiões de **Patos de Minas**, **Uberaba** e **Pouso Alegre**, onde os municípios de Guarda-Mor, Sacramento e Poços de Caldas detêm o maior volume de recursos e reservas lavráveis do Estado.

As **argilas plásticas** (do tipo *ball clay*) que são utilizadas na indústria de cerâmica branca como louças de mesa, peças sanitárias e porcelanas elétricas, apresentam depósitos localizados principalmente nas regiões de **Belo Horizonte** e **Pouso Alegre**, onde os municípios de Pouso Alegre, Esmeraldas e Inhaúma, possuem mais de 4,0 Mt em recursos totais.

As principais empresas de exploração e/ou transformação que utilizam argilas no estado são a Magnesita Refratários S.A., Mineração Curimbaba Ltda., Empresas de Cimentos Liz S.A. e Votorantim Cimentos Brasil Ltda.

A **Empresa de Cimento Liz S.A.**, antiga SOIECOM (Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração), que opera a unidade localizada entre os municípios de Lagoa Santa e Vespasiano, produz e comercializa cimento do tipo Portland.

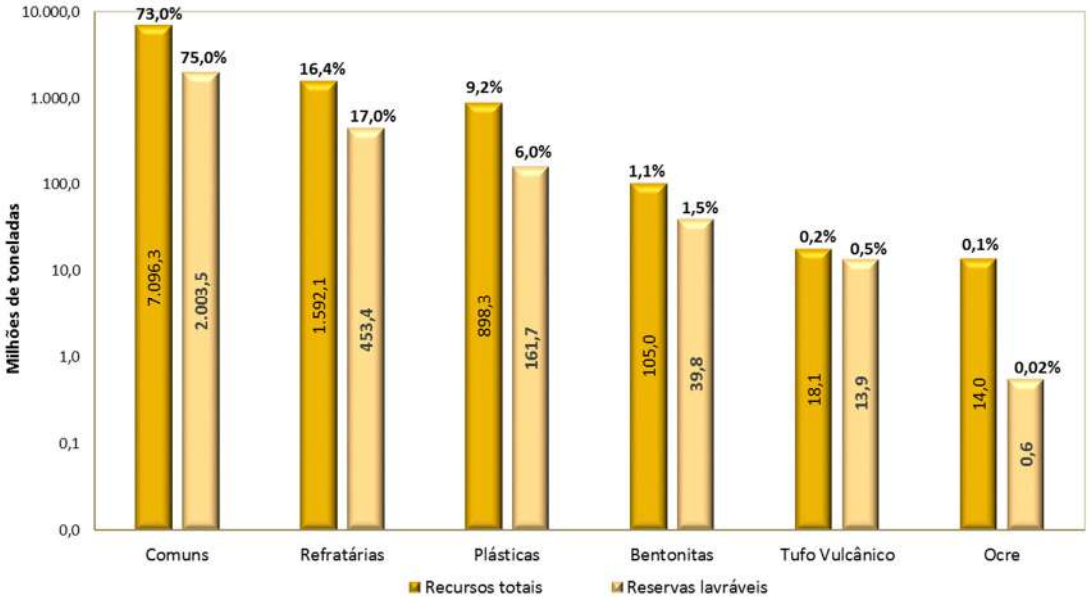
A **Magnesita Refratários S.A.** é uma empresa multinacional que tem operações no Brasil, nos Estados da Bahia e Minas Gerais. A empresa atua na exploração, transformação e comercialização de minerais industriais como magnesita, dolomita, cromita e argilas na indústria de refratários para aplicações nas indústrias de aço, não metálicos (cimento, vidro e cal) e não ferrosos (alumínio, cobre, zinco, prata e níquel).

No Estado de Minas Gerais, a **Magnesita** possui uma mina de argila, localizada em Uberaba, com capacidade produtiva de 72 mil toneladas/a, reservas de 22,0 Mt e vida útil de 100 anos; além de duas unidades localizadas em Contagem (com produção de 738mil t/a) e Coronel Fabriciano (15mil t/a); e ainda em

Contagem, onde se situam a Sede da América do Sul, escritório de vendas e o Centro de Desenvolvimento e Pesquisa.

Recursos de Reservas

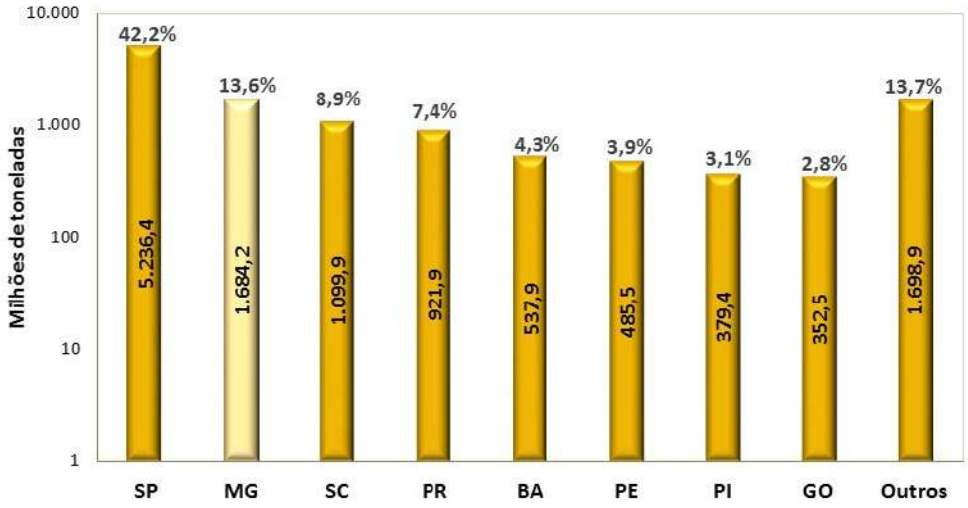
O Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostrou que, em âmbito nacional, as argilas do tipo ***comum*** são as mais significativas, em termos de volume de recursos totais (medidos, indicados e inferidos) e reservas lavráveis, sendo seguida pelos tipos ***refratárias*** e ***plásticas***. Essas argilas em conjunto representam mais de 95% desses recursos e reservas, embora existam ocorrências de outros tipos (*e.g.* bentotinas) (**Gráfico 122**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

Gráfico 122 *- Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas*

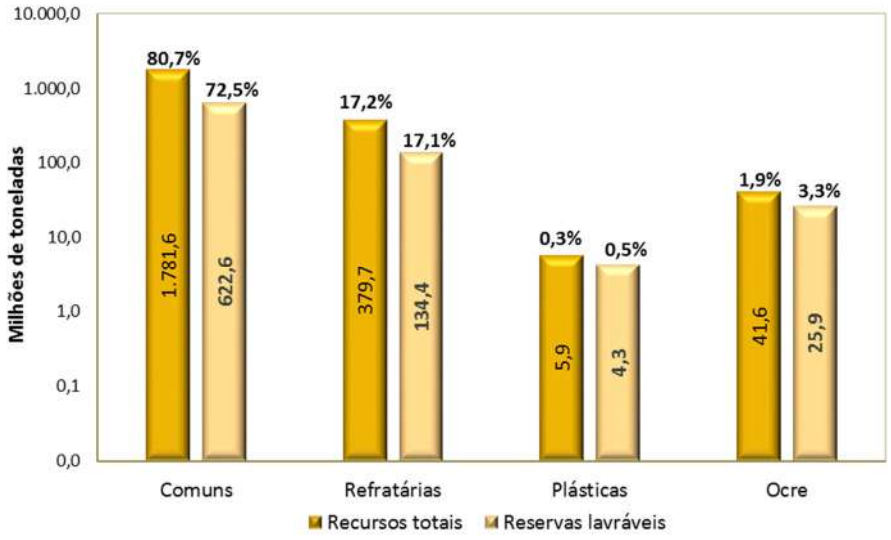
Nesse cenário, ao se considerar todos os tipos de argilas, o Estado de Minas Gerais se destaca com 13,6% dos recursos e reservas (**Gráfico 123**), sendo o segundo maior detentor de ocorrências de argilas (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2010).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 123** - Distribuição nacional de recursos e reservas de argilas*

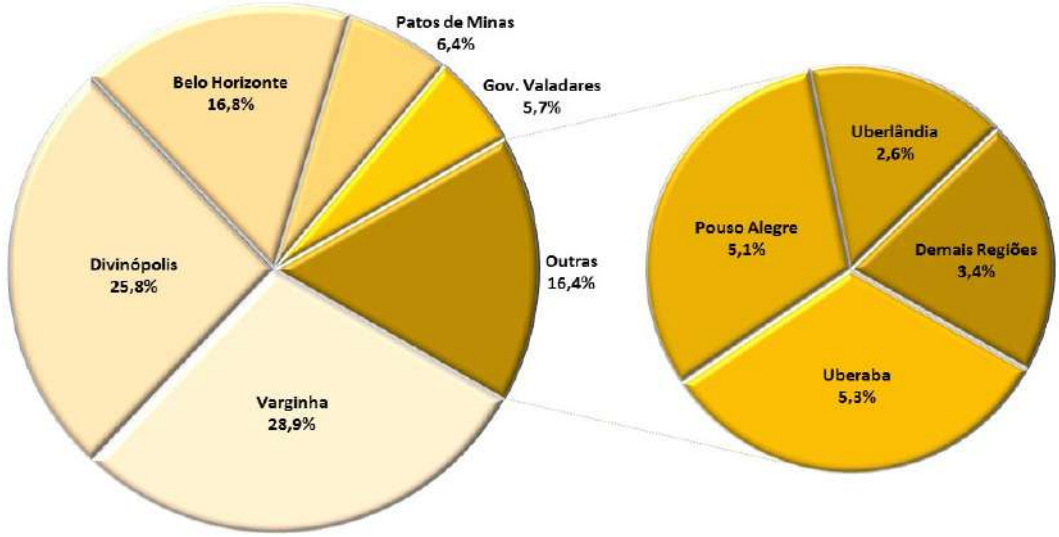
Conforme dados da ANM/MG, em 2017, as argilas do tipo ***comum*** foram mais relevantes em termos de volumes de recursos totais e reservas lavráveis (**Gráfico 124**).



Fonte: ANM-MG, 2017

***Gráfico 124** – Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas*

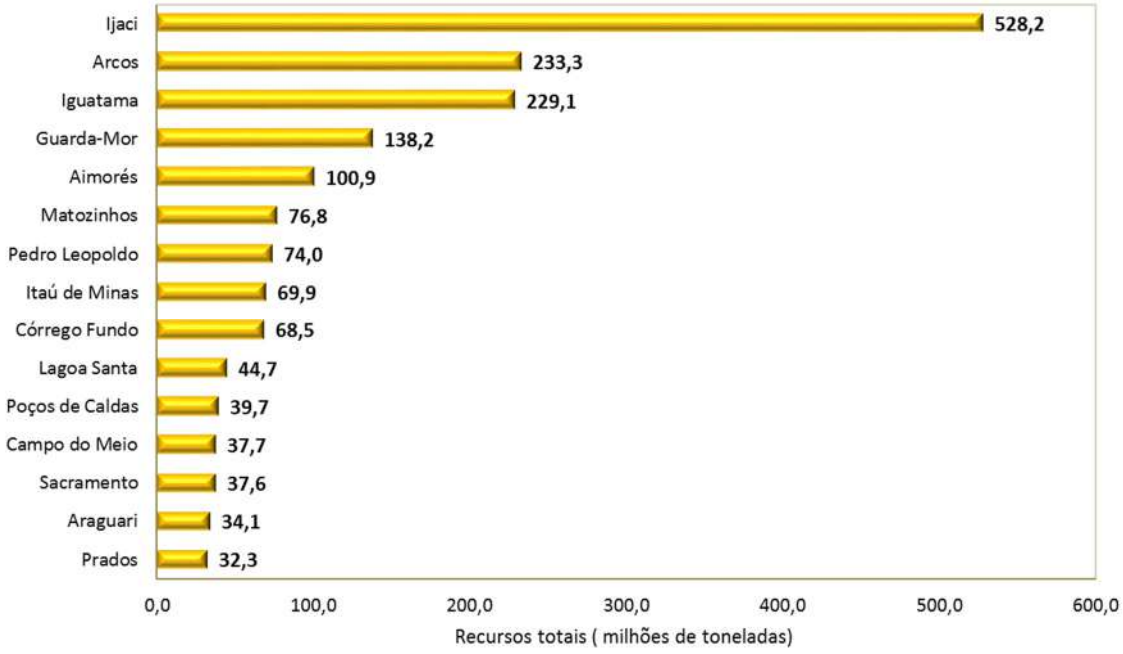
Os principais depósitos de argila do Estado estão distribuídos em doze Regiões Geográficas Intermediárias, sendo que 94% do total de recursos e reservas lavráveis estão concentradas, principalmente, em seis Regiões (**Gráfico 125**).



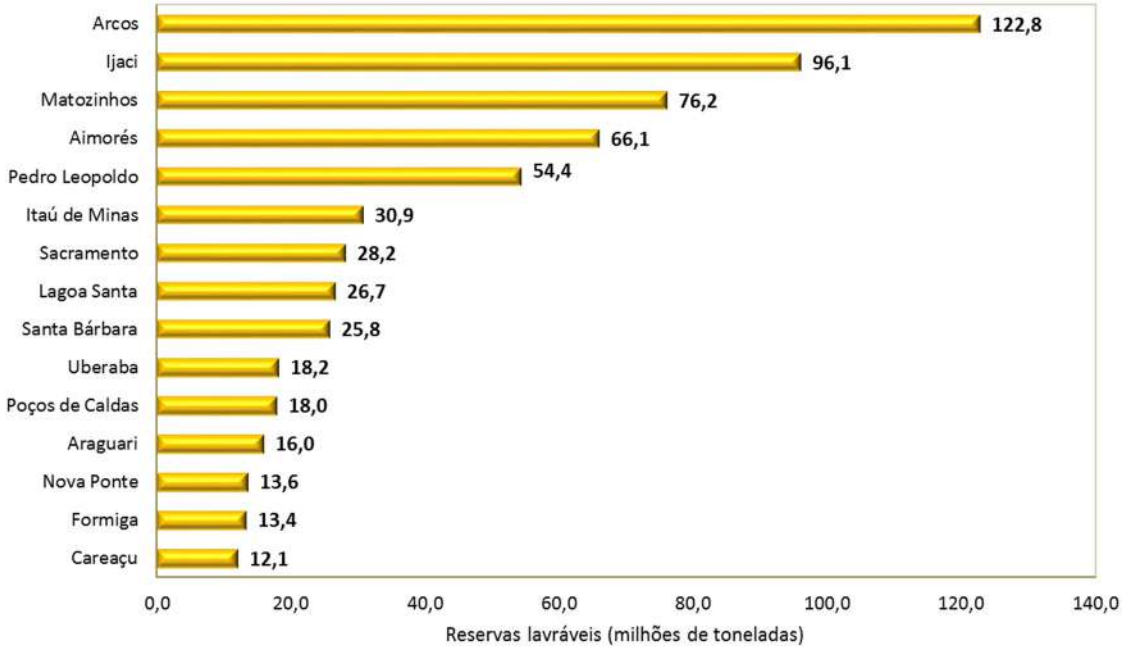
Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 125** – Distribuição dos recursos e reservas de argila por Regiões Geográficas Intermediárias do Estado.*

Os 15 municípios com maior volume de recursos totais e reservas lavráveis do Estado estão apresentados no **Gráfico 126**. Juntos eles somam aproximadamente 80% dos recursos totais e 80% das reservas lavráveis estaduais, segundo dados da ANM/MG de 2017.



(a)



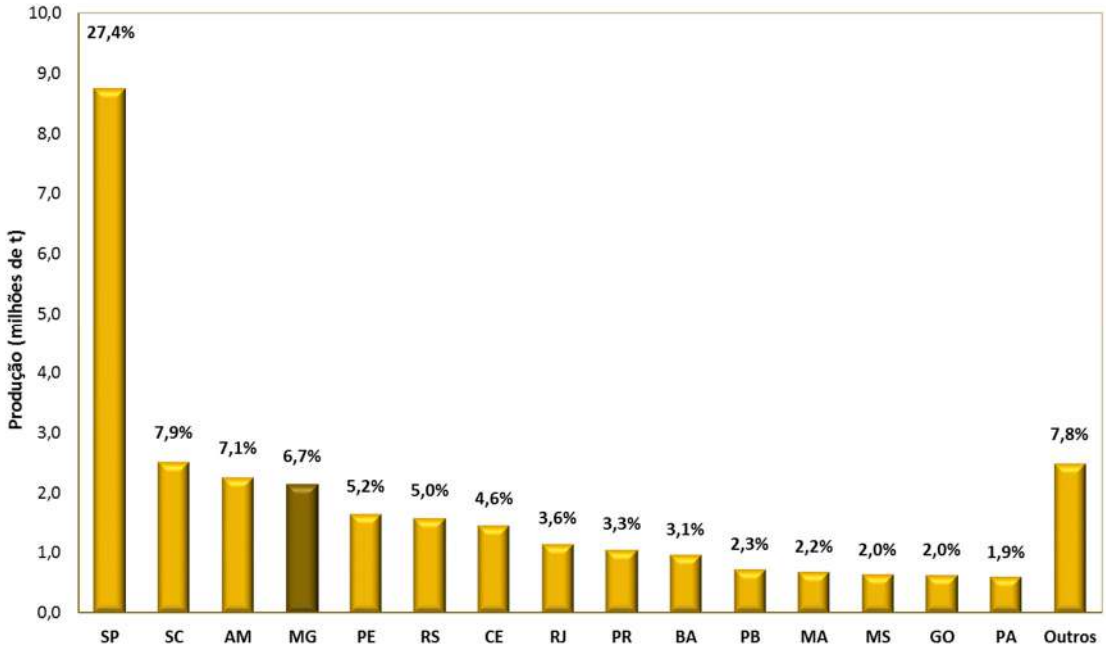
(b)

Fonte: ANM/MG, 2017

***Gráfico 126** - Distribuição regional por principais municípios **(a)** dos recursos totais de argila; **(b)** das reservas lavráveis de argila.*

Produção

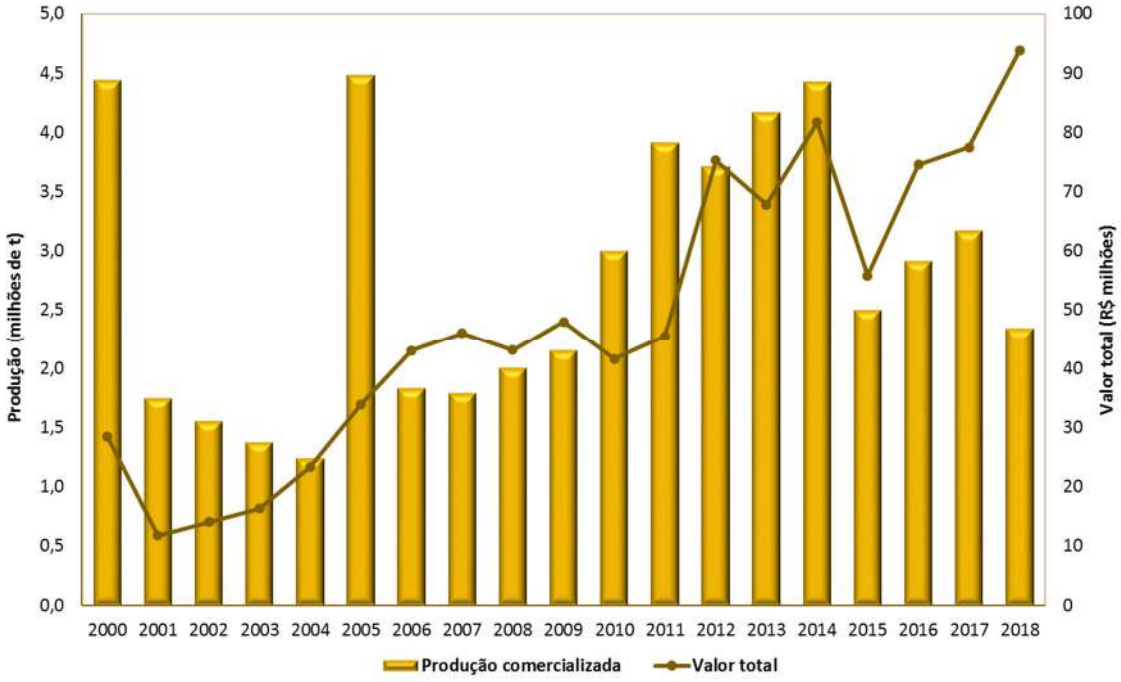
Segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2010, os maiores produtores nacionais de argilas (incluindo argilas comuns, refratárias, plásticas e ocre) foram São Paulo com 8,76 Mt (27,4%); Santa Catarina, com 2,52 Mt (7,9%); Amazonas, com 2,27 Mt (7,1%) e Minas Gerais, com 2,15 Mt (6,7%) (**Gráfico 127**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 127** – Distribuição da produção nacional de argilas (comuns, refratárias, plásticas e ocre).*

Apesar da produção estadual de argilas ter passado por oscilações no período de 2000 a 2018, nota-se uma leve tendência de crescimento até 2014, com posterior queda. Ocorreram picos de aproximadamente 4,5 Mt nos anos de 2000, 2005 e 2014. Por outro lado, de 2002 a 2004 a produção foi inferior aos 1,5 Mt (**Gráfico 128**).



Fontes: Anual Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

***Gráfico 128** – Evolução da produção comercializada e do valor total comercializado de argilas em Minas Gerais.*

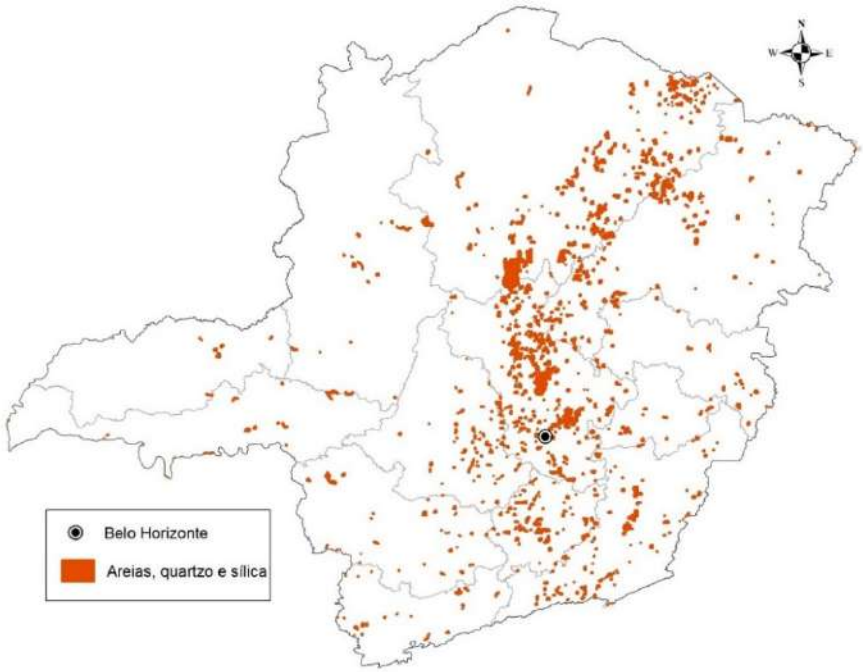
No período analisado, observa-se tendência de crescimento no valor total comercializado, com mínimo de R$11,8 milhões em 2001, atingindo o máximo de R$93,8 milhões em 2018, o que representou um crescimento de aproximadamente 700%.

3.1.2.4.2. Areia Industrial

Segundo Luz e Lins (2008), denominam-se areias industriais os materiais com granulometria entre 0,5 e 0,1 mm contendo alto teor de SiO_2, na forma de quartzo, e baixíssimo grau de impurezas (óxidos de ferro, minerais pesados e argilas). As areias quartzosas, quartzito, arenito e areia de sílica (*silica sand*) são extremamente importantes na fabricação de vidros e na indústria de fundição (em moldes), com uso na indústria cerâmica; na fabricação de refratários e de cimento; na indústria química, fabricação de ácidos e de fertilizantes; no fraturamento hidráulico para recuperação secundária de petróleo e gás; como carga e extensores em tintas e plásticos; e também em aplicações não industriais como horticultura e locais de lazer.

Em geral, as fontes que originam os sedimentos quartzosos depositados no Estado são diversas e independem de unidades geológicas específicas, em virtude da grande ocorrências de rochas siliciclásticas (arenito, quartzito, granito, gnaisse etc.) em território mineiro (VICTORIA, 2018). Entretanto, cita-se aqui algumas fontes geológicas de areias em Minas Gerais como as provenientes de arenitos associados a rochas sedimentares das Bacias do São Francisco (e.g. Grupo Areado e Grupo Urucuia) e do Paraná (e.g. Formação Botucatu do Grupo são Bento), de idade fanerozoica, (ALKMIM, 2018) e aos quartzitos que ocorrem principalmente em depósitos do Quadrilátero Ferrífero (ex: Grupo Itacolomi), em rochas do Supergrupo Minas (ALKMIM,2018).

Observa-se que os processos minerários, referentes areias de uso industrial, estão distribuídos principalmente em uma faixa que atravessa as regiões de Montes Claros, Teófilo Otoni, Ipatinga, Belo Horizonte, Divinópolis, Barbacena e Juiz de Fora (**Figura 52**).



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

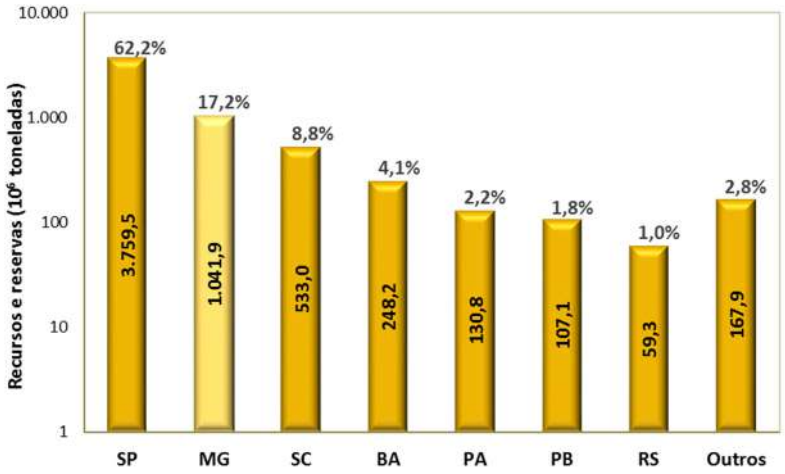
***Figura 52** - Localização dos processos minerários de areias industriais*

A principal empresa mineradora do país, que atua no segmento da mineração de areias industriais, é a **Mineração Jundu**, *joint-venture* entre a **Saint-Gobain** e a **Unimin do Brasil/Sibelco**, com produção e comercialização de areias-base, areias especiais, sílica moída, entre outros. A companhia fornece para os mercados industriais de vidro, fundição, cerâmico, construção civil e petróleo. Em Minas Gerais, a **Saint-Gobain**, através da Weber-Quartzolit, possui uma unidade de beneficiamento de areia para argamassa no município de Santa Luzia, com jazida localizada a 110 km, em São Gonçalo do Rio Abaixo.

É importante salientar que, de forma geral, as demais empresas produtoras de areia industrial existentes no Estado de Minas Gerais são familiares.

Recursos e Reservas

Em nível nacional, a soma de recursos totais e reservas lavráveis de areias industriais superaram os 6,0 Bt (ANM, 2010), sendo distribuídos principalmente nas regiões sudeste e sul (**Gráfico 129**); porém, há ocorrências significativas nas regiões nordeste e norte do país.



Fonte: Anuário Mineral, 2010

***Gráfico 129** – Distribuição nacional dos recursos e reservas de areias industriais.*

No Estado de Minas Gerais, do montante total de mais de 1,75 Bt de recursos e reservas de areias industriais, de 87% concentram-se principalmente em cinco Regiões Geográficas Intermediárias. O restante desses recursos está distribuído em outras três RGInt (**Gráfico 130**) (Fonte: ANM/MG, 2017).

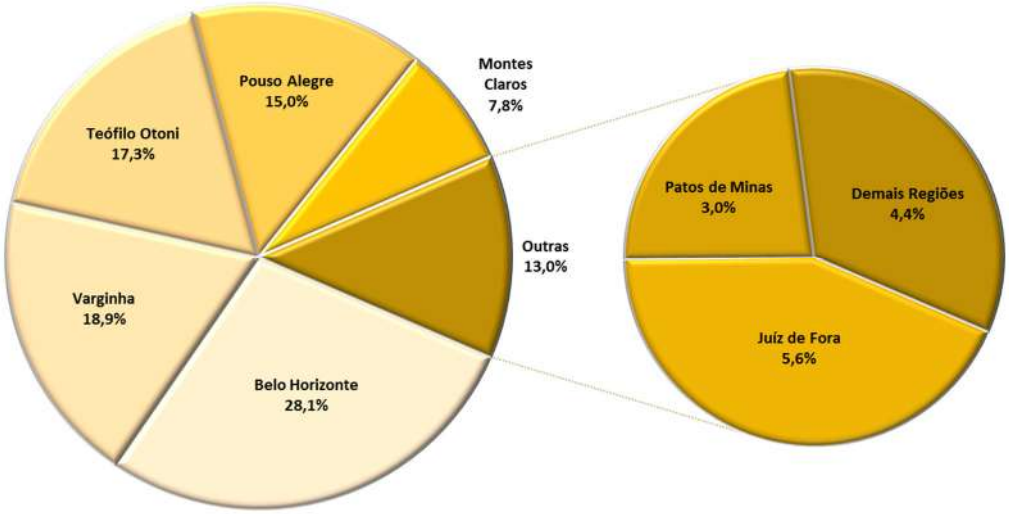
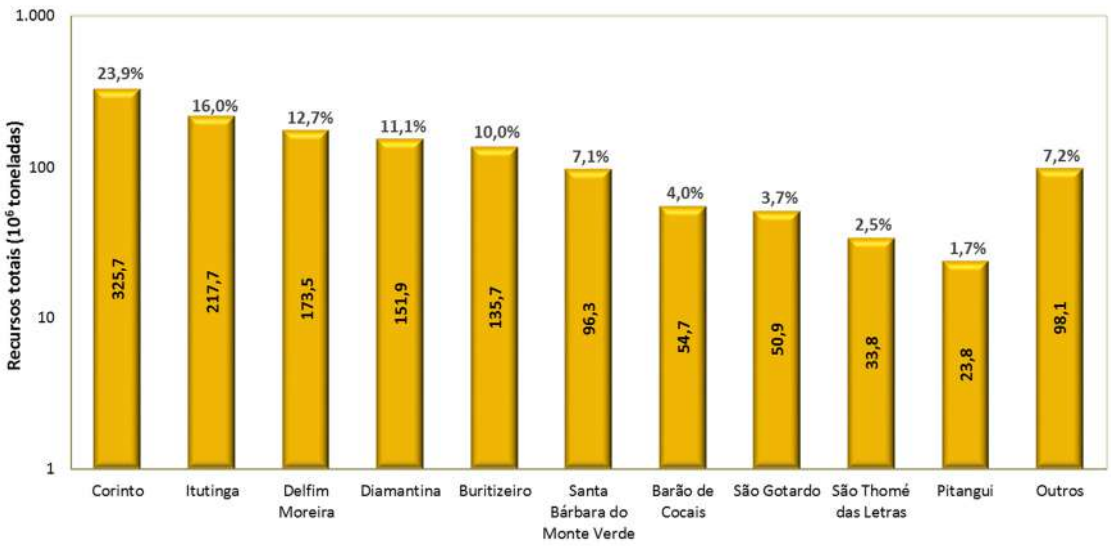


***Gráfico 130** - Total de recursos e reservas de areias industriais por Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais*

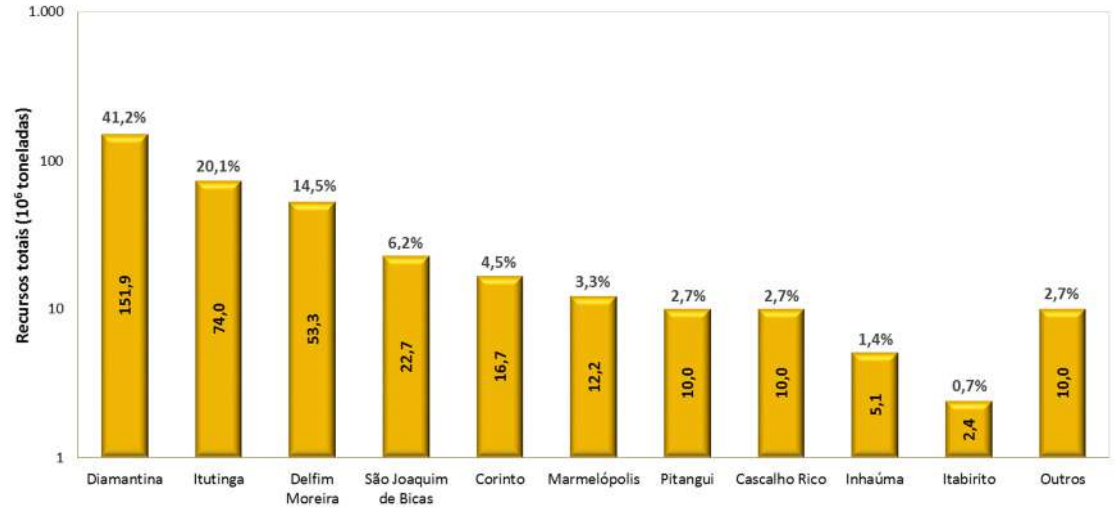
Dos 32 municípios onde há ocorrências de recursos totais de areias industriais no Estado, dez deles totalizam mais 92% desses recursos, com destaque para o município de **Corinto**, na Região de Belo Horizonte, com mais de 325 Mt, seguido pelos municípios de **Itutinga,** na Região de Varginha e **Delfim Moreira**, na Região de Pouso Alegre (**Gráfico 131**).



Fonte: ANM/MG, 2017

***Gráfico 131** – Distribuição por município dos recursos totais de areias industriais.*

Em termos de reservas lavráveis, Minas Gerais conta com 20 municípios que extraem areias industriais, dos quais dez lavram um montante de aproximadamente 360 Mt (**Gráfico 132**). Dentre estes destaca-se o município de **Diamantina** com mais de 150 Mt, o que corresponde a 41% do total; seguido por **Itutinga**, com 74,0 Mt (20,1%); **Delfim Moreira**, com 53,3 Mt (14,5%). Os demais municípios produtores não atingem 25 Mt de reservas (Fonte: ANM/MG, 2017).

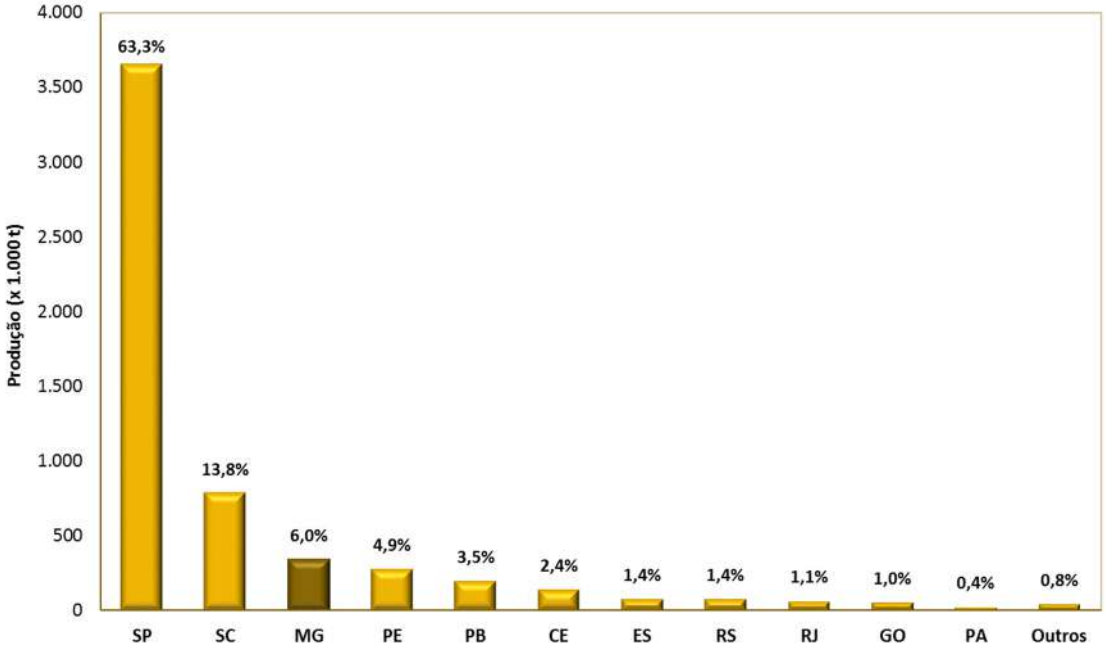


Fonte: ANM/MG, 2017

***Gráfico 132** - Distribuição por município das reservas lavráveis de areias industriais.*

Produção

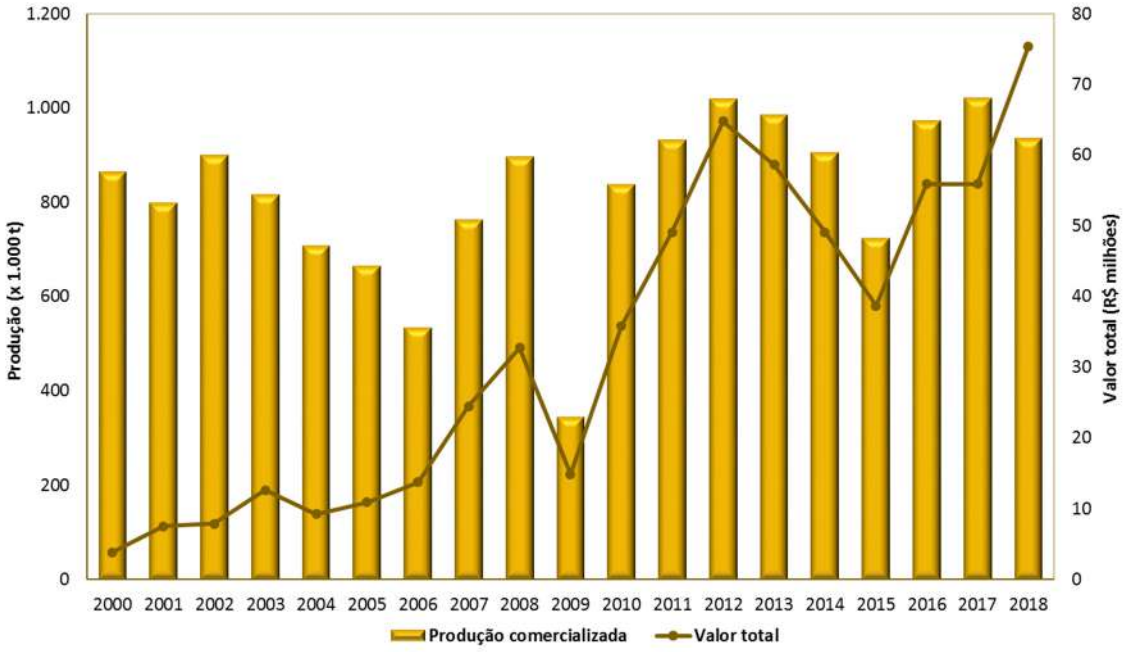
Segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2010, a produção de areias industriais, tendo como fontes primárias: quartzito, quartzo e sílex, colocou o Estado de Minas Gerais como terceiro maior produtor nacional, com aproximadamente 345 mil toneladas (6,0%); sendo a primeira posição ocupada pelo Estado de São Paulo (3,6 Mt, ou 63,3%); seguido por Santa Catarina (793 mil toneladas, ou 13,8%) (**Gráfico 133**)



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 133** – Distribuição da produção nacional de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex.*

No período de 2000 a 2018 a produção estadual total de areias industriais apresentou variação entre 345 mil t em 2009 e 1,02 Mt em 2012 e 2017, com o valor total comercializado apresentando tendência de crescimento, com máximo de R$75,4 milhões em 2018 (**Gráfico 134**).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

***Gráfico 134** – Evolução da produção e do valor total comercializado de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex em Minas Gerais.*

3.1.2.4.3. Calcário e Dolomito

São rochas carbonáticas, sedimentares, compostas predominantemente por calcita ($CaCO_3$) e dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) respectivamente, porém outros carbonatos podem estar presentes como aragonita ($CaCO_3$), ankerita ($FeCO_3$) e a magnesita ($MgCO_3$) (ALECRIM,1982), além de conter impurezas como matéria orgânica, silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros (CAMPELLO,2018). A coloração do calcário varia do branco ao preto, passando pelo cinza claro e escuro. Muitos calcários têm tons avermelhados, amarelos, azuis ou verdes, dependendo do tipo de impurezas (ALECRIM, 1982). Essas rochas quando submetidas ao metamorfismo são denominadas de mármores.

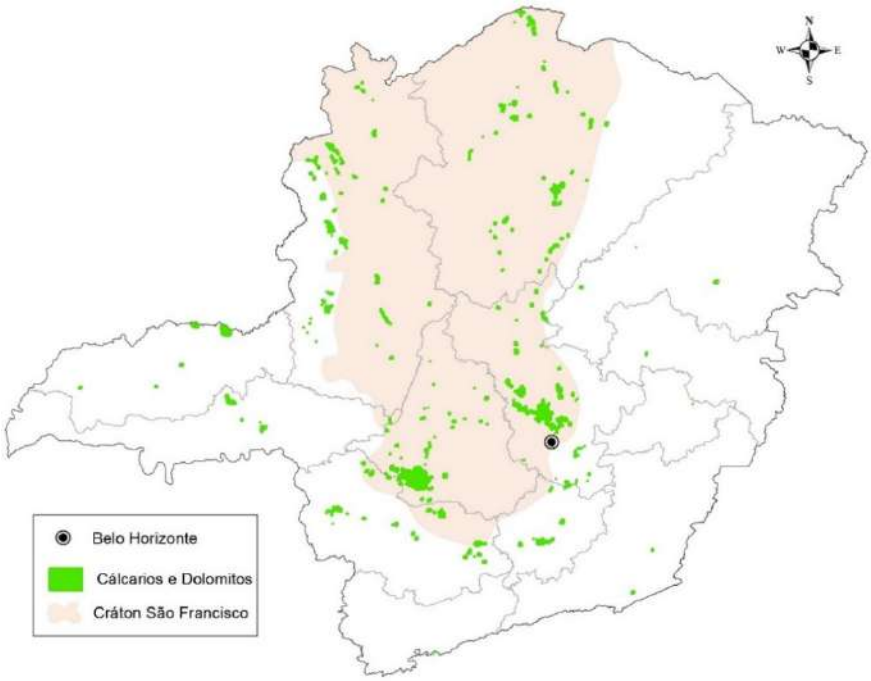
O calcário e o dolomito destinam-se à indústria cimenteira, à fabricação de cal, à produção de corretivo de solos, metalurgia, à produção de vidros, produtos químicos e construção civil (ALECRIM,1982)

As ocorrências de rochas carbonáticas no Estado estão associadas as rochas, que vão desde idade Paleoroterozoica, como a Formação Gandarela, do Grupo Itabira; passando por rochas do Grupo Bambuí como as das Formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, de idade Neoproterozoica; até rochas de idades Neocretáceas, Formação Marília, do Grupo Bauru (CAMPELLO, 2018). O autor cita ainda os Grupos: Carandaí (Formação Barroso), Vazante (Membro Pamplona Superior) e Araxá, como unidades geológicas com comprovada potencialidade para explotação de rochas carbonáticas.

Conforme o número total de processos minerários concedidos pela ANM/MG, é possível visualizar as principais áreas de ocorrência/depósito deste bem mineral, com uso industrial, pelo Estado,(**Figura 53**). Ressalta-se que essas ocorrências e/ou depósitos estão bem distribuídas ao longo do Cráton do São Francisco.

Em termos de concessão de lavras para calcário e dolomito, havia em todo o Estado um total de 191 concessões distribuídas principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de Belo Horizonte (67) e Divinópolis (57), enquanto que o número de requerimento de lavra foi de 272, com destaque para a região de Divinópolis (104) e a Belo Horizonte (83).

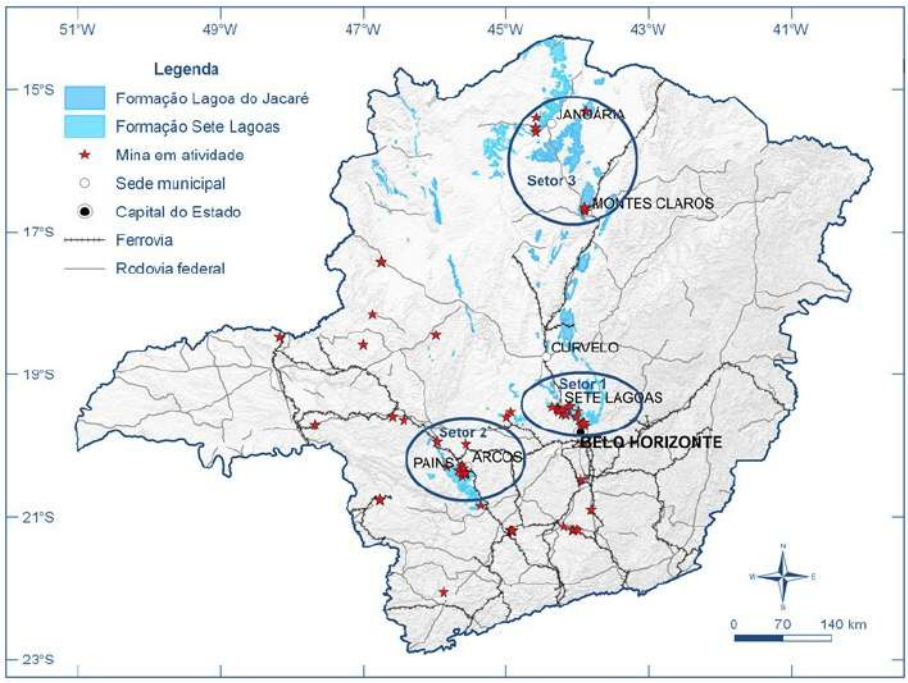
Campello (2018) destaca a relevância da região do Cráton do São Francisco, sob o ponto de vista de produção mineral. Esta região abarca uma quantidade significativa de depósitos relacionados às rochas do Grupo Bambuí, sobretudo os calcários da Formação Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Segundo o mesmo autor, outras unidades geológicas que merecem igual destaque, no aspecto à produção mineral de calcários, são os Grupos: São João del Rei, Araxá, Vazante e Itabira.



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

***Figura 53** - Localização dos processos minerários de calcários e dolomitos para uso industrial*

Levando em consideração que o Grupo Bambuí é a principal unidade geológica que abriga maior quantidade de depósitos de calcários explorados no Estado, e as magnitudes dos seus depósitos, principalmente os relacionados às Formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, subdividiu-se estas ocorrências carbonáticas em três setores (CAMPELLO, 2018) (**Figura 54**).



Fonte: (CAMPELLO, 2018)

***Figura 54** - Mapa de localização dos setores de ocorrências de calcários no Grupo Bambuí*

Setor 1 Norte RMBH, englobando Belo Horizonte, Vespasiano, Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, São José da Lapa, Prudente de Morais, Matozinhos, Sete Lagoas, Capim Branco e Confins. Esta região lavra principalmente calcarenitos, direcionados à produção de cimento, cal, insumos para construção civil e corretivo de solos;

Setor 2 Sudoeste de Minas Gerais onde se destacam os municípios de Arcos e Pains, além de envolver os municípios de Lagoa da Prata, Córrego Fundo, Formiga, Doresópolis, Pimenta e Campo Belo. Este setor explora principalmente calcarenitos magnsesianos a dolomíticos, cujo produto destina-se à siderurgia;

Setor 3 Norte de Minas, salienando os municípios de Montes Claros e Januária, além dos municípios de Janaúba, Itacarambi, Unaí e Montalvânia que exploram calcários para construção civil, cal, corretivo de solo e fertilizantes.

Além do **Grupo Bambuí**, destacam-se as unidades geológicas do **Grupo Itabira**, Supergrupo Minas, (mármores da Formação Gandarela); **Grupo Araxá** (mármores encaixados em filitos e clorita-xisto na base do Grupo Araxá); **Grupo São João del-Rei** (calcários puros e dolomíticos); **Grupo Vazante** (dolomitos); **Grupo Bauru** (arenitos calcíferos e calcários conglomeráticos).

As principais empresas que extraem e comercializam calcários (calcítico e/ou dolomítico) no Estado são Votorantim Cimentos Ltda., Lafarge Holcim, CSN Cimentos, Camargo Corrêa Cimento S.A., Mineração Belocal Ltda. (Lhoist); Britacal e a Ical.

A **Votorantim Cimentos Ltda**. atua em 12 países, sendo a sexta maior companhia da indústria cimenteira em capacidade do mundo. A empresa opera em Minas Gerais, no município de Itaú de Minas, com capacidade de produção de 2,2 Mt/a de cimento; 1,9 Mt/a de clínquer; 350 mil toneladas/a de argamassa; 750 mil toneladas/a de calcário agrícola; 210 mil toneladas/a de cal hidratada. Seus produtos atendem aos setores construção civil, industrial e de infraestrutura (MINÉRIOS & MINERALES, 2017).

A **CSN Cimentos** atua na cidade de Arcos (fábrica), com centros de distribuição em Varginha, Juiz de Fora e Uberlândia. Sua capacidade de produção de cimentos é de 4,3 Mt/a. Os finos do processo de britagem dos fundentes são utilizados como corretivos agrícolas. Os finos de calcários calcíticos são aproveitados para a produção de cimento.

A **Lafarge Holcim** atua na área cimenteira nas cidades de Barbacena, Barroso, Belo Horizonte, Uberaba, Montes Claros e Pedro Leopoldo.

Mineração Belocal Ltda. (Lhoist) – Usa cálcio na fabricação de aço como aglomerante, agentes fundentes e outras aplicações. Seu portfólio atende às indústrias de siderurgia, mineração e pelotização; processamento metalúrgico de metais não ferrosos; petróleo, gás e biocombustíveis; químicos; vidro; celulose e papel; produtos refratários; e polímeros.

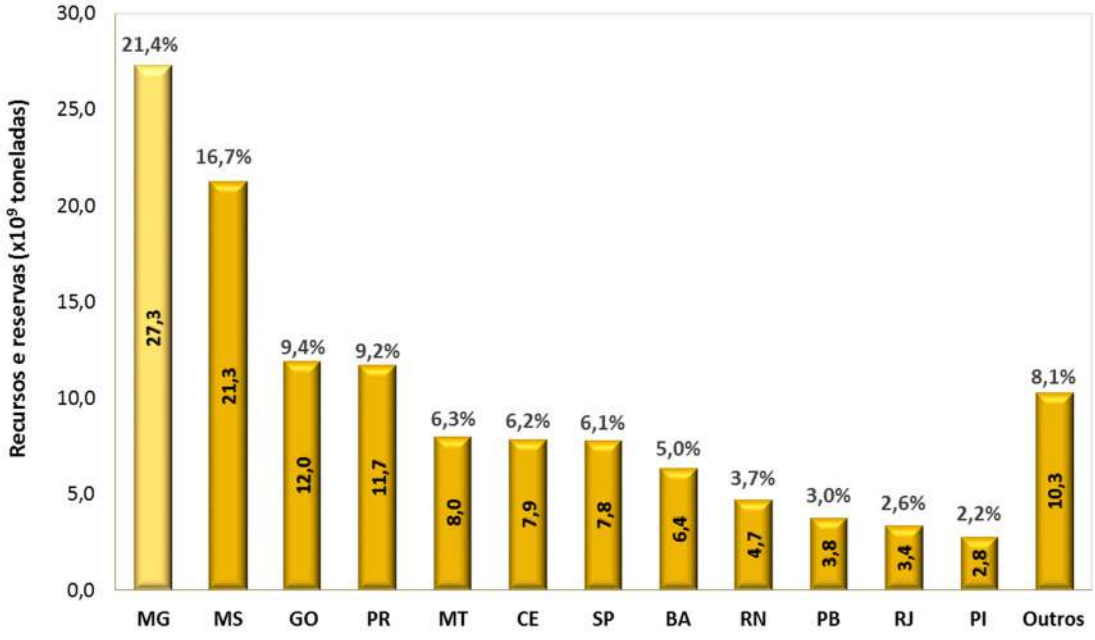
A **Camargo Corrêa Cimentos (InterCement)** possui 40 unidades de produção de cimento, 70 centrais de concreto espalhadas por oito países, e possui um dos maiores complexos cimenteiros do mundo. No Brasil a empresa conta com 16 unidades de produção, especificamente em Minas Gerais, apresenta mina localizada em Santana do Paraíso e usinas localizadas em Pedro Leopoldo e Ijaci.

A **Britacal** é uma empresa do **Grupo Mineração de Calcário Montividiu**. As empresas do grupo produzem calcário agrícola em 18 unidades com jazidas próprias (MG, GO, TO e DF). Em Minas Gerais possui usinas, sendo duas localizadas em Uberaba (Calcário Triângulo Indústria e Comércio Ltda.) e duas em Coromandel (Empresas Reunidas de Calcários Ltda.).

A **Ical** (**Indústria de Calcinação Ltda.**) possui duas jazidas localizadas nos municípios de São José da Lapa (que extrai calcário calcítico para uso como cal virgem, com 97% de CaO) e Pains (que explora calcário dolomítico para uso como cal virgem, cal hidratada e calcário). A empresa ainda possui outras unidades no Estado, localizadas em Matozinhos (Eimcal), Betim (Montreal Ltda. e Usibrita Ltda.) e Prudente de Morais (Eimcal). As unidades possuem capacidade de produção de 1,8 Mt/a e reservas 1,5 Bt de calcário calcítico e dolomítico.

Recursos e Reservas

Segundo os dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010, o Brasil possui um total de mais de 127 Bt em recursos e reservas de calcário, onde os Estados de Minas Gerais e Mato Grosso são os principais detentores dessas ocorrências, correspondendo respectivamente a 27,3 Bt (21,4%) e 21,3 Bt (16,7%). Ainda há registros de depósitos/jazidas em outras Unidades da Federação (**Gráfico 135**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

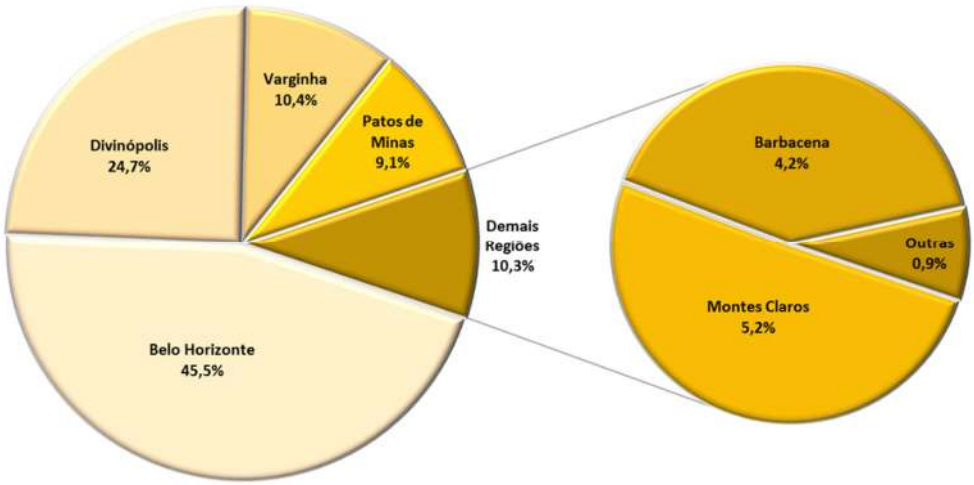
***Gráfico 135** – Distribuição nacional do volume de recursos e reservas de calcário.*

Em 2017, segundo dados da ANM/MG, Minas Gerais possuía um total de mais de 46,2 Bt de calcário, distribuídas entre recursos totais (medidos, indicados e inferidos) e reservas lavráveis (**Gráfico 136**).

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2014.

***Gráfico 136** – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de calcário no Estado de Minas Gerais.*

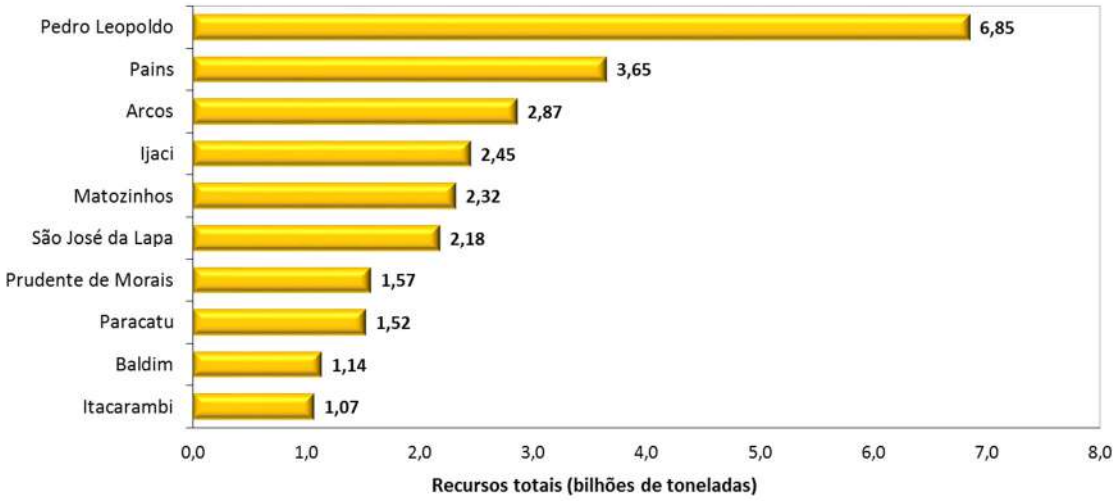
Dados da ANM/MG de 2017 mostram que os recursos e reservas de calcário e dolomito para uso industrial no Estado se concentram nas regiões de Belo Horizonte com 21,5 Bt (45,5%); seguida pelas regiões de Divinópolis, com mais de 11,6 Bt (24,6%); Varginha, com mais de 4,9 Bt (10,4%); Patos de Minas com aproximadamente 4,3 Bt (9,1%) e demais regiões que totalizam aproximadamente 4,8 Bt (**Gráfico 137**).



Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 137** – Distribuição regional dos recursos e reservas de calcário em Minas Gerais.*

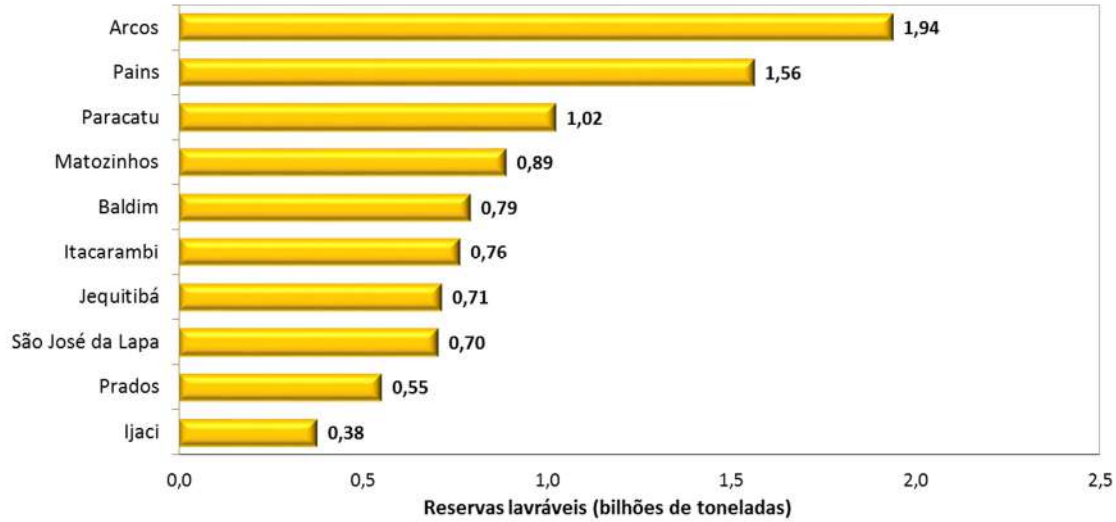
Em Minas Gerais, dentre os 62 municípios detentores de recursos totais de calcário, dez se destacam por conterem mais de 74% do montante de 25,6 Bt desses recursos, com destaque para os municípios de **Pedro Leopoldo**, **Pains**, **Arcos**, **Ijaci**, **Matozinhos** e **São José da Lapa** que superam os 2,0 Bt (**Gráfico 138**).



Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 138** – Distribuição estadual de recursos totais de calcário para os dez principais municípios do Estado.*

Em termos de reservas lavráveis de calcário, 52 municípios do Estado detêm mais de 11,75 Bt, dentre os quais dez somam aproximadamente 80% deste montante. Os municípios de **Arcos**, **Pains** e **Paracatu** superam os 1,0 Bt das reservas (**Gráfico 139**).

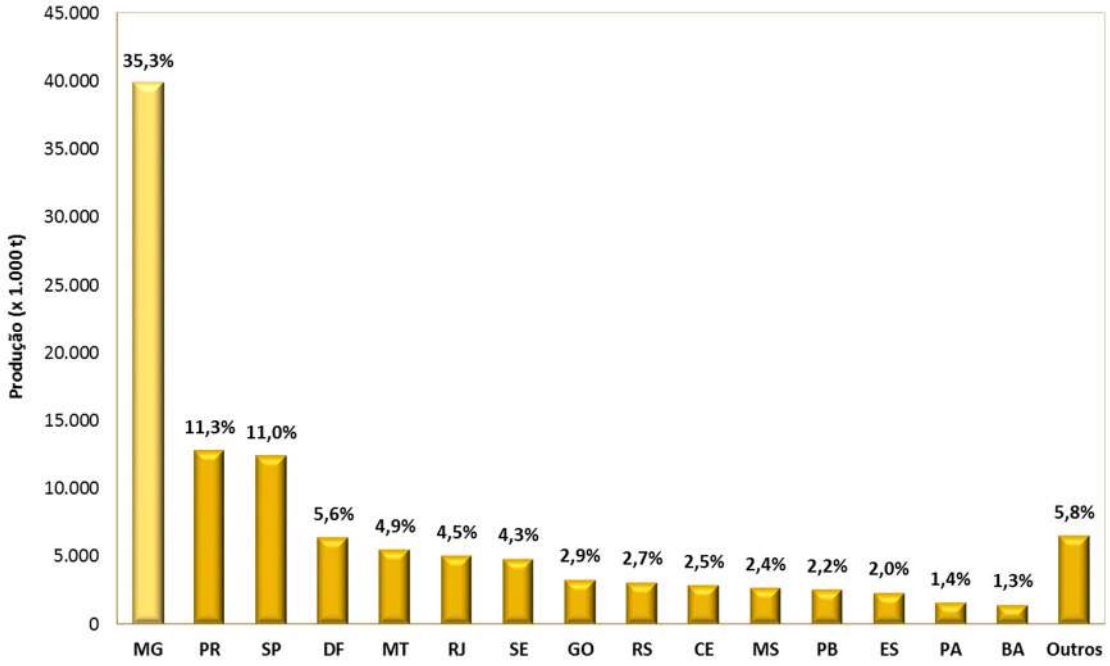


Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 139** – Distribuição estadual de reservas lavráveis de calcário para os dez principais municípios do Estado.*

Produção

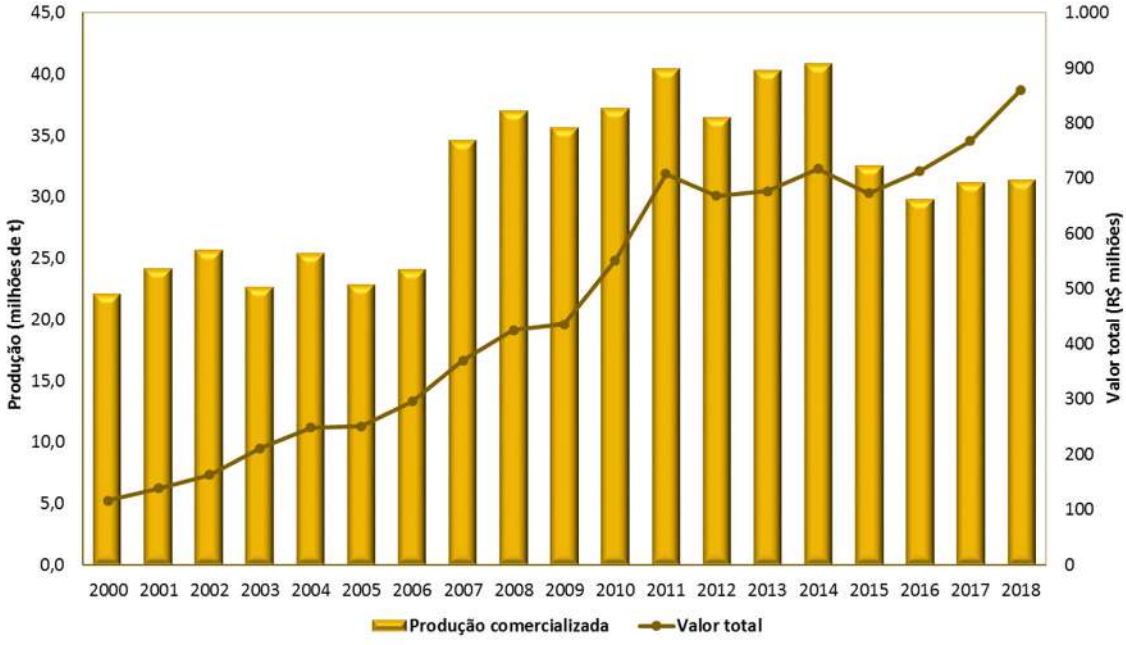
O Estado de Minas Gerais se destaca na produção nacional de calcários com aproximadamente 40 Mt, o que representou 35,3% do total. Os Estados do Paraná e São Paulo ocupam, respectivamente o segundo e terceiro lugar com uma produção da ordem de 13 Mt cada, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 (**Gráfico 140**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 140** – Distribuição da produção nacional de calcário industrial*

No período de 2000 a 2006 a produção de calcário em Minas Gerais se manteve no patamar médio de 24,0 Mt, subindo para o patamar médio de 38,0 Mt entre 2007 e 2014 e mantendo o patamar médio de 31,0 Mt nos últimos quatro anos. Observou-se que o valor total comercializado apresentou tendência de crescimento nesse mesmo período, passando de R$116,1 milhões em 2000 para R$860 milhões em 2018 (**Gráfico 141**).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

***Gráfico 141** – Evolução da produção e valor total comercializado de calcário industrial em Minas Gerais.*

3.1.2.4.4. Grafita

A Grafita é um mineral de cor preto a cinza, lustroso e untuoso ao tato, constituído de carbono puro e podendo conter impurezas de óxidos de ferro, alumínio, fósforo, argila, betume e gases. Na natureza a grafita ocorre nas formas cristalina (lamelar (*flake*) e massiva (*lump*)) e microcristalina (denominada incorretamente como amorfa) (SAMPAIO *et al.,* 2005; ALECRIM, 1982; BELÉM, 2018).

As ocorrências e depósitos economicamente aproveitáveis de grafita no Brasil estão situadas nos Estados de Minas Gerais e Bahia (ALECRIM,1982).

Segundo Dardenne e Schobbenhaus (2003) a **Faixa Araçuaí** abarca principais depósitos minerais, de idade neoproterozoica, entre eles os depósitos do Distrito de Grafita de Pedra Azul - Salto da Divisa. Esses depósitos que se situam nas proximidades das cidades de Pedra Azul e Salto da Divisa, na região do Jequitinhonha, são constituídos predominantemente por grafitas tipo *flake* e grafita fina; e divididos em dois tipos de depósitos: Depósitos Associados à Unidade Xistosa, como os de Pedra Azul e os Depósitos Associados à Suíte Kinzigítica como os de Salto da Divisa-Itamaraju.

Os depósitos de grafita situado no município de Almenara e as zonas mineralizadas das regiões de Pedra Azul, Bandeira, Guaratinga, Itamaraju, Jacinto, Jordânia, Maiquinique, Mata Verde, Salto da Divisa e Santa Maria do Salto, entre outros, compõem a **Província Grafítica do Nordeste de Minas Gerais e Sul da Bahia (Província Bahia-Minas)** (BELÉM, 2006)**.**

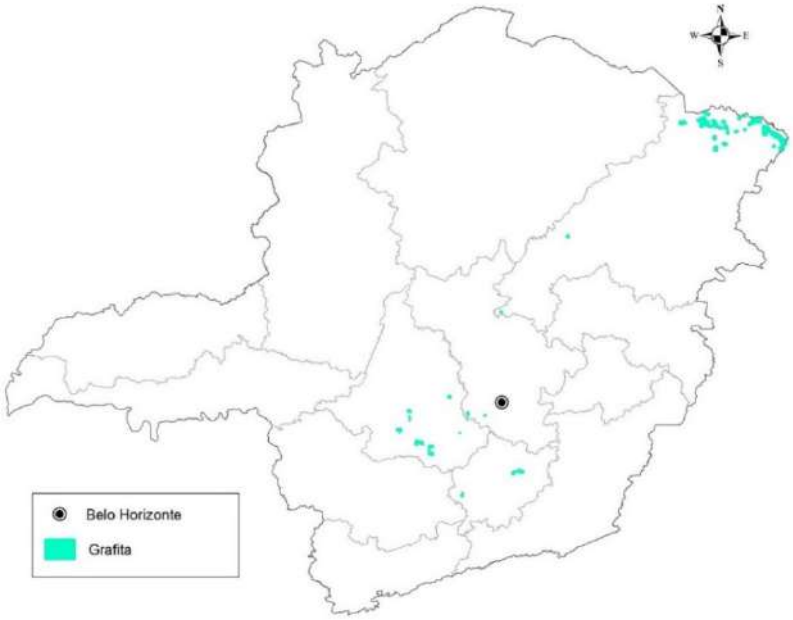
A **Província Bahia-Minas** abriga grandes depósitos de grafita, fazendo do extremo nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia uma das maiores regiões produtoras de grafita *flake* do mundo (BELÉM,2018). Segundo a autora, as mineralizações de grafita encontram-se disseminadas e muito raramente maciças (concentradas em forma de "buchos") nestes depósitos; que estão essencialmente relacionados a rochas metamórficas, do Proterozoico da Faixa Araçuaí, como Grafita Xisto, do Grupo Macaúbas, e o Grafita Gnaisse, presente na suíte Kinzigítica do Complexo Jequitinhonha.

As mineralizações dessa província têm sido prospectadas ou mineradas pela Nacional de Grafite Ltda (BELÉM,2018).

Outra área de destaque para exploração de grafita no Estado está na porção meridional do **Cráton São Francisco**, mais precisamente a 4 km, a norte/nordeste da cidade de Itapecerica, onde há uma das maiores minas de grafita do Brasil, ficando atrás apenas dos depósitos de grafita da Província Bahia-Minas (BELÉM, 2018). As mineralizações de grafita nestes depósitos encontram-se disseminadas nos grafita xistos, da Sequência Paraderivada da Unidade Itapecerica (Chaves *et. al*, 2015 *apud* Belém, 2018), do denominado Complexo Metamórfico Campo Belo (CMCB) (BELÉM, 2018). Ainda segundo a autora, regiões próximas a Itapecerica, como de Arcos e Formiga também são áreas objeto de interesse.

Ressalta-se ainda as regiões de Itatiaiuçu e Mateus Lemes, na região do Cráton, como áreas de ocorrências de grafita no Estado. Essas ocorrências estão associadas a ampla distribuição de rochas grafitosas, do Grupo Nova Lima, do Supergrupo Minas, nessas regiões (BELÉM, 2018).

Analisando as ocorrências e/ou depósitos de grafita no Estado, através dos processos minerários do SIGMINE, constata-se concentração desses processos, principalmente, na região de **Teófilo Otoni,** com um total de 106 processos, e de outros poucos nas regiões de **Divinópolis** e **Barbacena** (**Figura 55**).



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

***Figura 55** – Localização dos processos minerários de grafita.*

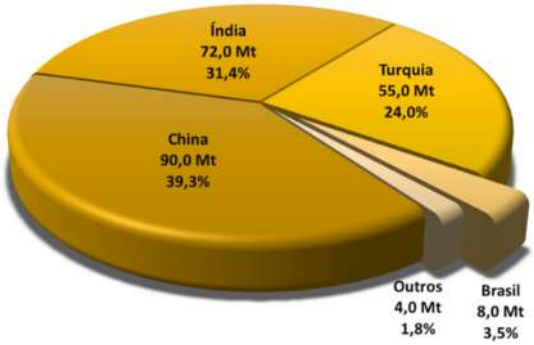
As principais empresas que lavram, beneficiam e comercializam grafita no Estado são a Nacional de Grafite e a Grafita MG.

A **Nacional de Grafite Ltda.** concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento de grafita natural cristalina em três plantas localizadas próximas às jazidas, nos municípios de Salto da Divisa, Pedra Azul e Itapecerica, que produzem cerca de 70 mil t/a de grafita. A unidade de Itapecerica conta com um centro de pesquisas. A sede comercial e administrativa da empresa situa-se na cidade de São Paulo e comercializa produtos para diversas aplicações nas indústrias (baterias, peças e componentes, metalurgia, refratários, lubrificantes, polímeros e agricultura).

A **Grafita MG** lavra minério de grafita nos municípios mineiros de Serra Azul de Minas e Mateus Leme. Sua produção atingiu as 17 mil toneladas de grafita em 2004, destinada ao mercado de ferro-gusa (LOBATO, 2009).

Recursos e Reservas

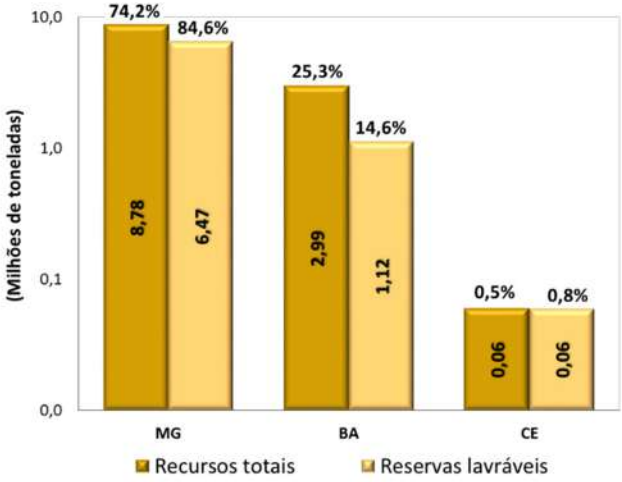
No panorama mundial, em termos de volume total de reservas de grafita, o Brasil ocupa a quarta posição, com um total de 8,0 Mt, o que corresponde a 3,5%, sendo os primeiros lugares ocupados por China, Índia e Turquia (**Gráfico 142**) (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 142** – Reservas mundiais de grafita*

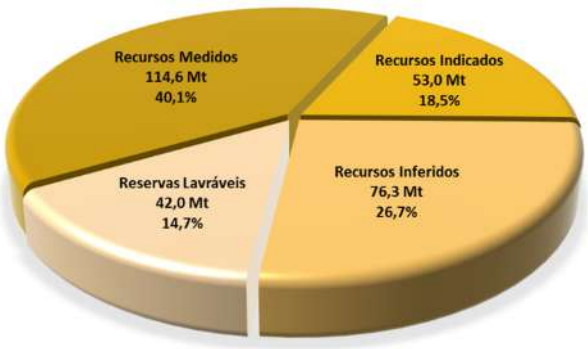
O Estado de Minas Gerais é o principal detentor nacional das ocorrências de grafita com 74,2% dos recursos totais e 84,6% das reservas lavráveis, seguido pelos Estados da Bahia e Ceará (**Gráfico 143**) (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2010).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 143** – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita*

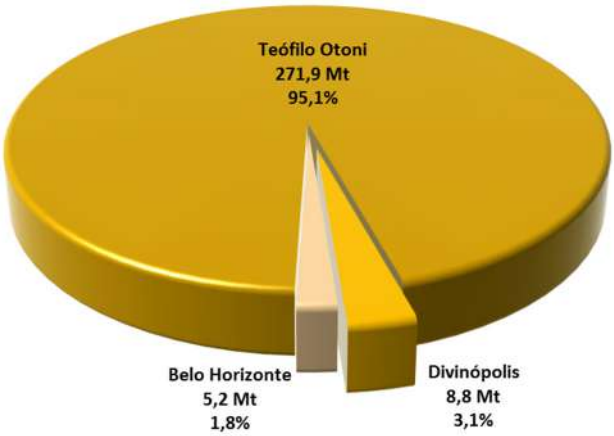
Em 2017 o Estado atingiu o valor de 42,0 Mt em termos de reservas lavráveis de grafita e 243,8 Mt de recursos totais (**Gráfico 144**) (ANM/MG, 2017).



Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 144** – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis em Minas Gerais.*

Dados preliminares da ANM/MG apontaram que a região de Teófilo Otoni detém 95,1% das ocorrências (recursos e reservas) de grafita no Estado, seguida pelas regiões Divinópolis e Belo Horizonte (**Gráfico 145**).



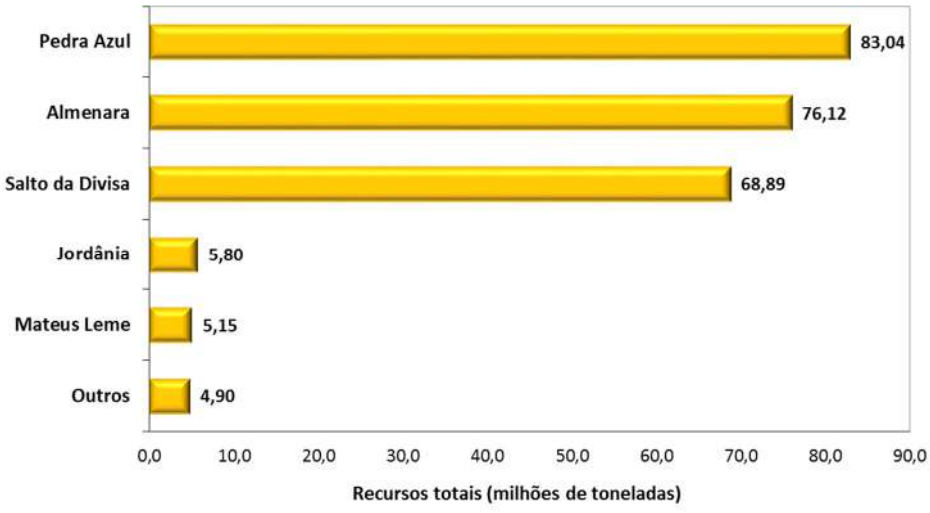
Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 145** – Distribuição regional dos recursos e reservas de grafita em Minas Gerais.*

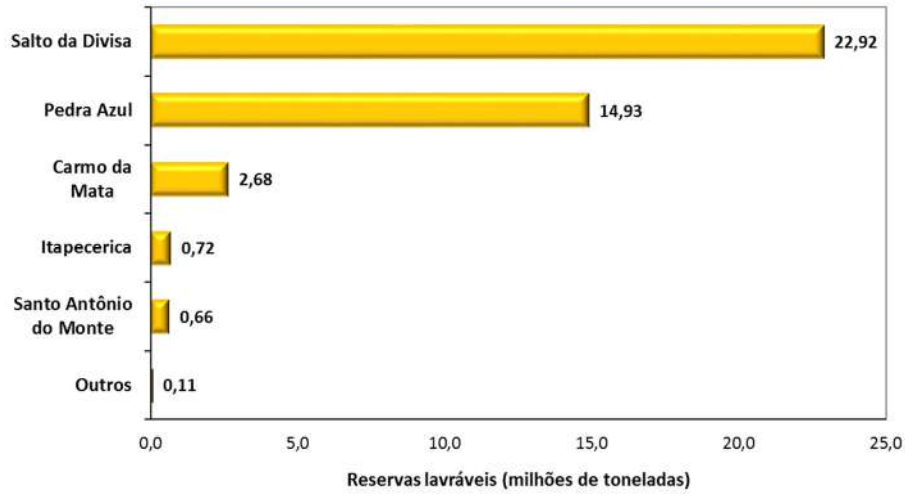
Dente os 12 municípios mineiros com ocorrências de grafita, cinco deles somam mais de 97% de recursos totais (**Gráfico 146a**) e reservas lavráveis (**Gráfico 146b**).

Em termos de recursos totais, os principais municípios detentores de depósitos de grafita são **Pedra Azul**, com 83,0 Mt (34,0%); **Almenara**, com 76,2 Mt (31,2%) e **Salto da Divisa**, com 68,9 Mt (28,2%), localizados na RGInt de Teófilo Otoni.

As reservas lavráveis estão concentradas nos municípios de **Salto da Divisa**, com 22,9 Mt (54,5%) e **Pedra Azul**, com 14,9 Mt (35,5%), situados na Região Geográfica Intermediária de Teófilo Otoni. Cita-se também o município de **Carmo da Mata** com 2,7 Mt (6,4%) na região de Divinópolis.



(a)



(b)

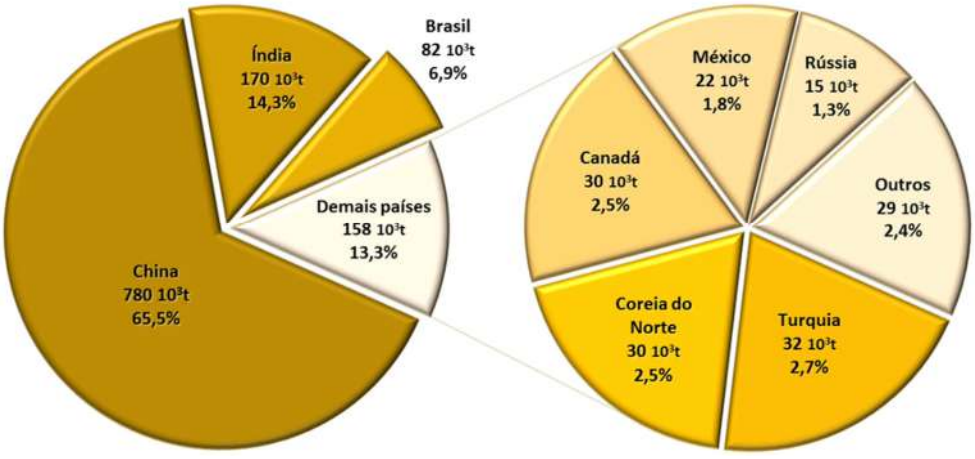
Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 146** – Distribuição dos **(a)** recursos totais e **(b)** reservas lavráveis de grafita nos municípios de Minas Gerais.*

Existem ainda depósitos e/ou jazidas localizados nos municípios de Arcos, Córrego Fundo, Itapecerica, Santo Antônio do Monte e São Francisco de Paula, na RGInt de Divinópolis; Cachoeira de Pajeú e Jordânia, na região de Teófilo Otoni, e Mateus Leme na região de Belo Horizonte.

Produção

Em 2015, a China dominava a produção mundial de grafita, com 780 mil toneladas (65,5%); seguida pela Índia, com 170 mil toneladas (14,3%) e Brasil, com 82 mil toneladas (6,9%). Também são produtores de grafita a Turquia, a Coreia do Norte, Canadá, México e Rússia (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016) (**Gráfico 147**).

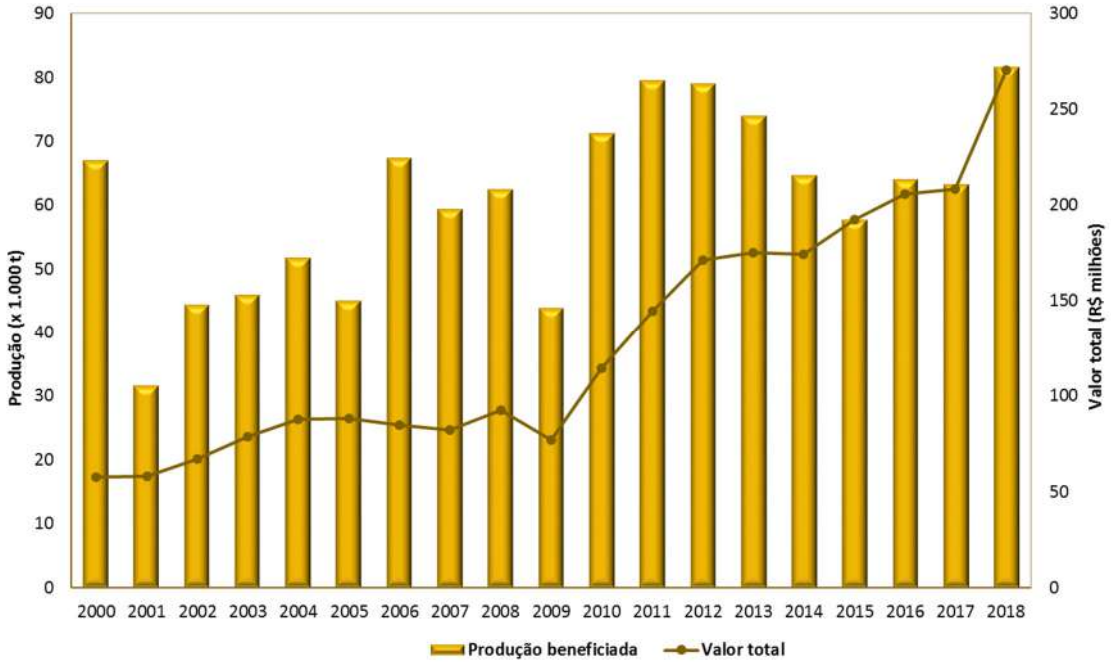


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 147** – Produção mundial de grafita em 2015*

Ressalta-se que a produção brasileira de grafita natural beneficiada foi de 82.000 toneladas, com destaque para o Estado de **Minas Gerais**, responsável por 84% (provenientes dos municípios de Itapecerica, Pedra Azul e Salto da Divisa); e **Bahia**, com o município de Maiquinique, responsável aproximadamente por 16% da produção nacional.

A produção beneficiada de grafita no Estado teve variações entre 2000 e 2018, com volumes máximos da ordem de 80 mil toneladas em 2011, 2012 e 2018. Em 2001 a produção atingiu o mínimo de 31,6 mil toneladas. Observa-se um uma tendência de crescimento no valor total comercializado, variando de R$57,8 milhões, em 2000, para R$270,3 milhões (**Gráfico 148**).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG

***Gráfico 148** – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de grafita em Minas Gerais.*

Grafeno

Derivado da grafita, o grafeno é a grande aposta do momento em termos de desenvolvimento científico e tecnológico, uma vez que essa substância é 200 vezes mais resistente do que o aço, flexível, eficiente condutor de eletricidade, mais barato do que a maioria dos produtos utilizados na indústria de ponta.

Com grande variedade de aplicações, o grafeno é usado no setor aeroespacial, na produção de componentes eletrônicos, transmissores e baterias, e na nova geração de raios laser muito mais rápidos e potentes, na área biomédica (equipamentos hospitalares), energia, telecomunicações, tecnologias voltadas para o meio ambiente (incluindo a dessalinização da água do mar). O Grafeno promete simbolizar a nova revolução na indústria microeletrônica entre outras, e estima-se que o seu potencial de mercado seja de US$ 1,0 trilhão, em um horizonte de 10 anos.

Em nível mundial, existe um programa da União Europeia, denominado *Graphene Flagship*, com investimentos da ordem de 1,3 bilhão de Euros, envolvendo mais de 150 instituições e 23 países, para o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a utilização do grafeno em três áreas principais: a identificação das aplicações do grafeno e potencialidade de cada uma delas; onde e como o usar o grafeno; e o desenvolvimento de produção em escala industrial.

O Brasil recebeu R$30 milhões destinados à Universidade Mackenzie, em São Paulo, para a implantação do Instituto Mackgraphe, voltado para pesquisa, produção e aplicação do grafeno. O instituto usa o minério

oriundo de Minas Gerais e possui uma rede de pesquisadores de diversas instituições, incluindo a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do Centro de Nanotubos.

O Brasil está em uma posição privilegiada, pois possui uma das maiores reservas de grafita do mundo e o primeiro instituto de grafeno da América Latina (Mackgraphe). Em função disso, o investimento nas pesquisas com o grafeno se faz necessário, uma vez que pode trazer grande retorno econômico e financeiro, entretanto falta mão-de-obra especializada no país.

Em julho de 2016, a CODEMIG - em parceria com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN) e com a UFMG - lançou o Projeto "MGgrafeno: Produção de grafeno a partir da grafite natural e aplicações" que prevê a criação da primeira planta piloto do Brasil para produção de grafeno. Neste caso, o grafeno será produzido a partir da grafita natural e visa a agregação de valor a esse material onde o preço pode chegar a US$ 100,00 por grama (CODEMIG, 2016).

Cadeia Produtiva

As maiores reservas lavráveis brasileiras de grafita estão localizadas em Minas Gerais, Ceará e Bahia, totalizando 70 milhões de toneladas. Ressalta-se que as melhores ocorrências grafíticas estão nos municípios de Salto da Divisa e Pedra Azul (MG), com reservas lavráveis de estimadas em 23 e 15 milhões de toneladas, respectivamente. A produção mundial foi da ordem de 1,2 milhões de toneladas (2017), com o Brasil responsável por 5,2%, ocupando a terceira posição.

A grafita tem diversas aplicações industriais, como na indústria tradicional de refratários (tijolos de alta temperatura e revestimentos utilizados nas indústrias de metais, cerâmica, vidro, petroquímica e cimento). Além desse segmento, a grafita é utilizada na fabricação de baterias (anodo de grafite), na produção de aço, lonas de freio para veículos, lubrificantes e o **grafeno** (HEIDER, 2018).

O mineral pode ser classificado em três tipos comerciais: grafita em flocos, em veio cristalino e amorfa, e por fim, subdivididos em vários "graus" baseando-se no teor de carbono, tamanho da partícula e tipos de impurezas. A grafita natural tem a sua equivalente comercial que é a grafita sintética.

Principais tipos comerciais:

- Grafita natural
    - Cristalina
        - Flocos (*flake*) (> 85% de C)
            - Grafita expandida
        - Veios (*lump*) (> 90% de C)
    - Amorfa (60-85% de C)
- Grafita sintética (artificial)
    - Fonte de carbono: coque de petróleo calcinado, sem aditivos.

O minério de grafita é extraído, das duas principais províncias grafíticas do Estado (Itapecerica e Pedra Azul). A cadeia produtiva da grafita segue uma rota que pode ser resumida conforme ilustrado abaixo (**Figura 56**).

Após a extração o minério passa por etapas de beneficiamento que compreendem, de maneira simplificada, homogeneização, moagem, concentração mecânica e flotação atingindo teores de entre 75 e 98 % sendo destinado a diversas aplicações.

Entretanto, algumas aplicações industriais exigem teores de carbono superiores a 98%. Para atender a esse mercado, há um processo de purificação química que atinge teores de até 99,95% de carbono. Após a concentração química, a grafita passa pelos processos de filtragem e secagem, classificação, briquetagem e intercalação.

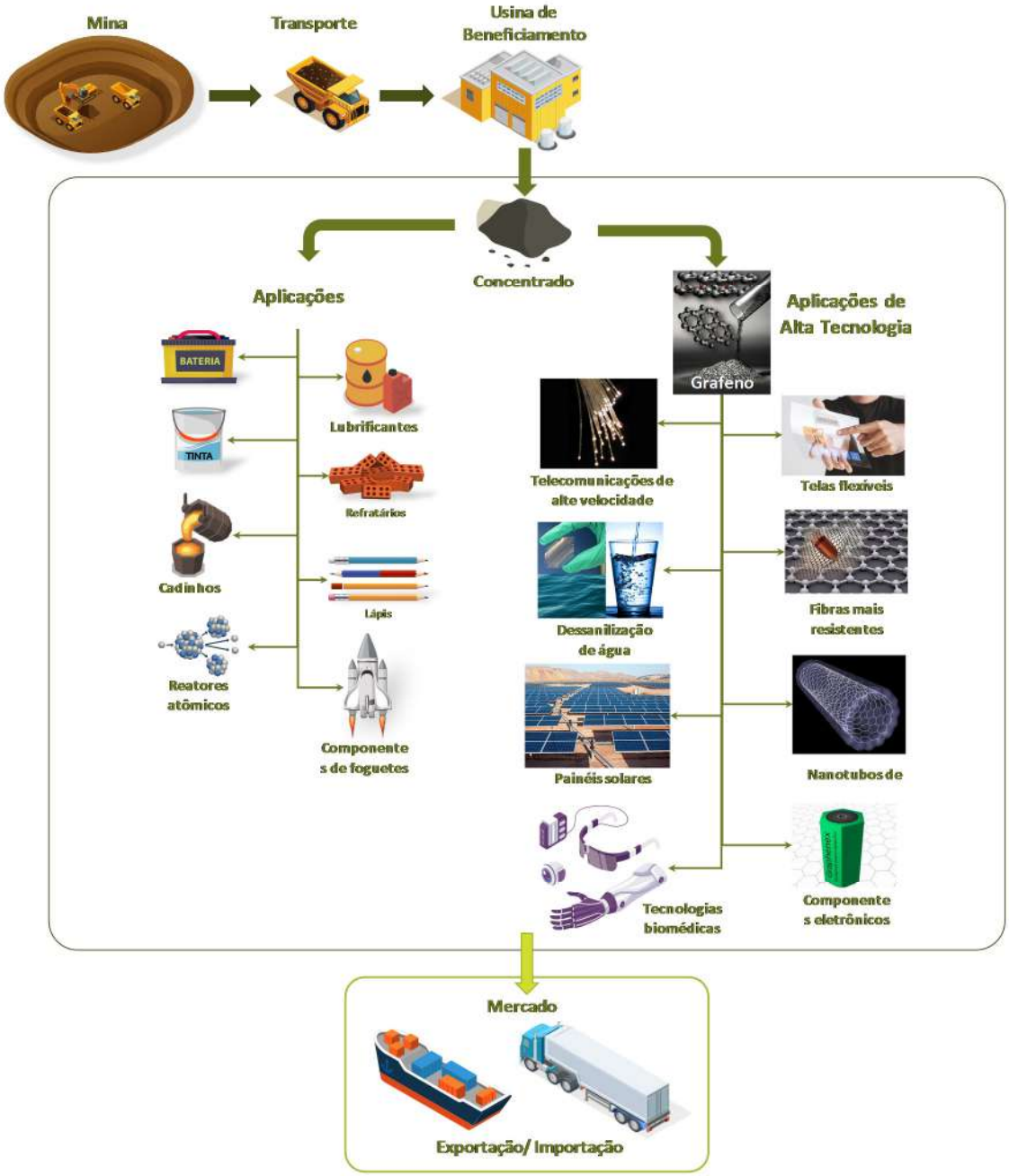
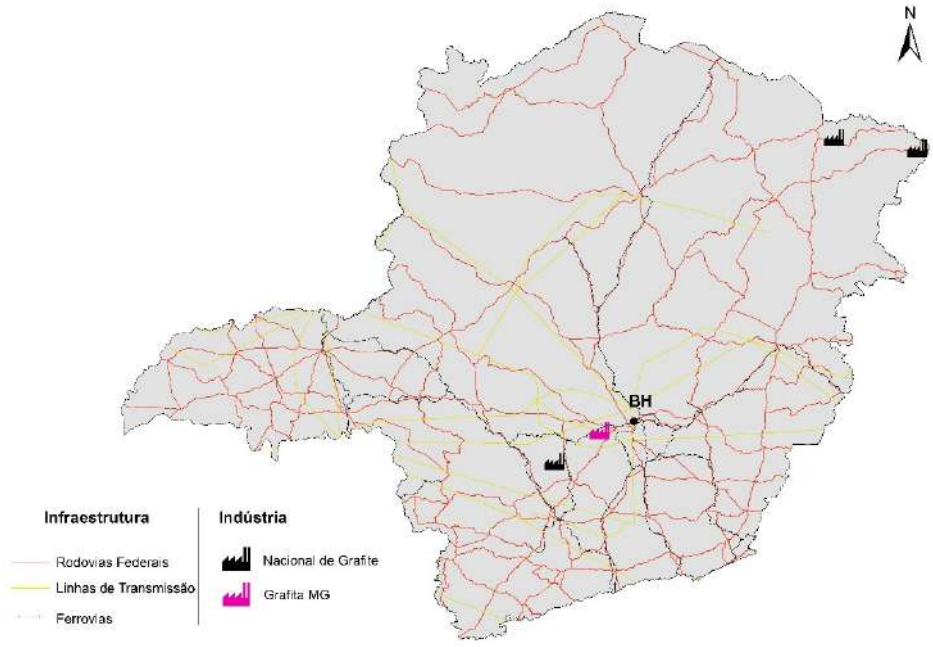


Figura 56 *- Fluxograma esquemático da cadeia produtiva da grafita*

O parque produtivo está localizado na mesma região de extração, situada nas RGInts de Teófilo Otoni e Divinópolis sendo a principal empresa produtora, a Nacional de Grafite (**Figura 57**).



Fonte: ANM/ Elaboração: SEDE

***Figura 57** – Localização do parque produtivo de grafita em Minas Gerais*

Em 2018 a produção da **Nacional de Grafite** na unidade de Itapecerica foi de 21.689 toneladas, na unidade de Pedra Azul foram produzidas 37.646 toneladas. A produção de Salto da Divisa 11.837 toneladas (ANM, 2018). O minério de grafita natural depois de lavrado é concentrado em produtos cujo teor de carbono fixo variam de 89,0 a 94%, e se dividem, quanto a granulometria, em três tipos: grafita granulada (*lump*), grafita de granulometria intermediária e grafita fina (LOBATO, 2009).

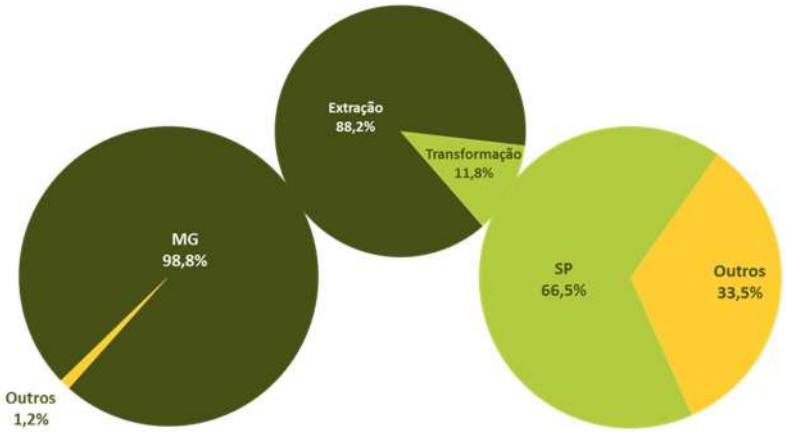
Os produtos são demandados principalmente pelas indústrias de refratários, de baterias, de lubrificantes, de metais e automobilística (LOBATO, 2009).

A **Grafita MG**, que lavra minério de grafita no município de Mateus Leme, em Minas Gerais, produziu 10.442 toneladas de grafita em 2018 (ANM, 2018). Segundo Lobato (2009), a produção da empresa em 2004 destinou-se ao mercado após simples moagem e vendida para produtores de ferro-gusa.

Aspectos Econômicos

As exportações nacionais de grafita foram da ordem de US$ 37,3 milhões, em 2018, sendo US$ 32,9 milhões originários da indústria extrativa e US$ 4,4 milhões da indústria de transformação (**Gráfico 149**).

Apesar de Minas Gerais ser o principal detentor nacional de recursos e reservas de grafita natural, a indústria de transformação está concentrada no estado de São Paulo. Esse fato também se reflete no comércio exterior, uma vez que Minas Gerais é o maior exportador do minério em forma natural (US$ 35,5 milhões), e São Paulo, o principal exportador de produtos transformados (US$ 2,9 milhões) (**Gráfico 149**).

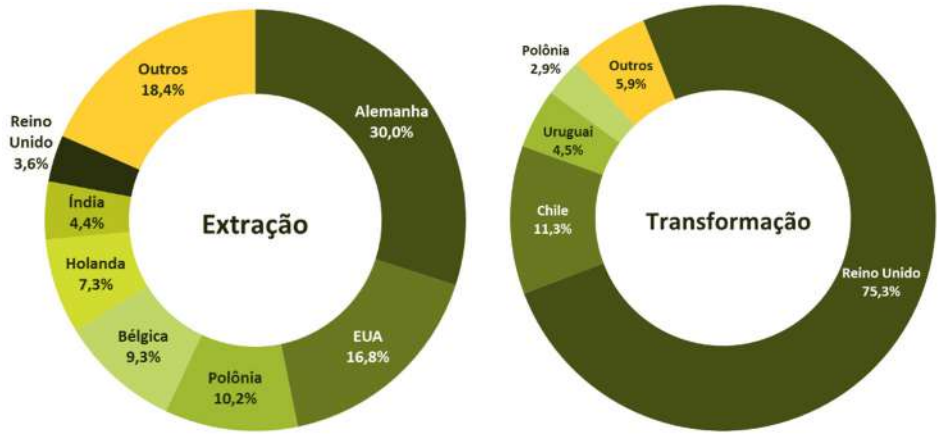


COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 149** – Distribuição das exportações nacionais de grafita.*

Do total de exportações nacionais de grafita, em 2018, Minas Gerais, participou com aproximadamente 87% sendo, US$ 32,5 milhões da indústria extrativa, onde o principal produto foi a grafita em forma natural. Já a indústria de transformação, representou apenas US$ 29,5 mil, principalmente produtos cerâmicos refratários de grafita.

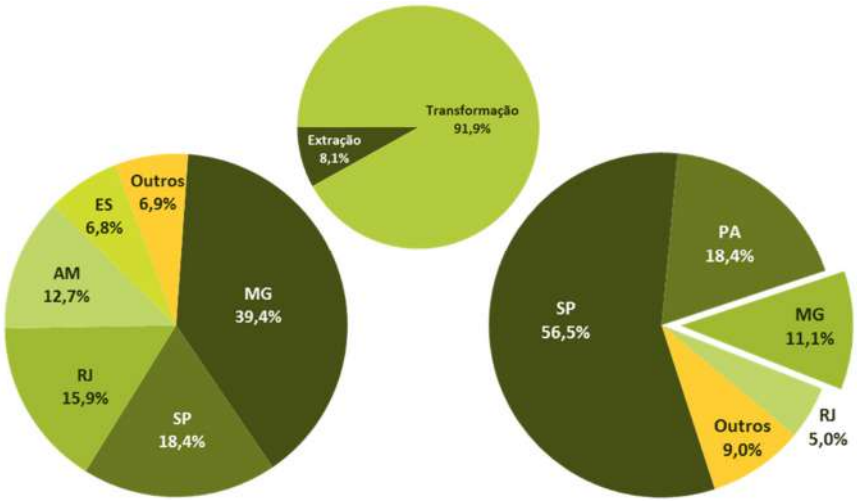
Os principais destinos das exportações referentes à indústria extrativa da grafita, em Minas Gerais, foram Alemanha (US$ 9,75 Mi); EUA (US$ 5,45 Mi); Polônia (US$ 3,32 Mi) além de Bélgica, Holanda, Índia, Reino Unido e outros 25 países. Já a indústria de transformação teve como principais destinos, o Reino Unido (US$ 20,0 mil); Chile (US$ 3,0 mil); Uruguai (US$ 1,2 mil) e outros cinco países (**Gráfico 150**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 150** – Destino das exportações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais.*

As importações nacionais de grafita, em 2018, foram de US$ 29,6 milhões, sendo 91,9% referentes à indústria de transformação e 8,1% da indústria extrativa. Nesse contexto, Minas Gerais participou com US$ 945,3 mil na indústria extrativa e com US$ 3,03 milhões na indústria de transformação (**Gráfico 151**).

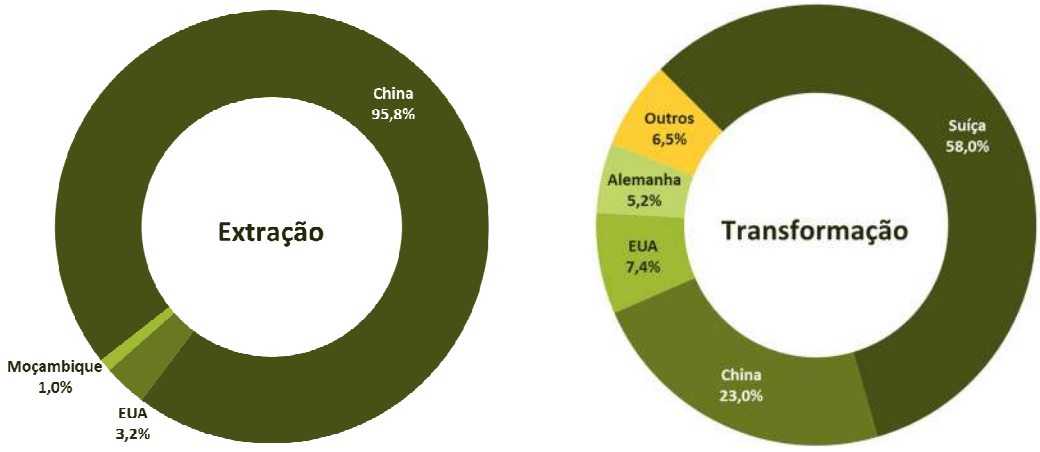


COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 151** – Distribuições das importações nacionais de grafita.*

Do total de importações nacionais de grafita, em 2018, Minas Gerais, participou US$ 4,0 milhões (13,4%), representados, principalmente, pela grafita natural (em pó ou escamas) e grafita em pasta.

Minas Gerais importou produtos da indústria extrativa, principalmente da China (US$ 905,5 mil), além de EUA e Moçambique. Por outro lado, as importações da indústria de transformação, foram provenientes da Suíça (US$ 1,76 Mi), China (US$ 696,4 mil), além de EUA, Alemanha e outros 13 países (**Gráfico 152**).

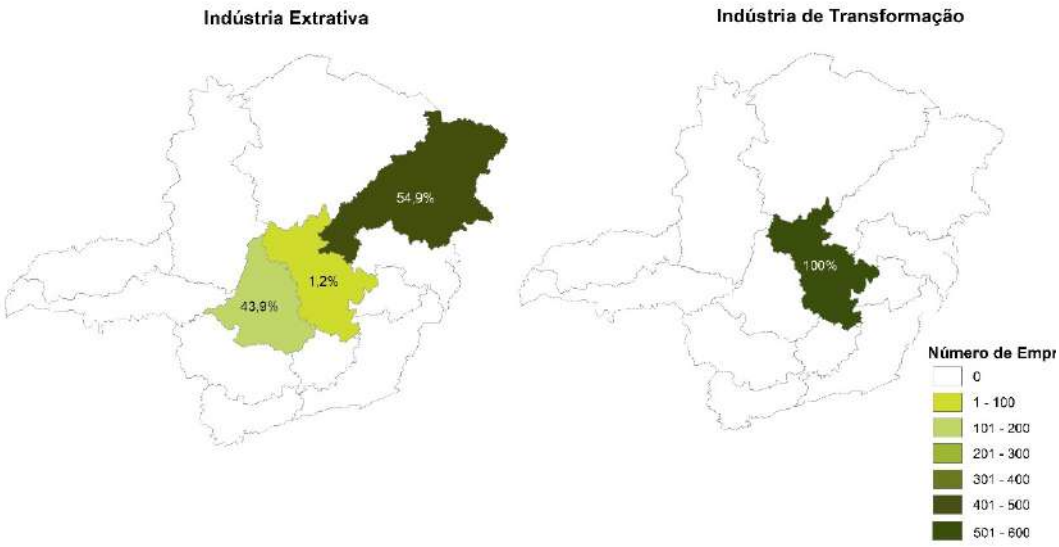


COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 152** – Origem das importações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais.*

É importante salientar que o Brasil importou um montante de aproximadamente, US$ 180 milhões de grafita artificial, sendo Bahia, São Paulo e Espírito Santo os principais Estados compradores.

Segundo o RAIS/CAGED (2018), o número de empregos diretos gerados na cadeia produtiva da grafita, concentrou-se na indústria extrativa, com 832 postos de trabalho, distribuídos entre os municípios de Itapecerica (364), na RGInt de Divinópolis; Pedra Azul (311) e Salto da Divisa (146), na RGInt de Teófilo Otoni. Já a indústria de transformação foi responsável por 589 empregos, concentrados na RGInt de Belo Horizonte, nos municípios de Contagem (572), Ibirité (10) e Belo Horizonte (7), pincipalmente para a fabricação de eletrodos, contatos e outros artigos de carvão e grafita para uso elétrico, eletroímãs e isoladores (**Figura 58**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: DMIN-SEDE.

***Figura 58** - Quantificação dos empregos gerados na cadeia da grafita por Região Geográfica Intermediária*

3.1.2.4.5. Feldspatos

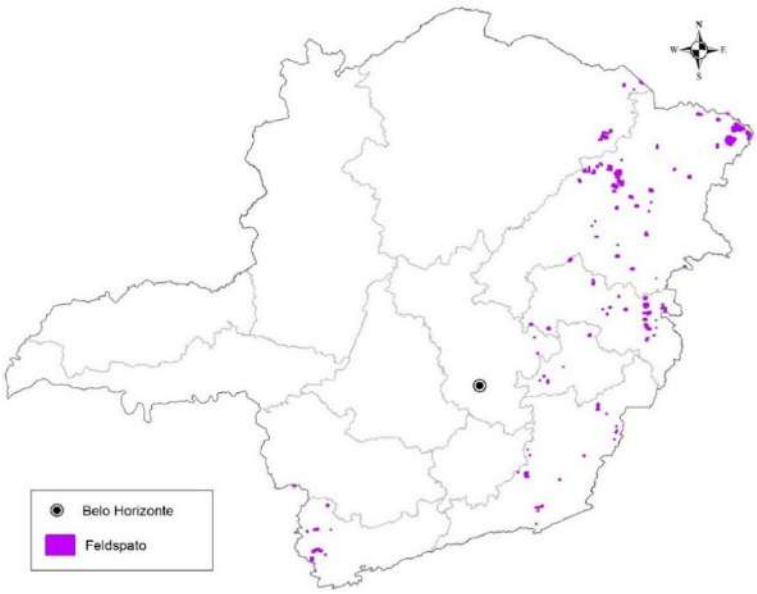
Os feldspatos são, entre os silicatos, os minerais de maior abundância na crosta terrestre e englobam dois grupos de minerais predominantes: os álcalis-feldspatos e os plagioclásios, que são silicatos de potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca). Mais raramente, os minerais podem conter o bário (Ba) na sua estrutura.

Esses minerais do grupo do feldspato estão presentes como constituintes essenciais de rochas **ígneas**, como granitos, pegmatitos e nefelina-sienitos, de onde se originam os principais tipos de depósitos para extração. Ocorrem também em rochas **metamórficas, sedimentares** e como areias feldspáticas sedimentares (ALECRIM,1982).

Os feldspatos são empregados principalmente na indústria cerâmica, cuja sua função primordial é aumentar a maleabilidade da mistura e, consequentemente, sua resistência. Este bem mineral ainda participa na fabricação de vidros, prótese dentária, pastas, isolantes térmicos e elétricos, etc.

As principais fontes de feldspatos são oriundas de pegmatitos encaixados em granitos ou em xistos sob a forma de corpos lenticulares ou diques. Em Minas Gerais, os principais depósitos e lavras concentram-se na **Província Pegmatítica Oriental** na qual se inserem os vales dos rios Doce e Jequitinhonha (região de Governador Valadares, Conselheiro Pena, Virgem da Lapa, Itinga, Galiléia, Divino das Laranjeiras, Barão de Cocais dentre outros) e na **Província Meridional**, no sudoeste do Estado (Andradas, Poços de Caldas, Inconfidentes, Caldas, Ouro Fino) e a sudeste de Minas Gerias (ALECRIM,1982).

Em termos de processos minerários de feldspatos, é possível constatar que há uma concentração na porção leste do Estado, principalmente nas regiões de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Ipatinga. Existindo ainda, em menor proporção, processos nas regiões de Juiz de Fora, Pouso Alegre, Montes Claros e Belo Horizonte (**Figura 59**).



Fonte: SIGMINE, 2018/ Elaboração: SEDE

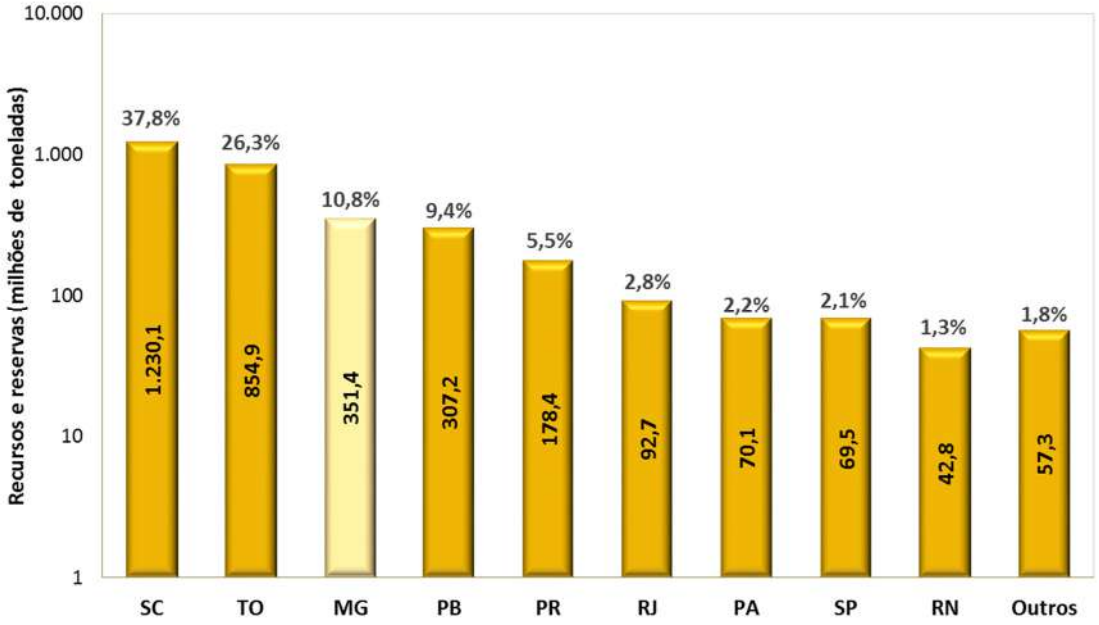
***Figura 59** - Localização dos processos minerários de feldspatos com uso industrial.*

Dentre as principais empresas que extraem e comercializam feldspatos no Estado, estão a **Mineração Curimbaba Ltda**. (Poços de Caldas) e a **Mineração Thomazini Ltda** (Itinga).

Recursos e Reservas

O Sumário Mineral Brasileiro de 2016 ressalta que as reservas mundiais de feldspatos são abundantes em todos os países produtores (Brasil, China, Espanha, EUA, Índia, Irã, Itália, Rep. Checa, Tailândia e Turquia), porém foram divulgados dados apenas das reservas da Turquia (240 Mt), Brasil (145 Mt) e Índia (45 Mt).

Dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2010 mostram que 75,8% dos recursos e reservas nacionais de feldspatos são provenientes de depósitos do tipo leucita-nefelina sienito e o restante (24,2%) são oriundos de outros tipos de depósitos. Levando em consideração o montante dos recursos e reservas desses dois tipos de depósitos feldspáticos, se destacam os Estados de Santa Catarina, com 1,2 Bt (37,8%); Tocantins, com mais de 854 Mt (26,3%) e Minas Gerais, com mais de 351 Mt (10,8%), seguidos por Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, Pará, São Paulo e Rio Grande do Norte (**Gráfico 153**).

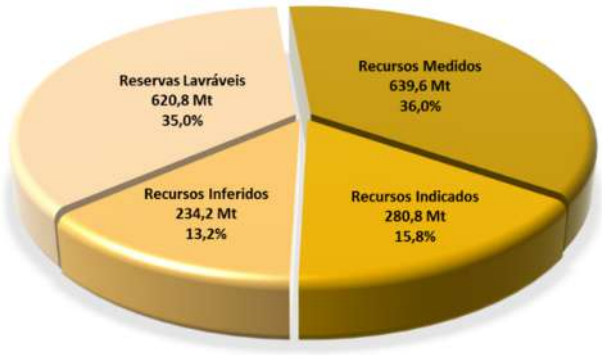


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 153** – Distribuição nacional dos recursos e reservas de feldspatos.*

Por outro lado, dados do Sumário Mineral Brasileiro de 2017 apontam que o país possuía 145 Mt de recursos medidos de feldspatos, sendo Minas Gerais detentor de 25,7% desse montante, o que resulta em posição de destaque ao Estado.

Dados da ANM/MG de 2017 mostraram que, em Minas Gerais, o volume de recursos totais (medidos, indicados e inferidos) de feldspatos, leucita e nefelina-sienito somou mais de 1.150 Mt, enquanto as reservas lavráveis foram de 620,8 Mt (**Gráfico 154**).



Fonte: ANM/MG, 2017

***Gráfico 154** - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis de feldspatos.*

A distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos, leucita e nefelina-sienito no Estado se concentra na região de Pouso Alegre, com mais de 1.440 Mt, o que representa 81,2% do total. Ainda merecem destaque as regiões de Belo Horizonte, com 251,8 Mt (14,2%) e de Teófilo Otoni com aproximadamente 45 Mt (2,5%). Podem também ser encontradas ocorrências nas regiões de Governador Valadares, Montes Claros, Juiz de Fora e Ipatinga (**Gráfico 155**) (ANM/MG, 2017).

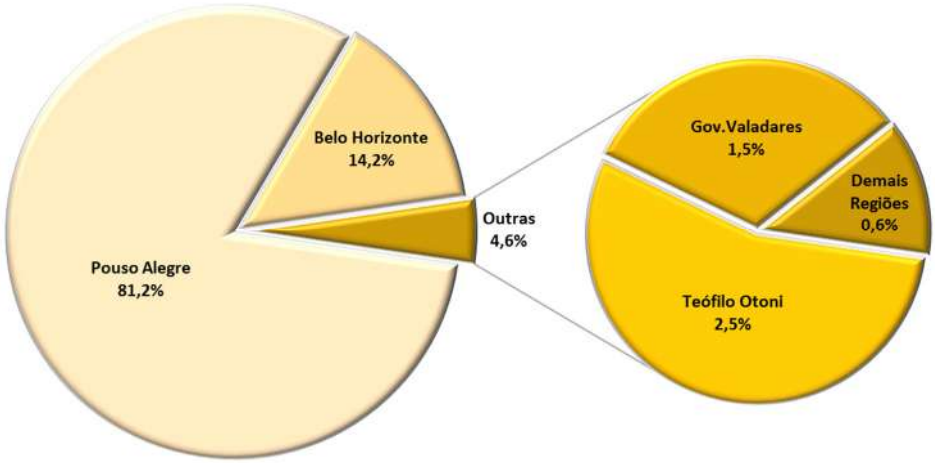
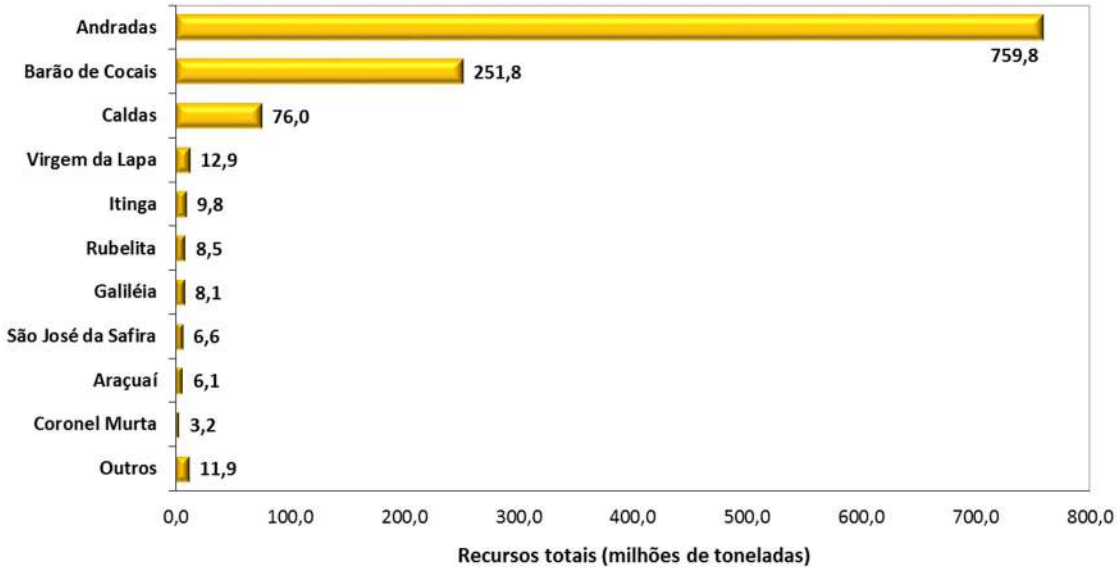


Gráfico 155 *- Distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos em Minas Gerais.*

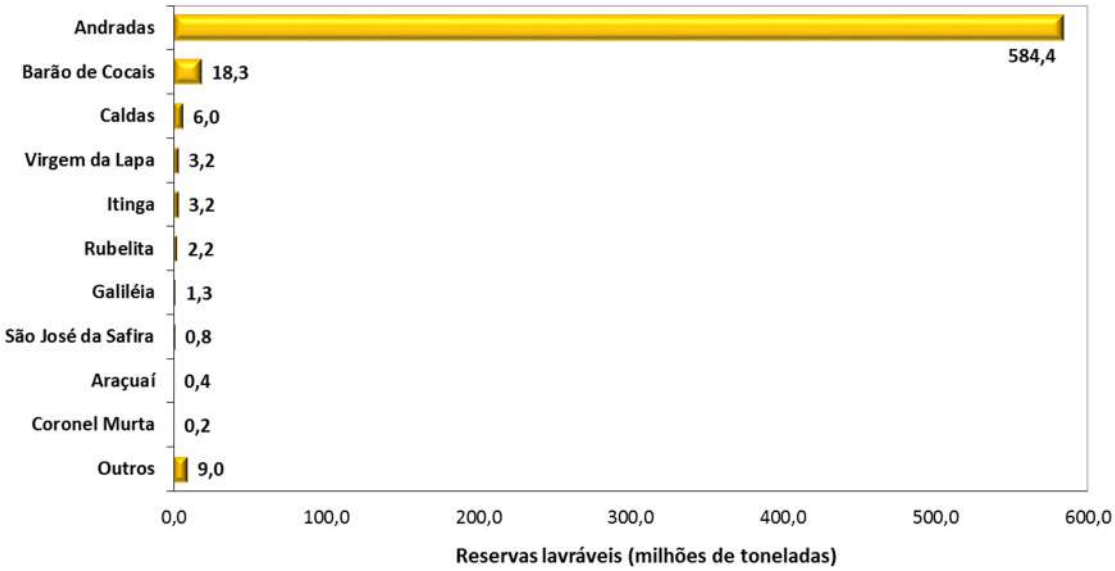
Dentre 39 municípios mineiros detentores de recursos totais de feldspatos, **Andradas** é responsável por aproximadamente 760 Mt dessas ocorrências, o que corresponde a 65,8% do total. Citam-se ainda os municípios de **Barão de Cocais**, com 251,8 Mt (21,8%); **Caldas**, com 76,0 Mt (6,6%) e **Virgem da Lapa**, com 12,9 Mt (1,1%) (**Gráfico 156**).



Fonte: ANM/MG, 2017.

Gráfico 156 *- Principais municípios com recursos totais de feldspatos no Estado de Minas Gerais.*

Em termos de reservas lavráveis, a distribuição se dá entre 21 municípios, com **Andradas** sendo o principal detentor, com 584,4 Mt, correspondendo a 94,1% do total; seguido por **Barão de Cocais** com 18,3 Mt (2,9%) e **Caldas** com 6,0 Mt toneladas (0,9%) (**Gráfico 157**).

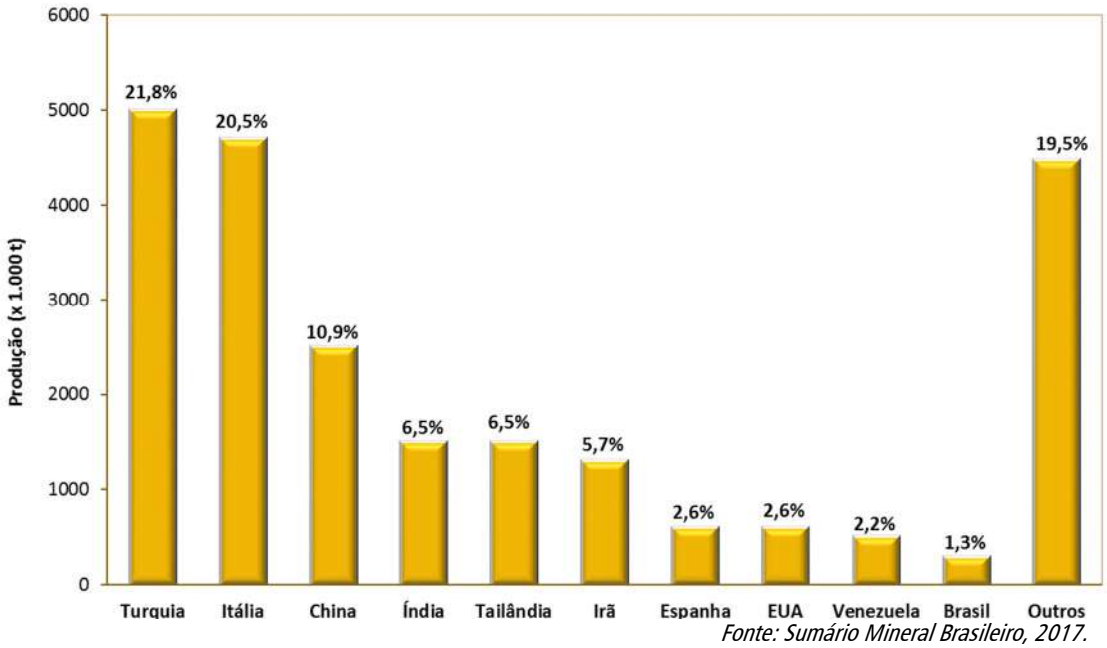


Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 157** - Principais municípios com reservas lavráveis de feldspatos no Estado de Minas Gerais.*

Produção

Em 2016, a produção beneficiada mundial de feldspatos foi de aproximadamente 23 Mt, liderada pela Turquia, com 5,0 Mt (21,8%); Itália, com 4,7 Mt (20,5%) e China, com 2,5 Mt (10,9%). O Brasil aparece em 10º lugar com 296 mil toneladas, representando apenas 1,3% (**Gráfico 158**).



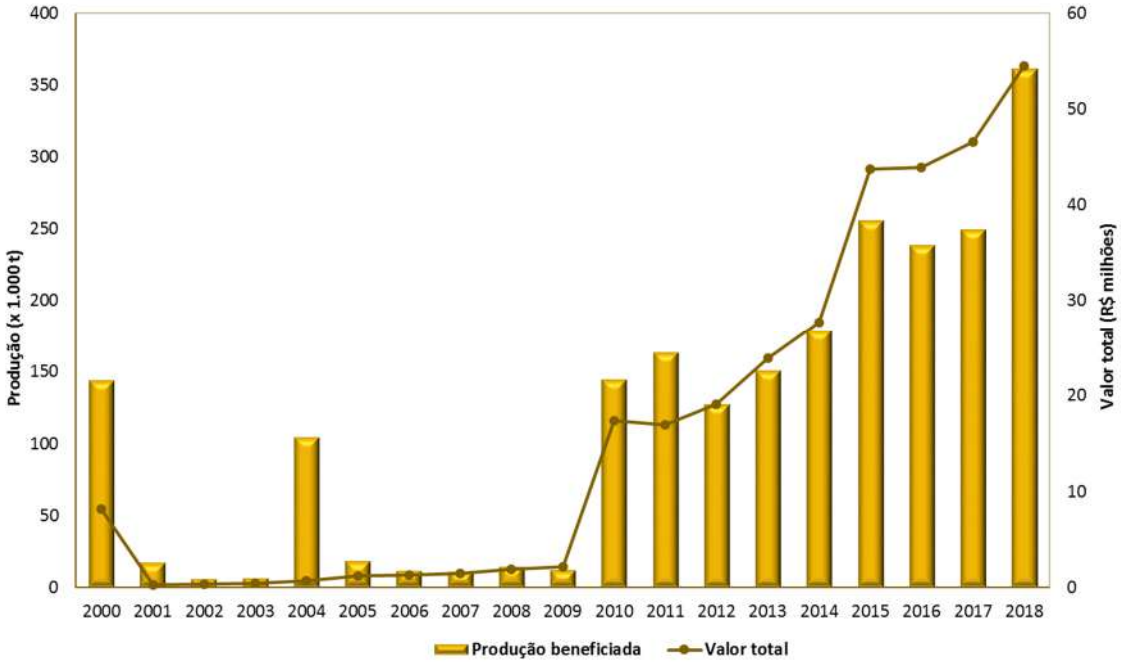
Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 158** – Distribuição da produção mundial de feldspatos.*

Em nível nacional, a produção bruta de feldspatos proveniente de lavras regulares em 2016 foi de 486.864 toneladas. O Estado de Minas Gerais foi responsável por 49,2% da produção bruta, seguido por Paraná (28,6%), Paraíba (11,5%), Santa Catarina (4,3%), Bahia (3,3%), Rio Grande do Norte (2,2%) e São Paulo (0,2%) (Sumário Mineral Brasileiro, 2017).

A produção beneficiada totalizou 295.778 toneladas, assim distribuídas: Minas Gerais (55,0%), Paraná (26,5%), Santa Catarina (11,0%), Paraíba (4,6%), Rio Grande do Norte (2,0%), Bahia (0,5%) e São Paulo (0,4%) (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2017).

A produção mineira de feldspatos foi irregular no período de 2000 a 2009, se mostrando significativa a partir de 2010 e alcançando 362mil toneladas em 2018. O valor total comercializado acompanhou a tendência da produção no período, alcançando R$54,5 milhões em 2018 (**Gráfico 159**).



Fones: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

***Gráfico 159** – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de feldspatos em Minas Gerais.*

3.1.2.5. Agrominerais

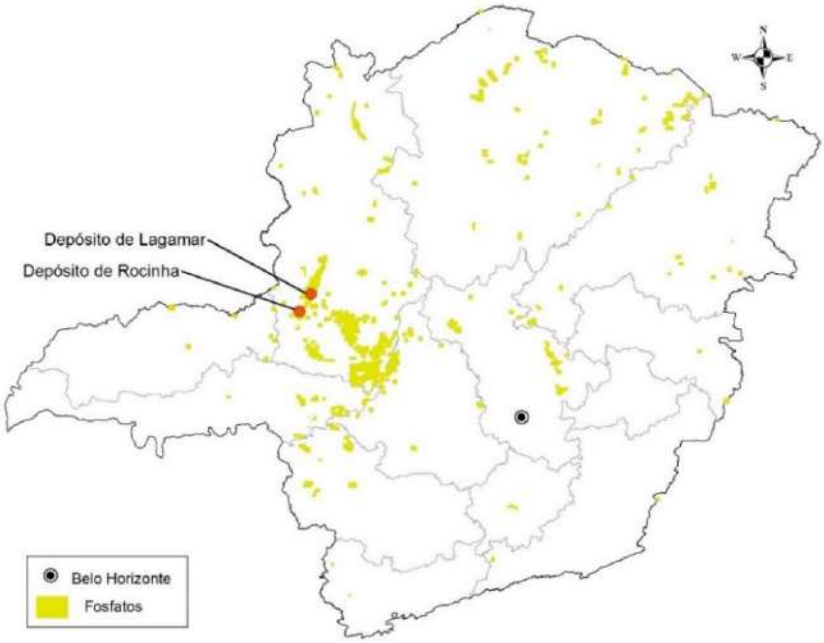
Os fertilizantes de origem mineral mais frequentemente usados são aqueles provenientes de **rochas fosfatadas**, com grandes reservas e depósitos relevantes localizados no Estado de Minas Gerais. Também ocorrem os fertilizantes potássicos, estes com principais depósitos nacionais localizados no Estado de Sergipe e os fertilizantes nitrogenados, como o salitre do Chile (nitrato de sódio).

3.1.2.5.1. Fosfatos

Os fertilizantes inorgânicos que contêm fósforo estimulam o crescimento radicular das plantas e são geralmente constituídos por minerais do **grupo da apatita** (ALECRIM,1982). Esses por sua vez estão presentes como minerais acessórios em diversas rochas ígneas, metamórficas, sedimentares, pegmatitos ou associadas a rochas alcalinas.

Outras fontes de fosfatos são aquelas provenientes da **fosforita**, que são fosfatos tribásicos de cálcio, cuja composição se assemelha a da apatita. No entanto, apresenta estrutura amorfa ou variedades criptocristalinas, de origem magmática. Existem ainda as fontes provenientes do **alumínio fosfato** que são fosfatos hidratados de alumínio, de estrutura amorfa, associados a fosfatos de ferro (ALECRIM, 1982).

Em Minas Gerais, os principais depósitos de fosfatos estão localizados na região de Patos de Minas. Entretanto, ocorrências dessas substâncias também estão presentes nas demais regiões como a de Uberaba, Varginha, Divinópolis, Belo Horizonte, Montes Claros e Teófilo Otoni. (**Figura 60**).



Fonte: SIGMINE-MG/2018

***Figura 60** - Localização dos principais depósitos e processos minerários de fosfatos de Minas Gerais.*

Em geral, as origens dos depósitos de rochas fosfatadas no Estado são do tipo ígneo ou sedimentar. O tipo ígneo ocorre em corpos alcalino-carbonatíticos bordejando a Bacia do Paraná, na Província Alcalina do Alto Paranaíba, devido ao intenso magmatismo alcalino de idade fanerozoica que ocorreu no final do Cretáceo até ao Paleógeno (Abram 2016b *apud* Uhlein et al, 2018).

Os principais depósitos magmáticos contendo fosfatos dessa região são os de **Tapira,** que é considerado como a maior mineração de rocha fosfática da América Latina, com previsão de vida útil de 65 anos; **Araxá** que contém importantes reservas de P; **Serra Negra e Salitre I, II e III** (MORAES e SEER, 2018).

Já os depósitos sedimentares de fosfatos estão relacionados a rochas das Formações Rocinha *e* Lagamar (DIAS *et al*, 2015) que formam a porção basal do Grupo Vazante (Proterozoico Médio a Superior), e ocorrem na forma de fosfarenitos, fosforuditos e fosfolutitos (DARDENNE e SCHOBBENHAUS,2003). Estes depósitos ocorrem na zona de transição entre o Cráton São Francisco e a Faixa de Dobramento Brasília, ou seja, no limite entre as regiões Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sendo as minas da Rocinha, no município de Patos de Minas, e Lagamar, no município homônimo, as mais conhecidas.

Ocorrências de fosfatos, relacionadas ainda as rochas enriquecidas em apatita da Formação Rocinha, como a de Ponte Caída, situada no Vale do Ribeirão Santo Antônio do Bonito, a leste de Coromandel, são citadas por Uhlein et al, 2018, entretanto, esta ocorrência ainda não foi explotada.

Há registros de ocorrências de fosfatos, mas sem exploração econômica, nas proximidades do município de Cedro do Abaeté e do povoado de Quartel São João (distrito de Quartel Geral), no centro oeste do Estado de

Minas Gerais. Estas ocorrências estão relacionadas aos Ritmitos fosfáticos que ocorrem no Grupo Bambuí (final do Neoproterozoico) (UHLEIN *et al*, 2018).

Ressalta-se ainda ocorrências de rochas fosfáticas, relacionadas ao Supergrupo Espinhaço, na porção centro-sul da Serra do Espinhaço Meridional, que afloram nas proximidades da Cidade de Conceição do Mato Dentro e que estão associadas a sequência superior da Formação Sopa Brumadinho, formada por quartzitos e xistos carbonáticos enriquecidos em apatita (UHLEIN *et al,* 2018).

Dentre as principais empresas que operavam na extração e comercialização de fosfatos no Estado de Minas Gerais, estavam a Bunge Fertilizantes e a Vale Fertilizantes. Entretanto, em 2010, a Bunge foi vendida para a Vale Fertilizantes, que por sua vez, em 2018, foi vendida para a Mosaic Fertilizantes.

A **Mosaic Fertilizantes** (que surge da junção da Cargill Fertilizantes e a IMC Global) é uma das maiores empresas que atuam na produção e comercialização de fosfato e potássio combinados. Possui duas unidades no Paraguai e 20 no Brasil, sendo cinco localizadas em Minas Gerais, nos municípios de Tapira, Patrocínio, Araxá, Alfenas e Uberaba.

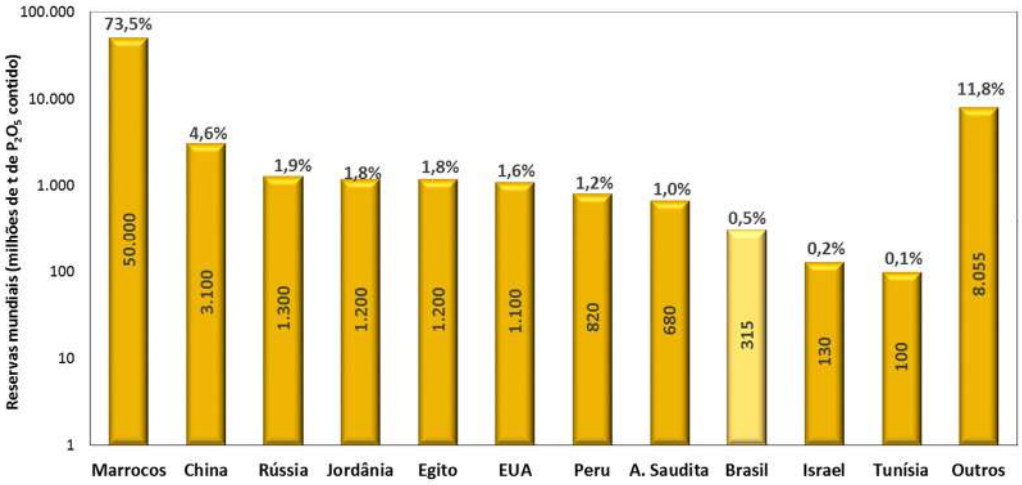
Outra empresa que atua na extração e comercialização de fosfatos no Estado é a **Galvani**, que realiza atividades de mineração, beneficiamento, industrialização e distribuição de fertilizantes fosfatados no Brasil. Possui unidades em São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso e Ceará.

Em Minas Gerais, a Galvani possui um Complexo Minero-industrial no município de Serra do Salitre, e uma unidade de mineração, no município de Lagamar, produzindo fertilizantes fosfatados.

Recursos e Reservas

O Sumário Mineral Brasileiro de 2016 informa que existe abundância de reservas mundiais de fosfato (69 Mt), o que não coloca em risco o fornecimento dessa *commodity*. Este fato dificulta a abertura de novas minas no Brasil, onde os depósitos possuem os teores reduzidos e maiores custos de extração. Porém, o Brasil apresenta forte dependência internacional de fertilizantes, o que reforça a importância de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos projetos.

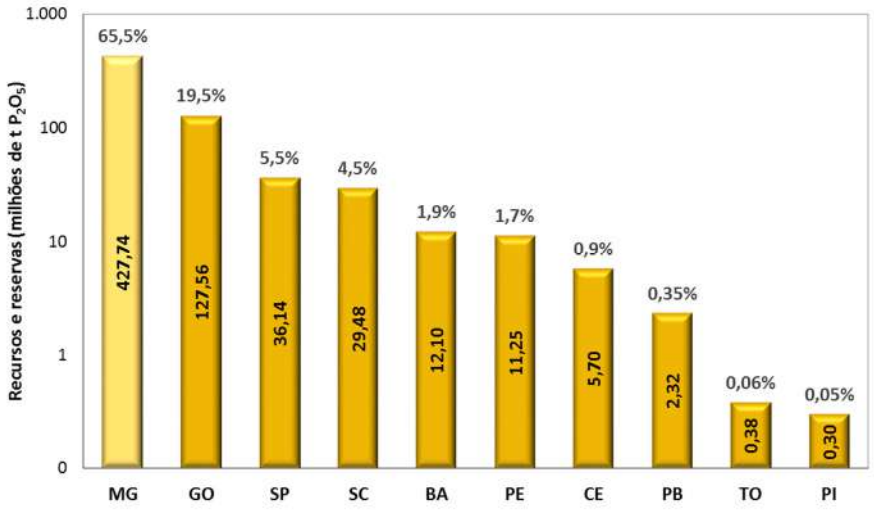
As reservas brasileiras são tímidas em comparação aos demais países detentores de reservas de fosfatos, ficando apenas com 0,5% do total mundial, não ultrapassando as 315 mil toneladas (P_2O_5 contido). O destaque fica com o Marrocos, que detém mais de 50 Mt (72,5%), seguido pela China, Rússia, Jordânia e Egito (**Gráfico 160**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2016.

***Gráfico 160** - Reservas mundiais de fosfato*

No Brasil, os depósitos de fosfatos estão localizados principalmente em Minas Gerais, que possui mais de 427 Mt (em fosfato contido) de recursos e reservas de fosfato, o que representa 65,5% do total nacional. Merecem atenção os estados de Goiás, com 127,6 Mt (19,5%); São Paulo, com 36,1 Mt (5,5%) e Santa Catarina, com 29,5 Mt (4,5%). Ainda são registradas ocorrências nos Estados da Bahia, Pernambuco, Ceará, Paraíba, Tocantins e Piauí (**Gráfico 161**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

***Gráfico 161** - Recursos e reservas nacionais de fosfato*

Em Minas Gerais, segundo os dados da ANM/MG de 2017, os recursos totais (medidos, indicados e inferidos) somaram aproximadamente 3.735 Mt (de minério fosfatado), enquanto que as reservas lavráveis foram de aproximadamente 1.631 Mt (**Gráfico 162**).

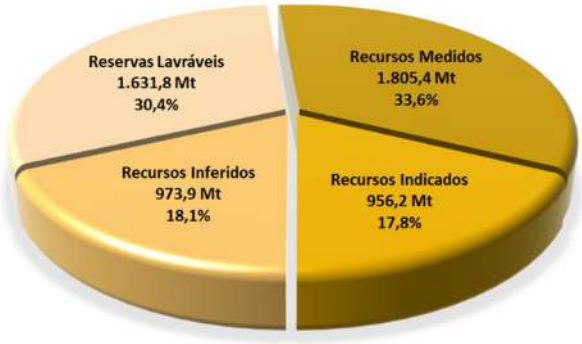
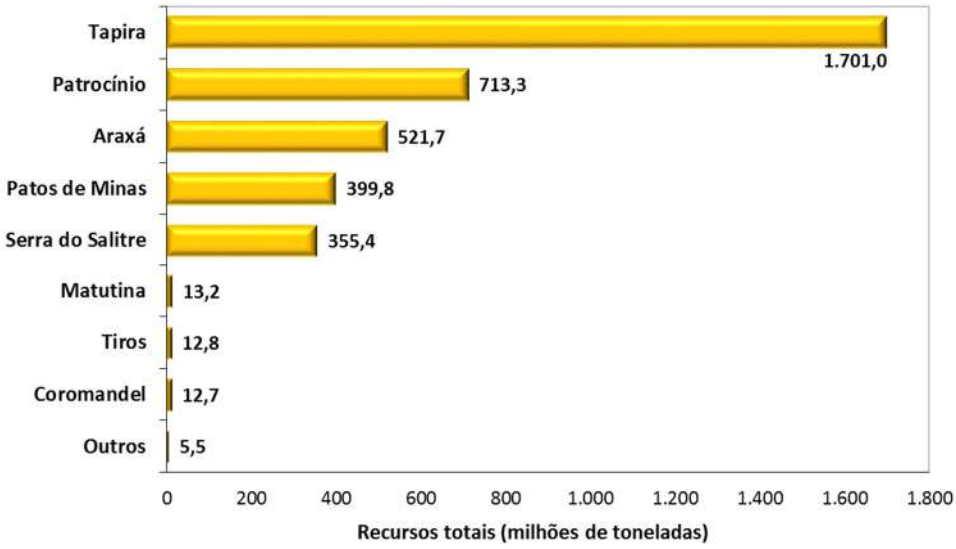


Gráfico 162 *- Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de fosfato em Minas Gerais.*

Estes recursos estão distribuídos em 11 municípios, principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de **Uberaba** e **Patos de Minas**, com aproximadamente 2,2 e 1,5 Mt, respectivamente, que juntas representam 99,9% do total do Estado. As demais regiões que possuem ocorrências de fosfato são a de Varginha e Divinópolis.

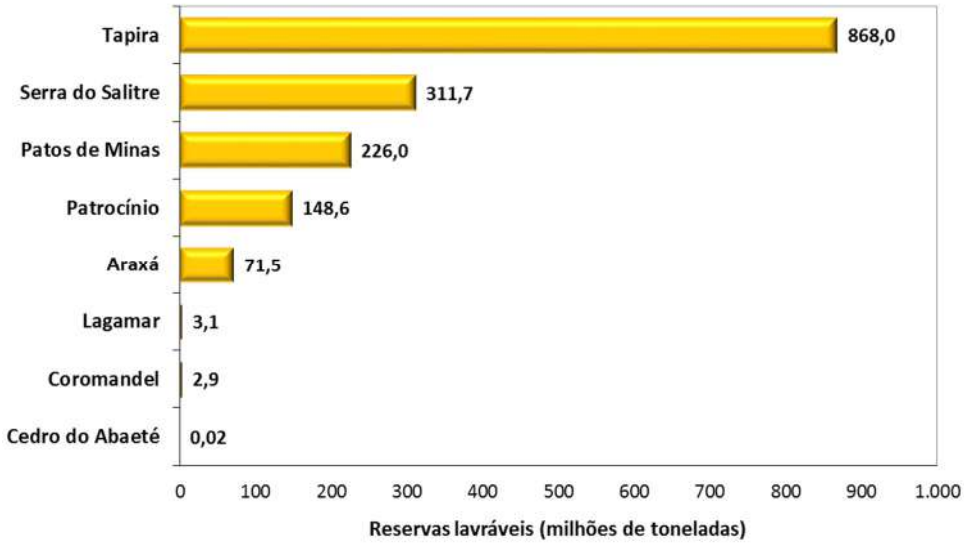
Dentre os municípios do Estado detentores de recursos totais de minério de fosfato, destacam-se **Tapira**, com mais de 1.700 Mt (45,5%); **Patrocínio**, com mais de 713 Mt (19,1%), **Araxá**, com 521 Mt (14,0%), **Patos de Minas**, com 399 Mt (10,7%). Existem ainda outros depósitos em Serra do Salitre, Matutina, Tiros, Coromandel, Lagamar, Pratápolis e Cedro do Abaeté (**Gráfico 163**).



Fonte: ANM/MG, 2017.

Gráfico 163 *- Distribuição dos recursos totais de minério de fosfato por município no Estado de Minas Gerais.*

Em termos de reservas lavráveis de minério de fosfato, destacam-se os municípios de **Tapira**, com 868 Mt (53,2%); **Serra do Salitre**, com 311,7 Mt (19,1%); **Patos de Minas** com 226 Mt (13,8%); **Patrocínio**, com 148,6 Mt (9,1%) e **Araxá**, com 71,4 Mt (4,4%). Também ocorrem reservas lavráveis em Lagamar, Coromandel e Cedro do Abaeté (**Gráfico 164**).

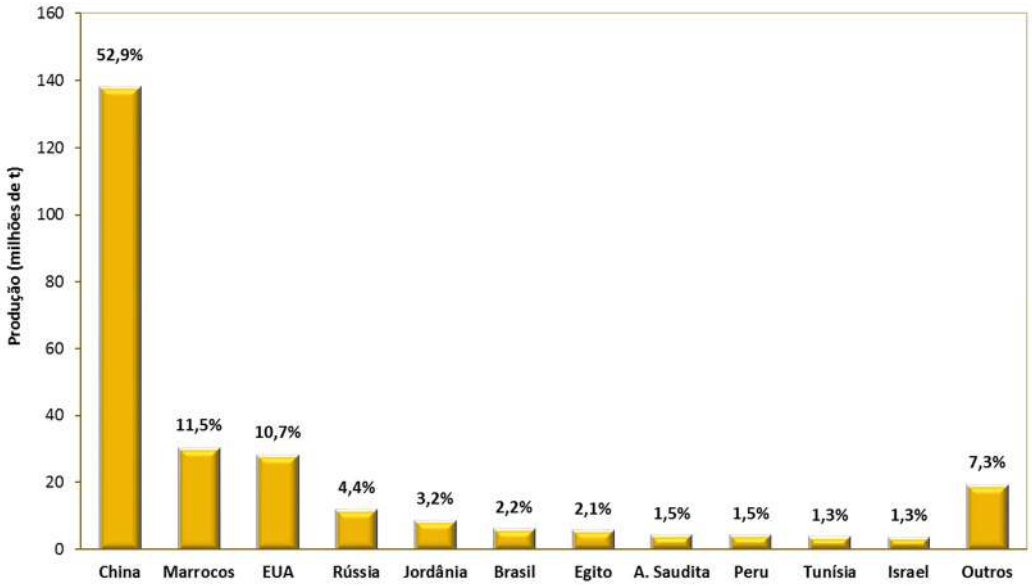


Fonte: ANM/MG, 2017.

***Gráfico 164** - Distribuição das reservas lavráveis de minério de fosfato por município no Estado de Minas Gerais*

Produção

Em 2016, a produção mundial de fosfatos foi da ordem de 261 Mt, sendo liderada pela China, com 138 Mt (52,9%). Marrocos e EUA, vêm na sequência, com produção na ordem de 30 Mt. O Brasil aparece na sexta posição com uma produção tímida de 5,9 Mt (2,2%) (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2017) (**Gráfico 165**).

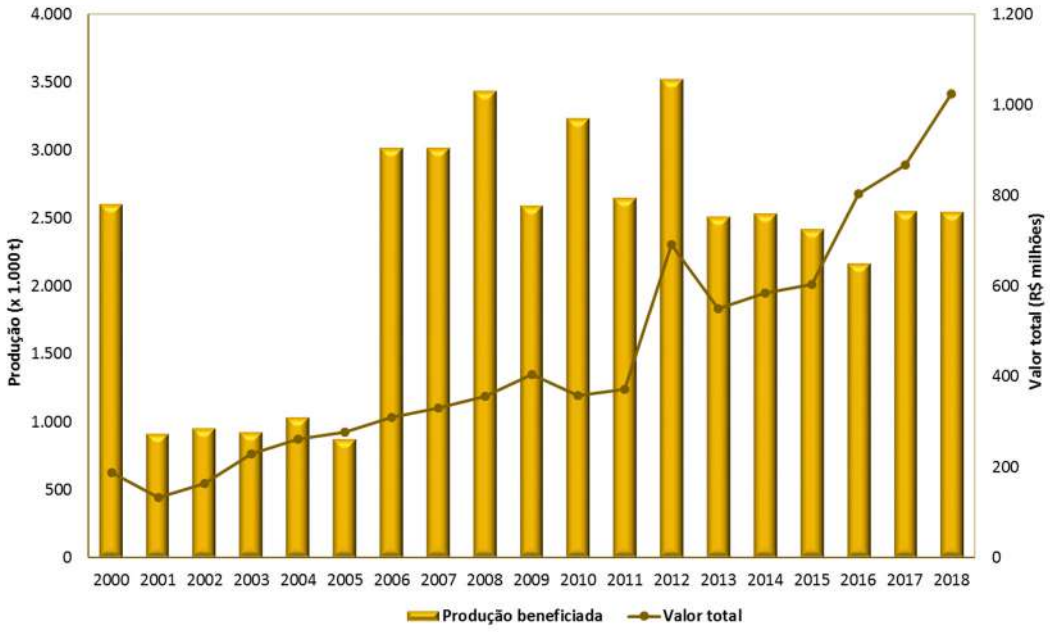


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2017.

***Gráfico 165** – Distribuição da produção mundial de fosfatos.*

A produção nacional de *ROM* em 2016 totalizou 33,4 Mt, com 80% provenientes dos complexos carbonatíticos localizados em Catalão/Ouvidor (GO), Araxá (MG) e Tapira (MG) que, quando somados aos complexos de Cajati (SP) e Angico dos Dias (BA), resultam em 93%. Esse percentual que deve aumentar com a entrada em produção dos projetos Serra do Salitre (MG) e Patrocínio (MG) da Galvani e da Vale Fertilizantes (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2017).

Em nível estadual, observa-se que a produção beneficiada de minério de fosfato triplicou de 2005 para 2006, permanecendo numa produção média de 3,0 Mt entre 2006 e 2012, com uma leve queda para o patamar de 2,5 Mt até 2018 (**Gráfico 166**). Observa-se, ainda, que o valor total comercializado mostra tendência de crescimento no período analisado, ultrapassando a casa de R$1,0 bilhão em 2018.



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

***Gráfico 166** – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de fosfatos em Minas Gerais*

Cadeia Produtiva

No Brasil, a produção de fertilizantes tem evoluído, consideravelmente, desde os anos 90, que passou a deslocar-se, progressivamente, para as regiões com matéria-prima abundante e preços competitivos (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008). Essa mesma tendência é constatada para o Estado de Minas Gerais, cujo principais produtos da cadeia produtiva de fosfatos são os fertilizantes.

Na indústria de fertilizantes, a matéria-prima são as rochas fosfatadas, que contêm o principal mineral de fósforo (apatita), que passam por processos de concentração e transformação para a liberação do fósforo, usado, sobretudo, na fabricação do ácido fosfórico (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

De maneira geral, a cadeia produtiva de fertilizantes fosfatados, segue uma rota básica de beneficiamento que compreende cominuição de rochas fosfatadas (britagem e moagem), concentração magnética de baixo campo, classificação, deslamagem, concentração por flotação e espessamento; existindo ainda as rotas hidrometalúrgicas que usam ácidos (sulfúrico, clorídrico e nítrico), amônia e enxofre como insumos, tendo como subprodutos os ácidos fosfóricos e fluossilícico (**Figura 61**).

Os principais produtos comerciais dessa cadeia são os concentrados fosfáticos, concentrados fosfáticos secos microgranulados, superfosfatos simples e triplos, fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP); e os ácidos fosfóricos. Esses produtos têm diversas aplicações, tais como fertilizantes; indústrias de alimentação, agropecuária e farmacêutica; tratamento de efluentes; e em fermentação alcoólica (**Figura 61**).

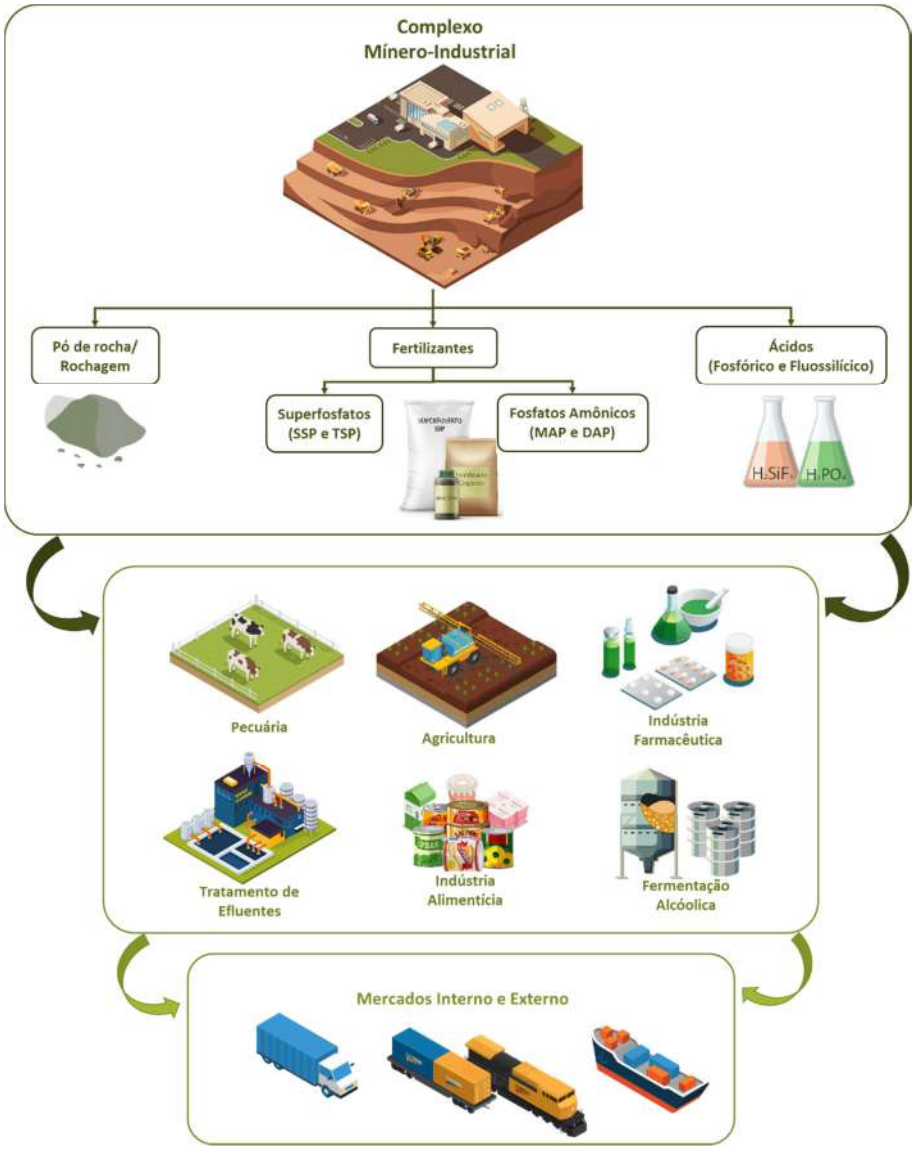


Figura 61 *- Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos*

Os fertilizantes obtidos de minérios fosfatados naturais são produzidos em complexos industriais que podem ser constituídos por unidades agrupadas numa mesma área, ou atuarem separadamente (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

O parque produtor de fertilizantes, em Minas Gerais, inclui desde empresas mineradoras/ produtoras de matérias-primas que fornecem produtos intermediários, até as empresas misturadoras/ vendedoras de fertilizantes; além das produtoras que atuam como misturadoras e no campo da química (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

Esses complexos industriais estão concentrados, principalmente, nas RGInt de Patos de Minas e Uberaba, incluindo empresas como a Mosaic Fertilizantes e a Galvani (**Figura 62**).

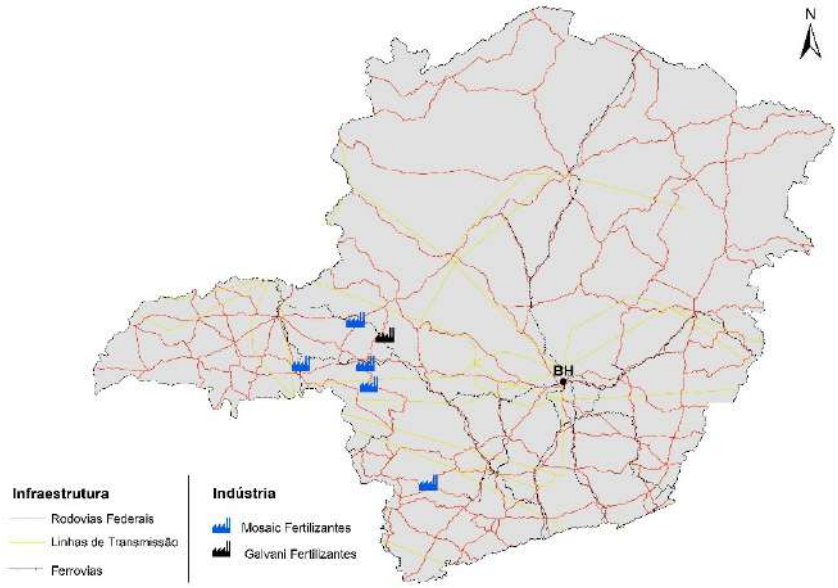
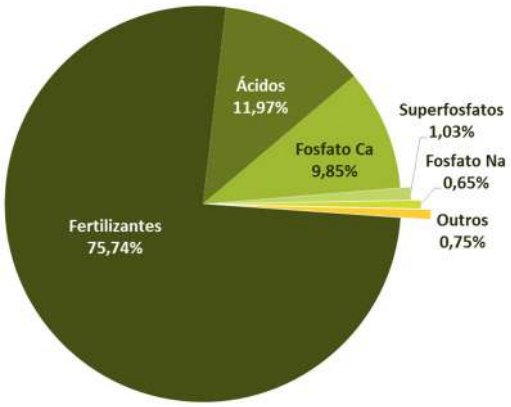


Figura 62 *– Localização das indústrias de fertilizantes em Minas Gerais*

Aspectos Econômicos

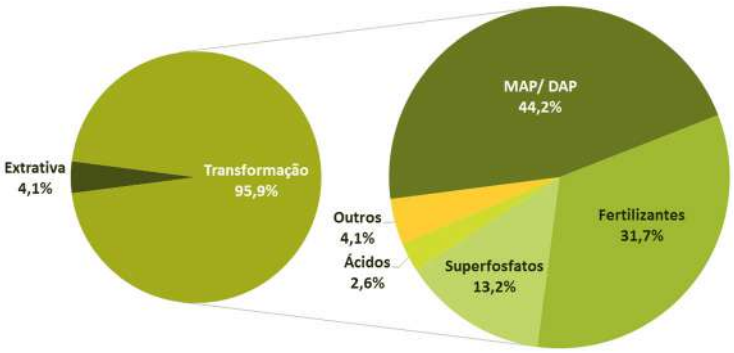
No cenário nacional (2018), a balança comercial referente aos fosfatos mostrou que o volume das importações foi de US$ 3,44 bilhões (95%), já para as exportações, de US$ 178,6 milhões (5%). Ressalta-se que as exportações foram majoritariamente de produtos transformados, (US$ 178,58 milhões), representados principalmente por fertilizantes (US$ 135,2 milhões), ácidos fosfóricos (US$ 21,4 milhões) e fosfatos de cálcio (US$ 17,6 milhões) (**Gráfico 167**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

Gráfico 167 *– Exportações nacionais da indústria de transformação de fosfatos.*

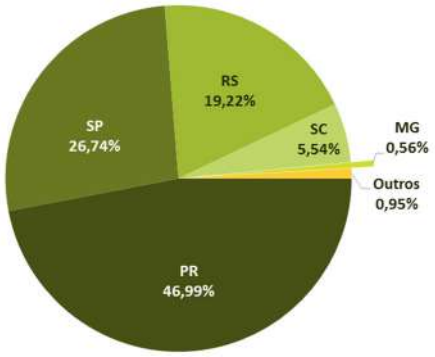
Em termos de importações, observa-se que a indústria extrativa foi responsável por US$ 140,4 milhões e a indústria de transformação por US$3,29 bilhões. Dentre os produtos transformados importados, destacam-se os fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP), com US$ 1,52 bilhões; fertilizantes, com US$ 1,09 bilhões; e superfosfatos, com US$ 454,5 milhões (**Gráfico 168**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 168** – Importações nacionais de fosfatos*

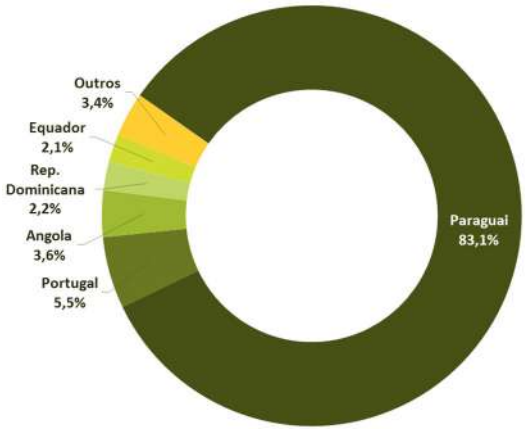
Em nível estadual, apesar da produção atingir o patamar de 2,5 milhões de toneladas e Minas Gerais possuir os principais depósitos nacionais, ressalta-se que as exportações de bens primários foram inexpressivas, não havendo registros da participação do Estado nas exportações nacionais. Já para as exportações de produtos transformados, Minas Gerais ocupou o quinto lugar, com US$ 998,5 mil (2018), com destaque para o Paraná (US$ 83,9 milhões), São Paulo (US$ 47,7 milhões), Rio Grande do Sul (US$ 34,3 milhões) e Santa Catarina (US$ 9,9 milhões) (**Gráfico 169**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 169** – Distribuição nacional de exportações de produtos transformados de fosfato.*

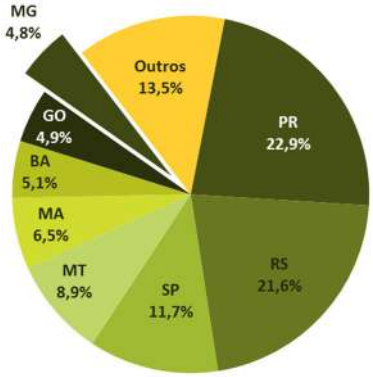
Em Minas Gerais, a exportação de produtos transformados foi majoritariamente (99,2%) de fertilizantes (US$ 990,7 mil) dentre outros produtos, sendo comercializados principalmente para o Paraguai (US$ 830,2 mil), Portugal (US$ 54,9 mil), Angola (US$ 35,7 mil), República Dominicana (US$ 22,1 mil) e Equador (US$ 21,3 mil), além de Guiné Equatorial, Reino Unido, Colômbia, Peru, Uruguai e Guatemala (**Gráfico 170**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 170** – Destino das exportações da indústria de transformação de fosfato de Minas Gerais.*

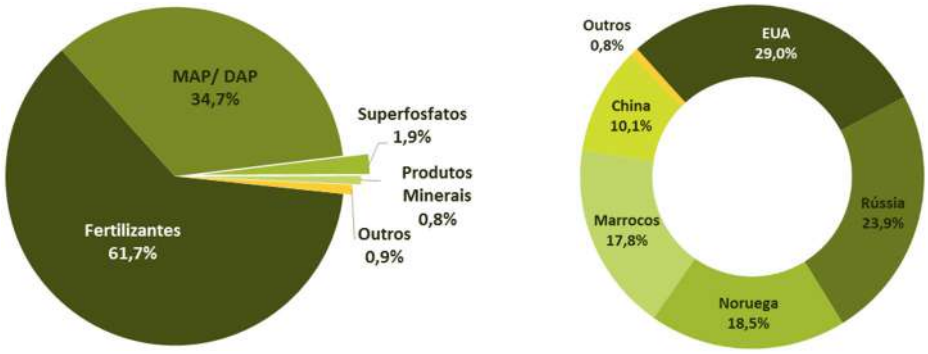
Em termos de importações, Minas Gerais foi o oitavo Estado comprador de produtos de fosfato, considerando as indústrias extrativa e de transformação, com um volume de US$ 165,3 milhões, sendo os principais importadores os Estados do Paraná (US$ 787,5 milhões), Rio Grande do Sul (US$ 741,2 milhões) e São Paulo (US$ 402,9 milhões) (**Gráfico 171**).



COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 171** – Distribuição nacional de importações da indústria de fosfatos.*

Seguindo a tendência nacional, Minas Gerais importou, principalmente fertilizantes (US$ 102,0 milhões), fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP) (US$ 51,3 milhões) e superfosfatos (US$ 3,1 milhões) (**Gráfico 172a**). Esses produtos foram comercializados principalmente dos EUA (US$ 47,9 milhões), Rússia (US$ 39,4 milhões), Noruega (US$ 30,6 milhões) e Marrocos (US$ 29,3 milhões) (**Gráfico 172b**).



(a) ***(b)***

COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

***Gráfico 172** – Principais produtos importados de fosfatos e países fornecedores.*

Na cadeia produtiva dos fosfatos em 2018, o setor extrativista foi responsável pela geração de 1.502 empregos diretos no setor de extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos. Já o setor de transformação foi responsável por 6.082 empregos, sendo distribuídos nos setores de adubos e fertilizantes, exceto organominerais (3.264), produtos intermediários para fertilizantes (1.704) e adubos e fertilizantes organominerais (1.114) (**Gráfico 173**).

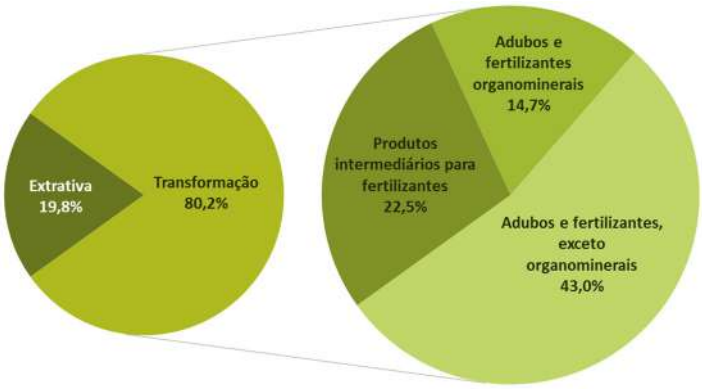
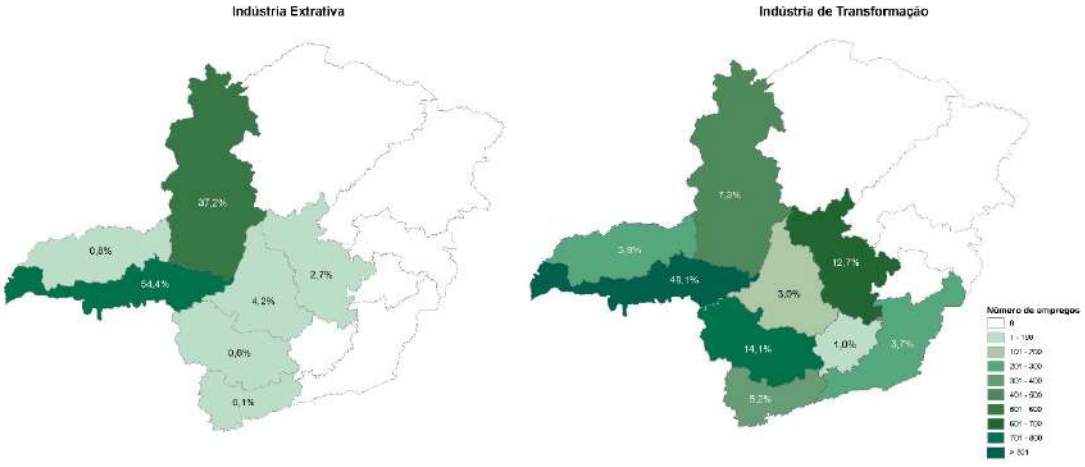


Gráfico 173 *– Distribuição dos empregos diretos na cadeia produtiva dos fosfatos.*

Tendo em vista que as principais minas de fosfatos do Estado estão localizadas nas RGInt de Patos de Minas e Uberaba, em 2018, observa-se que a mão de obra da indústria extrativa está concentrada nas RGInts de Patos de Minas, com 5591 empregos diretos e Uberaba, com 817; podendo citar ainda as regiões de Divinópolis, Belo Horizonte, Uberlândia, Varginha e Pouso Alegre. Para a indústria de transformação, os empregos diretos estão concentrados nas RGInts de Uberaba, com 2988; Varginha, com 857; Belo Horizonte, com 773 e Patos de Minas, com 446; e as demais regiões que juntas somam 1.018 empregos diretos (**Figura 63**).



Fonte: RAIS, 2018/ Elaboração: SEDE.

Figura 63 *– Quantificação dos empregos diretos gerados na cadeia produtiva dos fosfatos por Região Geográfica Intermediária.*

O Brasil, apesar de ser produtor de fertilizantes fosfatados e exportar alguns produtos, ainda é fortemente dependente de importação, de forma a atender à demanda interna.

3.1.2.5.2. Remineralizadores de Solo

Os remineralizadores de solo, ou rochagem, é a aplicação de pó de rochas na agricultura. A rochagem é um método que busca rejuvenescer os solos agrícolas por adição de determinados tipos de rochas moídas no solo. Essas rochas contêm agrominerais (multinutrientes) importantíssimos para o desenvolvimento das plantas (THEODORO, 2011). O Brasil é altamente dependente da importação de insumos agrícolas (quase 70% do NPK utilizado no país são importados). Sem dúvida, a rochagem pode ajudar sobremaneira a diminuir esse gargalo.

Fotos: Cortesia de Suzi Huff Theodoro e André Mundstock Xavier de Carvalho.

Os estudos sobre o aproveitamento de rochas na agricultura foram iniciados no Brasil a partir da década de 1950, quando os pesquisadores Djalma Guimarães e Vladimir Ilchenko avaliaram os tufos vulcânicos da Mata da Corda, Minas Gerais, como portadores de cobalto e cobre (FERNANDES, 2008). Desta época até os dias atuais, muito se avançou. Merece destacar o marco legal da rochagem com a aprovação da Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013, que prevê o uso dos remineralizadores como uma categoria de insumos para a agricultura. Posteriormente, foi aprovada a regulamentação da Lei nº 12.890, por meio do Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014 e das Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – IN MAPA nº 5 e IN MAPA nº 6, ambas de 10 de março de 2016.

É importante conhecer o tipo de rocha que se pretende utilizar. Para tanto, e em cumprimento à legislação, devem ser realizadas análises em laboratórios acreditados, públicos ou privados. Além da caracterização do material, são necessários testes agrícolas, considerando a oferta de macro e micronutrientes presentes nos minerais que compõem as rochas, bem como as características físicas e de fertilidade do solo.

Não é toda rocha que pode ser usada para fins de rochagem. O excesso de elementos tóxicos ou outros contaminantes pode impedir o uso de determinados materiais (THEODORO, 2011). Em Minas Gerais têm-se resultados positivos com os tufos vulcânicos/carbonatitos, basalto, pegmatitos e alguns rejeitos de mineração.

Devido à regulamentação do uso de remineralizadores de solo ser recente no país, ainda não há dados de produções disponíveis. Porém, algumas empresas já comercializam produtos, como a **Yoorin Fertilizantes** (Grupo Curimbaba) em Poços de Caldas.

3.1.2.6. Agregados para a Construção Civil

Conforme levantamento dos dados do SIGMINE/MG, abril de 2018, o número total de processos minerários, de substâncias destinadas ao uso imediato na construção civil, corresponde a 26,6%; valor este superior aos demais segmentos do setor da atividade extrativa mineral. O setor de agregados para uso imediato na

construção civil abrange diversos tipos de bens minerais como **rochas** (passíveis de serem britadas), **areias**, **calcários**, **cascalhos**, **saibro** e **argilas**.

Os recursos minerais empregados na construção civil do Estado de Minas Gerais foram abordados com base nas matérias-primas principais e conforme os registros contidos no SIGMINE em função do uso da substância mineral. Ressalta-se que certas matérias-primas usadas na construção civil, como granito, gnaisse, calcários, dolomitos, entre outros, foram abordados separadamente, em virtude, desses recursos minerais estarem em classes distintas – Rochas ornamentais e de Revestimento, Minerais Industriais e Agregados a Construção Civil.

É importante salientar que a viabilidade de produção desses tipos de depósitos depende das condições de extração e transporte do produto. Como o custo de lavra e transporte é alto, normalmente as áreas em potencial ocorrem ao redor dos grandes centros urbanos (VICTORIA, 2018).

Dentre as empresas que extraem e comercializam agregados para construção civil, ressalta-se a Belmont Mineração Ltda., a Mineração Lapa Vermelha Ltda., a Mineração Beira Rio Ltda. e a Brasmic Mineração Areia e Brita Ltda.

A **Belmont Mineração Ltda.** opera três minas de agregados, sendo duas pedreiras e um areal, nos municípios de Itabira e São Gonçalo do Rio Abaixo. Comercializam brita de diferentes faixas granulométricas, areia e pó de pedra, de jazidas de gnaisse e quartzito.

A **Mineração Lapa Vermelha Ltda.** explora calcário em Pedro Leopoldo e Confins. Sua planta de beneficiamento produz cal virgem, britas, calcários, bica corrida e areia industrial.

A **Mineração Beira Rio Ltda.** tem sua pedreira instalada em Uberaba e explora basalto para britagem, sendo considerada uma das maiores do Estado.

A **Brasmic Mineração Areia e Brita Ltda.** atua no mercado de agregados para construção civil, e sua jazida e unidade de beneficiamento se localizam no município de Betim.

3.1.2.6.1. Areia, Cascalho e Saibro

A norma NBR 9935 da ABNT define **areias** como agregado miúdo (0,15 – 4,8 mm) originado a partir de processos naturais ou artificiais de desintegração mecânica de rochas e **cascalho** ou pedregulho como sendo o agregado graúdo (4,8 – 76 mm).

Já a definição de **saibro** é dada pela norma NBR 13529 da ABNT como sendo material granular composto por um misto entre grãos de areia, argila fragmentos de minerais como feldspatos e micas. Em geral, é definido como solo, proveniente da decomposição de granitos e gnaisses.

Praticamente todas as rochas são passíveis de formarem depósitos dos materiais citados anteriormente, desde que sejam desagregados em fragmentos ou minerais na fração granulométrica destes. Contudo, as rochas mais favoráveis para a produção de areia são aquelas que detêm altos valores de quartzo. A composição do cascalho é, principalmente de fragmentos maiores de quartzo que, normalmente são oriundos de veios desagregados, porém é comum a presença de fragmentos de rochas (VICTORIA, 2018).

As areias e os cascalhos mais explorados são aqueles provenientes de depósitos aluvionares, formados em leitos de rios ou em planícies de inundações e, subordinadamente explorados em depósitos residuais. A **Figura 64** ilustra bem essa exploração de areias em depósitos aluvionares no Estado, uma vez que os registros dos processos minerários contidos no SIGMINE acompanham, em geral, os leitos dos rios e afluentes das principais drenagens das bacias hidrográficas de Minas Gerais.

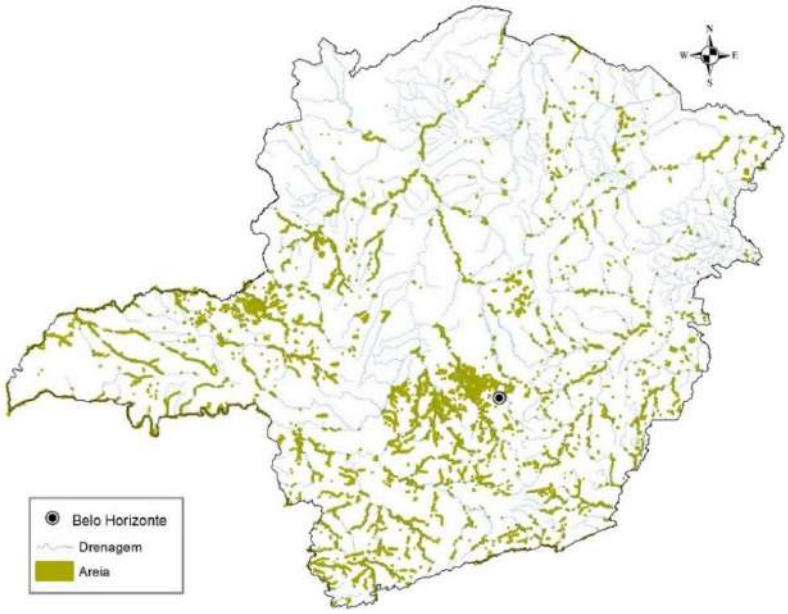


Figura 64 *– Localização dos processos minerários de areia para uso como agregado para a construção civil.*

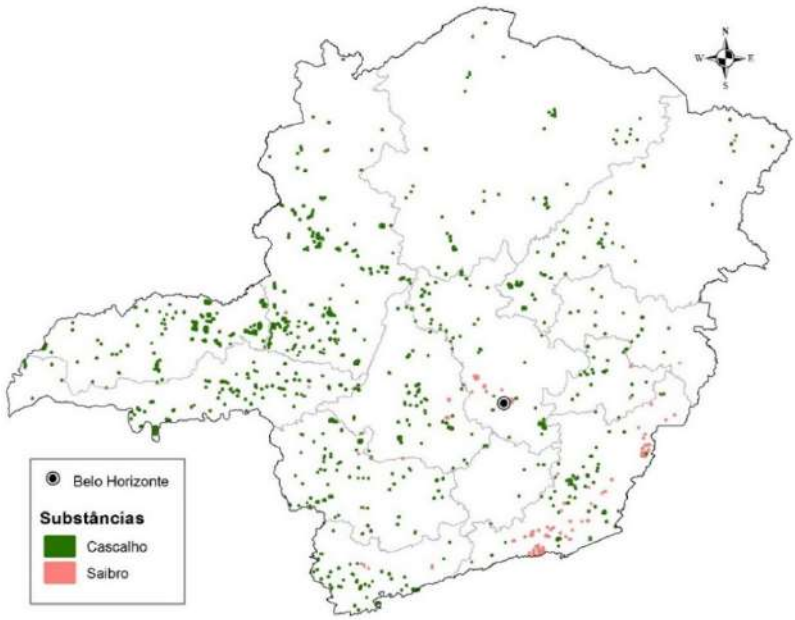
Segundo Victoria (2018), além das condições geológicas e das condições favoráveis de extração, há ainda outro fator que determina os potenciais de exploração de areia e de demais recursos como saibro e cascalho, que é o **fator mercado**. Uma vez que os depósitos são abundantes e os custos envolvidos na produção e transporte são altos, normalmente as áreas exploradas ocorrem ao redor dos grandes centros urbanos.

Esses depósitos estão distribuídos por todo o território mineiro (**Figura 64**); entretanto, verifica-se genericamente, que os recursos de areia se concentram nas proximidades dos grandes centros urbanos como Belo Horizonte, Montes Claros, Governador Valadares, Diamantina, Jequitinhonha, Paracatu, Uberlândia, Araxá, Arcos, Ouro Preto, Poços de Caldas e Juiz de Fora (VICTORIA, 2018).

Havendo, porém, correspondência com a geologia, uma vez que, as regiões dominantemente marcadas por rochas ricas em quartzo como arenito e quartzitos, e/ou por sedimentos inconsolidados, são as mais favoráveis para a exploração de areia, cascalho e saibro. Vale ressaltar que as ocorrências e ou áreas com potencial para areia na porção leste do Estado, que é dominada por rochas graníticas e gnáissicas, estão associadas à degradação dessas rochas (VICTORIA, 2018).

A região metropolitana de Belo Horizonte é a maior produtora de areia do Estado e é a segunda maior produtora nacional. Devido às propriedades da areia (principalmente cor e granulometria uniforme), a região de Esmeraldas, por onde corre o Rio das velhas, corresponde a um dos maiores polos de produção, com o reconhecimento de ser o local onde ocorrem as melhores areias de Minas Gerais (AMARAL, 2016 *apud* VICTORIA, 2018).

Os indícios, ocorrências ou depósitos de **cascalho** encontram-se dispersos por todo o Estado, todavia, de modo geral, concentram-se nas regiões de Uberaba e Uberlândia; enquanto que as ocorrências de **saibro** estão distribuídas desde de Pouso Alegre Divinópolis e Belo Horizonte, com concentrações na região de Juiz de Fora (**Figura 65**).



Fonte: SIGMINE 2018

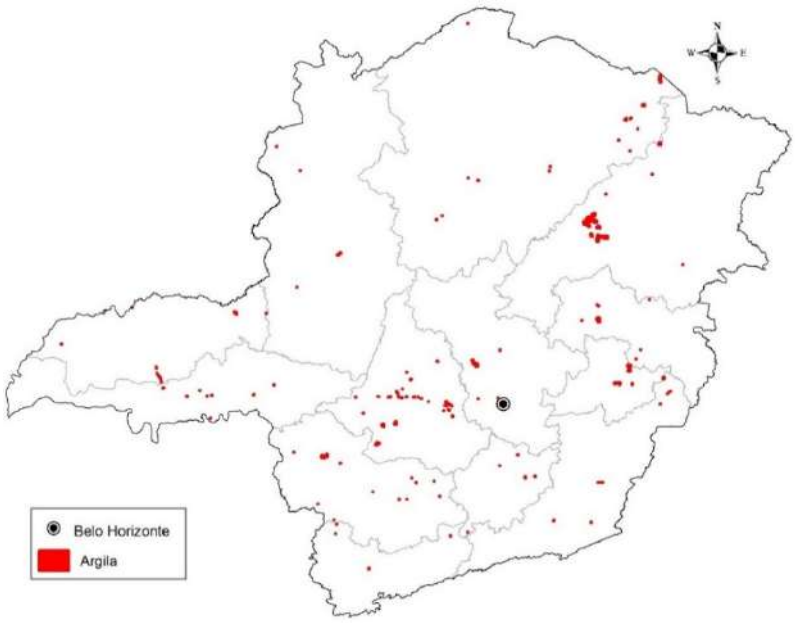
***Figura 65** – Localização dos processos minerários de cascalho e saibro para uso na construção civil.*

3.1.2.6.2. Argilas para Construção Civil

Agregados finos naturais, compostos majoritariamente por argilominerais, podendo conter matéria orgânica e/ou outros minerais na sua composição. Há uma ampla variedade de argilominerais, que em sua maioria, apresentam algumas características em comum, e que foram subdivididos em quatro grandes grupos (caulinita, esmectita, ilita e vermiculita). Dependendo da presença dos tipos de argilominerais, pertencentes a cada grupo, na composição mineralógica dessas argilas ter-se-á tipos com finalidades distintas.

As argilas compostas pelos argilominerais dos grupos da esmectitas, ilita ou vermiculita são plásticas e mais adequadas para a fabricação de cerâmicas vermelhas tais como tijolos, telhas, pisos, ladrilhos e outros materiais utilizados em alvenaria. Por outro lado, as argilas brancas (caulim) formam as cerâmicas brancas, amplamente empregadas na confecção de porcelanas sanitárias, azulejos e porcelanatos em geral. Além disso, as argilas também são amplamente utilizadas como um dos componentes do cimento.

Os principais depósitos ou áreas com potencial para extração de argilas estão distribuídas por todo o Estado de Minas Gerais, conforme localização geográfica de processos minerários da substância argila para uso na construção civil, por regimes de Concessão de Lavra, Licenciamento e Extração (**Figura 66**).



Fonte: SIGMINE 2018

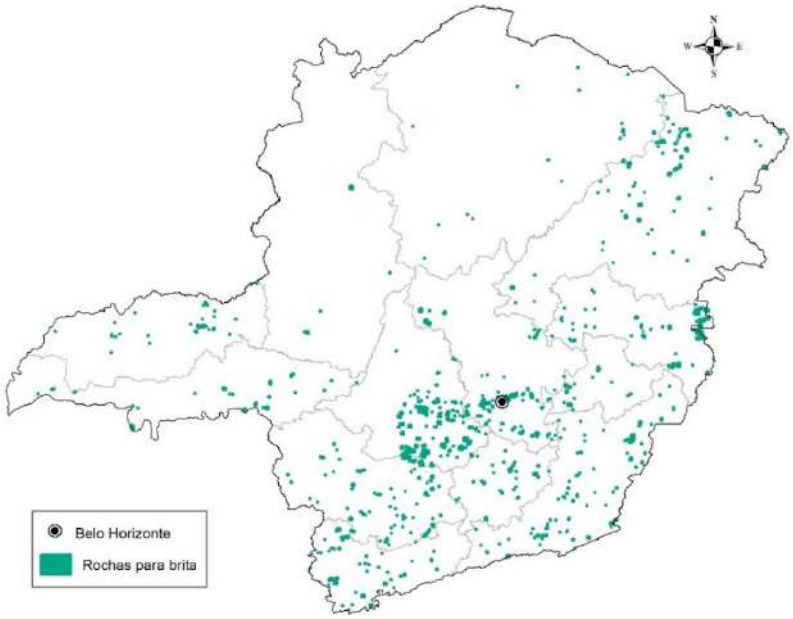
***Figura 66** – Localização dos processos minerários de argilas para uso na construção civil*

Os potenciais para exploração de recursos argilosos estão distribuídos ao longo da porção leste do Estado, desde a região de Teófilo Otoni, passando pelas regiões de Governador Valadares, Belo Horizonte, até as regiões de Uberaba e Uberlândia (**Figura 66**).

3.1.2.6.3. Rochas para Brita

As ***britas*** são agregados graúdos artificiais gerado a partir da cominuição mecânica de uma rocha.

Há diversos tipos de rochas que podem ser lavradas para a produção de britas. Dentre essas rochas as mais comuns requeridas para pesquisa e exploração no Estado de Minas Gerais são: gnaisse (58,9%), granito (20,3%), calcários (7,7%), basalto (7,5%), diorito (2,0%), granulito (1,7%), riolito (0,5%), diabásio (0,3%), xisto (0,3%), sienito (0,2 %), tinguaito (0,2%), gabro (0,1%), fonólito (0,1%) e foiaíto (0,1%) (**Figura 67**). A diversidade de rochas-fonte implica na existência de britas de composições distintas.



Fonte: SIGMINE, 2018

***Figura 67** – Localização dos processos minerários de rochas para brita.*

A **Figura 67** mostra a disponibilidade desses recursos para brita no Estado a partir dos processos minerários, os quais se localizam principalmente na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte (16,8%), Juiz de Fora (13,5%), Divinópolis (12,7%), Varginha (10,6%), Uberaba (8,2%), Montes Claros (6,9%) e Barbacena (6,1%). Os demais 19,1% estão distribuídos nas regiões de Pouso Alegre, Teófilo Otoni, Governador Valadares, Ipatinga e Patos de Minas.

Calcário – rochas sedimentares, cuja composição mineralógica é essencialmente constituída por minerais carbonáticos O emprego das rochas calcárias depende da sua composição química e/ou características físicas, em geral são empregadas: na indústria de cimento (cimentos hidráulicos); na indústria de cal (cimentos não – hidráulicos); calcários aplicados "in natura"; blocos ornamentais (estatuária, revestimentos de interiores e exteriores, arte fúnebre e lajes).

Segundo Victoria (2018), as principais ocorrências ou depósitos de calcários em Minas Gerais, estão relacionadas a unidades geológicas mapeadas como portadoras de calcários ou dolomitos. Estas unidades são:

- Grupo Bauru, que ocorre na região do Triângulo Mineiro;
- Grupo Bambuí, que ocupa toda a região centro-oeste do Estado e é a unidade que contém os mais extensos e espessos registros de rochas carbonáticas;
- Grupo Vazante, que ocorre na região noroeste e oeste do Estado, nos domínios do Cinturão Brasília, com os melhores registros aflorando nas proximidades das cidades de Vazante, Lagamar, Coromandel e Paracatu;
- Grupo Paranoá, que ocorre na região noroeste do Estado, nos domínios do Cinturão Brasília, aflorando nas proximidades das cidades de Unaí, Buritis e Dom Bosco; e o

Supergrupo Minas, nos domínios do Quadrilátero Ferrífero, cujas principais lavras de calcários e dolomitos estão localizadas nas regiões de Belo Horizonte, Ouro Preto, Nova Lima, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Itabirito e Brumadinho.

A **Figura 68** ilustra regiões do Estado onde há processos minerários cadastrados junto a ANM para exploração de calcários e dolomitos, para uso imediato na construção civil, requeridos pelos Regimes de Licenciamento, Concessão de Lavra e Extração. Salienta-se que essas ocorrências estão distribuídas na faixa do Cráton do São Francisco.

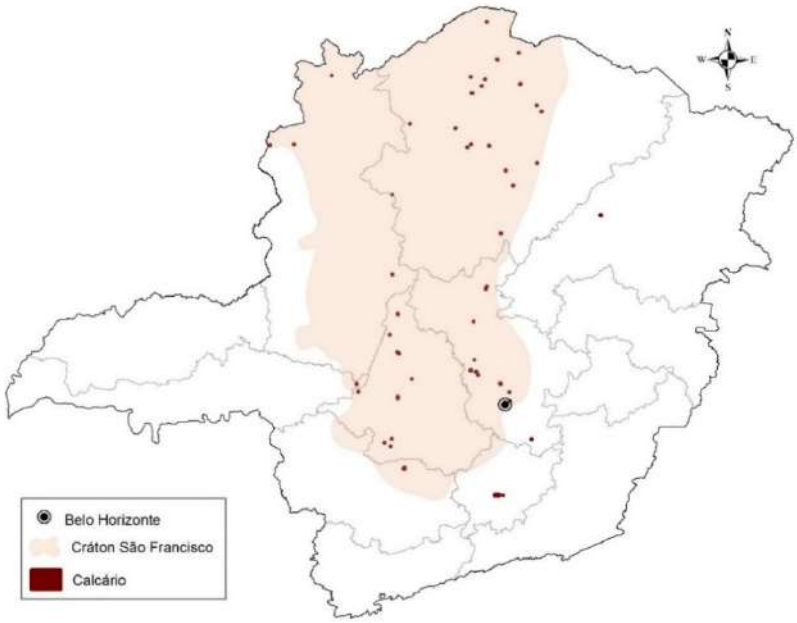


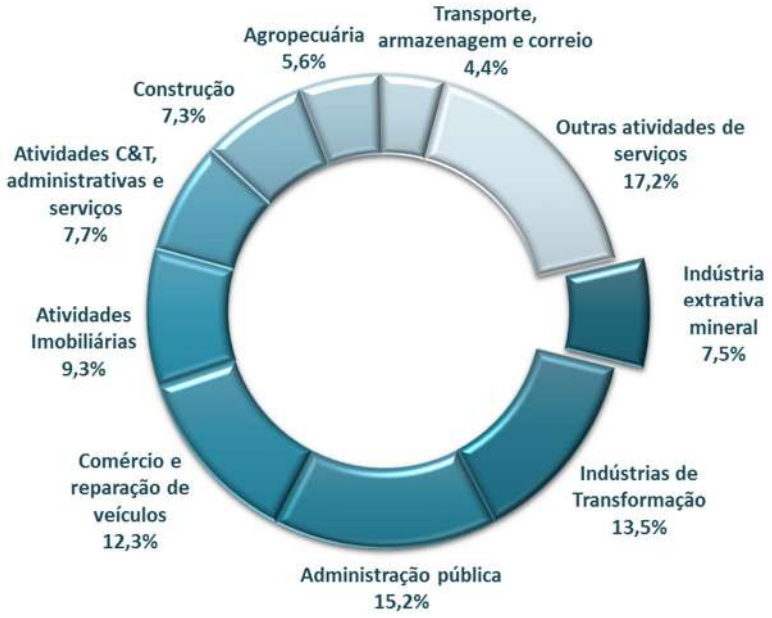
Figura 68 *– Localização dos processos minerários de calcários para uso como agregados para construção civil.*

4. A IMPORTÂNCIA DO SETOR MINERAL NA ECONOMIA DE MINAS GERAIS

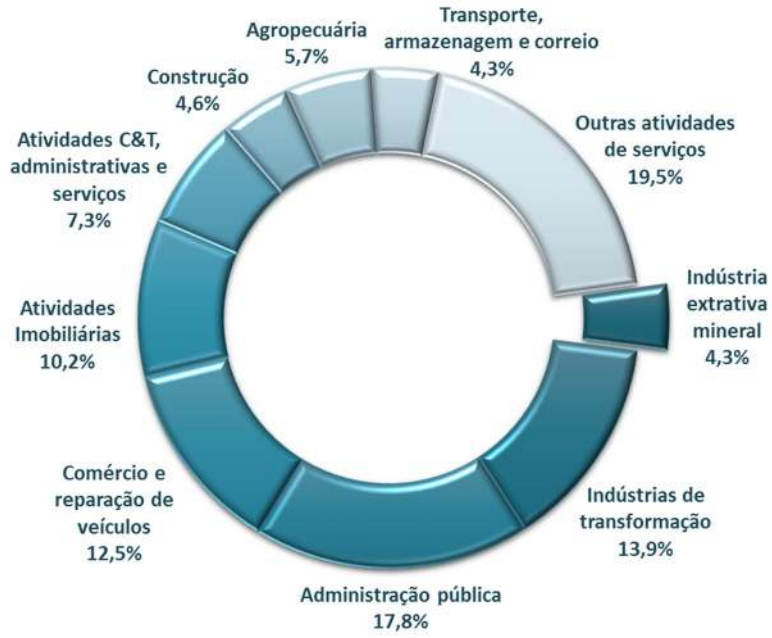
A Indústria Extrativa Mineral de Minas Gerais inclui desde empresas privadas de médio e grande porte, aos garimpos. Este setor é altamente orientado para a exportação e, como tal, representa uma fonte importante de ingresso de divisas para o Estado.

Analisando a composição da economia de Minas Gerais, observa-se a importância que a Indústria Extrativa Mineral representa, onde a sua participação no Valor Adicionado (VA) chegou a atingir o patamar de 7,5% em 2013 (**Gráfico 174a**), com retração para 4,3% em 2017 (**Gráfico 174b**). Essa variação foi devida à forte queda de preços por tonelada de minério de ferro no período, de US$92,14 para US$33,60/t[1] (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016).

[1] Preços médios de minérios de ferro FOB para exportação conforme publicado no Sumário Mineral Brasileiro de 2016.



(a)

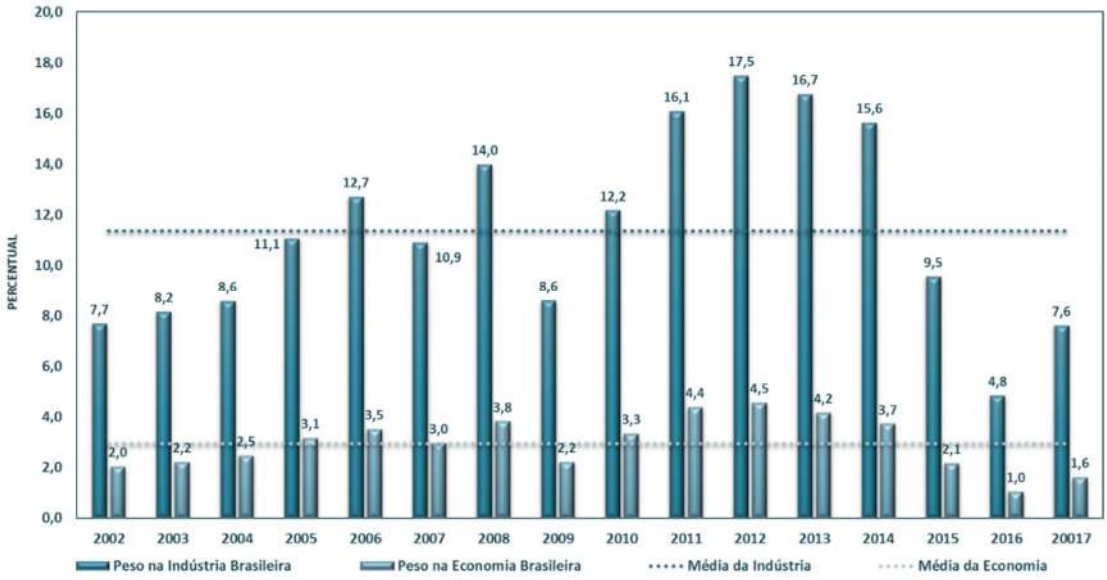


(b)

Fonte: Contas Regionais IBGE

Gráfico 174 *– Composição do Valor Adicionado do Estado de Minas Gerais, por atividade econômica* ***(a)*** *Dados de 2013* ***(b)*** *Dados de 2017.*

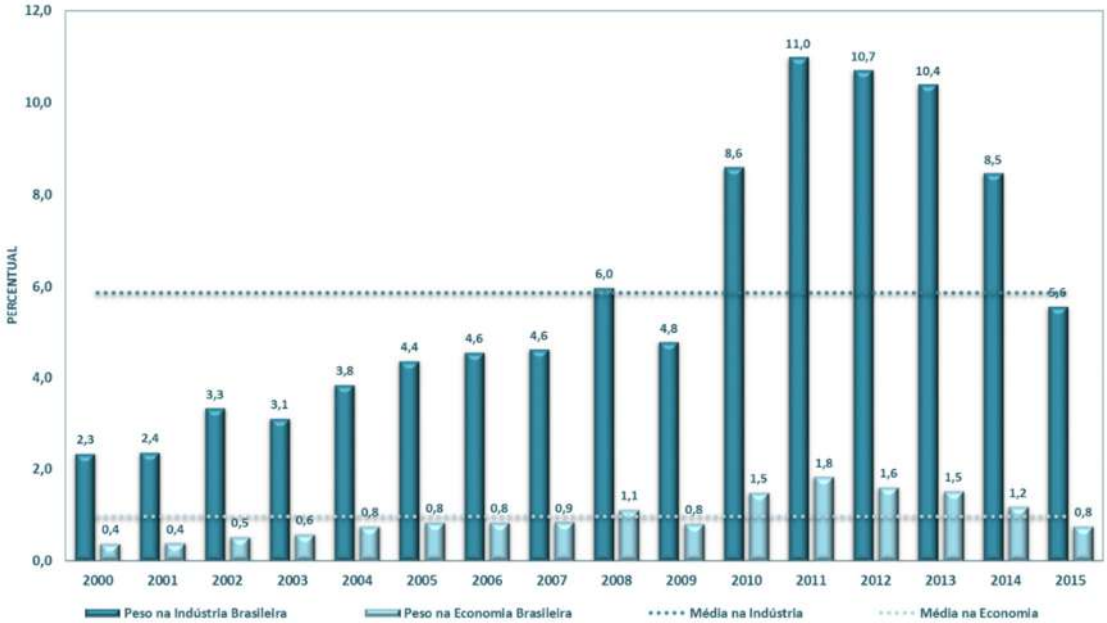
Em âmbito nacional, entre 2002 e 2017, verificou-se que, em média, 3,0% do Valor Adicionado (VA), gerado na economia do país, vieram das atividades da Indústria Extrativa Mineral (incluindo petróleo e gás). Nesse mesmo período, o VA da indústria brasileira alcançou média de 11,4%, com variação significativa de um ano para o outro (**Gráfico 175**). Observa-se que a Indústria Extrativa Mineral apresentou uma tendência de elevação da sua participação no VA da indústria até 2012, com uma quebra em 2009, em função da crise econômica internacional. A partir de 2013, a tendência se inverte com a queda da participação se acentuando nos anos de 2015 e 2016.



Fonte: IBGE, 2017.

***Gráfico 175** - Representatividade nacional do VA do setor mineral (com petróleo e gás) na economia e no total da indústria – 2002 a 2016.*

Nesse mesmo cenário, sem a participação de Petróleo e Gás, tem-se média aproximada de 1% de contribuição da Indústria Extrativa Mineral no Valor Adicionado (VA) na economia brasileira. Analogamente, o percentual de participação do setor no VA gerado pela Indústria Brasileira, alcançou média de 5,9%, com variação significativa no período entre 2000 e 2015 (**Gráfico 176**).

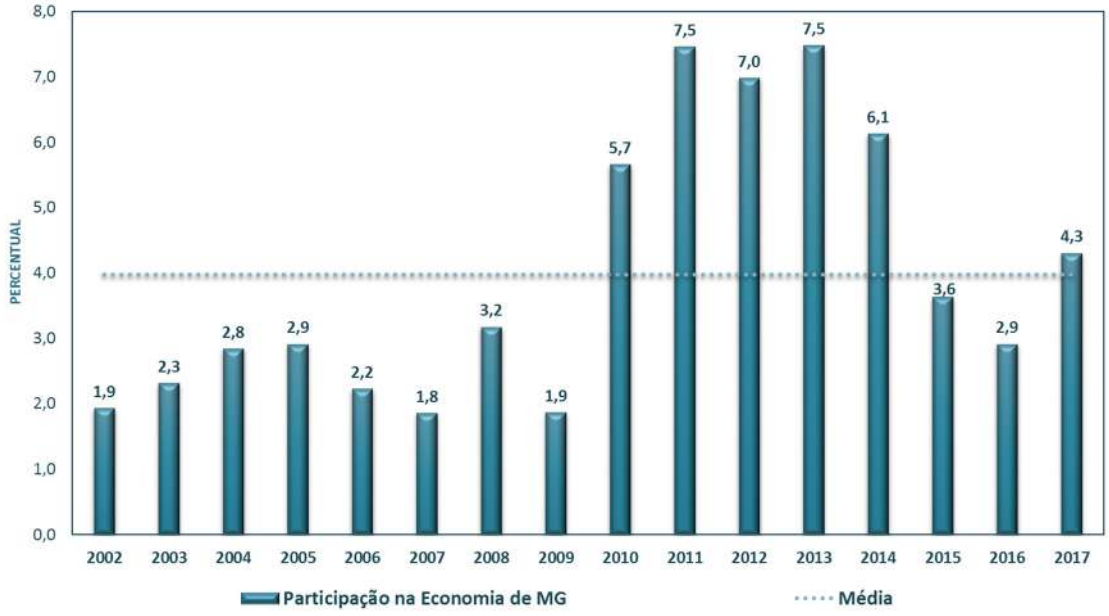


IBGE, 2015.

***Gráfico 176** - Representatividade nacional do VA do setor mineral (sem petróleo e gás) na economia e no total da indústria – 2000 a 2015.*

Em âmbito estadual, a participação da Indústria Extrativa Mineral no Valor Adicionado (VA) do Estado de Minas Gerais, entre 2002 e 2016, sofreu variação ao longo dos anos, com média de 4,0%. Nesse período

analisado, o valor máximo alcançado foi de 7,5% em 2011 e 2013, com posterior queda para 2,9% em 2016 (**Gráfico 177**).



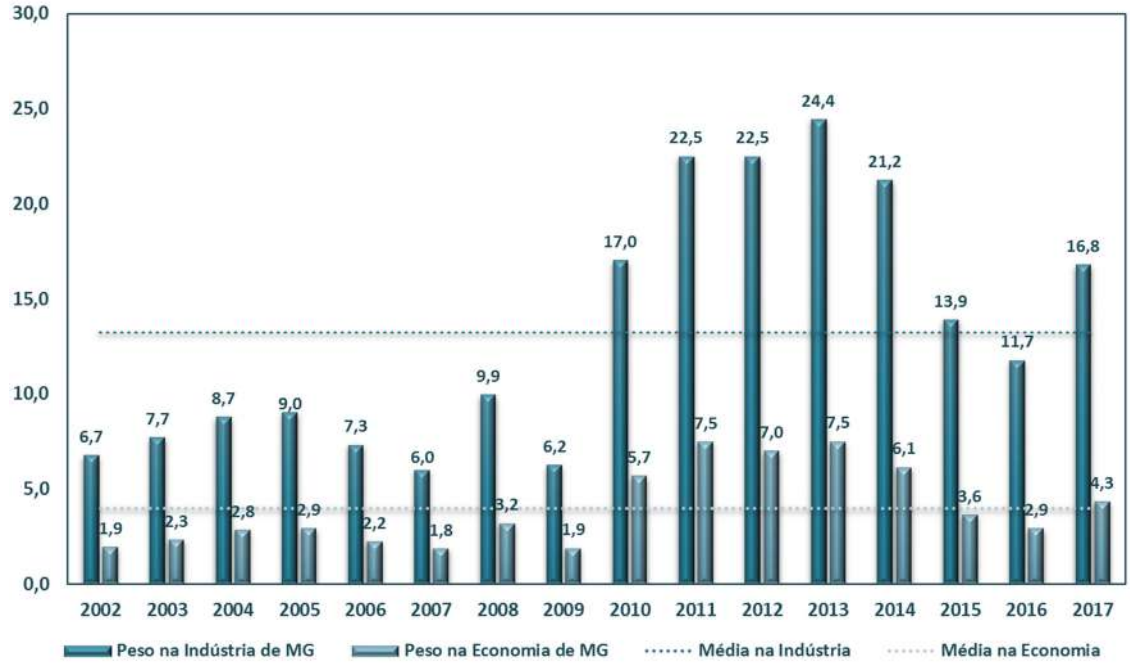
Fonte: IBGE.

***Gráfico 177** – Evolução do VA da Indústria Extrativa Mineral na economia do Estado de Minas Gerais*

Entre 2002 e 2016, do total do Valor Adicionado gerado na economia mineira, cerca de 4,0%, em média, vieram das atividades da Indústria Extrativa Mineral (com Petróleo e Gás), segundo os dados das Contas Regionais do IBGE.

Na comparação com o Valor Adicionado gerado por toda a indústria de Minas Gerais nesse mesmo período, o percentual médio do setor alcançou 13,2%. Observou-se também uma variação significativa nessa proporção de um ano para outro.

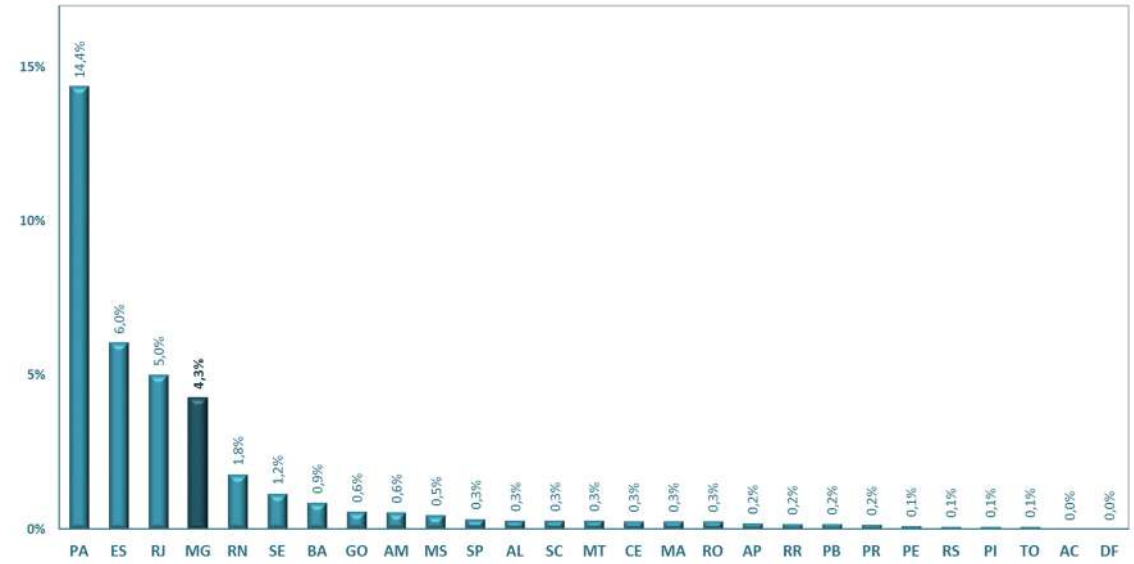
Observou-se tendência de elevação da participação da Indústria Extrativa Mineral do Estado de 2008 até 2013, com exceção de 2009, acompanhando os preços internacionais do minério de ferro. A partir de 2014, há expressiva perda de participação da Indústria Extrativa Mineral que se estende até 2016 (**Gráfico 178**).



Fonte: IBGE.

***Gráfico 178** - Participação da Indústria Extrativa Mineral no VA (com petróleo e gás) de Minas Gerais no total da economia e na indústria do Estado – 2002 a 2017 (em %).*

Quando comparado às demais Unidades da Federação, Minas Gerais é um dos estados em que a atividade extrativa mineral é uma das mais significativas da sua economia, sendo superada apenas pelo Pará, Espírito Santo e Rio de Janeiro (**Gráfico 179**) (IBGE, 2017).



Fonte: IBGE, 2017

***Gráfico 179** – Representatividade da Indústria Extrativa Mineral no Valor Adicionado das diversas Unidades da Federação (com petróleo e gás).*

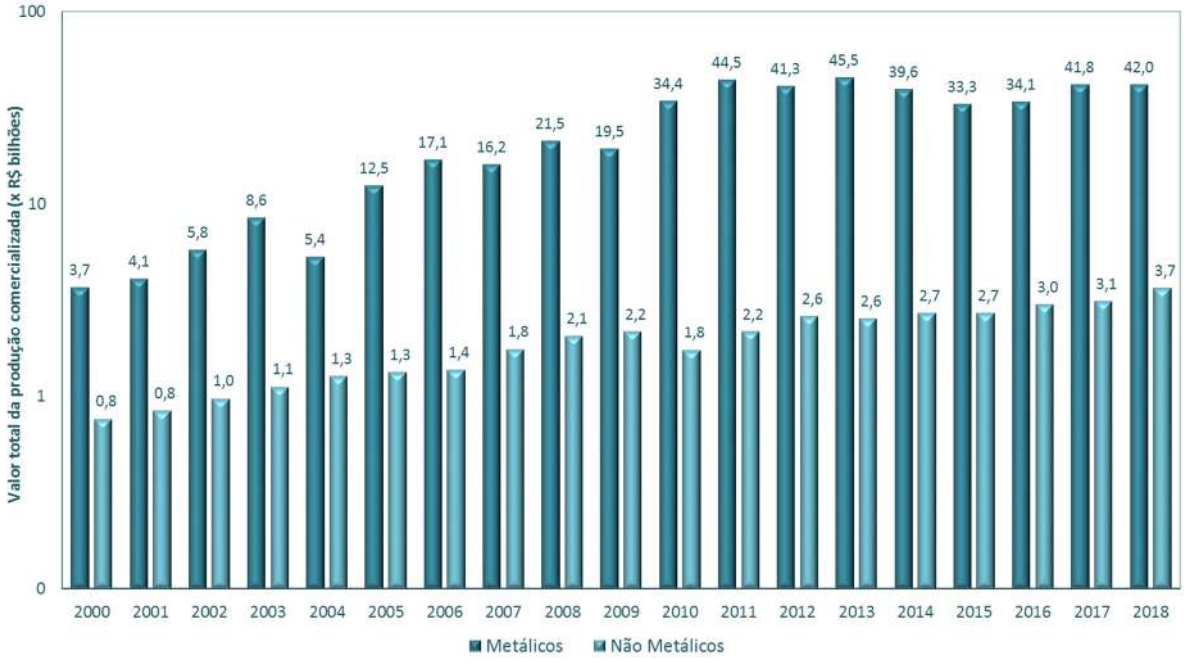
Considerando a importância da Indústria Extrativa Mineral na economia de Minas Gerais e sua liderança na produção mineral brasileira, evidencia-se o papel fundamental da atividade mineral para o Estado. Além disso, a mineração apresenta impactos positivos diretos e indiretos na economia, contribuindo para a geração de

VA em outros setores econômicos, superávit na balança comercial, bem como tributos e compensações, emprego e renda.

4.1.1.Produção Mineral do Estado

Em 2017, no cenário nacional, Minas Gerais foi o maior Estado produtor de substâncias metálicas, atingindo um total de R$41,7 bilhões, em termos de valor total comercializado (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2018).

A produção mineral do Estado de Minas Gerais é diversificada em termos de bens minerais explorados, com predominância na participação de substâncias metálicas frente as não metálicas. No período de 2000 a 2018, verificou-se um crescimento de 11 vezes na produção de metálicos e de cinco vezes na produção dos não metálicos (**Gráfico 180**).

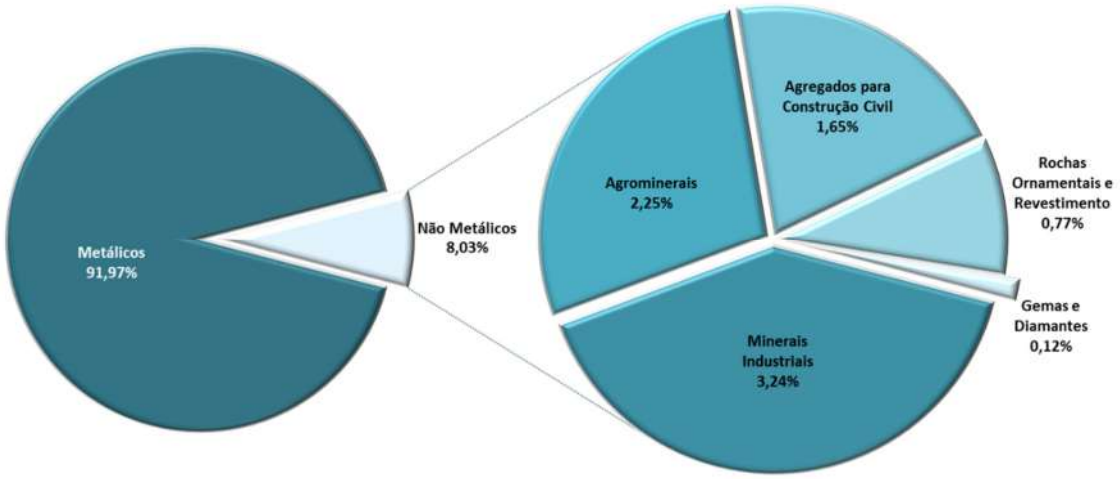


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

***Gráfico 180** - Evolução da produção mineral das substâncias metálicas e não metálicas entre 2000 e 2018.*

Em 2018, nota-se que a produção de substâncias metálicas foi de 92% e de não metálicas aproximadamente 8% do total, sem considerar a participação de águas minerais (**Gráfico 181**). Essa relação entre produção de metálicos e não metálicos foi discrepante em todo o período. Apesar da produção dos não metálicos ser alta como a dos metálicos, a diferença está no menor valor agregado.

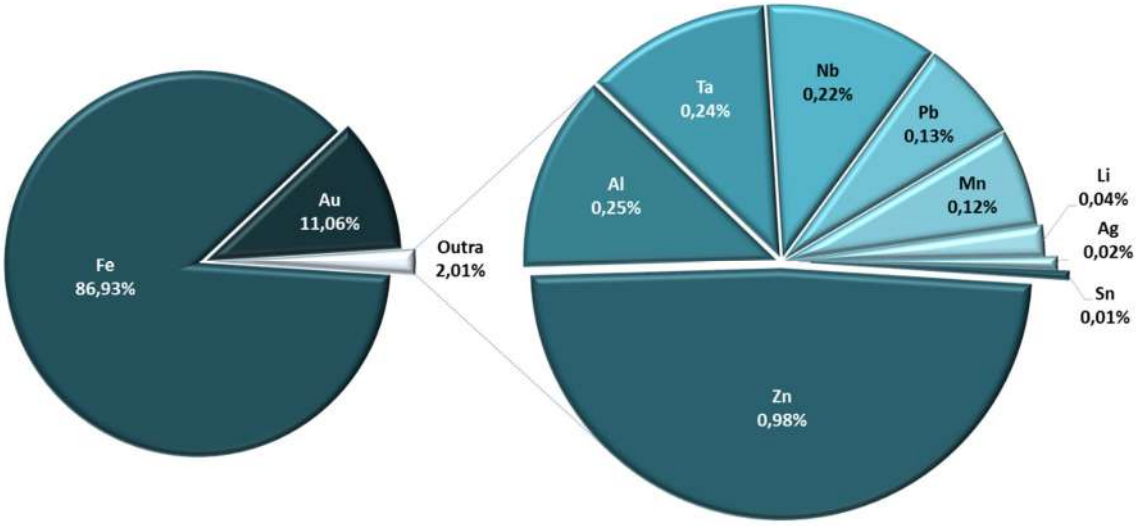
Assim, observa-se que a produção dos minerais não metálicos em 2018 foi de aproximadamente R$ 3,7 bilhões, sendo a participação estimada dos **minerais industriais** de 3,24%; dos **agrominerais** de 2,25%; dos agregados para **construção civil**, 1,65%; e de **rochas ornamentais** e **gemas** abaixo de 1% (**Gráfico 181**).



Fonte: ANM/MG, 2018.

***Gráfico 181** – Produção mineral total com estimativa da distribuição das substâncias não metálicas em 2018*

Por outro lado, a produção total dos metálicos atingiu R$42 bilhões, distribuídos entre 11 bens minerais. Salienta-se que 98% deste total são provenientes da exploração de **ferro** e **ouro**. Os 2% restantes são distribuídos entre os demais minerais metálicos: zinco, alumínio, tântalo, nióbio, chumbo, manganês, lítio, prata e estanho (**Gráfico 182**).



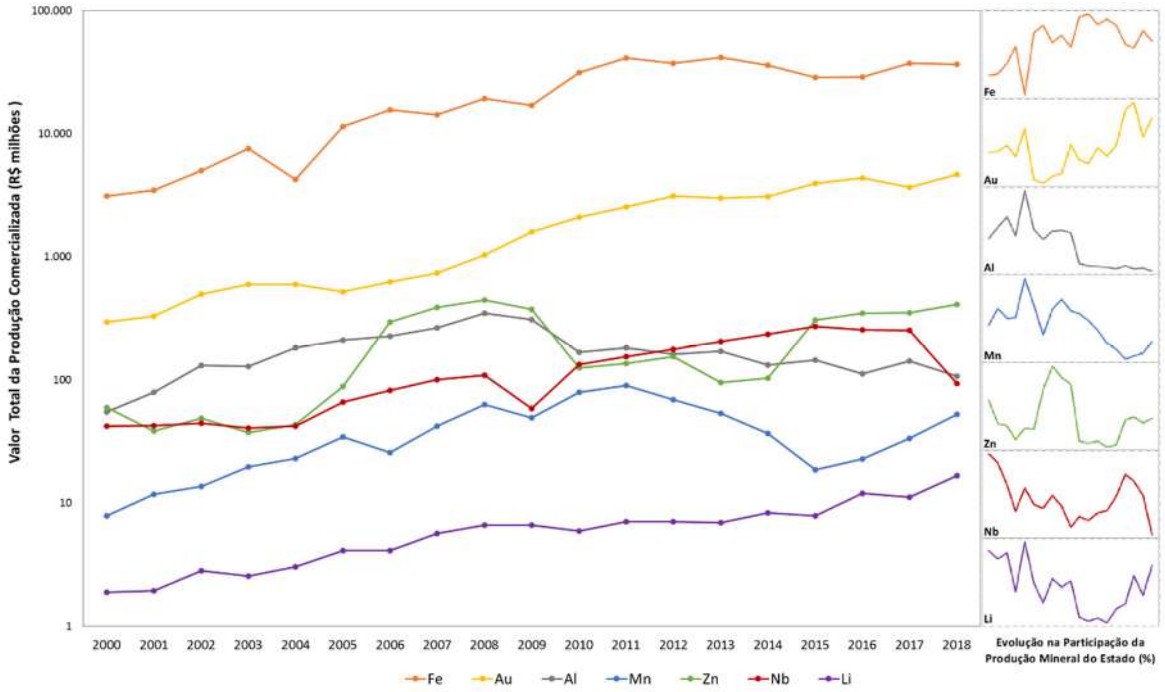
Fonte: ANM – MG/2018.

***Gráfico 182** – Distribuição da produção mineral das substâncias metálicas em 2018*

Ao analisar o comportamento da produção mineral, entre 2000 e 2018, fica evidente a predominância do minério de ferro na indústria extrativa mineral do Estado, apesar da diversidade de substâncias minerais encontradas no território mineiro.

Nesse período, o ferro sempre apresentou participação majoritária, entre 64,1 e 87,8%, na Produção Mineral de Minas Gerais seguindo trajetória ascendente. O ouro ocupa o segundo lugar na produção estadual, entre 3,4 e 11,8%, apresentando tendência de crescimento no valor total comercializado (**Gráfico 183**).

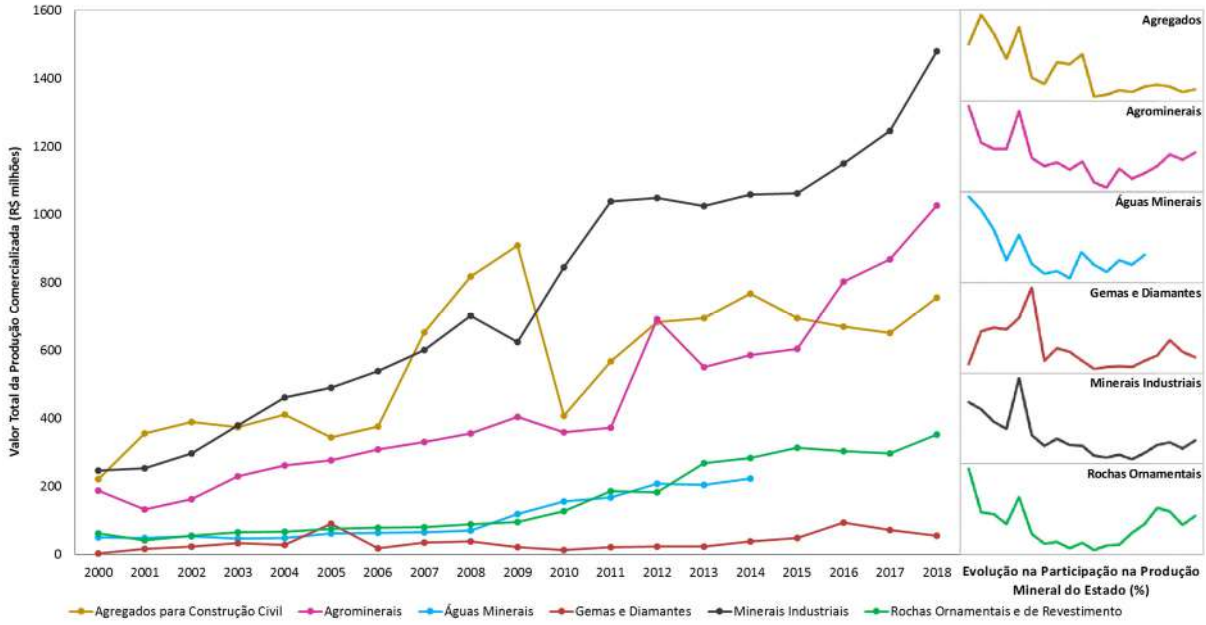
Com exceção do ferro e do ouro, as demais substâncias metálicas analisadas (alumínio, lítio, manganês, nióbio e zinco) têm importância estratégica para o estado de Minas Gerais, porém, com participação pouco expressiva no valor total da produção comercializada do Estado, variando entre 1,1 e 4,5% (**Gráfico 183**).



Fonte: Anuário Brasileiro

***Gráfico 183** – Evolução do valor total da produção comercializada de ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio e lítio em Minas Gerais.*

De modo geral, os minerais não-metálicos apresentaram tendência de crescimento no valor total da produção comercializada. Todavia, apresentaram um ligeiro declínio de sua participação na produção total ao longo da série histórica considerada (**Gráfico 184**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

***Gráfico 184** - Evolução do valor total da produção comercializada minerais não metálicos em Minas Gerais*

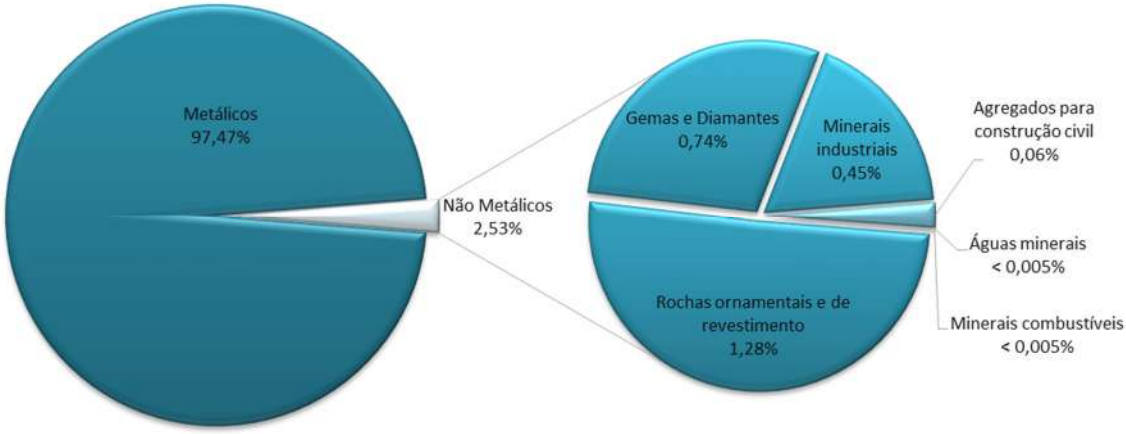
Dentre os minerais não metálicos, as subclasses que mais se destacaram, em termos de valor de produção no ano de 2018, foram os Minerais Industriais, com R$ 1.480 milhões; os Agrominerais, com R$ 1.026 milhões e os Agregados para Construção Civil, com R$ 755 milhões.

4.1.2.Exportações e Importações de Bens Minerais

A análise foi feita considerando apenas os bens primários conforme classificação do Sistema Harmonizado (Posição SH4) e Seções IV, V, XII e XIV do portal Estatísticas Comércio Exterior (COMEX STAT), do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.

4.1.2.1. Exportações Minerais

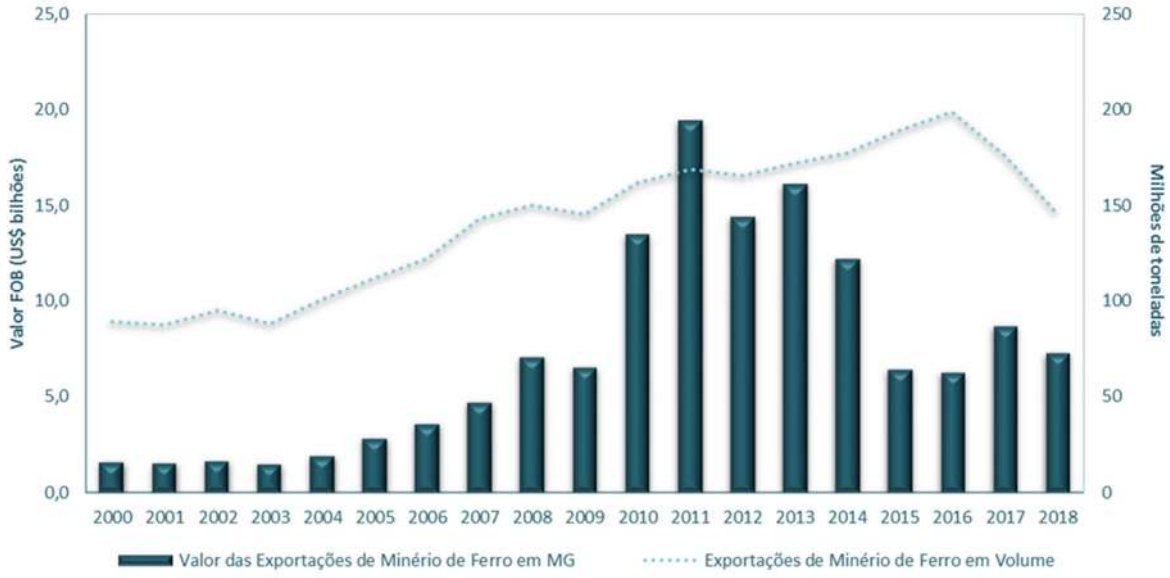
A balança comercial de Minas Gerais encerrou o ano de 2018 superavitária em US$15,2 bilhões, com cerca de US$24,2 bilhões referentes a exportações e US$9,1 bilhões a importações. A exportação de bens minerais foi de US$8,8 bilhões. Deste total, 97% foram referentes a minerais metálicos, alcançando cerca de US$8,6 bilhões (**Gráfico 185**). O **minério de ferro**, por ser o principal produto vendido ao exterior, foi responsável por uma receita de US$7,3 bilhões, o equivalente a 30% de todas as exportações do Estado.



Fonte: COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE.

***Gráfico 185** - Exportação mineral com estimativa de distribuição das substâncias não metálicas em 2018.*

Observa-se o aumento da exportação do minério de ferro até 2011, com posterior queda até 2015, quando os valores mantêm um patamar. A queda a partir de 2012 ocorreu em vista da diminuição dos preços internacionais, uma vez que o volume de exportações se manteve crescente até 2016. Nos últimos dois anos houve uma recuperação dos valores exportados em função da elevação dos preços internacionais (**Gráfico 186**).



Fonte: COMEXSTAT-Ministério da Economia/ Elaboração SEDE.

***Gráfico 186** - Histórico das exportações de minério de ferro por Minas Gerais Valor FOB e volume*

Entre 2010 e 2013, as exportações de ferro alcançaram valores históricos, chegando a aproximadamente US$19,5 bilhões (FOB) em 2011. Verifica-se um crescimento no volume exportado, com máximo em torno de 200 Mt em 2016 (**Gráfico 186**). Os altos índices de exportação deste período devem-se à ocorrência do *superciclo*[2] das *commodities*, que provocou um aumento significativo de valor e demanda no mercado internacional.

[2] Período em que a China estava demandando enormes quantidades de commodities, principalmente o minério de ferro, uma vez que o país é o que mais consume este mineral no mundo. Desta maneira, esta grande demanda intensificou as exportações brasileiras de minério de ferro (além de outros

O **ouro**[3] foi o segundo bem mineral mais exportado por Minas Gerais em 2018, com uma receita de US$1,22 bilhão, o que representou 5% das exportações. Os valores obtidos na exportação de minério de ferro e ouro reforçam a grande representatividade dos produtos minerais no comércio exterior do Estado.

Tratando-se ainda de minerais metálicos, as exportações mineiras são reforçadas pelo nióbio que é o terceiro bem mineral com maior participação no Estado. Em 2018, o metal gerou uma receita de cerca de US$24,7 milhões.

No montante das exportações dos bens minerais, as rochas ornamentais e de revestimento ocupam a terceira posição, com a venda de granitos, ardósias, mármores, esteatitos e travertinos ao mercado externo (**Tabela 13**).

Além disso, devido à diversidade da atividade mineral no Estado, é necessário considerar a exportação de outros bens minerais que, apesar de terem apresentado valores FOB inferiores, são importantes para o fortalecimento da balança comercial e da economia de Minas Gerais (**Tabela 13**).

***Tabela 13** - Minerais exportados por Minas Gerais em 2018 e respectivos valores*

Produtos Minerais	Valor FOB (US$)
Ferro	7.314.267.241,00
Ouro	1.222.217.950,00
Rochas ornamentais e de revestimento	112.788.882,00
Gemas	57.324.093,00
Minerais industriais	39.687.077,00
Nióbio e outros metais (Ta, V, Zr)	24.691.817,00
Chumbo	14.673.177,00
Diamante	7.725.729,00
Agregados para construção civil	5.263.693,00
Manganês	4.938.460,00
Outros metais preciosos	3.032.187,00
Alumínio	2.294.535,00
Outros minérios	1.146.432,00
Águas minerais	341.626,00
Minerais combustíveis	29.649,00
Zinco	1.172,00
Cobre	1.047,00

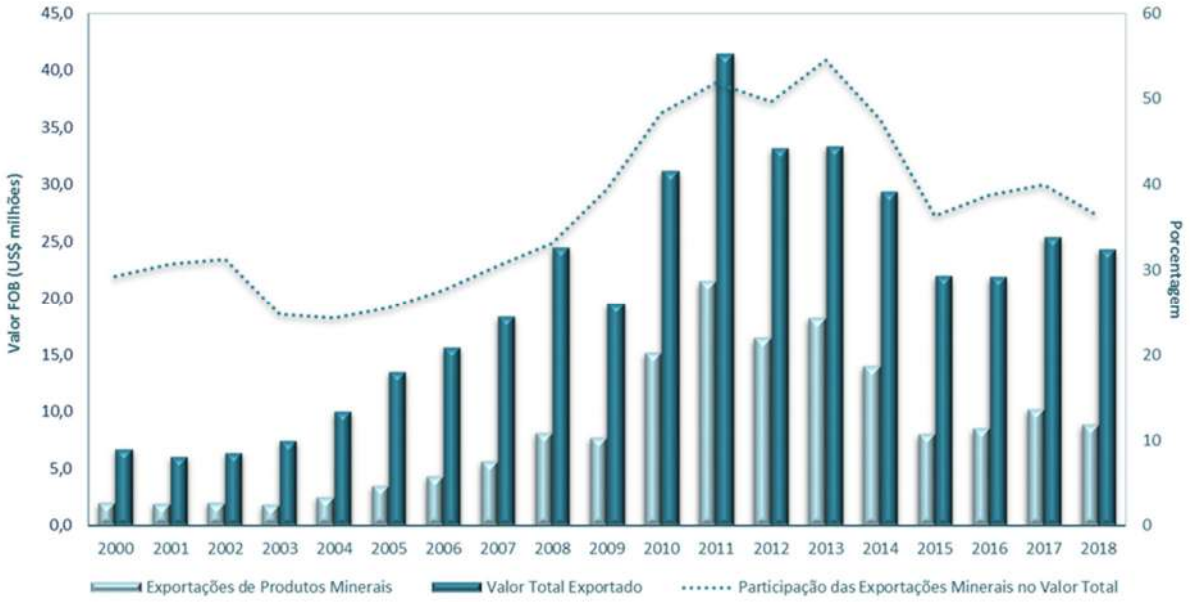
Fonte: COMEX STAT, 2018/ Elaboração: SEDE

Ressalta-se que alguns dos bens minerais mais relevantes para a economia mineira são majoritariamente exportados após serem submetidos a processos de transformação. Dessa forma, minerais como nióbio e zinco apresentam expressiva relevância para a balança comercial do Estado. A título de exemplo, quando considerada a soma da exportação dos bens primários e dos transformados, tem-se uma exportação de US$164,7 milhões de nióbio e de US$245,5 milhões de zinco em 2018.

países produtores do minério), gerando um grande aumento na cotação de sua tonelada no mercado internacional – chegando até próximo de US$200 a tonelada – e propiciando os vultosos valores exportados pelo Brasil no momento (MANZI, 2016).

[3] Ouro em formas brutas e semimanufaturadas para uso não monetário (COMEX STAT, 2018).

É possível constatar que, nos últimos 18 anos, a atividade mineral sempre teve uma participação considerável no valor total das exportações do Estado, com máximo de 54,5% em 2013 e mínimo de 24,3% (**Gráfico 187**).



Fonte: COMEX STAT – Ministério da Economia.

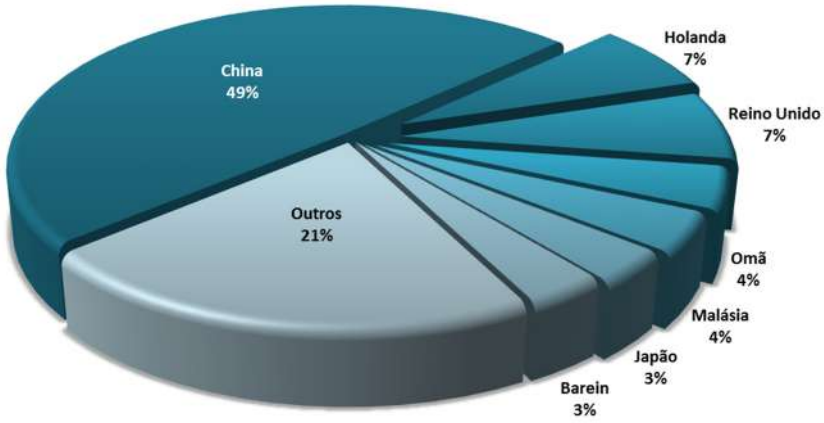
***Gráfico 187** - Histórico das exportações de produtos minerais e do valor total exportado por Minas Gerais*

A partir de 2014, o nível das exportações caiu, passando por uma leve recuperação entre 2016 e 2017, influenciado, principalmente, pelas variações do valor do minério de ferro. No entanto, as exportações minerais se mantiveram responsáveis por no mínimo 35% de todo a receita exportadora de Minas Gerais.

4.1.2.1.1. Principais Países Importadores de Produtos Minerais de Minas Gerais

Minas Gerais possui importantes parceiros comerciais que importam valores consideráveis de seus bens minerais. Dentre eles, destaca-se a China que em 2018 importou US$4,33 bilhões em produtos minerais, o que representou aproximadamente 50% das exportações do Estado. As principais *commodities* foram: minério de ferro, chumbo e manganês; rochas ornamentais e de revestimento (ardósias, mármores e granitos); e minerais industriais (quartzo, grafita e feldspato).

Além da China, outros países também apresentaram participação relevante na exportação de produtos minerais do Estado, como Holanda (7%), Reino Unido (7%) e Omã (4%), que importaram cerca de US$630 milhões, US$624 milhões e US$379 milhões, respectivamente (**Gráfico 188**). Entre os outros 84 países responsáveis por 21% das exportações minerais de Minas Gerais, encontram-se importantes parceiros comerciais, como Estados Unidos, Canadá e Índia.

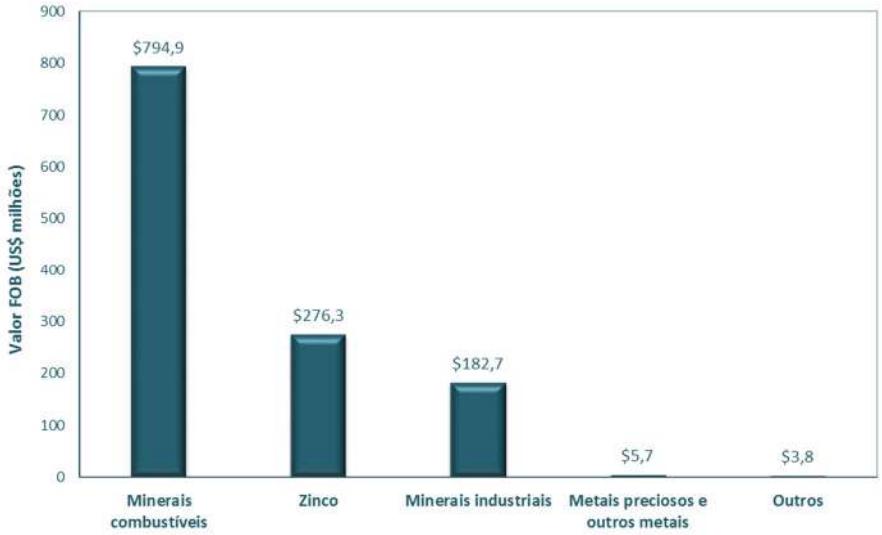


Fonte: COMEXSTAT – Ministério da Economia, 2018/ Elaboração SEDE.

***Gráfico 188** - Países que mais importam bens minerais do Estado de Minas Gerais.*

4.1.2.2. Importações Minerais

Apesar da grande diversidade de jazidas e recursos minerais no Estado, em 2018, cerca de US$1,3 bilhão foram destinados às importações de bens minerais, sendo os principais: minerais combustíveis (carvão mineral, coque de petróleo e turfa), zinco, minerais industriais (enxofre, carbonato de magnésio, feldspato e grafita), metais preciosos (ouro, prata e platina) e outros metais (alumínio, nióbio e ferro) e outros (rochas ornamentais e de revestimento, gemas e diamantes, e agregados para construção civil) (**Gráfico 189**).



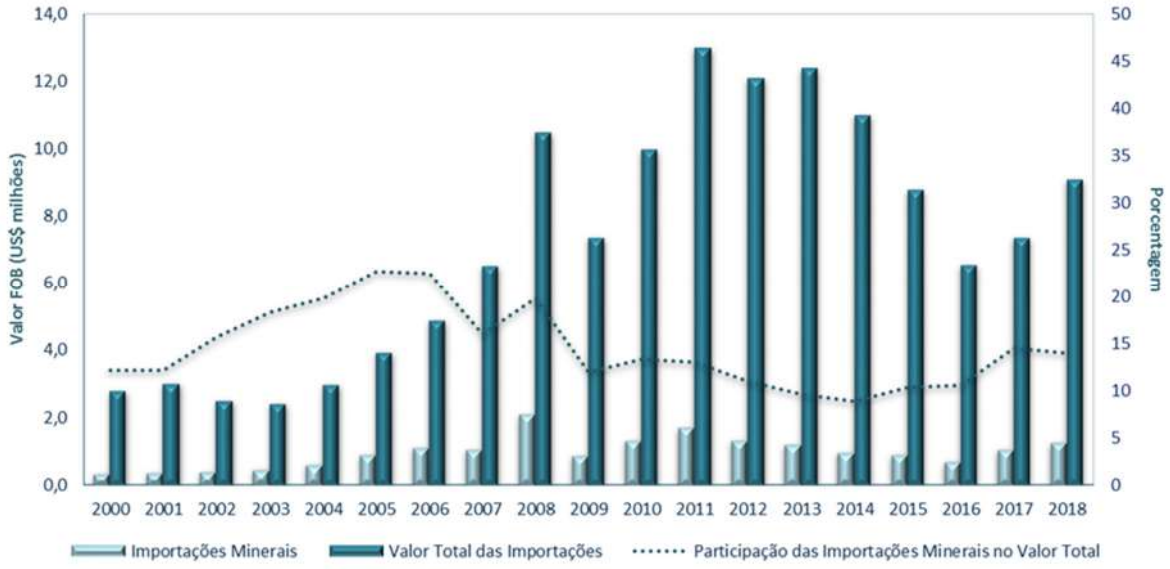
Fonte: COMEXSTAT – Ministério da Economia, 2018/ Elaboração SEDE.

***Gráfico 189** - Principais minérios importados por Minas Gerais em 2018*

As importações de bens minerais de Minas Gerais alcançaram, em 2018, um montante de US$9,03 bilhões. O principal produto importado foi o carvão mineral, o equivalente a US$738 milhões, aproximadamente 8% do total. Na sequência, aparece o zinco e os minerais industriais representando, 3% e 2%, respectivamente.

Convém mencionar que Minas Gerais, apesar de explorar agrominerais, como o fosfato, que são destinados à produção de fertilizantes e adubos, acaba importando o produto pronto. Em 2018, o Estado importou cerca de US$668,9 milhões em fertilizantes, valor próximo à importação de carvão mineral.

De 2000 a 2018, a participação dos produtos minerais na pauta de importação mineira variou entre 8,8 e 22,7%. Cabe destacar que, nos primeiros nove anos da série histórica, as participações das importações minerais apresentaram tendência de elevação que foi encerrada com a crise de 2009. A partir de então, as importações minerais tiveram menor variação, oscilando entre uma participação de 8,8 e 14,4% do total importado (**Gráfico 190**).



Fonte: COMEXSTAT – Ministério da Economia/ Elaboração: SEDE

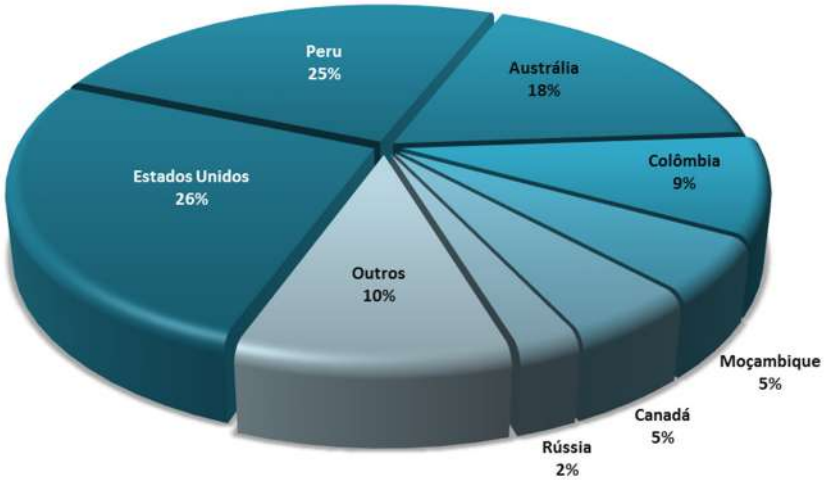
***Gráfico 190** - Histórico das importações minerais e do valor total importado por Minas Gerais.*

Ressalta-se que em 2005 as importações de minérios alcançaram sua maior participação, o que representou cerca de 22,7% (US$ 895 milhões) do total importado (US$3,94 bilhões).

No período analisado, as exportações de bens minerais foram sempre superiores às importações, o que evidencia sua relevância para o saldo positivo na balança comercial de Minas Gerais. Percebe-se que a média da participação da exportação mineral foi de 36,8% do valor total, enquanto que na importação a média da participação de minerais foi de 14,5%.

4.1.2.2.1. Principais Países Exportadores de Produtos Minerais para Minas Gerais

Do total de US$602 milhões em produtos minerais importados por Minas Gerais em 2018, US$309 milhões foram provenientes dos Estados Unidos e US$ 293 milhões do Peru, o que representou uma participação de 51% do valor empregado nas importações minerais. O **Gráfico 191** ilustra quais foram os principais países de origem dos produtos minerais importados por Minas Gerais.



Fonte: *COMEXSTAT – Ministério da Economia, 2018/ Elaboração: SEDE*

Gráfico 191 *- Países que mais exportaram bens minerais a Minas Gerais em 2018.*

O carvão mineral foi o bem mineral mais importado por Minas Gerais em 2018, sendo os principais países exportadores: Austrália, Estados Unidos, Colômbia, Canadá e Moçambique. O Peru é o principal fornecedor de minério de zinco ao Estado. A Rússia, além do carvão mineral, responde pela demanda mineira de enxofre, juntamente com outros países, Estados Unidos e Cazaquistão, principalmente.

4.1.3. Tributos e Compensações Financeiras

4.1.3.1. Tributos

Em todo o mundo, a mineração tem sido historicamente submetida à cobrança de encargos específicos. A razão fundamental é a de que, na maioria dos países, inclusive no Brasil, os recursos minerais são bens públicos de propriedade do Estado e para conceder o direito de uso exclusivo de bens minerais de sua propriedade, o Estado exige, como contrapartida, pagamento por esse direito.

Esses tributos específicos sobre as atividades de mineração variam de acordo com a etapa do empreendimento e são arrecadados nas esferas federal, estadual e municipal (**Tabela 14**). Além desses, existem os encargos trabalhistas e outros comuns a toda e qualquer atividade econômica e as contribuições para a seguridade social (*e.g.* COFINS, PIS/PASEP, IRPJ, Contribuição Social sobre o Lucro Líquido, ISS e ITR).

Ressaltam-se ainda os encargos para o licenciamento ambiental, etapa crucial para o início ou continuidade das atividades minerárias. Eles incidem sobre todas as fases, e podem ocorrer em uma determinada esfera (municipal, estadual ou federal). As taxas variam de acordo com o órgão licenciador, com o empreendimento e o tipo de licença necessária.

Tabela 14 – Principais encargos tributários incidentes na atividade extrativa mineral.

FEDERAL	
PESQUISA MINERAL	**LAVRA E BENEFICIAMENTO**
TAH: R$3,29 ano/ha (primeira vigência), R$5,00 ano/ha (renovação); **Taxa ao custeio de vistorias da ANM:** R$437,94/dia a R$875,86/dia	**IOF**: 1% do valor total da operação para ouro (30% do total)
ESTADUAL	
PESQUISA MINERAL	**LAVRA E BENEFICIAMENTO**
TFRM: 1 UFEMG por tonelada de minério (desconto de 60% Decreto 45.936/ 2012)	**ICMS:** intraestadual: 18% e interestadual: máximo 12% **TFRM:** 1 UFEMG por tonelada de minério (desconto de 60% Decreto 45.936/ 2012)

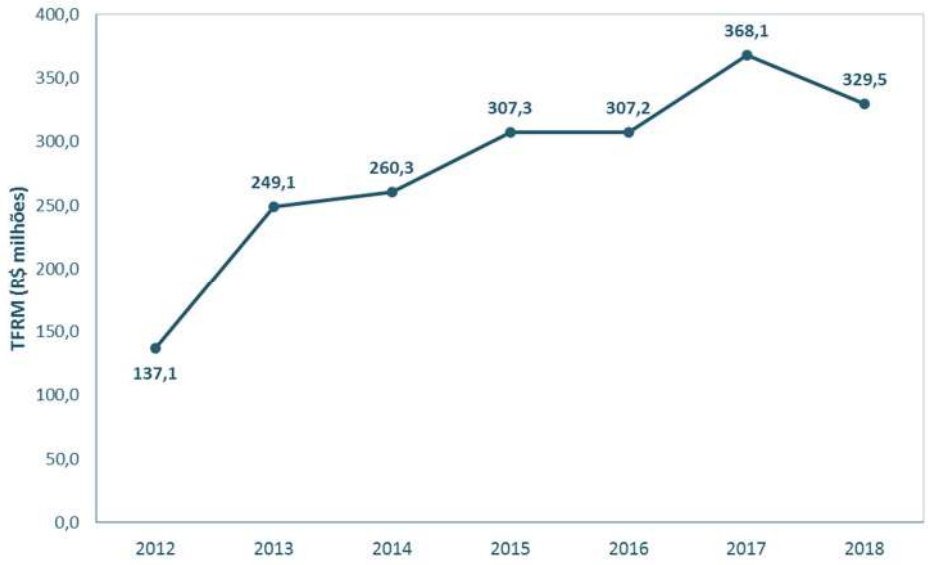
***** **TAH**: Taxa Anual por Hectare (durante toda a fase de Autorização de Pesquisa); **IOF**: Imposto sobre Operações Financeiras; **TFRM**: Taxa de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários; **ICMS**: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços; **UFEMG**: Unidade Fiscal do Estado De Minas Gerais.

Além dos encargos federais que foram apresentados, existem ainda os específicos para requerimento de cada fase e regime (enumerados na Resolução ANM 3, de 30 de janeiro de 2019). O valor da taxa ao custeio de vistorias da ANM varia de acordo com a localização e respectiva distância da área a ser vistoriada. Na esfera federal, a maior quantidade de tributos exclusivos da mineração é na fase de pesquisa, e todos de responsabilidade da ANM.

De competência estadual, além do ICMS incidente para qualquer mercadoria e serviço, existe a TFRM exclusiva para mineração. É importante avaliar o impacto da Lei Kandir sobre a contribuição da mineração no ICMS. Segundo Riani e Albuquerque (2019), em sua concepção, a Lei tinha como objetivos fundamentais: incentivar as exportações brasileiras, visando melhorar o saldo do balanço de pagamentos e promover o crescimento econômico, através da elevação dos investimentos internos. Para isso, alguns incentivos em relação ao ICMS foram estabelecidos, dentre os quais se incluíram a desoneração das exportações dos bens primários e dos produtos semimanufaturados.

A alta participação de bens minerais na pauta de exportações do Estado reflete em uma arrecadação modesta de ICMS proveniente da mineração. Como por exemplo, em 2018 a arrecadação de ICMS proveniente da indústria extrativa foi de 2,4% do total arrecadado no Estado (Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA DE MINAS GERAIS).

A TFRM tem como finalidade custear as atividades dos órgãos públicos que atuam junto ao setor de mineração, e foi regulamentada pelo Decreto 45.936, de 24 de março de 2012. O histórico do seu recolhimento é apresentado no **Gráfico 192**, onde é possível observar tendência de crescimento até 2017, e queda em 2018, com arrecadação total superior a R$1,95 bilhão aos cofres públicos estaduais desde sua implementação.



Fonte: Portal da Transparência MG.

***Gráfico 192** - Evolução da arrecadação da TFRM no Estado.*

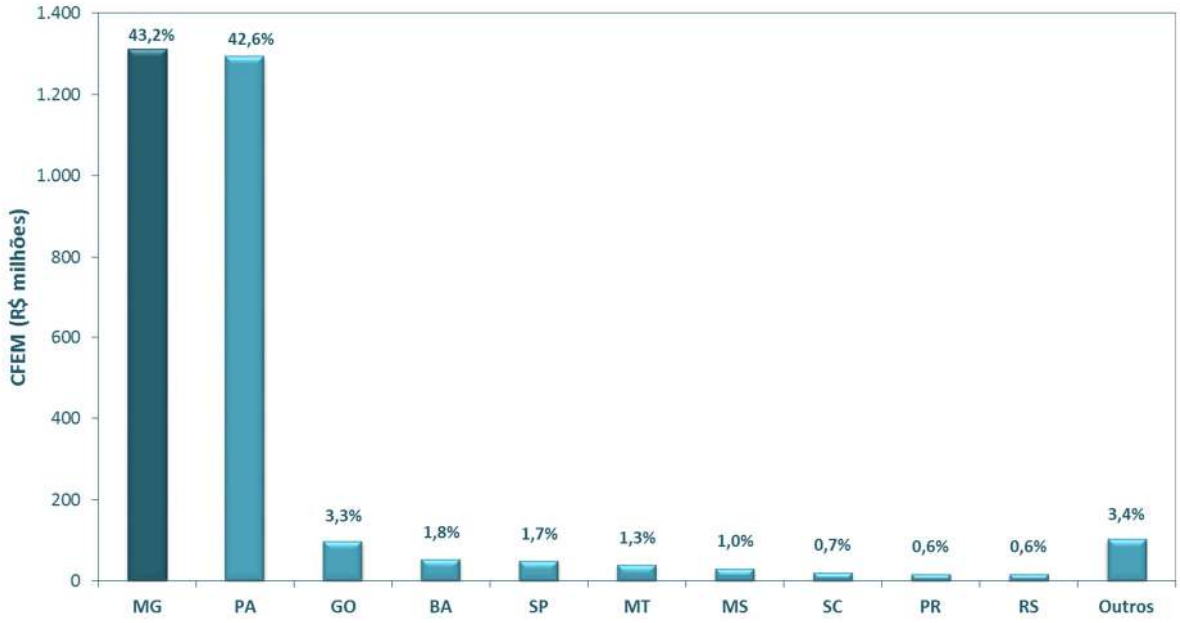
A evolução da arrecadação da TFRM acompanha diretamente a produção de minério de ferro, estreitando a relação entre as finanças do Governo Estadual e a Indústria Extrativa Mineral.

4.1.3.2. Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM

A extração de substâncias minerais, mencionadas na Lei 13.540, de 18 de dezembro de 2017, estão sujeitas à Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM). A CFEM é calculada com base na receita bruta quando o produto mineral for vendido, tendo alíquotas diferenciadas conforme substância mineral. Caso o produto não seja vendido, e sim consumido pela própria mineradora, o valor incide sobre a receita bruta calculada considerado o preço corrente do bem mineral.

A compensação é dividida entre União (10%), Estados (15%) e municípios (75%, sendo 60% para os municípios onde ocorrer a produção e 15% para aqueles que são afetados pela produção) (Lei 13.540/2017). Os recursos são preferencialmente aplicados em projetos que, direta ou indiretamente, revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação.

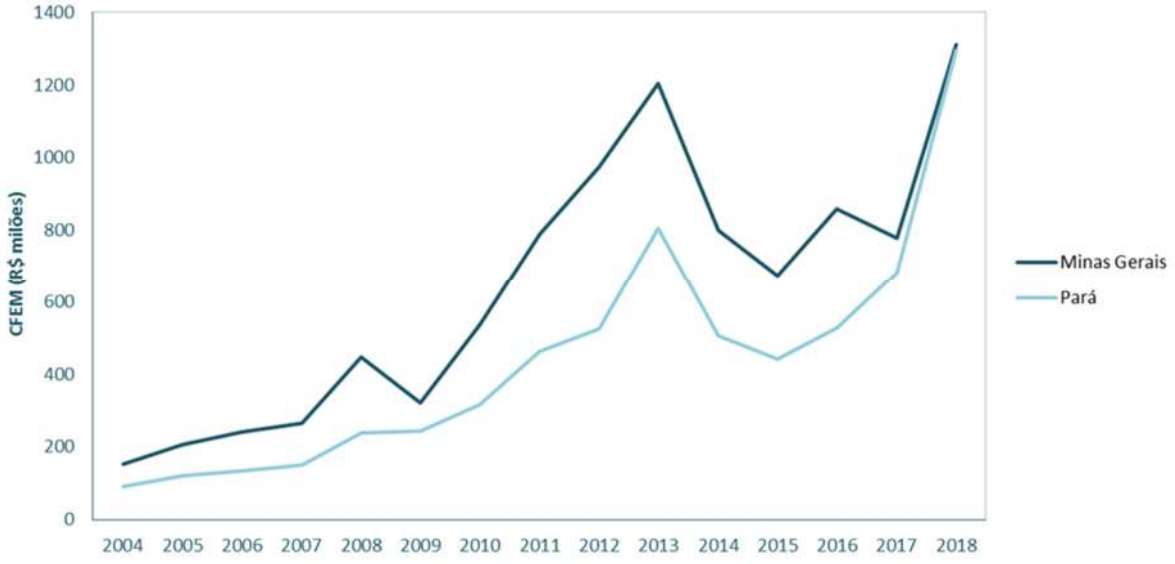
Em âmbito nacional, segundo dados da ANM, desde o início do registro em 2004, os Estados que mais recolheram CFEM foram Minas Gerais e Pará. Atualmente, Minas Gerais tem uma arrecadação que representa 43% do total nacional (**Gráfico 193**).



Fonte: ANM, 2018.

***Gráfico 193** – Distribuição nacional da CFEM em 2018.*

Ao longo dos anos, observa-se que a diferença das arrecadações entre os dois Estados (Minas Gerais e Pará) está cada vez menor (**Gráfico 194).** Isso se deve ao fato dos dois Estados terem como principal *commodity* o minério de ferro, cuja produção tem se elevado mais rapidamente no Pará. No quarto trimestre de 2016, a Vale S.A. iniciou as operações do Projeto Carajás S11D, o que alavancou a produção de minério de ferro e certamente contribuiu para que a arrecadação da CFEM do Estado do Pará se aproximasse à de Minas Gerais.



Fonte: ANM, 2018/ Elaboração: SEDE

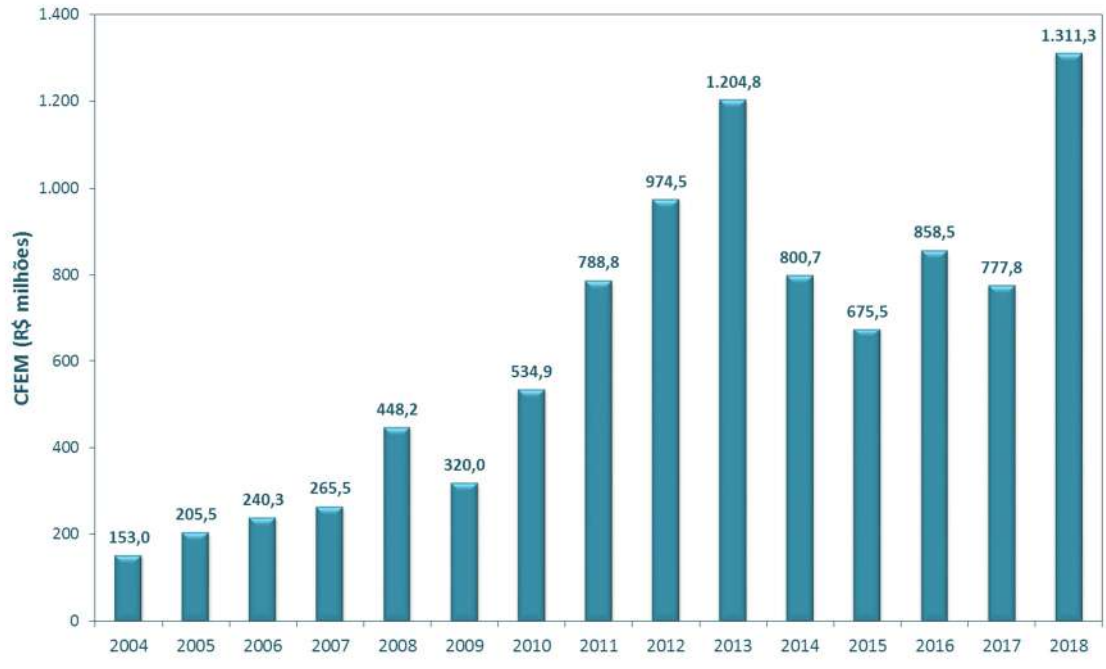
***Gráfico 194** – Evolução da CFEM dos dois maiores arrecadadores nacionais.*

É importante salientar que a partir de 2017, com a vigência da MP 789 e a sanção da Lei 13.540/2017, houve alterações nas alíquotas da CFEM, que provocaram um salto na arrecadação total dos Estados (**Tabela 15**).

***Tabela 15** – Alterações das alíquotas da CFEM antes e após a mudança da legislação.*

Substância Mineral	Alíquota anterior à MP 789/2017	Alíquota vigente Lei 13.540/ 2017
Substâncias minerais destinadas à construção civil	2%	1%
Ouro	1%	1,5%
Diamante e demais substâncias minerais	0,2% para diamante e 2% para as demais	2%
Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema	0,2% para nióbio e 3% para as demais	3%
Potássio, rochas fosfáticas e demais substâncias utilizadas como fertilizantes	3% para potássio e 2% para as demais	2%
Minério de ferro	2%	3,5% para o minério de ferro, com hipótese de redução até 2% a serem definidos via decreto presidencial
Águas minerais e termais	2%	1%

Em Minas Gerais, a arrecadação passou de R$152 milhões em 2004 para R$1,3 bilhão em 2018, assim como duplicou o número de municípios arrecadadores no Estado (**Gráfico 195**). Observa-se, uma tendência de crescimento até 2013 quando os altos valores de exportação resultaram em grande arrecadação da CFEM no Estado. Porém, entre 2014 e 2017, houve diminuição na arrecadação proporcionada, principalmente, pela queda de preços no mercado internacional. Por outro lado, em 2018, observa-se um aumento no recolhimento da CFEM, chegando a atingir o nível mais elevado desde o início dos registros na ANM.



Fonte: ANM, 2018.

***Gráfico 195** – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais.*

Em 2018, das 61 substâncias minerais exploradas no Estado que geram arrecadação de CFEM, constatou-se que R$1,24 bilhão foram provenientes da exploração de 11 minerais metálicos (**Tabela 16**), enquanto R$72,7 milhões se referiram a 50 substâncias não metálicas (**Tabela 17**).

***Tabela 16** - Arrecadação da CFEM por substância metálica em 2018.*

Metálicos	
Substância	**Valor arrecadado (R$)**
Ferro	1.139.096.702,61
Ouro	71.089.355,42
Nióbio	10.112.287,30
Zinco	8.680.706,66
Alumínio	3.599.099,00
Tântalo	2.036.853,29
Manganês	1.808.979,80
Chumbo	1.579.685,35
Lítio	300.588,23
Prata	137.275,61
Estanho	89.400,67
Total	**1.238.530.933,94**

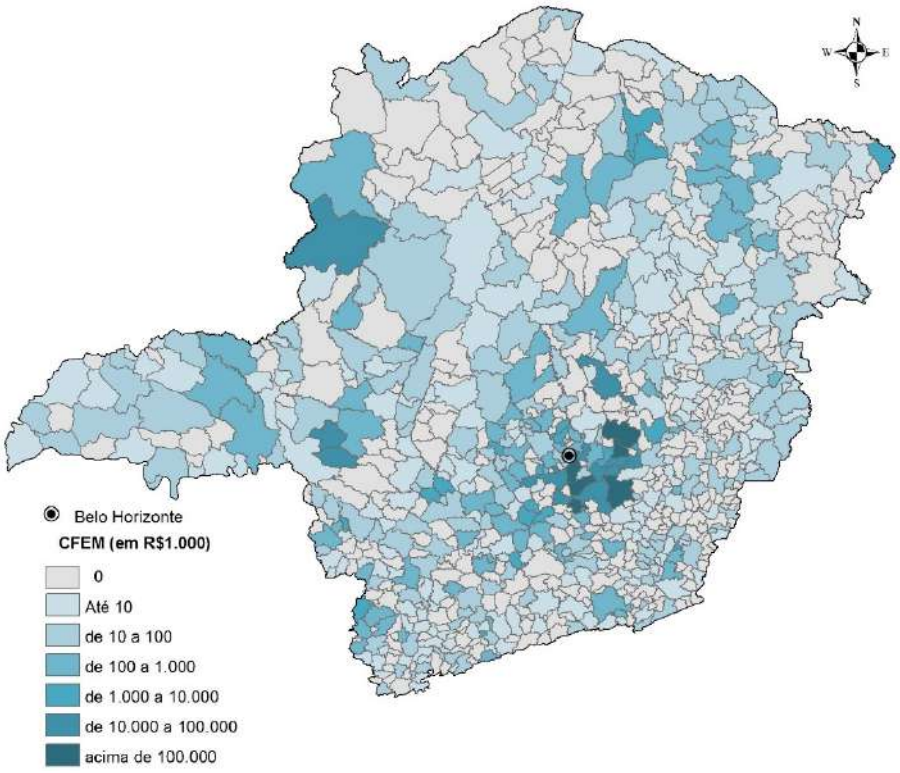
Fonte: ANM/2018/ Elaboração SEDE

***Tabela 17** - Arrecadação da CFEM das substâncias não metálicas por classe em 2018.*

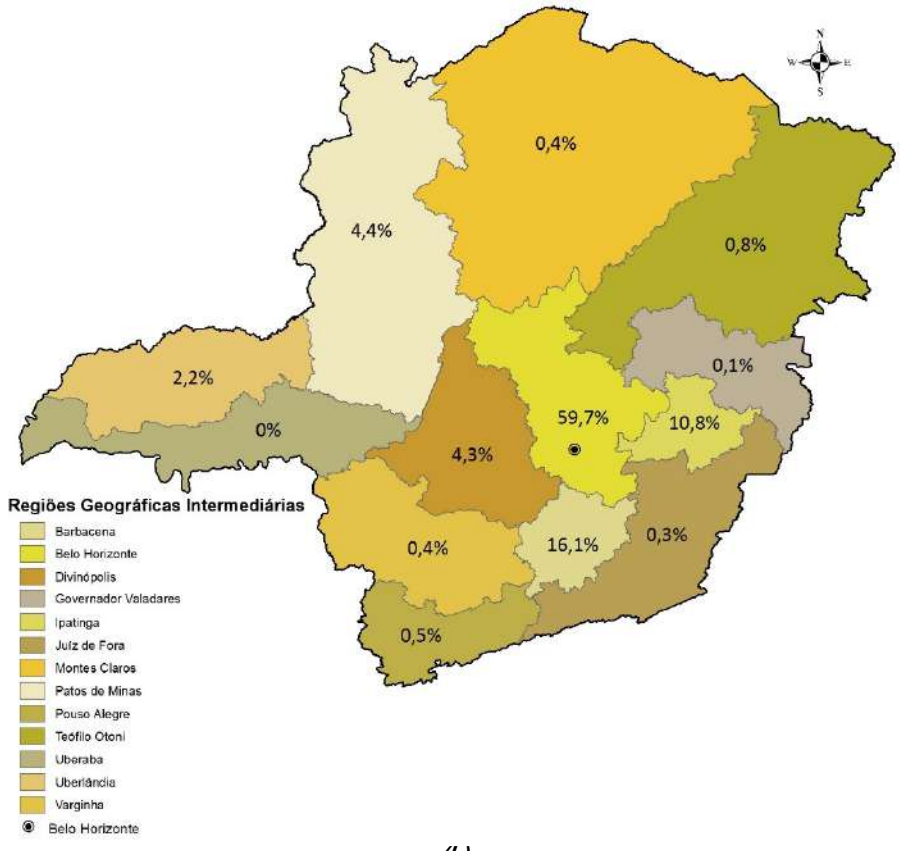
Não Metálicos	
Classes (substâncias)	**Valor arrecadado (R$)**
Agrominerais (apatita, calcário dolomítico, fosfato, rocha potássica)	28.977.637,77
Minerais Industriais (agalmatolito, areia industrial, argilas, argilito, barita, calcário, caulim, cianita, diamante industrial, feldspato, filito, grafita, leucita, mica, ocre, pegmatito, pirita, pirofilita, quartzo, saponito, talco)	25.932.266,90
Rochas Ornamentais e de Revestimento (ardósia, arenito, charnoquito, esteatito, gabro, gnaisse, granito, mármore, migmatito, quartzito, serpentinito, sienito, xisto)	10.252.438,13
Águas Minerais	4.731.780,01
Agregados para Construção Civil (areia, basalto, cascalho, diabásio, dolomito, fonólito, gnaisse, saibro, tinguaíto)	1.971.607,55
Gemas (diamante, esmeralda, kunzita, topázio imperial, turmalina e outras)	881.019,42
Total	**72.746.749,78**

Fonte: ANM/2018/ Elaboração SEDE

Dos 853 municípios de Minas Gerais, 480 arrecadam a CFEM por exercerem atividades de produção mineral. Dentre esses, os que mais recolhem estão, em sua maioria, no Quadrilátero Ferrífero, região de Belo Horizonte, seguida pelas regiões Barbacena e Ipatinga (**Figura 69**). Salienta-se que isso não está ligado somente à produção, uma vez que as alíquotas diferem entre as substâncias minerais exploradas.



(a)



(b)

Figura 69 *- Distribuição estadual da CFEM em 2018.* ***(a)*** *por municípios produtores;* ***(b)*** *por RGInts.*

Existem ainda os municípios que arrecadam CFEM por serem afetados pela mineração, cuja produção não ocorre em seu território, mas por serem cortados pelas infraestruturas utilizadas para o transporte ferroviário ou dutoviário de substâncias minerais, ou por se localizarem em seu território as pilhas de estéril, as barragens de rejeitos e as instalações de beneficiamento. No período de junho de 2018 a abril de 2019, a ANM registrou 158 municípios considerados afetados em Minas Gerais, o que correspondeu a 18,5% do total do Estado, com tendência de crescimento.

Dos 19 municípios que arrecadam mais de R$10 milhões em CFEM (**Gráfico 196**), evidenciam-se **Nova Lima**, **Congonhas** e **Itabira**, que totalizam 39% do valor total compensado para o Estado, principalmente com minério de ferro. Essa substância é a maior provedora da compensação nos municípios do Quadrilátero Ferrífero, diferente dos municípios de **Araxá** (região de Uberaba) e **Paracatu** (região Patos de Minas), que possuem grande arrecadação oriundas da exploração de pirocloro (nióbio) e ouro, respectivamente.

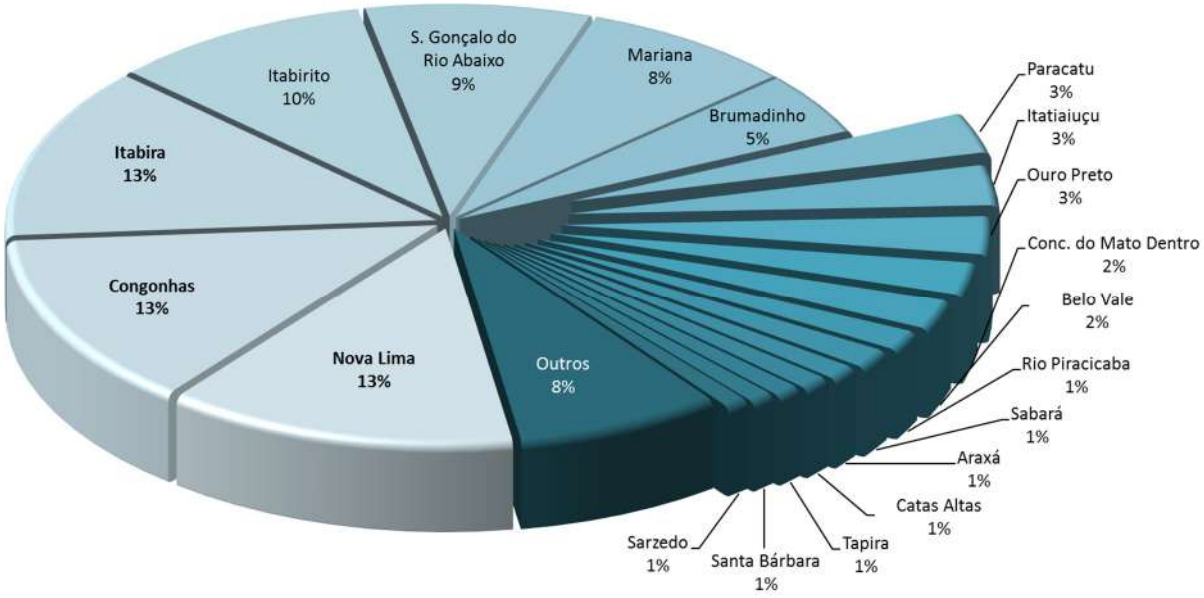
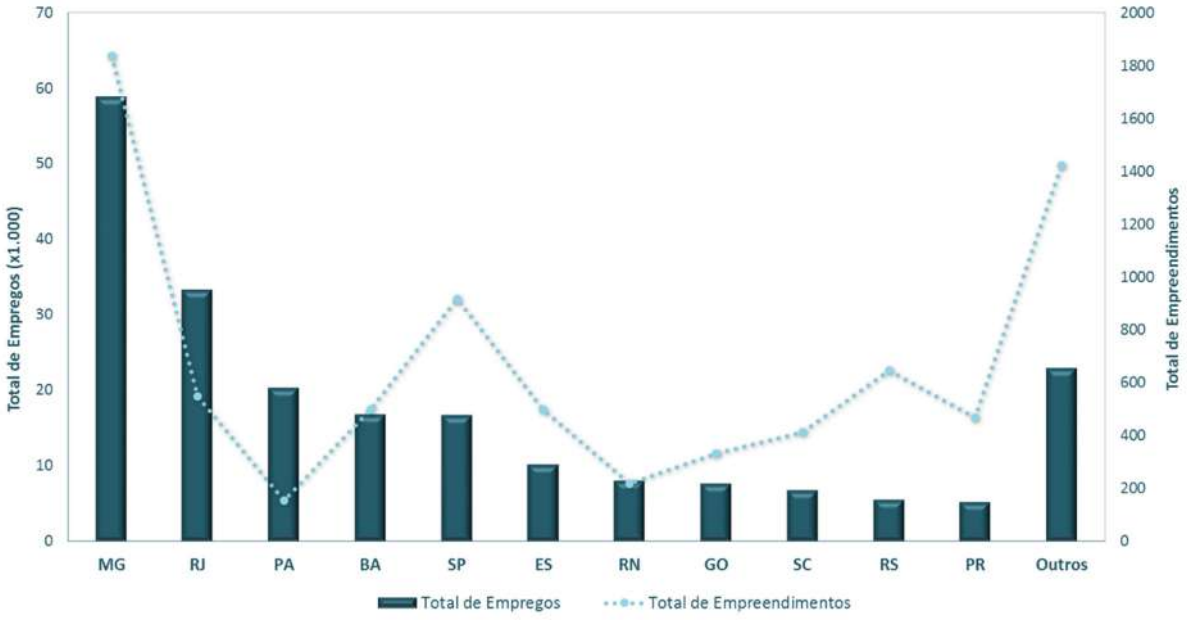


***Gráfico 196** – Municípios mineiros que arrecadaram mais de 10 milhões em CFEM em 2018.*

4.1.4. Empregos Gerados pela Indústria Extrativa Mineral

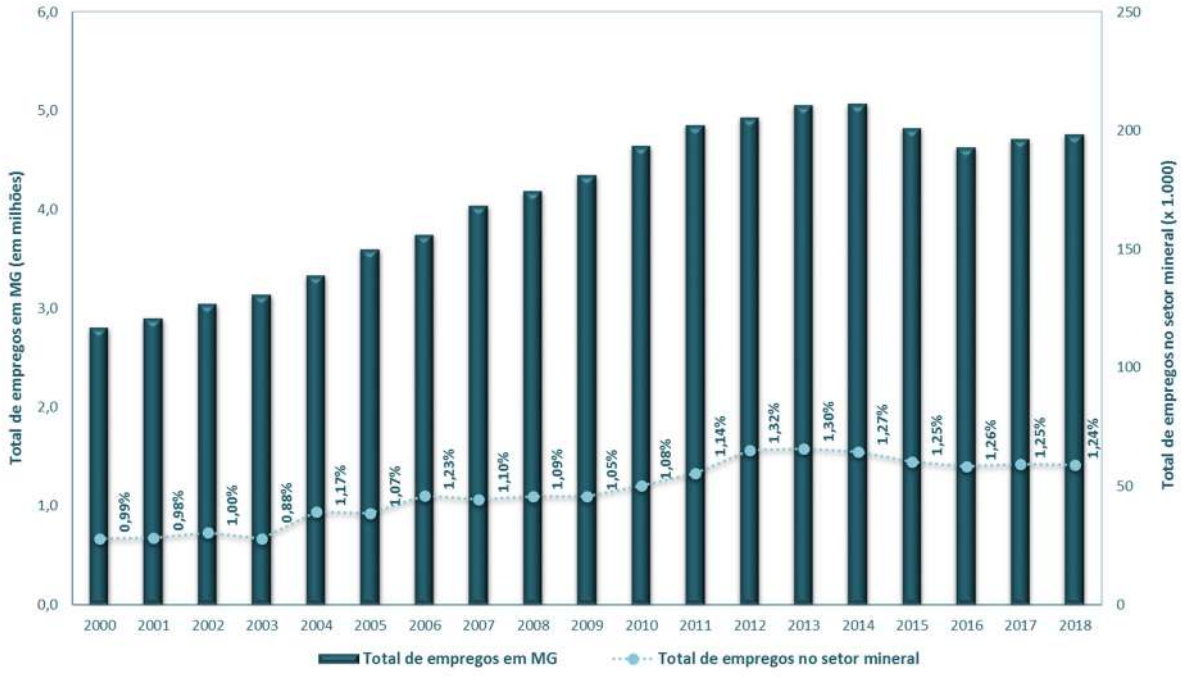
Minas Gerais, por ser o maior Estado minerador do país, possui o maior número de empreendimentos minerários, respondendo por 27,2% do total de empregos formais gerados diretamente pela atividade extrativa mineral (212 mil) no ano de 2018 (**Gráfico 197**).



Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho, 2018

***Gráfico 197** - Total de empregos no setor mineral em Minas Gerais e outros estados em função do número de empreendimentos minerários (considerando petróleo e gás)*

Em 2018, o setor extrativo mineral representou cerca de 1,24% do total dos 4,76 milhões de empregos existentes em Minas Gerais. Ao avaliar o histórico dessa relação (2000 a 2018), percebe-se que os empregos do setor extrativo mineral tiveram crescimento considerável, passando de aproximadamente 27,6 mil no início dos anos 2000 para 65,7 mil empregos em 2013, o valor máximo observado no período (**Gráfico 198**).

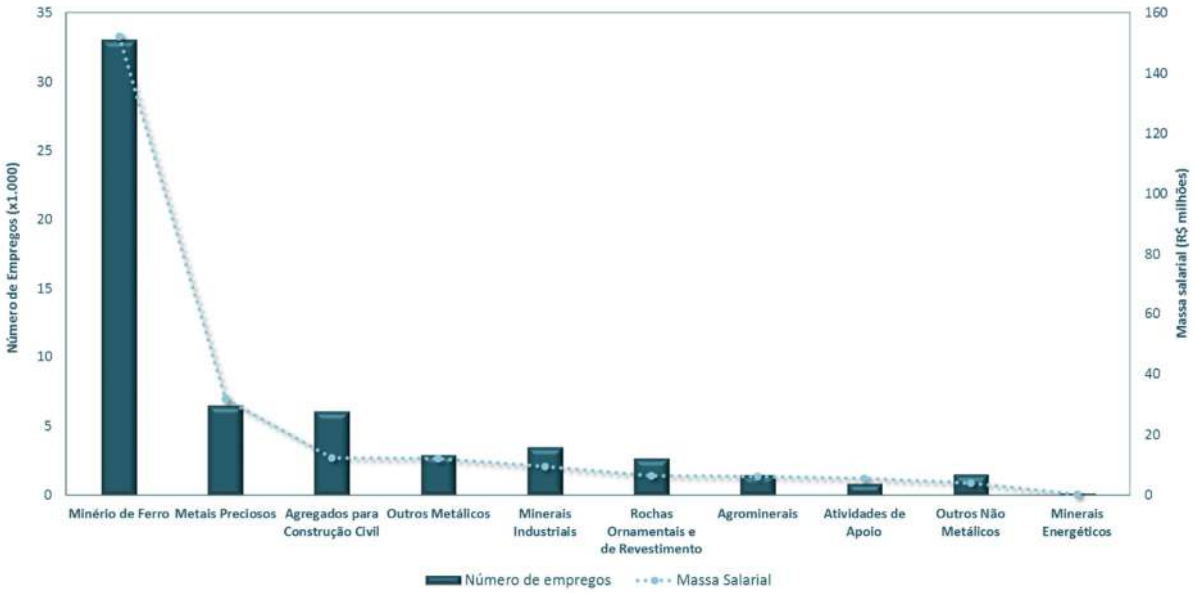


Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho.

***Gráfico 198** - Histórico dos empregos do setor extrativo mineral e do mercado de trabalho em Minas Gerais.*

O setor mineral sempre foi responsável por gerar uma quantidade considerável de empregos e massa salarial no Estado. Em 2018, por exemplo, havia cerca de 58,8 mil pessoas empregadas no setor e uma massa salarial

de RS$240 milhões. Esse valor é distribuído em profissionais empregados nos ramos de extração de minerais metálicos (81,6%); não metálicos (16,0%); atividades de apoio (2,3%) e uma tímida participação de minerais energéticos (**Gráfico 199**).



Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho, 2018/ Elaboração SEDE.

***Gráfico 199** - Empregos e massa salarial dos principais ramos da indústria extrativa mineral em Minas Gerais (ano base: 2018 com petróleo e gás).*

A extração do minério de ferro é a principal atividade da mineração em Minas Gerais, motivo pelo qual concentra o maior número de empregos (33,0 mil) e valores de massa salarial (R$152,1 milhões). Destacam-se também os empregos gerados pela extração de metais preciosos, alavancada principalmente pelo ouro, e a de agregados para construção civil. Enquanto as duas atividades geram quantidades similares de empregos, as massas salariais são distintas (R$31,7 e R$12,3 milhões, respectivamente).

Sob o ponto de vista regional, a distribuição dos empregos gerados pela indústria extrativa mineral, concentra-se, majoritariamente, na região de Belo Horizonte, onde se localizam as principais minas de minerais metálicos em atividade do Estado (**Figura 70**). A região de Patos de Minas também se destaca pela geração de empregos na extração de minerais metálicos. Por outro lado, nas outras regiões os empregos são provenientes, principalmente, da extração de minerais não metálicos.

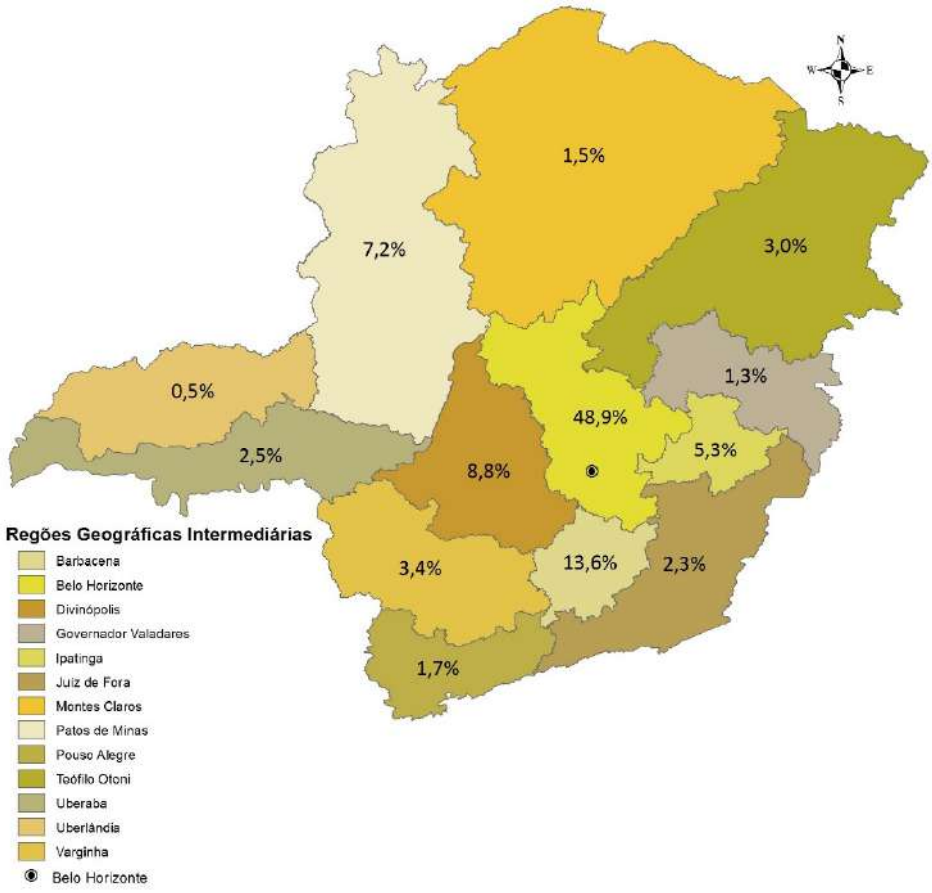


Figura 70 *– Distribuição percentual do volume de empregos gerados pela atividade extrativa mineral por RGInt em Minas Gerais (ano base 2018).*

Dos 20 municípios com maior número de empregos formais na atividade minerária em Minas Gerais, 14 estão nas regiões de Belo Horizonte e Barbacena, com destaque para Congonhas e Nova Lima que empregaram, em 2018, mais de 6.000 pessoas na mineração. Também se destacam os municípios de Paracatu e Vazante, na região de Patos de Minas, com mais de 2.300 e 1.000 empregos, respectivamente; o município de Arcos, no Oeste, com mais de 1.100 empregos; e o município de Tapira, na Região de Uberaba, com mais de 800 empregos.

Portanto, observa-se a contribuição do setor extrativo mineral para o Estado de Minas Gerais, tanto para o desenvolvimento econômico, geração de renda e empregos, quanto para o fortalecimento da economia e as demais atividades ligadas direta ou indiretamente às cadeias produtivas minerais do Estado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9935**: Agregados – terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ALECRIM, J.D. **Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: METAMIG, 308 p. 1982.

ALKMIM, F.F.; MARTINS-NETO M.A. 2001. A Bacia Intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e Cenários Evolutivos. In: Pinto, C.P. & Martins Neto, M.A. (eds.) **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**, SBG/Núcleo MG, p. 9-30.

ALKMIM, F.F. História Geológica de Minas Gerais. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7, n.4, p. 349-364. [s.m.]. 1977.

AMARAL, M. **Mercado de Areia na Região Metropolitana de Belo Horizonte.** ANEPAC, Revista Areia e Brita, 19(66): 20-28, 2016 *apud* VICTORIA, A. M. Recursos para Construção Civil. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

ANM. FERREIRA FILHO, O. B. (Coord.). **Anuário Mineral Brasileiro:** Principais Substâncias Metálicas: Ano Base: 2017. Brasília: Agência Nacional da Mineração (ANM), 2019.

ANM. 2018. *Sigmine - Sistema de Informações Geográficas da Mineração.* Agência Nacional da Mineração – ANM. Disponível em: http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine. Acesso em: 13 abr. 2018.

ANM. **Sumário Mineral Brasileiro.** Brasília, 2017. Disponível em: http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2017. Acesso em: 18 jul. 2018.

ANM. Resolução n° 3, de 30 de janeiro de 2019. Atualiza os valores dos Emolumentos, da Taxa Anual por Hectare (TAH), das Multas, das Vistorias e dos Demais serviços prestados pela Agência Nacional de Mineração. **Diário Oficial da União**. Brasília, ed. 22, seção 1, 31 jan. 2019.

ANM. Resolução n° 4, de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. **Diário Oficial da União**. Brasília, ed. 34, seção 1, 18 fev. 2019.

ANM. **Página institucional**. Disponível em: http://www.anm.gov.br/. Acesso em: 1 set. 2019.

AZEVEDO, U. R.; MACHADO, M. M. M.; CASTRO, P. T. A.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. C. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG)/ Proposta.** v.1, p.185-220. N.D.

BARBOSA, O. **Diamante no Brasil**: Histórico, Ocorrência, Prospecção e Lavra. Brasília: CPRM, 1991 *apud* CPRM. **Projeto Diamante Brasil:** Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

BRAGA, P. F.A.; SAMPAIO, J. A. Lítio. In: Luz, A. B. e Lins, F.A.F. **Rochas & Minerais Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap26 p.585-603.

BRASIL. Lei n° 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis n º 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). **Diário Oficial da União**. Brasília, p.2, 19 dez. 2017.

BRASIL MINERAL. As Maiores Empresas do Setor Mineral. **Revista Brasil Mineral,** São Paulo, ed. 353, jul. 2015.

CAMPELLO, M. S. Rochas Carbonáticas. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

CARNEIRO, T. Nióbio – desenvolvimento tecnológico e liderança. In: Melfi, A. J. *et al.* (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil**: problemas e desafios. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 60-67.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. Ferro. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

CBBR. **Guia CBRR Para Declaração de Resultados de Exploração, Recursos e Reservas Minerais**. Brasília: Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR), 2016. Disponível em: http://www.cbrr.org.br/docs/guia_declaracao.pdf. Acesso em: 11 set.2018.

CHAVES, M. L.; DIAS, C. H.; CARDOSO. D, K, R. Lítio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

CODEMIG. **Primeira planta piloto do Brasil para produção de grafeno a partir de grafita natural é uma iniciativa de Minas Gerais**. 2016. Disponível em: http://www.codemig.com.br/primeira-planta-piloto-do-brasil-para-producao-de-grafeno-a-partir-de-grafita-natural-e-uma-iniciativa-de-minas-gerais/. Acesso em: 12, dez. 2018.

CODEMIG. **Governo de Minas Gerais adquire participação na Companhia Brasileira de Lítio**. 2018. Disponível em: http://www.codemig.com.br/governo-de-minas-gerais-adquire-participacao-na-companhia-brasileira-de-litio-para-desenvolver-novos-negocios/. Acesso em: 16, dez. 2018.

CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO – MG. **Portal da Transparência**. Disponível em: http://www.transparencia.mg.gov.br/. Acesso em: 8 out. 2019.

COSTA, M. L. Alumínio e bauxita no Brasil. In: Melfi, A. J. *et al.* (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil**: problemas e desafios. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 166-173.

COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S.; PIMENTA, V. B. **Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais:** Principais Ocorrências, Caracterização e Aplicações na Indústria da Construção Civil. Geonomos, Belo Horizonte, v.7, n.1, p.9-13, jul./dez. 2001.

DARDENNE, M.A.; SCHOBBENHAUS, C. Depósitos Minerais no Tempo Geológico e Épocas Metalogenéticas. In: BIZZI, L.A.; SCHOBBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Orgs) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: texto, mapas & SIG – Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 365-448.

DIAS, P.H.A.; et al. **Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil**: distrito zincífero de vazante, MG. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, 2015. 59p. v.5. (Série Províncias Minerais do Brasil)

DIAS, P.H.A.; et al. **Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM**: Distrito Mineral de Paracatu-Unaí (Zn-PbCu), MG. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos – CPRM, 2018. 160p. v.14 (Série Províncias Minerais do Brasil)

DIAS, T. G; CAXITO, F. Manganês. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

DNPM. BARBOSA, V. L. A. (Coord.). **Anuário Mineral Brasileiro 2001.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2001.

DNPM. ARAÚJO, P. F. V. *et al.* (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2002.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2003.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2004.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2005.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2006.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2007.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2008.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2009.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2010.

DNPM. COSTA, M. M. D. *et al.* (Coord.) **Anuário Mineral Estadual – Minas Gerais:** Anos Base 2010 - 2014. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2017.

DNPM. PINHEIRO, W. F; FERREIRA FILHO, O. B; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Anuário Mineral Estadual:** Principais Substâncias Metálicas: Ano Base: 2015. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2016.

DNPM. PINHEIRO, W. F; FERREIRA FILHO, O. B; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Anuário Mineral Estadual:** Principais Substâncias Metálicas: Ano Base 2016. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2018.

DNPM. LIMA, T. M; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Sumário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2016.

ENDO I.; et al. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**, Escala 1:150.000. Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero, Departamento de Geologia, Escola da Minas - UFOP, Ouro Preto. 2019.

FERNANDES, M. M. **Viabilidade agronômica do uso do rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, MG**. 2008. 172 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FERRARI FILHO, F.; PAULA, L. F. **Desdobramentos da Crise Econômica Internacional**. *Brazilian Journal of Political Economy*, vol.31, nº2, São Paulo, Abril-Junho de 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572011000200009 . Acesso em: 22 set. 2019.

GROSSI, J.; VALENTE, J. **Guia Prático para Cálculo de Recursos e Reservas Minerais**. 2003. Disponível em: http:www.geologo.com.br/JORC.ASP. Acesso em: 11 jun. 2018.

HEIDER, M.; AMARANTE, J. L. **Evolução da Produção do Manganês no Brasil**. In The Mine, São Paulo: v. 72, p. 9-11, mar.- abr. 2018.

IBGE. PALIS, R.L.R. (Coord.). **Sistema de Contas Regionais**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?edicao=23025&t=downloads. Acesso em: 28 set. 2018.

IBGM. HENRIQUES, H. S.; SOARES, M. M. (coords.). **Políticas e Ações para a Cadeia Produtiva de Gemas e Jóias**. Brasília: Brisa, 116 p. 2005.

IBRAM. **Panorama da Mineração em Minas Gerais.** Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2016.

INDEXMUNDI. **Minério de Ferro Preço Mensal** – Dólares americanos por tonelada métrica seca. Disponível em: https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=min%c3%a9rio-de-ferro&meses=120 Acesso em 28 nov. 2019

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MONTE, M.B.M e NASCIMENTO, M. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais.** 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 1, p. 141-174.

LEÃO, L.P.; COSTA, R.V.F.; LEITE, M.G.P. e JÚNIOR, H.A.N. **Mapeamento Geoquímico do Manganês e Avaliação da Qualidade de Sedimentos Fluviais e Águas Superficiais do Quadrilátero Ferrífero, Brasil**. Anuário do Instituo de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Vol. 42-2, 2019. p.444-455.

LINS, F. A. F. Panorama das Rochas e Minerais Industriais no Brasil. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais.** 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 1, p. 3-23.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. Recursos Minerais no Cenário Geológico De Minas Gerais. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. Ouro. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

LOBATO, E. Relatório Técnico 41 - Perfil da Grafita. In: J.Mendo Consultoria. **A Mineração Brasileira.** 2009.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Areia Industrial. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais.** 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 5, p. 103-123.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Introdução ao Tratamento de Minérios. In: Luz, A. B; Sampaio, J. A.; França, S. C. A. (Eds.). **Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. cap. 1, p. 3-20.

MINAS GERAIS. Decreto n° 45.936, de 23 de março de 2013. Estabelece o Regulamento da Taxa de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM - e dispõe sobre o Cadastro Estadual de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - CERM. 2013.

MINÉRIOS & MINERALES. **Fábrica da Votorantim Cimentos em Itaú de Minas completa 80 anos**. 2017. Disponível em: https://revistaminerios.com.br/fabrica-da-votorantim-cimentos/. Acesso em: 14, set. 2018.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **COMEX STAT**. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em: 20 set. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **RAIS-CAGED**. Disponível em: http://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php. Acesso: 25 set. 2019.

MORAES, L. C.; SEER, H. J. Terras Raras. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

NETO, I.C.; NANNINI, F.; SILVEIRA, F.V.; CUNHA, L.M. **Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais**. Projeto Diamante Brasil. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

NETTO, C.; ARAÚJO, M.C.; PINTO, C.P.; DRUMOND, J.B. Projeto Leste: Cadastramento de Recursos Minerais - Pegmatitos. Belo Horizonte: SEME / COMIG / MME / CPRM, 1998, v. 1, 210 p. *apud* PAES, V.J.C; SANTOS, L.D.; TEDESSCHI, M.F.; BETIOLLO, L.M. **Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil**: Área Do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2016.

NICOLAU, M. T. **A Água Subterrânea na Gestão Ambiental: Aspectos Quantitativos e Qualitativos** – Monografia (Programa de Pós-Graduação Lato Sensu, curso de especialização em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, Belo Horizonte, 2004.

PAES, V.J.C; SANTOS, L.D.; TEDESSCHI, M.F.; BETIOLLO, L.M. **Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil**: Área Do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2016.

PEDROSA-SOARES, A. C.; PINTO, C. P.; NETTO, C.; ARAÚJO, M. C.; CASTAÑEDA, C.; ACHTSCHIN, A. B.; BASÍLIO, M. S. A Província Gemológica Oriental do Brasil. In: CASTAÑEDA, C.; ADDAD, J. E.; LICCARDO, A. (org.). **Gemas de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Soc. Bras. Geologia-MG, 288 p. 2001.

PINTO, C. P.; PEDROSA-SOARES, A. C. **Brazilian Gem Provinces**. The Australian Gemologist, 21 (1): 12-16. 2001.

PINTO C.P.; SILVA M.A. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**, Escala 1:1.000.000. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM. 2014.

QUEIROZ, E. T. **Águas Minerais do Brasil: Distribuição, Classificação e Importância Econômica** – Programa Nacional de Distritos Mineiros. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 135p., 2004.

QUEIROZ, C. A. P. **Estudos sobre as possibilidades de cooperação entre os atores nas micro e pequenas empresas do arranjo produtivo local de gemas e joias de Teófilo Otoni – MG.** 2016. 183 p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2016.

RIANI, F; ALBUQUERQUE, C.M.P. Lei Kandir e a Perda de Receita do Estado de Minas Gerais. In: CRUZ, L.S.S.; JÚNIOR, O.A.B. (Org.) **Desonerações de ICMS, Lei Kandir e o Pacto Federativo**. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. 409p.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. **O Quadrilátero Ferrífero – MG, Brasil**: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. Geonomos, Belo Horizonte, v. 18, p.34-37, 2010.

ROLIM, V.K. Mineralizações de Ti e P no Grupo Mata da Corda. In: 2º Seminário das Províncias Metalogenéticas Brasileiras. Paracatu. CPRM. Apresentações. 2014 *apud* MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

ROSA, A. F. Estudo de Amostras da Região de Presidente Olegário Visando Identificar Minerais Portadores de Urânio. Trabalho de Conclusão de Curso, CEFET-MG/Unidade Araxá, Araxá, 124 p. 2015 *apud* MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

ROSIÈRE, C. A.; ROLIM, V.K. Formação ferríferas e minério de alto teor associado. In: MELFI, A. J. *et al.* (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil**: problemas e desafios. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 32-45.

SAMARCO. **Página institucional**. Disponível em: http://www.samarco.com Acesso em: 13 dez. 2018.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: Luz, A. B.; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. cap. 13, p. 311-338.

SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA. **Página institucional**. Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/. Acesso em: 1 out. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA. **Taxa Estadual de Recursos Minerais**. Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/taxas/taxa_minerio/. Acesso em: 25 set. 2019.

SEIXAS, L.A.R. **Geologia e Metalotectos de Ouro de uma Fração do Lineamento Congonhas, MG**. Instituto de Geociências, Universidade Nacional de Brasília. Dissertação de Mestrado, 1988. 116 p.

SIQUEIRA, J. S. **Recuperação de Sulfetos em Minério de Zinco Predominantemente Silicatado**. 98 p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SNIRH. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Águas - ANA. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/. Acesso em: 20 ago. 2018.

THEODORO, S. H. **Cartilha da Rochagem**. Brasília: Gráfica e Editora Ideal, 32 p. 2011.

USGS. ***Mineral Commodity Summaries 2016***. Disponível em: https://pubs.er.usgs.gov/publication/70170140. Acesso em: 30, ago. 2018.

SILVA, O. P. **Mineração em Minas Gerais:** passado, presente e futuro**.** Revista Geonomos, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.77-86, 1995.

SVISERO, D. P. ***Distribution and origin of diamonds in Brazil****: an overview. Journal of Geodynamics*, 20(4): 493-514, 1995 *apud* NETO, I.C.; *et al.* **Projeto Diamante Brasil:** Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

VALE. **Página institucional**. Disponível em: http://www.vale.com/brasil. Acesso em: 13 dez. 2018.

VICTORIA, A. M. Recursos para Construção Civil. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line:*** síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018.

VILLELA, M. **Nióbio, o metal que só o Brasil fornece ao mundo está no Amazonas**. Mining.com. 2015.

DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

MINAS GERAIS

GOVERNO DIFERENTE. ESTADO EFICIENTE.