ZINCO E CHUMBO

Claudio de Morisson Valeriano
TEKTOS-Grupo de Pesquisas em Geotectônica - UERJ
Professor Titular da Faculdade de Geologia
valeriano.claudio@gmail.com

Paulo Henrique Amorim Dias
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Geólogo - Supervisor Gerência de Geologia e Recursos Minerais –
Superintendência Regional de Belo Horizonte
paulo.dias@cprm.gov.br

Manuela de Oliveira Carvalho
Programa de Pós-Graduação em Análises de Bacias e Faixas Móveis, FGel, UERJ
manuela.carvalho.1989@outlook.com

Monica Heilbron
TEKTOS-Grupo de Pesquisas em Geotectônica - UERJ
Professor Titular da Faculdade de Geologia
monica.heilbron@gmail.com

SUMÁRIO

1. O ZINCO, SEUS MINERAIS E UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL 1
1.1. MINERAIS DE ZINCO 1
1.2. UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DO ZINCO 1
2. O CHUMBO, SEUS MINERAIS E UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL 3
2.1. MINERAIS DE CHUMBO 3
2.2. APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DO CHUMBO 3
3. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE ZINCO E CHUMBO EM MINAS GERAIS 4
3.1. O GRUPO VAZANTE NA ZONA EXTERNA NO ORÓGENO BRASÍLIA 6
3.2. O GRUPO VAZANTE E SEUS DEPÓSITOS DE ZINCO E CHUMBO 8
4. PRODUÇÃO NACIONAL E MUNDIAL DE ZINCO E CHUMBO 13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15

1. O ZINCO, SEUS MINERAIS E UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL

O zinco e o chumbo são considerados metais base, ou seja, metais de grande e necessária utilização pela humanidade, porém menos valiosos que os metais nobres, por exemplo, como o ouro e a platina, que nunca se oxidam. Os metais base caracteristicamente formam compostos oxidados, produtos da sua combinação com o oxigênio, o elemento mais abundante da crosta terrestre (47%).

O Zinco (Zn) é o elemento químico de número atômico 30, um metal de transição do grupo 12 da Tabela Periódica. Em sua forma metálica, o zinco apresenta um brilho cinza prateado e é especialmente apreciado por sua alta resistência à corrosão (ICZ 2018a).

1.1. Minerais de zinco

Embora o zinco seja um elemento químico relativamente abundante na crosta terrestre, o 24º em abundância, ele não ocorre naturalmente em sua forma metálica, como acontece com elementos como o ouro e o cobre, dentre outros metais. O zinco ocorre sempre combinado a outros elementos, na forma de compostos sulfetados, principalmente, mas também silicatados.

O mineral mais comum de zinco é o sulfeto de zinco esfalerita (ZnS), também chamado de blenda (Figura 1). Outros minerais comuns de zinco são a willemita (Zn_2SiO_4), o silicato mais comum, e óxidos como a zincita (ZnO) e a franklinita ($ZnFe_2O_4$). Minérios de zinco secundários, desenvolvidos em condições superficiais, são denominados de calamina, constituídos de agregados microcristalinos ricos em minerais hidratados, como a hemimorfita ($Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2H_2O$).

Figura 1. Cristal do sulfeto de zinco esfalerita, da Mina de Morro Agudo, MG (foto: Paulo Henrique Amorim Dias).

1.2. Utilização industrial do zinco

O zinco metálico vem sendo produzido e utilizado pela humanidade há pelo menos 5 mil anos, com difusão inicial a partir do Oriente Médio e o Cáucaso. O zinco é utilizado

principalmente na forma metálica, embora compostos de zinco também sejam consumidos em larga escala.

O zinco metálico é empregado no revestimento eletrostático (galvanização) de chapas e peças de ferro como proteção contra a corrosão. O metal é também amplamente utilizado em baterias elétricas e em ligas metálicas, com destaque para o latão, de coloração dourada característica, onde o zinco é combinado ao cobre em proporções diversas.

Uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos de zinco é utilizada na indústria química, como na produção de suplementos alimentares (carbonatos e gluconatos), de desodorantes (cloretos), e de tintas luminescentes (sulfetos).

A utilização do zinco depende de processos metalúrgicos de recuperação do metal a partir de minérios, que são rochas especialmente ricas em minerais de zinco. Os processos de beneficiamento do minério envolvem britagem, moagem e concentração mineral por separação magnética e eletrostática. A produção do metal envolve processos de lixiviação química e eletrólise e fusão para produção de lingotes.

2. O CHUMBO, SEUS MINERAIS E UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL

O chumbo (Pb) é o elemento químico de número atômico 82, o mais alto entre todos os elementos estáveis da Tabela Periódica. Em sua forma metálica, o chumbo é denso, maleável e de baixo ponto de fusão (327,5 °C). Superfícies recém expostas de chumbo metálico são brilhantes, de cor branco azulado, mas logo oxidam, adquirindo um aspecto cinza fosco (ICZ 2018b).

2.1. Minerais de chumbo

O principal mineral de chumbo é a galena, um sulfeto (PbS) do sistema cúbico, denso, que apresenta brilho metálico (Figura 2). Minérios de chumbo são geralmente ricos em galena, e frequentemente apresentam teores subordinados de prata e antimônio. Minerais secundários de alteração superficial são comuns, formando agregados microcristalinos terrosos onde costuma predominar o clorofosfato piromorfita ($Pb_5(PO_4)3Cl$), o sulfato anglesita ($PbSO_4$), e o carbonato cerussita ($PbCO_3$) junto com uma miríade de outros minerais de chumbo.

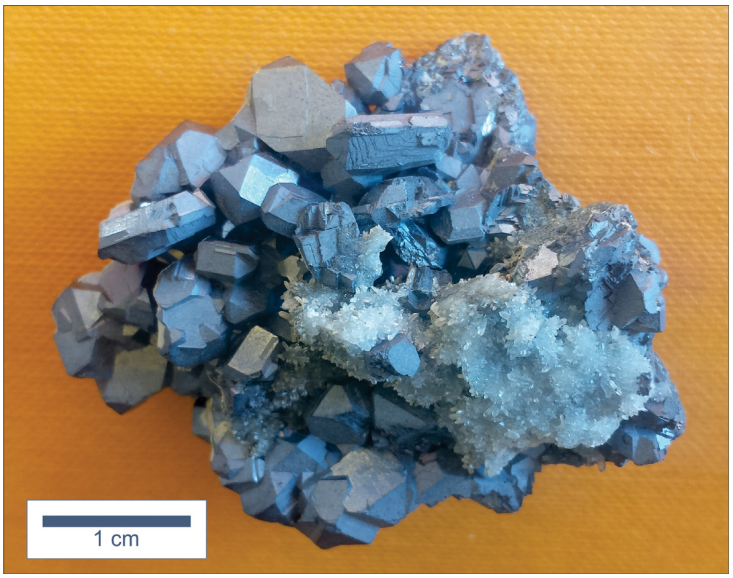

Figura 2. Cristais de galena do Distrito de Plodiv, Bulgária (Foto: Claudio Valeriano).

O chumbo é minerado e purificado há pelo menos 5 mil anos, tendo a tecnologia metalúrgica sido desenvolvida e difundida a partir da Ásia Menor (atualmente Turquia). Os minérios de chumbo, que normalmente tem teores entre 3 e 8%, passam por etapas de beneficiamento que incluem geralmente moagem, concentração gravimétrica, flotação e extração do metal em alto forno.

2.2. Aplicações industriais do chumbo

Embora as aplicações industriais do chumbo sejam das mais diversificadas, cerca de 80% do chumbo metálico no mundo é utilizado em baterias de automóveis. O metal tem também a mais ampla aplicabilidade, como por exemplo em toda a indústria automobilística, naval, bélica e médica.

3. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE ZINCO E CHUMBO EM MINAS GERAIS

As minas, os depósitos e as principais ocorrências de minerais de zinco em Minas Gerais ocorrem em sua quase totalidade em rochas dolomíticas e subordinadamente metapelíticas do Grupo Vazante, na Faixa Brasília meridional (Figura 3). Esta unidade ocorre em uma área de ocorrência relativamente restrita no noroeste mineiro, consistindo em uma faixa de até 30 km de largura e comprimento de aproximadamente 300 km, que se estende desde Coromandel ao sul, passando por Vazante, Paracatu, acunhando a oeste de Unaí, ao norte. Nesta faixa metassedimentar não somente ocorrem depósitos de zinco e chumbo (Figura 4, Tabela 1), mas também encerram depósitos de fosfato, como nas localidades de Rocinha e Lagamar.

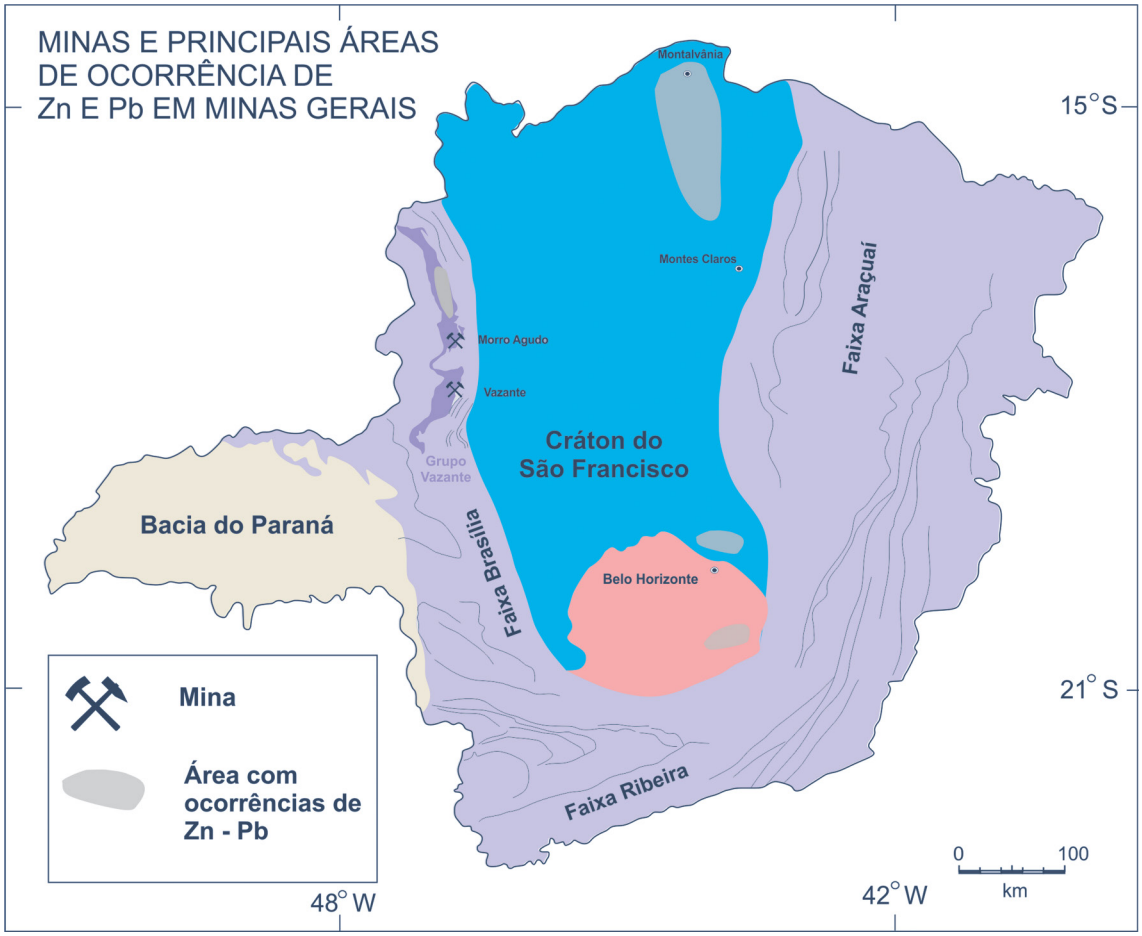

Figura 3. Distribuição de ocorrências de zinco e chumbo no estado de Minas Gerais. Além da faixa das rochas do Grupo Vazante, que contém os depósitos e minas de zinco e chumbo, ocorrências menos expressivas se localizam na região Montalvânia, no norte do estado, e na região metropolitana de Belo Horizonte, ambos em rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (adaptado de Valeriano 2017).

Ocorrências e indícios de zinco e chumbo, de menor expressão, ocorrem em rochas carbonáticas dos estratos inferiores do Grupo Bambuí (Formação Sete Lagoas) e do Quadrilátero Ferrífero, ambos dentro ou próximos da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

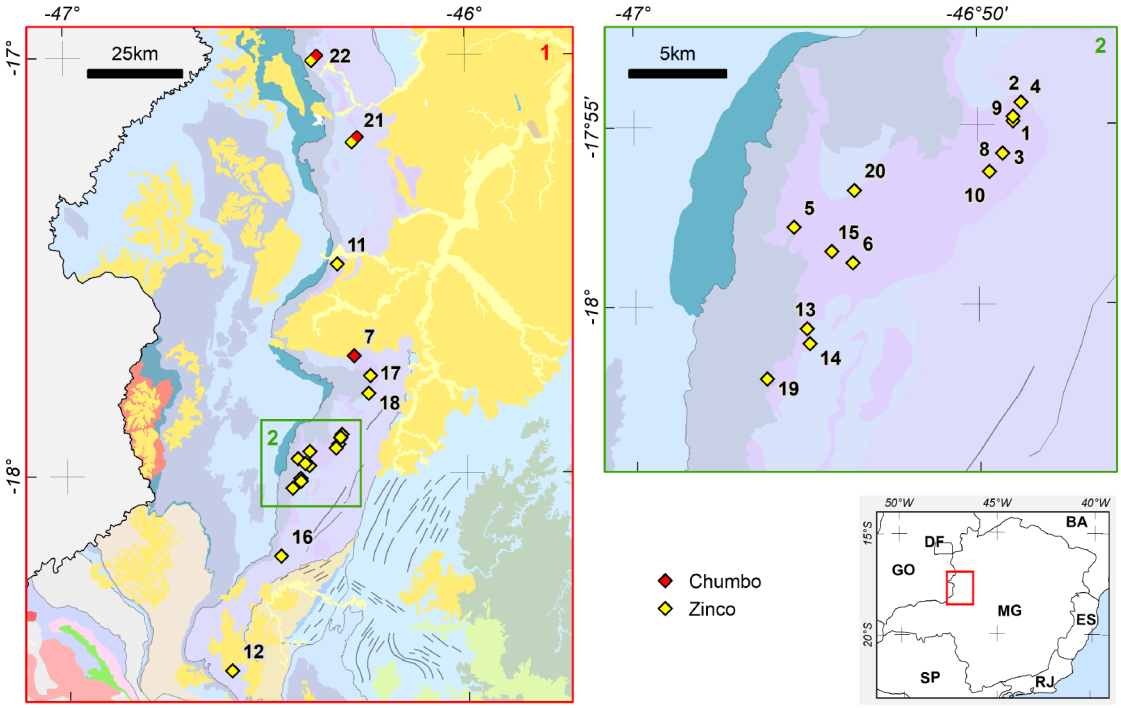

Figura 4. Principais ocorrências de chumbo e zinco no estado de Minas Gerais. A numeração se refere aos itens da Tabela 1. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

Tabela 1 Principais ocorrências de chumbo e zinco no estado de Minas Gerais

	SUBSTÂNCIA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	Latitude	Longitude
1	Zinco	Mina de Vazante	Vazante	-17,915234	-46,815945
2	Zinco	Mina Extremo Norte	Vazante	-17,906487	-46,812072
3	Zinco	Masa Sul	Vazante	-17,930096	-46,821155
4	Zinco	Masa Norte	Vazante	-17,906487	-46,812072
5	Zinco	Mina do Cercado	Vazante	-17,963528	-46,922721
6	Zinco	Lapa Nova	Vazante	-17,980347	-46,894301
7	Chumbo	veio da Cabeluda	Vazante	-17,719111	-46,77978
8	Zinco	Cava 3A, dolomito róseo, estratificação dm de dolomito rosa e filito verde-roxo.	Vazante	-17,930096	-46,821155
9	Zinco	1020_cava 5A	Vazante	-17,913069	-46,815907
10	Zinco	Gossan	Vazante	-17,938599	-46,827669
11	Zinco	Mina Morro Agudo	Paracatu	-17,498682	-46,820035
12	Zinco	Falha do zinco	Coromandel	-18,468936	-47,092647
13	Zinco	Brecha mineralizada	Vazante	-18,010733	-46,916794
14	Zinco	Brecha mineralizada	Vazante	-18,0177	-46,91564
15	Zinco	Vazante Norte	Vazante	-17,974954	-46,904516
16	Zinco	Engenho Velho	Vazante	-18,196131	-46,966684
17	Zinco	Biboca	Vazante	-17,766316	-46,740214
18	Zinco	Fazanda Mansur	Vazante	-17,808825	-46,74471
19	Zinco	Mata II	Vazante	-18,033819	-46,936541
20	Zinco	Olho D´Água	Vazante	-17,946711	-46,893323
21	Chumbo, Zinco	Serra do Ambr¾sio	Paracatu	-17,202124	-46,776773
22	Chumbo, Zinco	Fagundes Oeste	Paracatu	-17,00629	-46,875662

3.1. O Grupo Vazante na zona externa no orógeno Brasília

As minas de Vazante e Morro Agudo, bem como demais depósitos menores e ocorrências (Fagundes e Ambrósia), encontram-se distribuídas numa faixa de rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico, agrupadas sob a denominação litoestratigráfica de Grupo Vazante (Dardenne 2000). As rochas do Grupo Vazante formam uma faixa de direção N-S na zona externa da Faixa Brasília meridional (Figura 5). Este orógeno neoproterozoico desenvolveu-se em processos colisionais ocorridos aproximadamente entre 640 e 600 Ma (Dardenne 2000, Valeriano *et al.* 2004, 2008, Valeriano 2017). Sua estruturação tectônica é caracterizada por um amplo sistema de dobras e cavalgamentos transportados tectonicamente para leste, em direção ao antepaís, representado pelo Cráton do São Francisco. Este bloco continental antigo consiste de um embasamento Arqueano-Paleoproterozoico compreendendo variadas associações granito-greenstone e faixas granulíticas arqueanas, sequências metavulcanossedimentares de *rift* continental e intracratônicas, e complexos acrescionários e arcos magmáticos paleoproterozoicos.

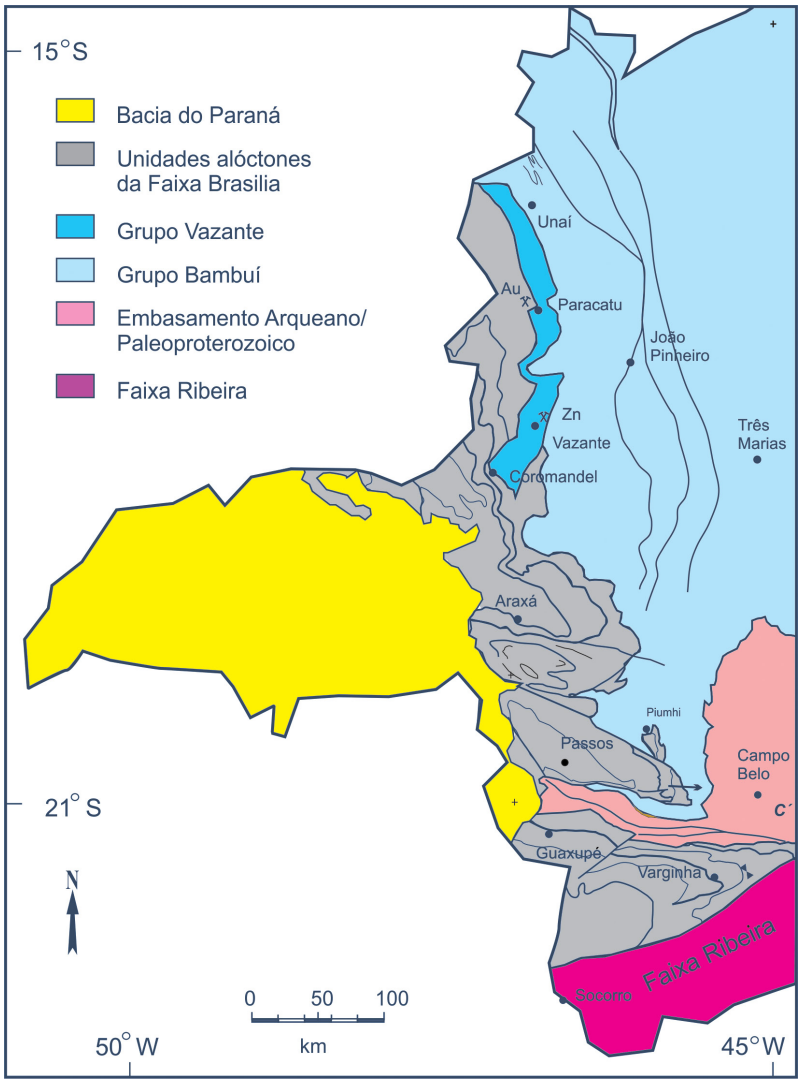

Figura 5. Os sistemas de cavalgamento tectônico da Faixa Brasília meridional, no Estado de Minas Gerais. As rochas do Grupo Vazante distribuem-se em uma faixa entre Coromandel, Vazante, Paracatu e Unaí, tectonicamente empurradas sobre as rochas Grupo Bambuí (adaptado de Valeriano 2017).

O embasamento arqueano a paleoproterozoico do Cráton do São Francisco é quase totalmente recoberto pelos estratos sedimentares de grau metamórfico incipiente, pelítico-carbonáticos, do Grupo Bambuí (Alkmim & Martins-Neto 2012). Devido à intensa imbricação tectônica (Carvalho *et al.* 2016)., que resultou em uma pilha de escamas de empurrão, as rochas do Grupo Vazante encontram-se cavalgadas pelos filitos e quartzitos do Grupo Canastra e cavalgam as do Grupo Bambuí a leste (Figura 6).

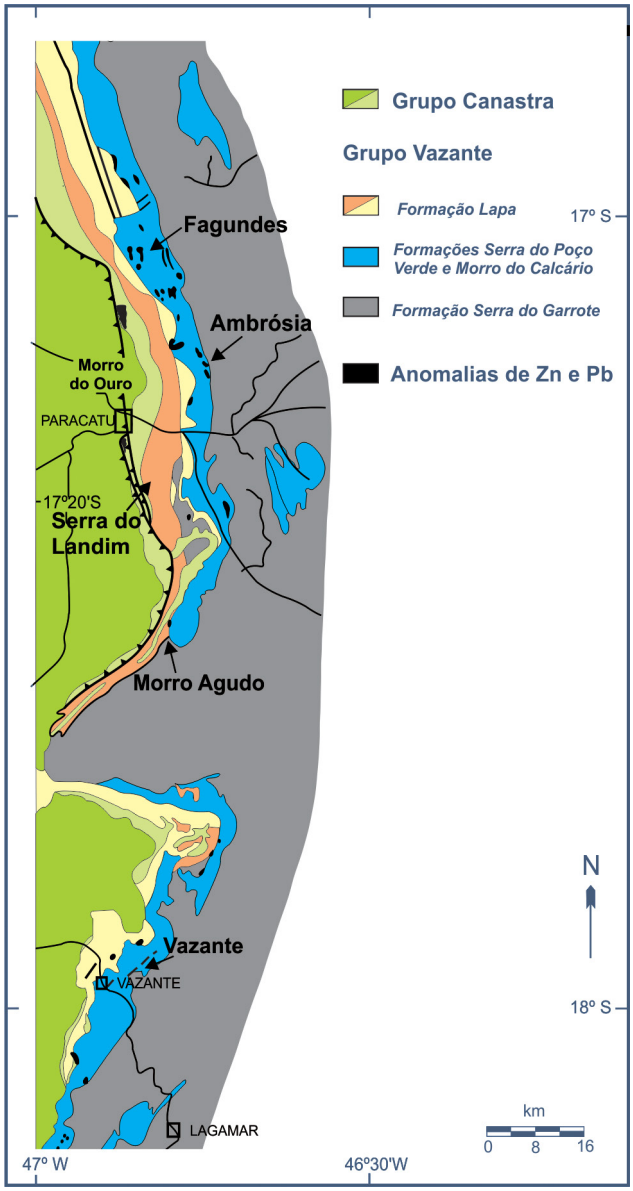

Figura 6. Distribuição das rochas do Grupo Vazante e localização das principais áreas de mineralizações de zinco e chumbo (adaptado de Monteiro *et al.* 2006).

A subdivisão litoestratigráfica do Grupo Vazante evoluiu ao longo dos vários trabalhos do eminente geólogo Marcel Dardenne, e seus colaboradores, ao longo de décadas. O ordenamento atualmente utilizado (Dardenne 2000, Rodrigues *et al.* 2012) encerra sete formações, algumas com discriminação de membros (Figura 7). As formações inferiores do Grupo Vazante, Rocinha e Santo Antônio do Bonito, são de constituição clástica, com ocorrência de conglomerados e diamictitos, e encerram os depósitos de fosforita de Coromandel, Lagamar e Rocinha. As formações superiores (Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário e Serra da Lapa) constituem uma alternância de rochas

clásticas finas (ardósias, metapelitos carbonosos) e de rochas carbonáticas, incluindo calcários, margas e dolomitos, localmente estromatolíticos (Dardenne 2005, Dardenne *et al.* 2005). Os dolomitos das formações Serra do Poço Verde e Morro do Calcário encerram os depósitos de (chumbo) zinco de Vazante e de Morro Agudo, respectivamente.

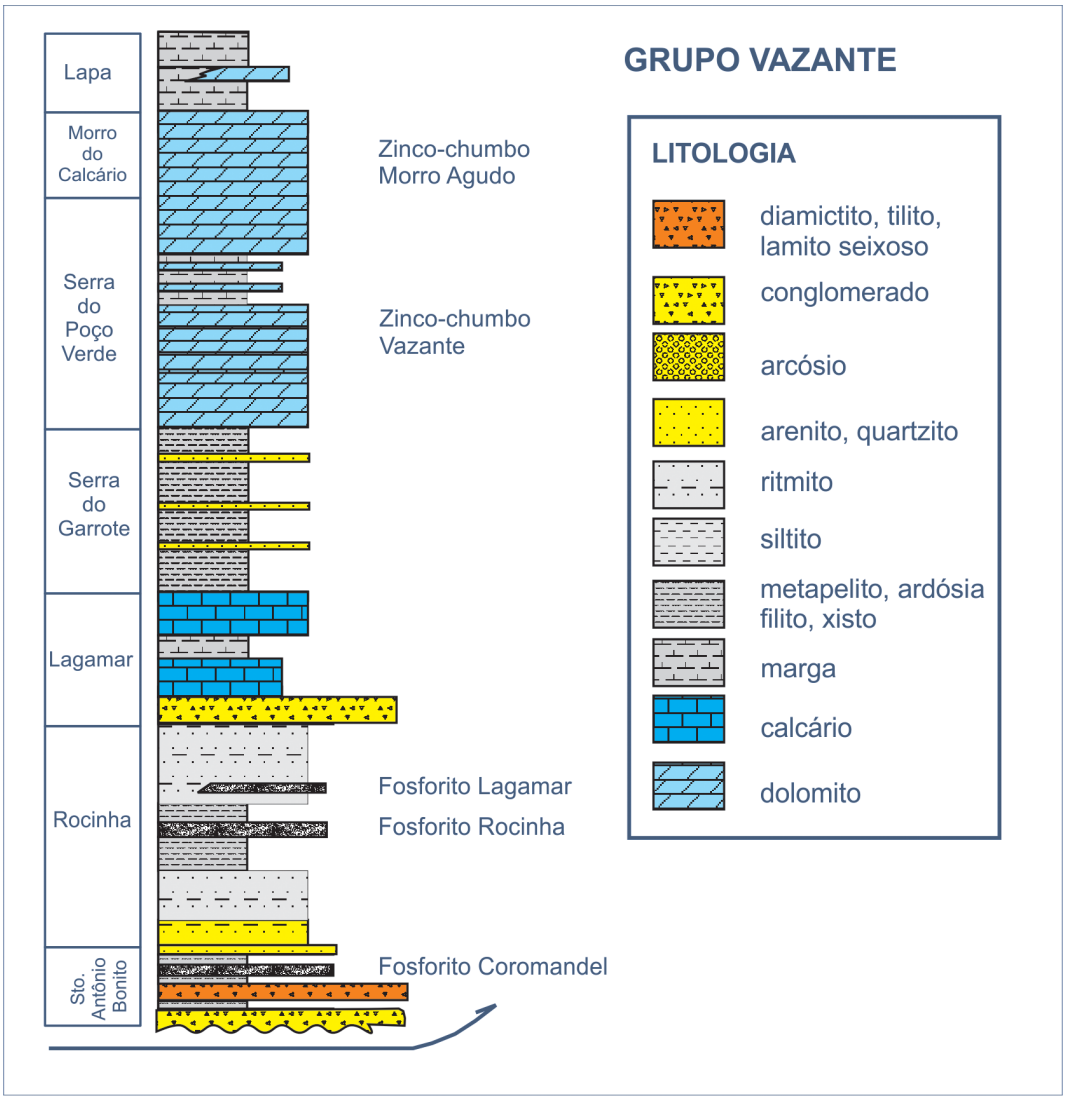

Figura 7. Coluna litoestratigráfica simplificada do Grupo Vazante (Dardenne 2000).

3.2. O Grupo Vazante e seus depósitos de zinco e chumbo

Os depósitos de zinco do Brasil são todos encaixados em rochas do Grupo Vazante, com ocorrência restrita ao Estado de Minas Gerais (Dardenne & Schobbenhaus 2000, Dardenne & Botelho 2014). Estes depósitos e ocorrências menores formam uma província metalogenética que responde por mais de 85% da produção nacional. E essa província é formada por dois distritos minerais: o Distrito Zincífero de Vazante e o Distrito Plumbo-Zincífero de Paracatu. No Distrito Zincífero de Vazante - DZV, o minério é o silicatado, representado pelo mineral-minério primário denominado de willemita e seus produtos secundários de alteração supérgena (calamina), com teores de zinco variando entre 16 e 39%. O complexo de minas desse distrito é operado pela empresa Votorantim Metais, recentemente integrada à Nexa Resources, com destaque para a mina subterrânea de

Vazante e seus vários acessos, e um conjunto de cavas atualmente inativas, com destaque para as frentes de lavra denominadas MASA Norte e Sul, Cercado e Lapa Nova.

Esses depósitos ocorrem ao longo de zonas de falha (Falha de Vazante) com pervasiva brechação de rochas, via de regra dolomíticas, geralmente apresentando enriquecimento em hematita e willemita (Figuras 8 e 9).

As zonas de brechação, mineralizadas em zinco (Figuras 8 e 9), ocorrem acompanhando falhas normais discordantes ao empilhamento tectono-estratigráfico (Figura 10), como no caso da Falha de Vazante (Pinho 1990, Lemos 2011, Slezak *et al.* 2014). Zonas brechadas mineralizadas também podem se desenvolver ao longo de falhas de cavalgamento de baixo ângulo, como em vários depósitos subordinados que ocorrem no contato tectônico das rochas da Formação Serra da Lapa sobre as da Formação Serra do Poço Verde (Baia 2013, Dias *et al.* 2015). As zonas mineralizadas têm geometria filoniana, na forma de lentes descontínuas.

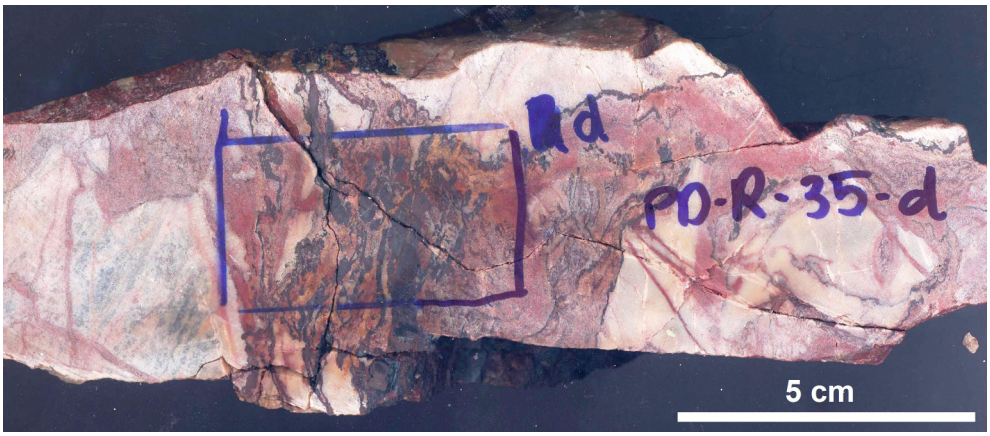

Figura 8. Foto de brecha hidrotermal com enriquecimento de hematita com willemita no dolomito, Mina de Vazante (Dias *et al.* 2015).

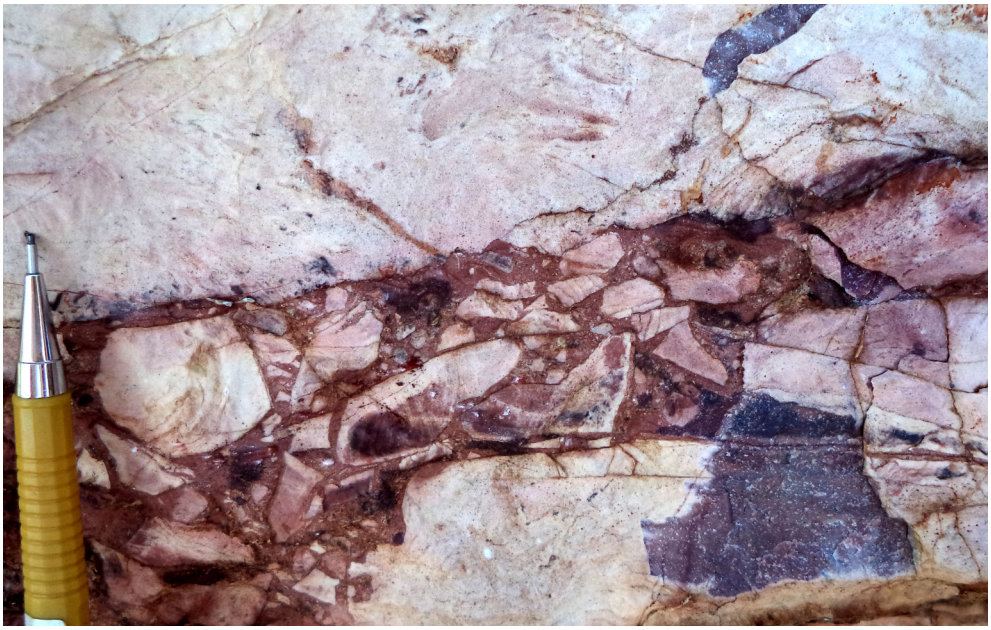

Figura 9. Foto da zona de brecha hidrotermal com enriquecimento de hematita com willemita no dolomito, ocorrência nos arredores da cidade de Vazante (Dias *et al.* 2015).

A associação mineral primária do minério da Mina de Vazante é composta por willemita (50 a 70%) e ganga de dolomita, siderita, quartzo, hematita, clorita, barita, franklinita e zincita. Esfalerita e galena podem estar presentes subordinadamente (Monteiro *et al.* 2006).

Estudos metalogenéticos na região de Vazante, envolvendo a composição química e isotópica das inclusões fluidas nos minérios e das rochas encaixantes (Monteiro *et al.* 2006, 2007, Baia 2013, Oliveira 2013, Dias *et al.* 2015), apontam para uma gênese dos corpos de minério a partir da interação de fluidos meteóricos (superficiais, oriundos da chuva), pobres em metais, com fluidos hidrotermais (quentes, de origem profunda) carreadores de metais, como ilustrado na Figura 10.

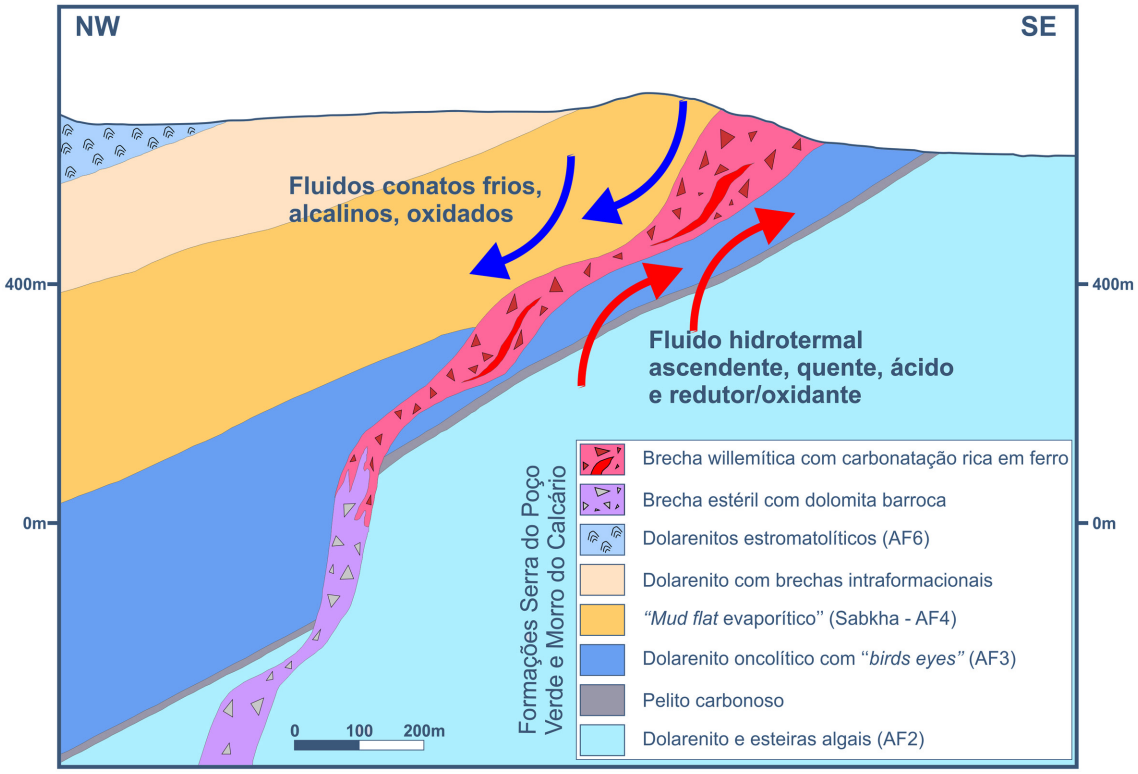

Figura 10. Seção esquemática da Mina de Vazante mostrando a falha normal controladora e a interação de fluidos meteóricos e hidrotermais (Oliveira 2013).

Em contraste com o minério silicatado do Distrito Plumbo-Zincífero de Vazante, representado pela willemita, no Distrito Plumbo-Zincífero de Paracatu, os minérios são sulfetados, representados pela esfalerita, com teores de zinco entre 5,0 e 5,2%. A associação com a galena apresenta minérios com teores de chumbo superiores a 1%. Esse distrito é formado pela Mina de Morro Agudo e depósitos ainda em fase de pesquisa como, por exemplo, em Fagundes e Ambrósia, todos no Município de Paracatu.

A Mina de Morro Agudo apresenta seus principais corpos de minério encaixados nos dolomitos e dolarenitos da Formação Morro do Calcário. Essa mineralização é formada por corpos estratiformes, sendo o minério geralmente composto por esfalerita e galena disseminadas, além de corpos de sulfeto maciço compostos de galena, esfalerita e pirita (Figura 11).

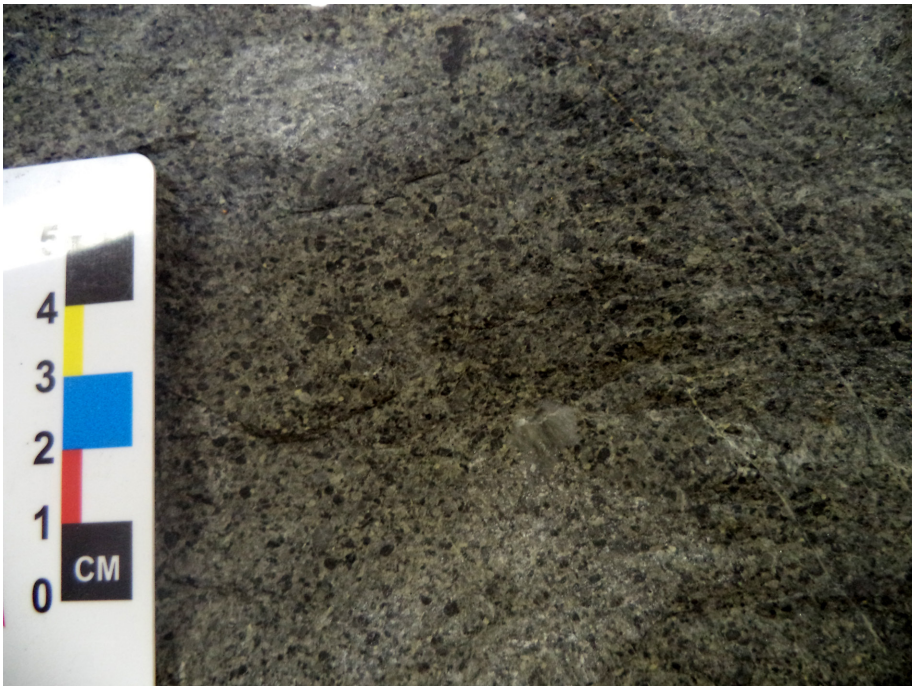

Figura 11. Amostra da Mina de Morro Agudo mostrando corpo de minério estratiforme formado por esfalerita disseminada (pintas amarelas). Foto: Marcus Paulo Sotero.

O depósito também mostra um sistema de falhas normais, representado principalmente pela denominada Falha Principal, que limita o corpo mineralizado da Mina de Morro Agudo a leste (Figura 12).

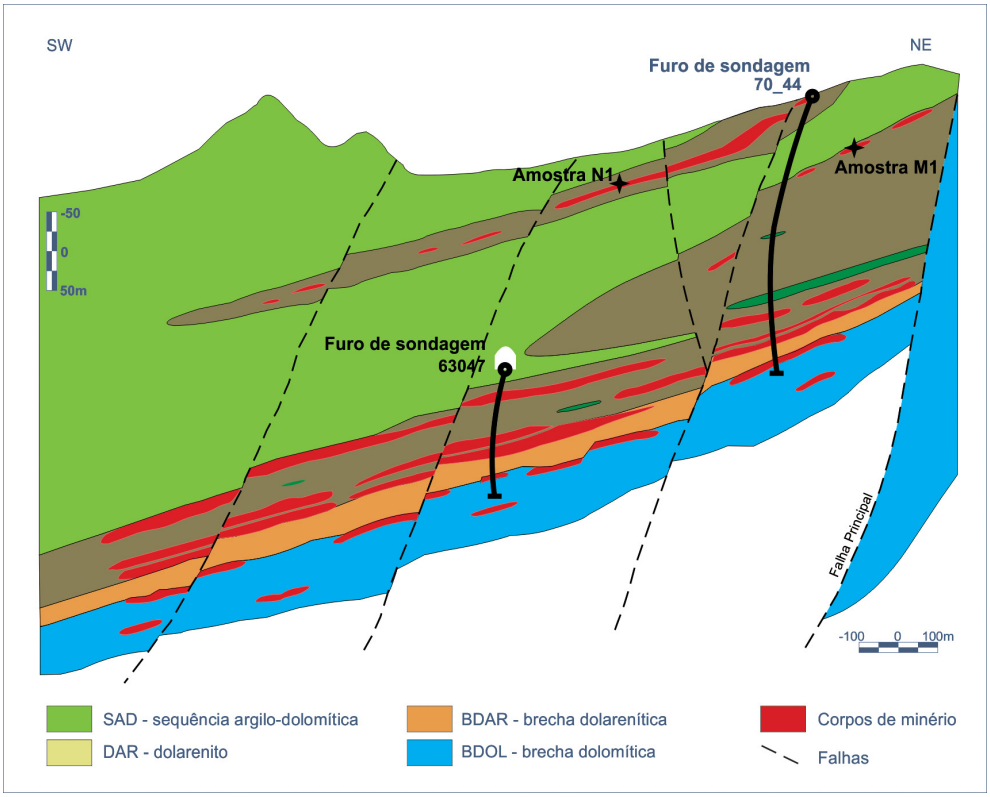

Figura 12. Perfil esquemático da Mina de Morro Agudo (adaptado de Neves 2011).

Estudos realizados na Mina de Morro Agudo, sintetizados na revisão de Neves (2011), apontam para a remobilização e percolação de fluidos salinos intersticiais de origem

marinha e ou conata, nos sedimentos carbonáticos, como responsáveis pela gênese do minério (Figura 13).

Figura 13. Amostra da Mina de Morro Agudo mostrando corpo de minério estratiforme formado por esfalerita disseminada (pintas amarelas). (Foto: Francisco Vilela).

4. PRODUÇÃO NACIONAL E MUNDIAL DE ZINCO E CHUMBO

As reservas brasileiras de zinco (Misi 2016), de cerca de 198 milhões de toneladas, representam apenas 1,2% das reservas mundiais. Cerca de 30% dessas reservas ocorrem geograficamente concentradas nos municípios de Vazante e Paracatu, região noroeste de Minas Gerais (Figura 14). Reservas expressivas encontram-se no Pará (29%), no Mato Grosso (18%) e Rio Grande do Sul (17%). Reservas menores encontram-se ainda no Tocantins (4%), Bahia (3%) e Paraná (0,2%).

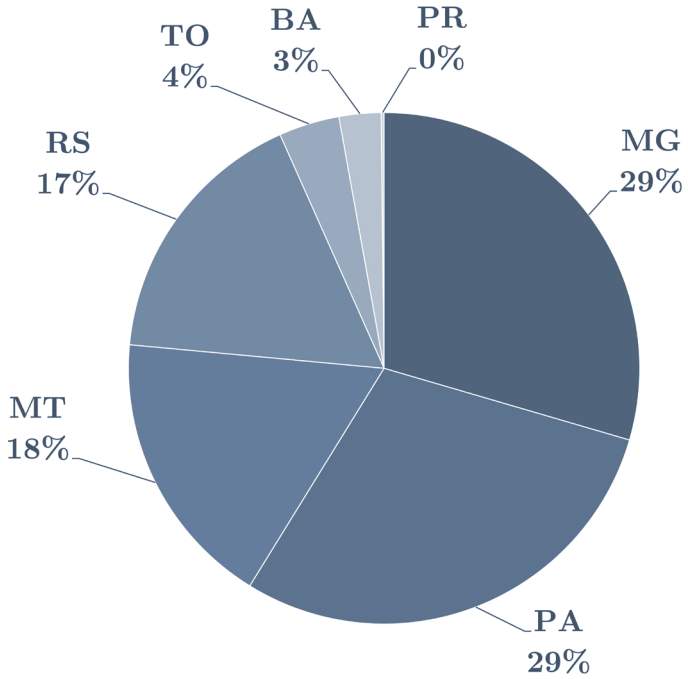

Figura 14. Reservas de zinco nas unidades da federação nacionais. O Estado de Minas Gerais contém cerca de 30% das reservas conhecidas (Misi 2016).

A produção brasileira de zinco em 2016, toda concentrada em Minas Gerais, foi de 273,3 mil toneladas de zinco metálico. A produção de chumbo contido foi de 9,7 mil toneladas (Votorantim Metais 2016).

As minas de Vazante (Oliveira 2013) e Morro Agudo (Neves 2011) produziram 2,3 milhões de toneladas de minério bruto, representando respectivamente 135,5 e 23,2 mil toneladas de zinco contido em concentrados (Votorantim Metais 2016).

A produção brasileira de chumbo em 2016 foi de 9,7 mil toneladas. Esta produção vem sendo totalmente fornecida pelas minas de Morro Agudo e de Vazante, ambas da Votorantim Metais Ltda (atualmente Nexa Resources), onde o metal é recuperado como produto associado ao zinco. Os processos de lixiviação e eletrólise envolvidos na produção final de zinco metálico são realizados em Três Marias, MG.

As reservas mundiais de zinco são de aproximadamente 220 milhões de toneladas em metal contido (USGS 2018), destacando-se as da Austrália (19,7%), da China (18,5%), dos EUA (18,5%) e do Canadá (7,2%). A produção mundial de zinco atualmente é liderada pela China. Os dez países maiores produtores de zinco em 2017 são relacionados na Figura 15.

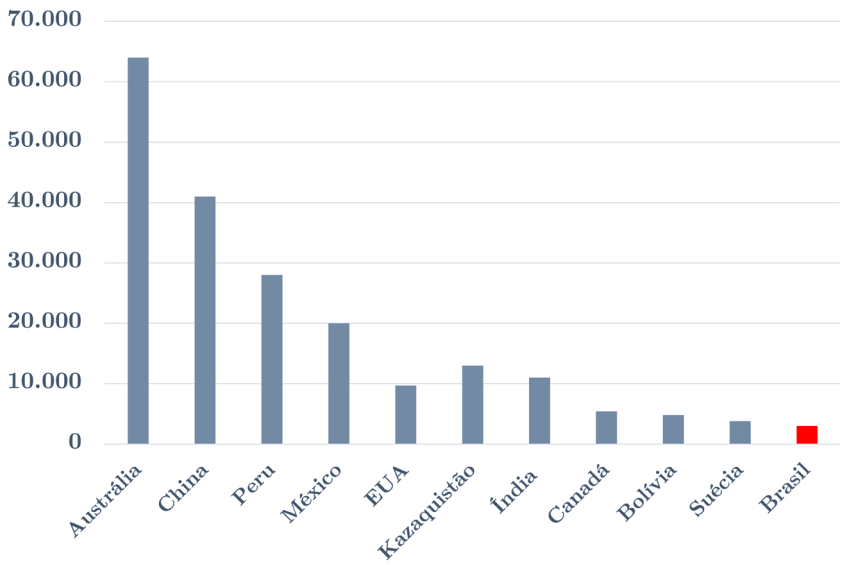

Figura 15. Os dez países maiores produtores de zinco em 2017, segundo dados do USGS (2018), e a produção do Brasil (em vermelho) no mesmo ano, segundo o Relatório Anual da Votorantim Metais (2016).

O consumo mundial de chumbo, pela sua fácil refusão e recuperação, vem sendo majoritariamente utilizando chumbo reciclado, em contraposição à produção primária, tendência que vem sendo observada tanto no Brasil como na maioria dos países industrializados e em industrialização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, **33**(1):127-139. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2011.08.011

Baia F.H. 2013. *Brechas hidrotermais da mina do Cercado e das ocorrências Olho D´Água, Mata II e Pamplona: implicações metalogenéticas e prospectivas para zinco na região de Vazante, MG*. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, 230 p.

Carvalho M.O., Valeriano C.M., Gonzales P.A.A., Oliveira G.D., Impiccini A. 2016. The thrust contact between the Canastra and Vazante groups in the Southern Brasília Belt: structural evolution, white mica crystallinity and implications for the Brasiliano orogeny. *Brazilian Journal of Geology*, **46**(4):567-583. doi: 10.1590/2317-4889201620160052

Dardenne M.A 2000. The Brasília fold belt. *In*: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31º International Geological Congress, Rio de Janeiro. p. 231-264.

Dardenne M.A. 2005. Conophyton de Cabeludo, Grupo Vazante (MG) - Construções dolomíticas por ciano-bactérias no Proterozóico. *In:* Winge M., Schobbenhaus C., Berbert-Born M., Queiroz E.T., Campos D.A., Souza C.R.G. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. v. 2, p. 303-310. Disponível em http://sigep.cprm.gov.br/sitio073/sitio073_impresso.pdf. Acesso em 20/1/2018.

Dardenne M.A., Campos J.E.G., Campos Neto M.C. 2005. Estromatólitos colunares no Sumidouro do Córrego Carrapato, Lagamar (MG) - Registro de construções dolomíticas por ciano-bactérias no Proterozóico do Brasil. *In*: Winge M., Schobbenhaus C., Berbert-Born M., Queiroz E.T., Campos D.A., Souza C.R.G. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. v. 2, p. 311-320. Disponível em http://sigep.cprm.gov.br/sitio074/sitio074_impresso.pdf Acesso em 20/1/2018.

Dardenne M.A. & Botelho N.F. 2014. Metalogênese da zona externa da Faixa Brasília. *In*: Silva M.G., Rocha Neto M.B., Jost H., Kuyumjan R.M. (eds.). *Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras*. Belo Horizonte, CPRM, p. 431-454. ISBN: 9788574992211

Dardenne M.A. & Schobbenhaus C. 2000. The Metallogenesis of the South American Platform. *In:* Cordani U.G., Milani E.G., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic evolution of South America*, 31º International Geological Congress. Rio de Janeiro, p. 755-850.

Dias P.H.A., Marinho M.S., Sotero M.P., Vilela F.T., Marques E.D., Matos C.A. 2015. *Metalogenia das Provínicas Minerais do Brasil: Distrito Zincífero de Vazante, MG - Estado de Minas Gerais, Texto e Mapa Metalogenético escala 1:75.000*. CPRM-MME, Informe de Recursos Minerais, Série Províncias Minerais do Brasil, nº 05, 59 p. ISBN: 9788574992723

ICZ - Instituto de Metais Não Ferrosos. 2018a. *Zinco*. Disponível em http://www.icz.org.br/zinco.php. Acesso em 22/2/2018.

ICZ - Instituto de Metais Não Ferrosos. 2018b. *Chumbo*. Disponível em http://www.icz.org.br/chumbo.php. Acesso em 22/2/2018.

Lemos M. 2011. *Caracterização geológica e tecnológica do minério de zinco do Extremo Norte da Mina de Vazante, Minas Gerais*. Dissertação de mestrado, UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 193 p.

Misi A. 2016. Zinco no Brasil: tipos de depósitos, reservas e produção. *In*: Melfi A.J., Misi A., Campos D.A., Cordani U.G. (orgs.). *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p. 156-164.

Monteiro L.V.S., Bettencourt J.S., Juliani C., Oliveira T.F. 2006. Geology, petrography, and mineral chemistry of the Vazante non-sulfide and Ambrósia and Fagundes sulfide-rich carbonate-hosted Zn-(Pb) deposits, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **28**(2):201-234. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.005

Monteiro L.V.S., Bettencourt E.T., J.S., Juliani C., Bello R.M.S., Oliveira T.F. 2007. Nonsulfide and sulfide-rich zinc mineralizations in the Vazante, Ambrósia and Fagundes deposits, Minas Gerais, Brazil: Mass balance and stable isotope characteristics of the hydrothermal alterations. *Gondwana Research*, **11**(3):362-381. doi: 10.1016/j.gr.2006.04.017

Neves L.P. 2011.*Características descritivas e genéticas do depósito de Zn-Pb Morro Agudo, Grupo Vazante*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 89 p.

Oliveira G.D. 2013. *Reconstrução paleoambiental e quimioestratigrafia dos carbonatos hospedeiros do depósito de zinco silicatado de Vazante, MG*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 95 p.

Pinho J.M.M. 1990. *Evolução Tectônica da mineralização de zinco de Vazante*. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 115 p.

Pinto C.P. & Silva M.A. 2014. *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.

Rodrigues J.B, Pimentel M.M., Buhn B., Matteini M., Dardenne M.A., Alvarenga C.J.S., Armstrong R.A. 2012. Provenance of the Vazante Group: New U-Pb, Sm-Nd, Lu-Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Gondwana Research*, **21**(2-3):439-450. doi: 10.1016/j.gr.2011.07.017

Slezak P., Olivo, G.R., Oliveira, G.D., Dardenne, M.A. 2014. Geology, mineralogy and geochemistry of the Vazante Northern Extension zinc silicate deposit, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **56**:234–257. doi: 10.1016/j.oregeorev.2013.06.014.

USGS - United States Geological Survey. 2018. *Mineral Commodity Summaries, January 2018*. Disponível em https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/. Acesso em 22/2/2018.

Valeriano C.M., Machado N., Simonetti A., Valladares C.S., Seer H.J., Simões L.S.A. 2004. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. Amsterdam, *Precambrian Research*, **130**(1-4):27-55. doi: 10.1016/j.precamres.2003.10.014

Valeriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H., Trouw R.A.J. 2008. Tectonic evolution of the Brasilia Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. *Geological Society Special Publication*, **294**:197-210. doi: 10.1144/sp294.11

Valeriano C.M. 2017. The Southern Brasília Belt. *In:* Heilbron M., Cordani U.G., Alkmim F.F. (eds.). *São Francisco craton, eastern Brazil. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Regional Geology Reviews, Springer International Publishing Co., p. 189-203. ISBN: 9783319017150, doi: 10.1007/978-3-319-01715-0_10

Votorantim Metais. 2016. *Relatório Anual de Atividades. Relatório Interno*. Disponível em http://relatoriovmetais.com.br/2016/. Acesso em 20/11/2017.