



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 16

Minério de ZINCO

Relatório Técnico 25

Perfil do Minério de Zinco

CONSULTOR

Juarez Fontana dos Santos

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Fevereiro de 2010
(versão 03)

INDICE DO RELATÓRIO TÉCNICO 25

1. Sumário Executivo	pg. 3
2. Recomendações	pg. 3
3. Apresentação	pg. 3
3.1 O metal zinco	pg. 4
3.2 Minerais de minério de zinco e formas de obtenção do metal	pg. 4
4. Mineração de zinco no Brasil: Características e evolução	pg. 6
4.1 Localização e distribuição da mineração de zinco	pg. 6
4.2 Recursos e reservas de zinco	pg. 6
4.3 Estrutura empresarial da indústria do zinco	pg. 6
4.4 Parque produtivo	pg. 7
4.5 Recursos humanos da metalurgia de zinco	pg. 7
4.6 Aspectos tecnológicos da indústria do zinco	pg. 8
4.6.1 Mineração Morro Agudo	pg. 8
4.6.1.1 Circuito de cominuição	pg. 9
4.6.1.2 Circuito de flotação de esfalerita	pg. 11
4.6.1.3 Controle de processo e atualidade tecnológica	pg. 11
4.6.2 Mineração em Vazante	pg. 12
4.6.2.1 Mineração a céu-aberto	pg. 12
4.6.2.2 Beneficiamento do minério oxidado	pg. 13
4.6.2.3 Mineração subterrânea	pg. 13
4.6.2.4 Beneficiamento do minério silicatado	pg. 14
4.6.2.5 Flotação da willemita	pg. 14
4.6.2.6 Controle de processo e atualidade tecnológica	pg. 14
4.7 Aspectos ambientais	pg. 15
4.7.1 Mina de Morro Agudo	pg. 15
4.7.2 Mina de Vazante	pg. 15
4.8 Produção de minério de zinco e seu valor	pg. 16
4.9 Evolução e tendência do preço do zinco	pg. 18
4.10 Investimentos na mineração de zinco	pg. 19
5. Usos e destinações dos produtos da mineração de zinco	pg. 19
6. Consumo atual e projetado de zinco	pg. 21
6.1 Cenário mundial	pg. 21
6.2 Consumo mundial de zinco	pg. 22
6.3 Possíveis substitutos do zinco	pg. 23
6.4 Cenário nacional	pg. 23
6.5 Evolução do consumo no Brasil	pg. 23
6.6 Projeção do consumo de zinco no país	pg. 24
6.7 Consumo aparente de concentrado de zinco	pg. 26
7. Projeção da produção e das reservas de zinco	pg. 27
7.1 Produção mundial de zinco	pg. 27
7.2 Reservas mundiais de zinco	pg. 27
7.3 Produção futura de minério de zinco	pg. 28
7.4 Necessidade de reservas e investimentos em minério de zinco	pg. 28
7.5 Potencialidade	pg. 29
8. Projeção das necessidades de recursos humanos	pg. 30
9. Arcabouço legal, tributário e de incentivos financeiros e fiscais	pg. 30
10. Conclusões gerais	pg. 30
11. Bibliografia	pg. 30
Relação de tabelas e figuras	pg. 33

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Dentre os metais não ferrosos o zinco é o terceiro metal mais consumido no mundo, depois do alumínio e do cobre. Devido à possibilidade de reciclagem de material em desuso, o denominado zinco “velho” resultante da fundição de sucata já contribui com mais de 20% do consumo mundial.

O processo de obtenção do zinco a partir de concentrados minerais, sulfetados ou silicatados, se processa normalmente por processos hidrometalúrgicos com recuperação final do metal por eletrólise. O processo metalúrgico demanda elevada quantidade de energia elétrica que constitui o principal insumo da indústria metalúrgica do zinco, além do insumo mineral.

Sua principal utilização é na indústria de galvanização para proteção ao processo de corrosão, que responde mundialmente por mais de 50% de sua demanda. Produção de ligas, latão e produtos químicos compõe a essência do consumo do zinco em todo o mundo.

A China é o país de maior produção e consumo mundial do metal, e o mercado de zinco mantém estreita dependência do desempenho econômico deste país.

O consumo médio de zinco por habitante na Europa é de 6,0 kg/ano, enquanto o consumo médio por habitante nos Estados Unidos é de 4,0 kg/ano.

A demanda nacional de zinco apresenta historicamente uma taxa de crescimento que supera a taxa de crescimento da economia nacional. As contínuas expansões da metalurgia de zinco no país contemplam particularmente o atendimento das necessidades de consumo nacional, visto que tem sido necessário importar concentrados de zinco para complementar à produção de zinco primário e o fornecimento de zinco “velho” a partir de reciclagem.

O consumo aparente de zinco no Brasil situa-se atualmente no patamar de 240.000 t/ano.

Projeções de consumo no país baseadas no método de Intensidade de Uso indicam que em 2030 a demanda poderá ser de 380.000 t/ano, no cenário de evolução frágil da economia nacional, até um máximo de 890.000 t/ano no cenário inovador para a evolução da economia doméstica.

No contexto desses mesmos cenários, o consumo de zinco *per capita* em 2030 poderá variar entre um mínimo de 1,65 kg/habitante/ano até um máximo de 4,12 kg/habitante/ano, valor similar ao registrado atualmente nos Estados Unidos da América.

A projeção dos investimentos para atender a expansão da mineração de zinco no país, incluindo o complexo mina/usina para uma produção anual variável entre 315.000 e 800.000 t/ano, prevê investimento mínimo de R\$ 2,37 e máximo de R\$ 6,0 bilhões, a depender os cenários de evolução da economia do país. Para a agregação de reservas necessárias para permitir este ritmo de lavra estima-se a necessidade de investimentos entre US\$ 24 e 118 milhões. Para o atendimento das necessidades de recursos humanos nestes mesmos cenários, as operações da mineração de zinco deverão incorporar entre 900 e 4.400 colaboradores, a depender do cenário econômico que se realizar.

2. RECOMENDAÇÕES

A partir do exercício do presente trabalho, o autor recomenda aos organismos do Ministério de Minas e Energia que estabeleçam mecanismos prévios de comunicação para informar as entidades e corporações envolvidas com o segmento em estudo, visando facilitar o diálogo com os analistas encarregados. A presente recomendação baseia-se na experiência vivida pelo autor, pois entidades de classe e empresas que foram formalmente convidados para confirmar dados coletados em outras fontes ou mesmo para prover informações sobre suas atividades não se dignaram a manifestar-se.

3. APRESENTAÇÃO

O presente estudo, realizado sob regime de contratação de consultoria pela J.Mendo Consultoria, tem por finalidade fornecer elementos para a elaboração do Plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral que será elaborado pelo Ministério de Minas e Energia – MME, com o suporte do Banco Mundial.

Inserido na Macro-Atividade 4.3 – A mineração brasileira, o Produto 16: Minério de Zinco; Relatório Técnico 25: Perfil da mineração de Zinco tem por objetivo caracterizar o zinco, analisando seus usos, consumo, produção, reservas minerais, projeção de demanda, projeção de investimentos, necessidade de recursos humanos, atualidade tecnológica, capacitação, aspectos ambientais e outros que o caracterizam.

3.1 O METAL ZINCO

Zinco é um elemento químico do grupo dos metais. Seu número atômico é 30 e o símbolo químico é Zn, é um metal de cor branco-azulada, e constitui cristais do sistema hexagonal, tem peso atômico: 65,38g, ponto de fusão (419°C) e ponto de ebulição (920°C).

Há vestígios de peças de latão datadas de 1000-1400 a.C. na Palestina, e outros objetos com até 87% de zinco foram encontrados na antiga região da Transilvânia. Desde a Roma antiga tem sido usado combinado com o cobre para constituir uma liga de latão. Na atualidade a sua maior utilização é como revestimento anti-corrosão para o aço. Caracteriza-se por sua propriedade eletroquímica protetora contra a corrosão, sendo deste modo muito utilizado para revestir outros metais, particularmente o aço. . O principal emprego do zinco metálico é a galvanização, tanto para a produção de chapas zincadas em siderúrgicas, como em galvanoplastias para o acabamento e proteção anti-corrosiva de peças metálicas. Este uso responde aproximadamente por 57% do consumo mundial

O metal zinco caracteriza-se pela facilidade de oxidação, em função do potencial de redução muito abaixo do potencial de formação do hidrogênio a partir da redução da água, que o configura como um metal pouco nobre.

É um metal maleável, com propriedades físicas que lhe conferem facilidade para moldagem e para o trabalho mecânico. O seu baixo ponto de fusão (419°C) facilita sua moldagem em peças injetadas e centrifugadas e a sua ductibilidade, embora limitada, permite seu uso na produção de fios metálicos.

A sua grande facilidade de combinação com outros metais permite a utilização na fabricação de ligas, principalmente latões e bronzes e as ligas zamac. As ligas para fundição (Zamac) são utilizadas em peças fundidas, eletrodomésticos, indústria de material bélico e automobilístico.

Praticamente o único estado de oxidação que apresenta é 2+. Reage com ácidos não oxidantes passando para o estado de oxidação 2+ liberando hidrogênio, e pode dissolver-se em bases e ácido acético. O metal apresenta uma grande resistência à deformação plástica a frio que diminui com o aquecimento, obrigando a laminá-lo acima dos 100 °C.

Os compostos de zinco, óxidos e pós, possuem grande variedade de utilização industrial, como o cloreto de zinco (em desodorantes), a zinco piritiona (em xampus), sulfato de zinco (tintas luminescentes), e o zinco dietílico na indústria farmacêutica, entre outros como cosméticos, borrachas, explosivos, tintas e papel. Praticamente um quarto da produção de zinco é consumido na forma de compostos.

Apesar do zinco, ser usado em ligas como o latão e o bronze desde os tempos Romanos, e ser produzido na Índia em larga escala a partir de 1200 d.C. o metal puro era desconhecido na Europa até o fim do século XVI. A produção em escala industrial na Europa só se iniciou no fim do século XVIII.

3.2 MINERAIS DE MINÉRIO DE ZINCO E FORMAS DE OBTENÇÃO

O Zinco representa em torno de 75 ppm (0.007%) da crosta Terrestre, o que faz dele o 24° elemento mais abundante da mesma. É encontrado na natureza principalmente sobre a forma de sulfetos, associado ao chumbo, prata e ferro. O minério sulfetado de zinco está sujeito a grandes transformações na zona de oxidação, originando óxidos, carbonatos e silicatos de zinco. As mineralizações mais importantes ocorrem associadas a rochas vulcânicas (jazidas exhalativas) e a rochas sedimentares de composição carbonática.

As jazidas de zinco de mais elevado teor contém cerca de 10% de ferro e entre 40% e 50% de zinco nos denominados minérios de sulfetos maciços. Também são de grande importância os depósitos sedimentares sulfetados do tipo Mississippi Valley (MVT) e os minérios vulcanogênicos intrusivos do tipo Broken Hill.

Entre os principais minerais de zinco estão a blenda ou esfalerita ($ZnFeS$), a willemita (Zn_2SiO_4), a smithsonita ($ZnCO_3$), a calamina ou hemimorfita ($2ZnO.SiO_2.H_2O$), a wurtzita (Zn,FeS_2), a franklinita ($Zn,MnFe_2O_4$), a hidrozincita [$2ZnO_3.3Zn(OH)_2$] e a zincita (ZnO), com destaque no caso do Brasil para os minerais calamina, willemita e esfalerita (Tabela 1.). Na forma de sulfeto, encontra-se associado ao chumbo, cobre, prata e ferro: galena-PbS, calcopirita-CuFeS₂, pirita-FeS₂, dentre outros, podendo sofrer transformações na zona de oxidação e formar óxidos, carbonatos e silicatos. Neste caso, estas constituem ocorrências secundárias de zinco, encontradas em depósitos superficiais, sendo resultantes da alteração do minério sulfetado.

PRINCIPAIS MINERAIS DE ZINCO		
Mineral	Composição	% Zn contido
Esfalerita	$ZnFeS$	67,00%
Hemimorfita	Zn_2SiO_4	54,20%
Smithsonita	$ZnCO_3$	52,00%
Hidrozincita	$2ZnO_3.3Zn(OH)_2$	56,00%
Calamina	$2ZnO.SiO_2.H_2O$	54,00%
Zincita	ZnO	80,30%
Willemita	Zn_2SiO_4	58,50%
Franklinita	$Zn,MnFe_2O_4$	15,00 a 20,00%

Fonte: BETEKHINE, 1968

Tabela 1. Principais minerais de zinco

A Esfalerita é um sulfeto de zinco, normalmente encontrado associado à galena, pirita e outros sulfatos. Pode também associar-se à calcita, dolomita e fluorita. Alguns espécimes podem ser fluorescentes em luz-ultravioleta.

A Calamina é outro mineral de minério importante, é um composto misto de carbonato de zinco e silicato de zinco. Esses possuem aparência muito similar e só podem ser diferenciados por análise química.

De acordo com a fonte do metal, o zinco pode ser classificado em zinco primário, que constitui de 80 a 85% da produção atual e tem como principal processo de produção o processo eletrolítico e zinco secundário, obtido através de sucatas e resíduos. Entre os metais não ferrosos, o consumo mundial de zinco somente é superado pelo consumo de alumínio e de cobre.

A produção do zinco começa com a extração do mineral que pode ser realizada tanto a céu aberto como em jazidas subterrâneas. Os minerais extraídos são triturados e, posteriormente, submetidos a flotação para a obtenção do mineral concentrado.

Os minerais com altos teores de ferro são tratados por via seca. O concentrado é calcinado para oxidar o sulfeto em óxido. O óxido obtido é posteriormente reduzido pela adição de carbono resultando na obtenção do metal (o agente redutor na prática é o monóxido de carbono). Por via úmida o minério é calcinado para a obtenção do óxido, posteriormente lixiviado com ácido sulfúrico diluído. A lixívia obtida é purificada para a separação dos diferentes componentes, principalmente o sulfato de zinco. O sulfato é submetido a um processo de eletrólise com ânodo de chumbo e cátodo de alumínio, sobre o qual se deposita o zinco. O zinco obtido é fundido e lingotado para sua comercialização.

No processo metalúrgico são obtidos diversos subprodutos como mercúrio, cádmio, ouro, prata, cobre e chumbo, a depender da composição dos minerais de minério. O dióxido de enxofre obtido na calcinação pode ser utilizado para a produção de ácido sulfúrico utilizado na lixiviação.

4. MINERAÇÃO DE ZINCO NO BRASIL: CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO

4.1 LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA MINERAÇÃO DE ZINCO

A produção nacional de zinco provém de três minas localizadas em dois estados. A Votorantim Metais Zinco S/A, produz concentrado de zinco nas minas de Vazante e Morro Agudo, localizadas em Minas Gerais e zinco refinado nas usinas de Três Marias e Juiz de Fora, MG. Enquanto que no Estado do Mato Grosso a Prometalica Mineração Ltda. Limita-se a extração e beneficiamento de minério sulfetado de zinco em sua jazida de Monte Cristo em Rio Branco no Mato Grosso.

A constituição da Votorantin Metais Zinco (VMZ) originou-se de uma reorganização do Grupo Votorantim, que em 2002 agrupou as unidades de negócio de acordo com o foco de mercado, unificando os negócios da Cia Mineira de Metais e da Cia Paraibuna, complementada pela aquisição dos ativos da MASA em leilão de massa falida, na então criada Votoratim Metais Zinco, que passou a ser responsável dos negócios de zinco do Grupo Votorantim.

4.2 RECURSOS E RESERVAS DE MINÉRIO DE ZINCO

A tabela 2 apresenta a variação das reservas lavráveis de minério de zinco (em toneladas de zinco contido) registradas oficialmente pelo DNPM ao longo dos últimos trinta anos.

EVOLUÇÃO DAS RESERVAS DE ZINCO NO BRASIL							
toneladas							
Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas
1978	2.371.800	1986	2.888.764	1994	4.708.090	2002	5.219.608
1979	2.288.741	1987	2.837.762	1995	4.531.047	2003	5.064.826
1980	2.249.294	1988	3.212.937	1996	4.371.932	2004	6.359.996
1981	2.186.725	1989	3.069.931	1997	4.475.946	2005	6.537.777
1982	2.531.344	1990	3.233.739	1998	5.047.183	2006	6.400.000
1983	2.459.154	1991	4.106.848	1999	4.856.994	2007	4.900.000
1984	2.459.961	1992	4.498.958	2000	6.287.550	2008	4.900.000 (e)
1985	2.579.646	1993	4.693.259	2001	5.210.018		

Fonte: DNPM, Mineral Data – CETEM

Tabela 2. Evolução das reservas de zinco no país

Considerando-se que no período 1998 -2007 foram produzidos 1.345.962 t de zinco contido no concentrado; uma perda mínima de 15% no processo de lavra e o volume atual de reservas registrado pelo DNPM, conclui-se que neste mesmo período houve uma adição de reservas de minério de zinco no país da ordem de 1.380.000 t. Apesar da contínua adição de reservas, a capacidade produtiva resume-se ao abastecimento de 70% da demanda nacional de concentrado de zinco, sendo a metalurgia de zinco permanente importadora de concentrado estrangeiro para atender a demanda interna.

4.3 ESTRUTURA EMPRESARIAL DA MINERAÇÃO DE ZINCO

A Votorantim Metais Zinco S/A, empresa de capital nacional integrante do Grupo Votorantim é a única produtora de zinco eletrolítico do país. A empresa possui controle familiar e estrutura societária fechada. As empresas pertencentes ao Grupo Votorantim têm tradição de empregar sistemas gerenciais modernos, que privilegiam a produtividade e redução de custos, baseados na capacitação tecnológica de seus empreendimentos e de seus colaboradores. Atuam sob regime de um sistema de gestão integrado através do GQI – Gestão de Qualidade Integrada, que possui auditorias internas programadas com periodicidade anual.

As atividades das unidades da Votorantim Metais Zinco são certificadas pelos padrões do sistema europeu de Qualidade ISO 9000 e Gestão da Qualidade 9001

Entre todas as atividades industriais, a mineração é uma das que apresentam maior índice de risco para seus trabalhadores. De acordo com a classificação do Ministério do Trabalho e Emprego, a mineração envolve um índice de risco situado no nível 4 – o mais alto dessa classificação, ao lado de outras indústrias com notório risco ocupacional, como siderurgia, construção civil, indústria química, exploração marítima de petróleo, etc.

A Votorantim Metais - unidade de Morro Agudo adota padrões nacionais e internacionais de segurança observados pela indústria da mineração. Toda a sua operação é supervisionada por um PGR – Programa de Gerenciamento de Risco, que estabelece rígidos critérios para os procedimentos de segurança nos diversos setores da empresa.

Esses critérios, por sua vez, são definidos e auditados por equipe corporativa da VM e por uma entidade externa de classificação internacional - BSI.

A unidade de Morro Agudo possui certificação OHSAS 18001 desde setembro de 2003. As normas OHSAS 18000 que constitui um guia de instalação de sistemas de gestão de segurança e higiene ocupacional. A certificação pela OHSAS 18000 acentua uma abordagem pela minimização do risco.

A certificação OHSAS 18001 tem como objetivo:

- ☉ Evidenciar o funcionamento do sistema de higiene e segurança da empresa; - Eliminar/minimizar os riscos de acidentes, garantindo a proteção dos colaboradores da empresa, com conseqüente redução dos riscos laborais;
- ☉ Adotar boas práticas de Higiene Segurança e Saúde no Trabalho;
- ☉ Cumprir os requisitos legais, contratuais, sociais e financeiros de segurança e higiene no trabalho;
- ☉ Adotar sistema de gestão que permita cumprir os requisitos legais, compatível com outros tipos de sistema de gestão existentes (Gestão da Qualidade - ISO 9001 e sistemas de Gestão Ambiental ISO 14001), permitindo a incorporação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI).

Até 2005 a Votorantim Metais atendia todos os padrões NOSA (National Occupational Safety Association), que definiu um sistema integrado de normas sobre saúde, segurança e meio ambiente adotado por empresas de expressão internacional. A auditoria da NOSA estabelece uma classificação por estrelas, refletindo cinco diferentes níveis de excelência, conforme o desempenho das empresas na sua política de segurança. Por essa classificação, a Votorantim Metais, unidade de Morro Agudo, atingiu o nível 5 estrelas com 95,6 % de esforço em 2007

4.4 PARQUE PRODUTIVO

A produção nacional de zinco provém de três minas localizadas em dois estados. A Votorantim Metais Zinco S/A, produz concentrado de zinco nas minas de Vazante e Morro Agudo, localizadas em Minas Gerais e zinco refinado nas usinas de Três Marias e Juiz de Fora, MG. Enquanto que no Estado do Mato Grosso a Prometalica Mineração Ltda produz exclusivamente concentrado de zinco que é comercializado no mercado interno.

A mina de Vazante enquadrada no padrão de mina de grande porte G2, tem operação mista (céu-aberto e subterrânea) e sua capacidade atual é para lavra de 3.500.000 t/ano, A Mina de Morro Agudo classificada como mina de porte médio M1, opera atualmente com capacidade de lavra da ordem de 1.200.000 t/ano.

A Prometalica lavra a jazida de Monte Cristo, Mina de Santa Helena no município de Rio Branco no Mato Grosso, um depósito polimetálico que resulta como co-produto concentrado de zinco sulfetado. A mina Santa Helena é subterrânea e é classificada pelo DNPM como de pequeno porte P1 e acha-se temporariamente desativada desde o último trimestre de 2008.

4.5 RECURSOS HUMANOS DA MINERAÇÃO DE ZINCO

Registros de fontes setoriais do BNDES identificam que em 2007 as operações nas minas de Morro Agudo e Vazante contavam com um total de 1.368 colaboradores diretos,

distribuídos conforme a tabela a seguir. As atividades terceirizadas empregavam um número variável entre 120 e 175 colaboradores, basicamente operários e serviçais.

COLABORADORES NAS MINAS DE ZINCO DA VMZ 2007					
Nível superior			Nível médio		Operários
Engenheiro de minas	Geólogo	Outros	Técnicos	Apoio administrativo	
13	4	1	101	70	1.159
Total					1.368

Fonte: MME – Anuário mineral, Mineral Data – CETEM e BNDES.

Tabela 3. Colaboradores nas minas de zinco da VMZ

4.6 ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA MINERAÇÃO DE ZINCO

4.6.1 Mineração em Morro Agudo

A jazida de Morro Agudo é hospedada em rochas carbonáticas do Pré-cambriano superior (600 m.a.) pertencentes à Formação Vazante do Grupo Bambuí, situada no município de Paracatu em Minas Gerais, a 44 km da sede do município.

A jazida é constituída por rochas sedimentares carbonáticas, tendo o corpo principal de minério um comprimento de 1,0 km e uma largura média de 500m, com as rochas hospedeiras apresentando um mergulho da ordem de 20° NW. A composição mineralógica média e os resultados das análises químicas do minério são apresentados na tabela abaixo. O mineral de chumbo é a galena e o mineral de zinco é a esfalerita.

MINERALOGIA DO MINÉRIO DA MINA DE MORRO AGUDO			
Mineral	Peso %	Mineral	Peso %
Esfalerita (ZnS)	7,5	Dolomita CaMg (CO ₃) ₂	74,7
Galena (PbS)	2,5	Quartzo (SiO ₂)	6,0
Pirita (FeS ₂)	6,8	Barita, Calcita, etc.	2,5

Fonte: CETEM – MCT

Tabela 4. Mineralogia do minério da Mina de Morro Agudo

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO MINÉRIO DE MORRO AGUDO			
Elemento/composto	Teor	Elemento/Composto	Teor
CaO	28,8%	Fe	3,2%
MgO	16,2%	Pb	1,6%
Zn	5,1%	Cd	360 ppm
S	3,7%	Ag	1,58 ppm

Fonte CETEM - MCT

Tabela 5. Composição química do minério de Morro Agudo

As litologias presentes na mina são representadas por três unidades distintas. No topo do jazimento encontram-se rochas argilo-dolomíticas ritmicamente ordenadas em uma sequência denominada localmente de Sequência argilo-dolomítica – SAD de cor escura, quase preta e fortemente laminada. O pacote imediatamente inferior é constituído por doloarenitos – DAR, de cor cinza amarelada, de granulometria areia que constitui a litologia hospedeira da mineralização. Na base do jazimento ocorre uma rocha dolomítica oolítica – BDOL, de cor acinzentada com oólitos de diâmetro variável de centímetros a decímetros.

A mineralização está contida em camadas bem definidas constituindo várias lentes de espessura variável entre 4 a 15 m. O minério apresenta-se disseminado, na forma de cimento e secundariamente na forma de vênulas de remobilização de zinco e chumbo. As camadas mineralizadas apresentam mergulho de 20 graus para o quadrante NW, com direção NE/SW e são limitadas estruturalmente por falhas normais de direção NW. A mineralização em Morro Agudo foi identificada até a profundidade de 650m.

Os minerais de minério que compõem o minério são esfalerita (sulfeto de zinco – ZnS) e galena (sulfeto de chumbo – PbS) e secundariamente pirita (sulfeto de ferro – FeS). O teor *in situ* do jazimento é de 4,66% de Zn e 1,53% Pb, sendo o teor médio lavrável na mina de 3,93% Zn e 1,29% Pb. Os dados disponíveis no momento indicam a existência de uma vida útil da mina por mais seis anos de operação ao ritmo atual (1,1 milhões de toneladas de ROM/ano).

A mina foi inaugurada em maio de 1988 e a lavra do minério em Morro Agudo é subterrânea e o método de lavra empregado é de “câmaras e pilares”. O acesso aos corpos de minério é realizado por meio de uma rampa de transporte que leva à níveis espaçados verticalmente de 33 metros. A partir dos níveis de acesso são abertas rampas de produção e posteriormente, as câmaras de lavra. A frente de lavra tem dimensões médias de 10 m de largura por 10 m de altura e com extensão correspondente à dimensão do corpo do minério.

Em 2007 a mina produziu um total de 999.042 t de ROM. O minério e o estéril são desmontados utilizando-se explosivos, carregados em carregadeiras frontais e transportados por caminhões até as passagens de minério ou de estéril, equipadas com uma grelha com abertura de 500 mm na alimentação. Cada passagem possui um silo, com capacidade para 1.400 t de minério e para 1.000 t de estéril. Os silos estão situados no nível 283 m e desses, o minério ou o estéril, alimenta o “skip” por meio de uma correia transportadora. A razão média de estéril/minério da mina é de 1:5 (Figura 1.). O escoamento da produção ROM é realizado com o auxílio de caminhões fora de estrada com capacidade entre 25 a 30 toneladas até uma estação de silagem do minério bruto. Do silo da estação de silagem o minério é içado para a superfície por meio de um “skip” com capacidade operacional de 10 toneladas que opera em um poço de cinco metros de diâmetro e 316 metros de profundidade

O material transportado pelo “skip” é descarregado em uma calha com a finalidade de direcioná-lo, se minério ou estéril, para as etapas posteriores de processamento. O estéril segue para um silo, onde posteriormente é carregado com carregadeira frontal em caminhões para o bota-fora; caso seja minério, é descarregado em um alimentador vibratório e em seguida submetido ao beneficiamento.

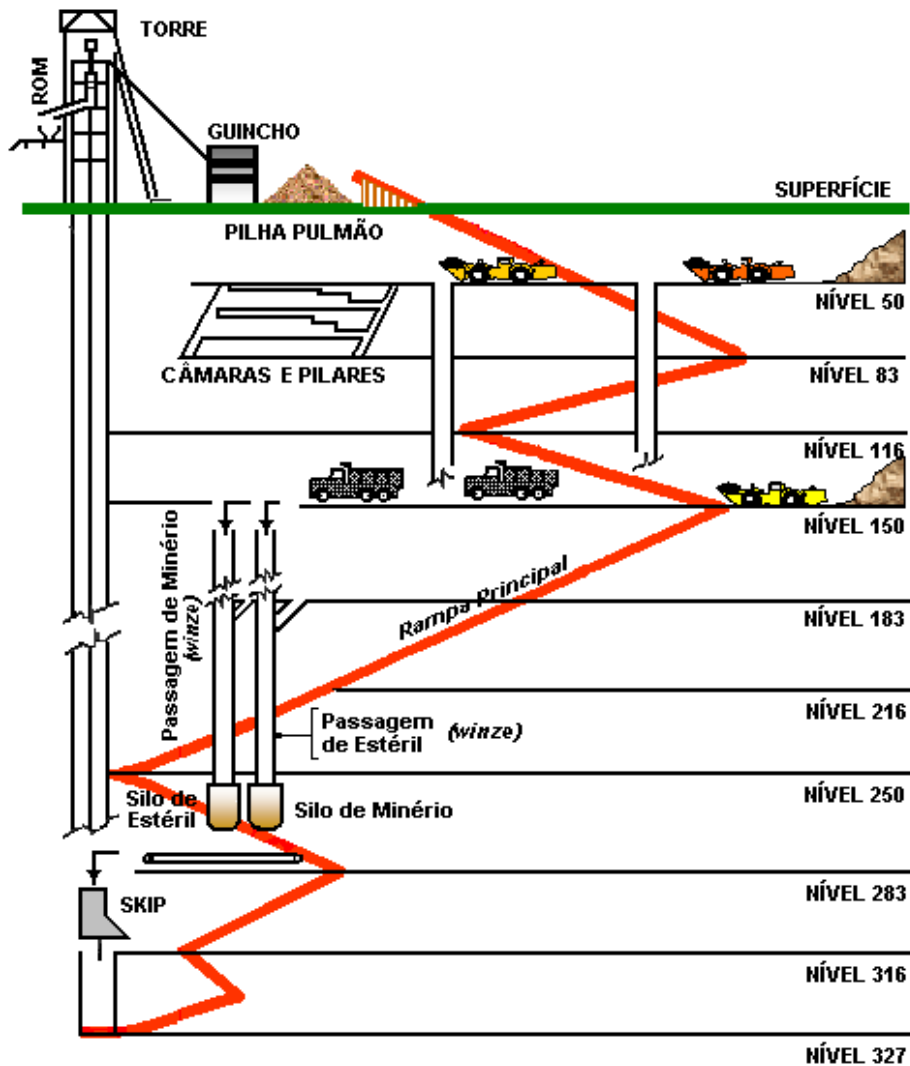
As principais etapas do beneficiamento do minério sulfetado de chumbo e zinco da mina são: britagem, homogeneização, moagem, flotação da galena, flotação da esfalerita, filtração do concentrado final de chumbo e filtração do concentrado final de zinco.

4.6.1.1 Circuito de cominuição

O minério lavrado após ser descarregado e transportado em um alimentador vibratório, sofre uma britagem primária em um britador de mandíbulas com capacidade de 170 t/h para aberturas de saída de 76 e 89 mm. O produto da britagem apresenta granulometria inferior a 89 mm. Por correia transportadora o minério é submetido a uma britagem secundária em um britador cônico, com capacidade de 170 t/h. O produto com granulometria menor que 21 mm é conduzido por correia transportadora até uma peneira vibratória de três deques com aberturas de 20, 12,7 e 10 mm, com capacidade de 200 t/h.

COMPANHIA MINEIRA DE METAIS - CMM

MINA SUBTERRÂNEA



Fonte: CETEM - MCT

Figura 1. Fluxograma operacional da mina de Morro Agudo

As frações menores são transportadas para uma pilha pulmão com capacidade de 600 t. Desta pilha o minério é submetido a uma britagem terciária em circuito fechado com a peneira vibratória. A fração de diâmetro menor que 10 mm é levada por correia transportadora até a pilha de homogeneização, formada com o auxílio de um carro de translação, com capacidade de estoque de até 10.000t. Sob a pilha localizam-se cinco alimentadores vibratórios, com capacidade de 25 t/h cada. Os alimentadores são calibrados de forma a alimentar, por correia transportadora, a etapa de moagem a uma taxa de 75 t/h de minério.

A moagem do minério é realizada por dois moinhos de bolas paralelos. O moinho 1 responde por 70% da massa de alimentação e o moinho 2 por 30%. A alimentação horária total do circuito está em 125 t/h. Os moinhos possuem um revestimento de borracha e um fator de enchimento de bolas de 37%. Na alimentação dos moinhos é adicionada água na razão de 0,58m³/t de minério, de modo a se obter uma percentagem de sólidos, em peso, de cerca de 60%. O consumo de bolas é de cerca de 380 g/t de minério.

A moagem está em circuito fechado com uma bateria de dez ciclones (hidrociclones) “vortex finder” de cerâmica, o produto “underflow” retorna para o moinho e o “overflow” é conduzido para as etapas de flotação.

4.6.1.2 Circuito de flotação da esfalerita

A percentagem de sólidos na alimentação dos ciclones é de 30% em peso, obtida com a adição de 120 m³/h de água na descarga do moinho. À descarga do moinho são adicionados também carbonato de sódio e cal para corrigir o pH da polpa para uma faixa de 9,7 a 9,8, uma vez que o produto “*overflow*” da bateria de ciclones será submetido à flotação.

Inicialmente da polpa é flotada a galena e posteriormente a esfalerita. O “*overflow*” dos ciclones é condicionado em um condicionador de 55m³, com coletor isopropil xantato para a galena.

O processo de flotação da esfalerita é definido inicialmente pelo condicionamento da polpa por dois condicionadores onde é adicionado sulfato de cobre para ativar a esfalerita, e cal virgem para manter o pH na faixa 12,6 – 12,8. A seguir, esta polpa é tratada com isobutil xantato, elemento coletor da esfalerita.

O processo de flotação da esfalerita envolve as etapas *rougher*, *scavenger*, *cleaner 1*, *cleaner 2* e *cleaner 3*. O rejeito da etapa *rougher* alimenta as células *scavenger* cujo concentrado retorna para a alimentação da etapa *rougher*. O rejeito *scavenger* é o rejeito final da usina e é conduzido para a bacia de decantação. O concentrado *rougher* é classificado em uma bateria de oito ciclones *vortex finder*, que resulta em um produto com diâmetro de corte de 30 µm.

O concentrado da etapa *cleaner 3* é o concentrado final da flotação da esfalerita que apresenta um teor médio de 48% de zinco, um teor máximo de 2,5 % de chumbo, resultando em uma recuperação média de 89% de Zn. O concentrado final é conduzido para uma etapa de filtragem. A produção mensal média de concentrado de zinco é 6.800 t.

4.6.1.3 Controle de processo e atualidade tecnológica

O controle do processo de beneficiamento é realizado através de amostragens. Os pontos amostrados são o de alimentação da usina, o concentrado final da flotação da galena (etapa *cleaner 3*), o rejeito final da flotação da galena, que é a alimentação da flotação da esfalerita (etapa *scavenger*), o concentrado final da flotação da esfalerita (etapa *cleaner 3*) e o concentrado da etapa *cleaner 1*, bem como o rejeito final da flotação da esfalerita (etapa *scavenger*) que é o rejeito final da usina. São compostas duas amostras em duas horas a partir da coleta de incrementos a cada quinze minutos.

As análises químicas são obtidas por absorção atômica. Em fim, em cada batelada de filtragem são amostrados três incrementos em cada filtro, localizados em uma placa situada na porção inicial do filtro, outro na posição intermediária e outro na porção final. A tabela a seguir exemplifica um balanço de massa típico que ocorre na usina de beneficiamento da Mina de Morro Agudo.

As operações de lavra e beneficiamento de minério utilizadas atualmente pela Votorantim Metais, são conduzidas por técnicas e métodos modernos, compatíveis com uma organização de porte global, que prima pela aplicação das melhores técnicas e práticas operacionais.

Salienta-se o fato do Grupo Votorantim manter em sua organização grupos de estudo e análise para melhoria da qualidade e desempenho e, através da Universidade Corporativa sustentar programas contínuos de qualificação e atualização de seus colaboradores.

BALANÇO DE MASSA NA USINA DE MORRO AGUDO						
Agosto de 2008						
Produto	t/dia	%	Pb %	Zn %	Distribuição %	
					Pb %	Zn %
Alimentação	3.000	100,00	2,72	5,52	100,00	100,00
Concentrado Pb	100	3,33	71,12	4,23	86,96	2,55
Concentrado Zn	299,10	9,97	1,92	49,23	7,05	88,90
Rejeito	2.601	86,70	0,19	0,54	5,99	8,55

Fonte: CETEM - MCT, atualizado em 2009.

Tabela 6. Balanço de massa na usina de Morro Agudo

4.6.2 MINERAÇÃO EM VAZANTE

A jazida de Vazante situa-se a sete quilômetros da sede do município e é constituída por minério de zinco, hospedado em rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Bambuí. Na jazida diferenciam-se dois tipos de minério de zinco, ambos extraídos na mina de Vazante.

Nas camadas mais superficiais, a intemperização do mineral de minério de willemita ($ZnSiO_4$) origina um minério oxidado constituído essencialmente por hemimorfita [$Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$].

O mineral de minério que predomina na jazida superficial de Vazante, lavrada à céu-aberto, é a hemimorfita e o mineral de minério dominante na mina subterrânea é a willemita. Raros e pequenos corpos de willemita que afloram na superfície são lavrados a céu-aberto e tratados juntamente com o minério proveniente da mineração subterrânea.

O minério da jazida de Vazante contém os seguintes minerais de ganga: quartzo, dolomita, argilominerais, hematita e goethita.

A mina de Vazante é de grande porte e apresenta uma operação mista: lavra a céu-aberto e lavra subterrânea.

4.6.2.1 Lavra a céu-aberto

A lavra a céu-aberto acompanha a orientação do corpo de minério de calamina (hemimorfita), de direção NE-SW estreito e alongado, que também se estende devido um processo de remobilização hidrotermal para fraturas de direção NW. A maior parte do minério é lavrado em bancadas por escavação mecânica, sendo uma pequena porção submetida a desmonte com o uso de explosivos convencionais. O material escavado é transportado por caminhões até o britador primário, dando início ao processo de beneficiamento do minério.

O volume lavrado é da ordem de 415.000 t/ano (ROM), com o minério apresentando um teor médio de zinco de 10,0% e o volume de estéril removido é de 3 milhões de toneladas que é disposto em um depósito de estéril controlado, em forma de aterro ascendente, devidamente compactado e aplainado em bancadas com 10 metros de altura.

O processo de lavra é realizado por uma cava longitudinal, ao longo da direção do corpo mineralizado, definida por bancadas de 5 e 10 metros de altura e bermas de 3 ou 4 metros de largura, a depender da qualidade da rocha. O avanço da cava se dá em bancadas propriamente ditas ou por rampas.

O transporte da mina é terceirizado e é realizado utilizando caminhões fora de estrada, com capacidade de 30 toneladas, até o pátio de estocagem para as diferentes categorias de minério, bem como suas classes de teor: minérios pobres ($Zn < 11,5\%$) e ricos ($Zn > 11,5\%$). O transporte do minério do pátio de estocagem até a britagem é feito por meio de caminhões *truck* com capacidade de 25 t..

4.6.2.2 Beneficiamento do minério oxidado

O beneficiamento do minério consiste em britagem, moagem, deslamagem, flotação, espessamento e filtragem do concentrado e disposição de rejeito na barragem.

A britagem é feita em dois estágios, com uma taxa de alimentação de 101,5 t/h. O minério ROM é alimentado por alimentador de placas em grelha fixa de 1,0x 2,0m. O material retido na grelha alimenta um britador de mandíbulas primário, enquanto que o material passante se junta ao britado e alimenta uma peneira vibratória, dotada de tela de 1 ¾ de polegada. O retido na peneira alimenta dois britadores de mandíbulas secundários e o produto britado fecha circuito com a peneira. O passante da peneira alimenta o circuito de moagem.

A moagem primária é feita em dois estágios. O primeiro moinho de bolas opera em circuito aberto e tem função, além de moer, de desagregar torrões que se formam com frequência devido à umidade do minério. A desagregação dos torrões libera os finos naturais para a separação por ciclones, sem passar pela segunda etapa de moagem em moinho. A descarga do moinho tem um *trommel* e o material grosso, refugado é alimentado ao segundo moinho. O passante do *trommel* se junta à descarga do segundo moinho na caixa de bomba que alimenta a bateria de ciclones.

O segundo moinho de bolas é alimentado com os grossos refugados no *trommel* da descarga do primeiro moinho e com o *underflow* dos três hidrociclones, que operam em circuito fechado. O *overflow* dos ciclones constitui a alimentação da etapa de deslamagem.

A deslamagem é formada por um circuito de sete ciclones, que resulta no pré-concentrado de calamina e o descarte de lama com teor médio de 7,5% Zn.

O circuito de flotação de calamina é relativamente simples, com uma etapa de condicionamento e flotação em células mecânicas convencionais em circuito do tipo contracorrente com quatro etapas *rougher*, *scavenger* da *rougher*, *cleaner* e *scavenger* da *cleaner*. O rejeito da flotação é reunido às lamas que são descartadas na barragem de rejeitos.

A planta é bem instrumentada e a amostragem é realizada por amostradores automáticos, sendo feitas análises químicas com frequência regular de duas horas.

O processo é monitorado diariamente através de testes-padrão de flotação em laboratório. Desvios de comportamento na usina em relação ao resultado do teste-padrão, indicam anomalias no processamento industrial e possibilitam a tomada de ações corretivas.

4.6.2.3 Lavra subterrânea

As reservas de willemita são bem mais expressivas que as atuais reservas lavráveis, mas para aumentar as reservas é necessário investir em novas e mais profundas instalações subterrâneas de bombeamento de água.

A lavra subterrânea é realizada por três métodos: C&A – Corte e aterro, com abandono de pilares, aplicado acima do nível 500, onde o minério é muito irregular e apresenta um baixo mergulho (30 a 40°); S&F – *Sublevel and fill*, onde o mergulho é superior a 55° e VRM – *Vertical retreat mining*.

A mina subterrânea é separada horizontalmente através dos corpos mineralizados (Lumiadeira, Morro da Usina e Sucuri) e verticalmente entre os níveis de trabalho, os quais são definidos em função do método de lavra e, conseqüentemente, do tamanho dos painéis de lavra.

O minério é carregado nas frentes de lavra por sete carregadeiras tipo LHD em treze caminhões com capacidade entre 18 e 50 toneladas, sendo transportado para a superfície através de rampa, onde é descarregado em pilhas de estocagem e triagem. A retomada por carregadeiras e caminhões, para transporte até a planta de britagem de willemita, por estrada interna de terra, é feita por terceiros.

O beneficiamento consiste em britagem, moagem, flotação, espessamento e filtragem de concentrado e disposição de rejeito em barragem.

4.6.2.4 Beneficiamento do minério silicatado

O processo de beneficiamento inicia com uma britagem feita em três estágios, sendo que a primária é em circuito aberto e as britagens secundária e terciária operam em circuito fechado. O minério ROM é alimentado por um alimentador de placa de 1,0 por 5,0 m a um britador de mandíbulas primário. O produto do britador primário é enviado para a peneira vibratória, com passante em 30 mm sendo enviado à peneira secundária. O retido na peneira primária, acima de 30 mm, passa por um britador cônico secundário, com o produto rebitado sendo retornado à peneira primária. O passante na peneira vibratória secundária é o produto final e o retido passa por um rebitador cônico que opera em circuito fechado com a peneira secundária.

O minério britado é empilhado em um pátio por empilhadeira móvel de lança basculável, não giratória. O minério é retomado com uma retomadora/raspadora do tipo ponte, com ancinho duplo, sendo alimentado ao silo da brita que alimenta a moagem.

Um alimentador de correias extrai brita do silo da moagem e alimenta o moinho de bolas. O moinho opera em circuito fechado com três ciclones de 15 polegadas. O *overflow* dos ciclones é a alimentação da flotação.

4.6.2.5 Flotação de willemita

A exemplo do que ocorreu com o circuito de concentração da calamina o da willemita foi originalmente estruturado com duas etapas de condicionamento, e flotação contracorrente com etapas, *rougher*, *scavenger* da *rougher*, *cleaner* e *scavenger* da *cleaner*. Em 2004, uma modificação no circuito, visando a recuperação de zinco, consistiu em prover nova alimentação da flotação na etapa *scavenger* da *cleaner*. Esta modificação foi adotada por ter sido verificado que os teores de alimentação e rejeito eram muito semelhantes, ou seja, flotava-se muito pouco nesta etapa.

Com a nova configuração, o tempo de residência foi reduzido e o concentrado obtido é um produto de mais elevado teor que é integrado ao concentrado da etapa *cleaner* para compor o concentrado final.

O rejeito final da flotação é espessado para recuperar a água do processo e é descartado por gravidade até a barragem de rejeitos, separadamente das lamas e do rejeito de flotação da calamina, para uso como material de alteamento da barragem.

4.6.2.6 Controle de processo e atualidade tecnológica

Em 2004 foram implantados sistemas especialistas (*expert systems*) para controle e estabilização dos circuitos de moagem e flotação, baseados em *fuzzi logic*. As informações primordiais utilizadas pelo sistema são: resultado *on line* do medidor de tamanho de partículas no *overflow* dos ciclones, na moagem e imagens de espuma, na flotação, onde todas as células de flotação possuem câmeras de vídeo que monitoram a qualidade e velocidade de descarga de espuma.

Trabalhos de pesquisa operacional realizados no laboratório de processo e na planta piloto de Vazante permitem melhorias contínuas no processo de flotação e o processo é monitorado diariamente através de testes-padrão de flotação realizados em laboratório. Desvios de comportamento na usina, em relação aos testes-padrão, indicam anomalias no processamento industrial e servem de alerta para que sejam realizadas intervenções corretivas no beneficiamento do minério.

A planta de processamento de willemita está equipada com o que há de mais moderno em instrumentos e sistemas para controle de processo. A amostragem no circuito de flotação é realizada por um sistema *on line* que possibilita maior controle do processo e garantia de qualidade do produto.

4.7 ASPECTOS AMBIENTAIS

4.7.1 Mina de Morro Agudo

A razão média estéril minério na Mina de Morro Agudo é da ordem de 1:5. Todo o estéril extraído atualmente é utilizado para preencher as galerias esgotadas (processo *back fill*). A pilha de estéril existente no pátio da mina será processada por uma empresa da região para o seu aproveitamento na forma de brita. A empresa que irá beneficiar o estéril já obteve a Autorização Ambiental para tal operação.

O material resultante do processo de beneficiamento do minério é constituído por pó calcário agrícola e pó calcário industrial. A geração destes dois resíduos foi provocada pela mudança da legislação em 2006, que determina os teores máximos de cádmio (Cd) e chumbo (Pb) contido em corretivos agrícolas. Na impossibilidade de adequar esse subproduto, a Votorantim Metais dividiu o manuseio dos rejeitos em dois circuitos.

O pó calcário agrícola, que corresponde a 75% da massa total e se enquadra nos critérios determinados pelo Ministério da Agricultura, é dispensado na barragem de rejeitos 01 e é posteriormente comercializado como corretivo agrícola. O pó calcário industrial, que corresponde a 25% da massa total, é dispensado na barragem de rejeito 02 através de um sistema de bombeamento de polpa e, após a sedimentação do calcário, a água é 100% recuperada e enviada para a usina de beneficiamento.

A bacia de rejeito 01 tem capacidade nominal para armazenar 1.800.000 m³ de material e é compartimentada em quatro bacias de deposição. Devido à presença de sulfatos, apenas a água é recirculada para a usina de tratamento e o material decantado, por ser rico em calcário dolomítico (21% de CaO e 16% MgO), é comercializado para utilização como corretivo de solo na agricultura. A mina possui dois depósitos de pó calcário com vida útil prevista até 2012.

A água de servidão da usina é utilizada em circuito fechado e o excedente de água nova, necessária para equilibrar as perdas no circuito, é captada do Ribeirão Escurinho.

A empresa possui outorga para uso da água do Ribeirão Escurinho, com vazão de até 50 litros por segundo, por períodos contínuos de até 12 horas por dia. Esta licença tem validade até maio de 2012. Desde 2006, a implantação do Projeto de redução de captação de água, baseado nos procedimentos de reuso da água de utilização industrial, tem resultado na redução progressiva do consumo de água nova.

Os efluentes líquidos gerados no empreendimento são direcionados para a ETEI (Estação de Tratamento de Efluentes Industriais), com lançamento final no Córrego Morro Agudo após a o devido monitoramento ambiental da qualidade da água, em cumprimento aos condicionantes estabelecidos na licença de operação da usina.

A Votorantim Metais mantém convênios e parcerias com diversas entidades vinculadas com ações de sustentabilidade ambiental, a exemplo do Centro de Treinamento e Educação Ambiental, para a produção de mudas de espécies nativas; com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente no auxílio à coleta seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU.

A Votorantim Metais ainda participa ativamente de campanhas visando a erradicação do trabalho infantil e de apoio ao Movimento Verde de Paracatu.

4.7.2 Mina de Vazante

Na operação de lavra a céu-aberto a relação estéril minério é de 1:7, 5. Em 2007 a quantidade de minério extraído (ROM) foi de 400.000 toneladas enquanto que foram removidos 3.000.000 t de estéril que foi disposto em depósito em forma de aterro ascendente, devidamente compactado e aplainado em bancadas de 10 metros de altura e ângulo de face de 35°.

A razão média estéril minério na mina subterrânea de Vazante é da ordem de 2:1. Todo o estéril extraído atualmente é utilizado para preencher as galerias esgotadas (processo *back fill*). A pilha de estéril existente no pátio da mina será processada por uma empresa da região para o seu aproveitamento na forma de brita. A empresa que irá beneficiar o estéril já obteve a Autorização Ambiental para tal operação.

O material resultante do processo de beneficiamento do minério é constituído por pó calcário agrícola e pó calcário industrial sendo parte posteriormente comercializada como corretivo agrícola.

Os efluentes líquidos gerados no empreendimento são direcionados para a ETEI (Estação de Tratamento de Efluentes Industriais), com lançamento final na rede hídrica, após a o devido monitoramento ambiental da qualidade da água, em cumprimento aos condicionantes estabelecidos na licença de operação da usina.

Nos últimos anos o empreendimento tem sofrido diversas ações movidas por organizações não governamentais e pelo próprio Ministério Público relacionadas à polêmica questão da preservação das cavernas calcárias e o bombeamento promovido pela VMZ para o deságue das galerias da mina subterrânea.

A mina de Vazante localiza-se em rochas calcárias em uma região de formação de dolinas devido à erosão cárstica, que origina cavernas de grandes dimensões, motivo de pesquisa por espeleólogos e protegidas pela legislação ambiental.

O processo de mineração subterrânea em Vazante requeria inicialmente o bombeio de aproximadamente 2.000 m³/h de água, porém com o aumento da produção e aprofundamento das galerias de extração, em 1999 passou a bombear 7.000 m³/h. Tal fato chamou a atenção de pesquisadores que passaram a temer que o aumento do bombeio de água provocasse o afundamento de algumas áreas provocando o surgimento de dolinas e afetasse a estabilidade das cavernas existentes no local. O projeto de expansão da mina deverá requer novo aumento do volume de água bombeado para um total de 16.000 m³/h, conforme pedido de outorga junto aos organismos ambientais do Estado de Minas Gerais.

A questão ainda não tem uma posição conclusiva por parte dos órgãos ambientais e existe grande pressão por parte de diversas sociedades civis no sentido de impedir a sua autorização. A pendência ambiental poderá vir a impedir a realização do previsto plano de expansão da capacidade da mina.

4.8 PRODUÇÃO DE MINÉRIO DE ZINCO E DO SEU VALOR

A tabela 8 a seguir, apresenta os valores históricos da produção de zinco contido no concentrado a partir da atividade de mineração localizada no país. No período de trinta anos, abrangido pelo levantamento, a produção passou de um patamar de 25.500 t/ano para a atual produção de 194.000 t/ano. O crescimento da produção se fosse considerado uma taxa de crescimento linear indicaria uma progressão da ordem de 7,00% a.a., bastante expressiva por si só. Porém, deve levar-se em consideração que a taxa de crescimento foi muito modesta nos primeiros vinte anos do período e que somente na última década o crescimento apresentou taxa surpreendentes de crescimento que atingem em média 17% a.a.

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE ZINCO NO BRASIL							
toneladas							
Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção
1978	25.445	1986	40.267	1994	56.820	2002	136.330
1979	31.699	1987	43.212	1995	63.816	2003	152.822
1980	34.296	1988	50.547	1996	42.712	2004	158.962
1981	31.325	1989	57.992	1997	45.790	2005	170.659
1982	37.506	1990	51.358	1998	37.789	2006	185.214
1983	38.847	1991	42.250	1999	98.500	2007	194.000
1984	36.949	1992	48.425	2000	100.254		
1985	40.238	1993	55.835	2001	111.432		

Fonte: DNPM, Mineral Data – CETEM

Tabela 7. Evolução da produção de concentrado de zinco no Brasil

A vigorosa taxa de crescimento registrada na última década é reflexo da aceleração da atividade econômica e particularmente da indústria siderúrgica nacional, o segmento de maior demanda setorial de zinco.

Apesar da crise financeira que afeta atualmente todas as economias mundiais, surgem indícios de que o Brasil será proporcionalmente menos afetado e sua atividade econômica dá sinais de resistência, suportada por medidas governamentais que tem prevenido a queda do consumo de bens duráveis como veículos, eletrodomésticos, etc. grandes demandadores do metal, fato que poderá amenizar os efeitos perversos da crise no segmento.

De qualquer forma, como a produção de concentrados de zinco no país é insuficiente para atender a demanda interna, sendo para isto complementada pela importação de concentrado, o fenômeno não deverá repercutir sobre a produção mineira no país.



Figura 2. Gráfico da produção de concentrado mineral no país

Na composição do preço do zinco a mineração participa com uma margem média de aproximadamente 28 a 29% do preço LME do metal.

Uma análise dos preços do zinco em relação ao custo total de produção permite a constatação de que preços do zinco abaixo de US\$ 1.100/t não remuneram adequadamente os grandes investimentos em mineração. Outro elemento balizador do preço do zinco no mercado vem a ser a política da China de intensificar a oferta de zinco no mercado ocidental, caso haja oscilações no preço para patamares superiores a US\$ 1.250/t.

O caso brasileiro apresenta variáveis específicas definidas pela peculiaridade do mercado produtor e transformador.

A Votorantim Metais Zinco é uma organização totalmente integrada na produção de zinco, desde a extração de concentrado até a metalurgia de produtos de zinco (Zinco SHG em lingotes, liga de zinco GA, liga de zinco Zamac, óxido de zinco e pó de zinco), sendo que toda a produção de concentrado de zinco destina-se a empresas do mesmo grupo.

Por outro lado, a produção de concentrado de zinco da Votorantim Metais é insuficiente para suprir a sua própria demanda, sendo necessário importar aproximadamente 37% do total do concentrado consumido. Os custos de transferência de uma unidade de processamento para os outros elos da cadeia produtiva do zinco são regidos por vantagens creditícias, fiscais e tributárias que incidem em cada etapa do processo produtivo. Desta forma tais custos não podem ser considerados efetivos para a estimativa de valor da produção mineral nacional.

PREÇO DO ZINCO CONTIDO NO CONCENTRADO VALOR DA PRODUÇÃO MINEIRA NACIONAL			
Indicadores	2005	2006	2007
Preço Σ US\$ /t FOB*	436,66	1.072,60	1.363,08
Produção de t de Zn no concentrado	171.000	185.000	194.000
Valor US\$ x 10³	74.668	198.431	264.437

* Preço médio do concentrado importado

Fonte: DNPM, USGS Minerals Yearbook –Zinc

Tabela 8. Preço do concentrado e valor da produção mineira nacional

Visando evitar distorções, para estimar o valor da produção mineral foram considerados os custos médios do concentrado mineral praticados no mercado internacional. Estimando-se uma produção de 200.000 t de zinco no concentrado, para o ano de 2008, e um valor médio de US\$ 1.300,00/t, conclui-se que o valor atual da produção de concentrados de zinco no país é da ordem de US\$ 260 milhões. Projeta-se para 2009 uma produção ao mesmo nível de 2008, e que o preço do concentrado mantenha-se próximo ao mesmo valor.

4.9 EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO PREÇO DO ZINCO

A tabela abaixo figura a variação dos preços do zinco contido no concentrado e do zinco eletrolítico, em valores de dólar americano corrigidos para 2008.

Considerando-se a Bolsa de Metais de Londres (LME) como representativa para efeito de análise dos preços do zinco eletrolítico no mercado mundial, verifica-se que no período entre 1988 1995 os preços variaram entre os limites de US\$ 1.000,00/t e US\$ 1.100,00/t. A partir de 1995 os preços ultrapassaram este patamar e atingiram US\$ 1.315,00/t em 1997. De 1998 a 2001 os preços voltaram a oscilar próximos ao nível de US\$ 1.000,00/t, para posteriormente apresentar oscilações de baixa que culminaram no limite inferior de US\$ 778,00/t em 2002.

A partir de 2002, impulsionado pelo aquecimento global da demanda por insumos básicos, o zinco passou a apresentar preços crescentes que atingiram seu ápice ao final de 2006. O significativo aumento do preço estimulou os investidores a ampliar a capacidade de produção das minas e das refinarias. A partir de 2005 a capacidade mundial de produção das minas e das refinarias tem crescido constantemente resultando no fato do mercado tornar-se superavitário a partir de 2007, quando os preços começaram a se retrain. O aumento da oferta reduziu inicialmente o nível dos preços que a partir de meados de 2008 sofreu uma acentuada queda como reflexo do impacto da crise financeira mundial, originada nos Estados Unidos e disseminada posteriormente pelas principais economias mundiais.

Com os preços em queda, os produtores reduziram a produção de concentrados e de zinco eletrolítico ao final de 2008, mesmo assim a demanda continuou fraca e os estoques continuam a aumentar, variando entre os limites de 150.000 e 200.000 toneladas.

Em meados de 2009, a expectativa é de que os preços do zinco flutuem entre os patamares de US\$ 1.300 e 1.200,00/t enquanto a economia mundial se mantiver em recessão ou em crescimento vegetativo.

PREÇOS DO ZINCO US\$ FOB*		
Período	Preço do Zinco t. no concentrado	Preço do Zinco metálico
1997	575,92	1.757,17
1998	443,22	1.346,77
1999	422,61	1.269,10
2000	426,87	1.391,32
2001	342,97	1.127,72
2002	256,43	926,19
2003	303,30	966,08
2004	387,43	1.245,51
2005	477,59	1.499,91
2006	1.144,56	3.493,09**
2007	1.414,88	3.356,02
2008	967,78	1.301,00

* Valores em dólar americano de 2008 do concentrado de zinco importado.

**Preço máximo US\$ 4.928,77/t em novembro de 2006

Fonte: DNPM; USGS – Minerals Yearbook

Tabela 9. Preços do concentrado de zinco importado

4.10. INVESTIMENTOS NA MINERAÇÃO DE ZINCO

Na mineração de zinco destacam-se três tipos de investimentos: a) investimentos em prospecção e pesquisa mineral, com o objetivo de identificar novas reservas ou ampliar reservas minerais já identificadas e b) investimentos no desenvolvimento de mina e na expansão de suas operações e c) investimento em unidades metalúrgicas.

O registro histórico em prospecção mineral ao longo dos últimos 30 anos identifica que o investimento total realizado neste segmento foi de US\$ 123.982.512,00, em valores de dólar deflacionados e relacionados ao dólar médio de 2008. Neste mesmo período o volume de reservas de zinco adicionadas ao parque nacional foi de 4.593.091 toneladas de zinco contido no minério *in situ*, que resulta na proporção de US\$26,99 por tonelada de reserva de zinco adicionada.

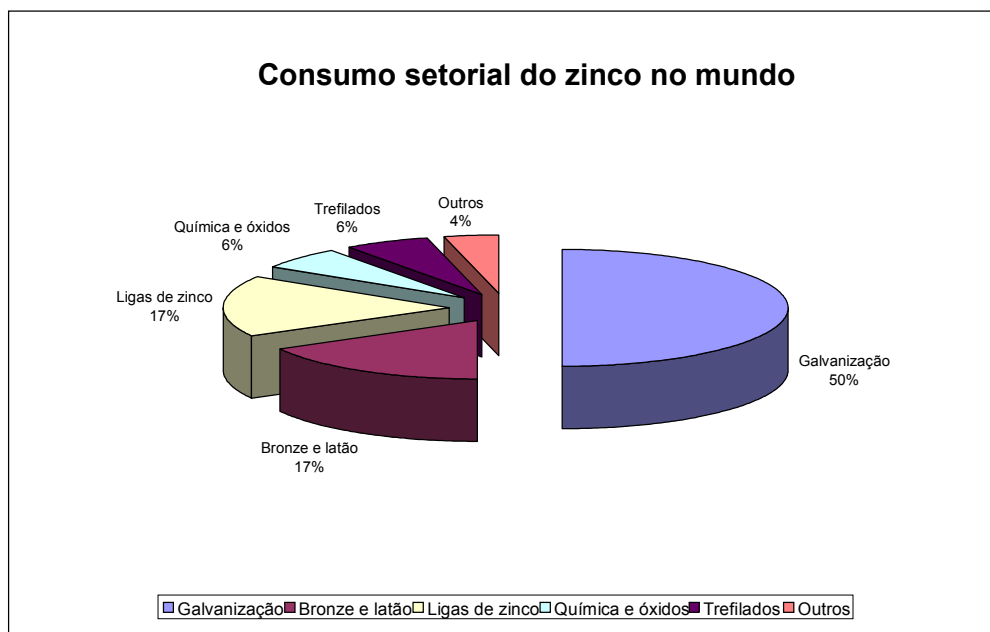
O total dos investimentos realizados para a expansão da operação mineira e seu desenvolvimento acumulou no período o valor de R\$ 1.269.348.812,00, em valores deflacionados a 2008. Considerando-se que no mesmo período de vinte anos de referência foi adicionada uma capacidade produtiva de 168.555 t de Zn contido no concentrado, calcula-se que foi necessário um investimento médio de R\$ 7.530,77 para cada tonelada de capacidade operacional adicionada.

5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA MINERAÇÃO DE ZINCO

Merece destaque o seu uso na galvanização (como revestimento protetor, obtido por meio da imersão ou eletrodeposição) de aços estruturais, folhas, chapas, tubos e fios, ou também como anodo de sacrifício para proteção catódica de aço ou ferro. No primeiro caso, são formadas camadas de óxido ou carbonato sobre o metal galvanizado ou zincado quando em presença de umidade, o que inibe a corrosão dos metais revestidos.

A demanda no uso final do zinco para galvanização cresce mais rapidamente em relação a outras utilizações. Esta aplicação foi responsável por aproximadamente de 50% do consumo do metal no mundo e 55% do zinco consumido no Brasil em 2007. Atende aos setores automobilísticos (39,9%), de construção civil (13,1 %), de utensílios domésticos e comerciais (7,6%) e outros com menor participação.

O consumo global de zinco apresenta a seguinte distribuição por segmento de utilização:



Fonte: ILZSG.

Figura 3. Consumo setorial de zinco no mundo

Os latões e bronzes são usados em acessórios elétricos e em várias outras aplicações. Os laminados têm como principal campo de aplicação o uso em pilhas e em baterias.

Os principais compostos de zinco são os óxidos (ZnO), utilizados nas indústrias cerâmicas e das borrachas e ainda na fabricação de tintas. O sulfato de zinco ($ZnSO_4$) tem aplicação na indústria têxtil e no enriquecimento de solos pobres em zinco. O cloreto de zinco é usado para preservar madeiras, e como desodorizante em diversos fluidos. Este composto pode também ser usado em pilhas secas e tintas.

O zinco desempenha um papel vital no desenvolvimento animal. Uma dieta rica em zinco diminui o risco de hemorragias e melhora a cicatrização de feridas. Na agricultura, o zinco, é usado como suplemento nutritivo para promover o crescimento das plantas.

O zinco é um metal que permite a reciclagem sem qualquer perda das suas propriedades físicas ou químicas. Atualmente 80% do zinco disponível para reciclagem sofrem processamento, sendo que 30% da oferta mundial de zinco vêm do zinco reciclado. Os 70% restantes originam-se de minérios de zinco (zinco primário).

Apenas a reciclagem de latão recupera mais de 600.000 t de zinco por ano. Estima-se que a oferta de sucata de aço revestido com zinco aumente em mais de 50% nos próximos dez anos. Devido à sua longa vida útil da maioria dos produtos de zinco que, em alguns casos, podem durar mais de 100 anos sem manutenção, uma grande quantidade do zinco produzido no passado ainda é utilizada, constituindo um recurso valioso e sustentável de zinco para as gerações futuras.

O zinco pode ser reciclado das operações de fabricação e processamento (“sucata de processo” ou “nova sucata”) como folha de zinco e pedaços e rebarbas de aço galvanizado, resíduos galvanizados, retornos de fundição sob pressão, sucatas de usinagem de latão, reciclagem de aço. Também pode ser resultante de produtos descartados (“resíduos pós-consumo” ou “sucata velha”) como automóveis, pneus, aparelhos domésticos, componentes eletrônicos, mobiliário de rua, peças galvanizadas de prédios, telhados e calhas de zinco desmontadas.

Os produtos feitos de zinco ou revestidos com zinco são muito duráveis. Assim, o intervalo entre o uso do zinco para a fabricação de um produto e seu retorno para o circuito de reciclagem como sucata pode demorar mais de um século.

CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS DE ZINCO		
Produtos	Usos	Ciclo de vida
Chapas de zinco	Telhados	> 100 anos
	Revestimentos	> 200 anos
Produtos de latão	Diversos	> 10 anos
Peças unitárias	Veículos, aparelhos, ferragens.	10 a 15 anos
Revestimentos galvanizados	Veículos, telhados e revestimentos de edifícios	10 a 15 anos
Produtos diversos	Instalações industriais, rodoviárias e usinas elétricas	> 25 anos
Produtos químicos e compostos	Pneus, produtos de borracha	1 a 5 anos

Fonte: ILZC.

Tabela 10. Ciclo de vida dos produtos de zinco

6. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE MINÉRIO DE ZINCO

6.1 CENÁRIO MUNDIAL

O mercado de zinco é subordinado aos diversos fatores que influenciam o atual cenário de economia global e que geram incertezas sobre a duração do presente ciclo da mineração. O setor de zinco tem se posicionado no grupo que aposta no continuado crescimento, com a expansão das unidades de mineração e metalurgia. De forma similar ao que tem ocorrido com outros metais, também no caso do zinco fusões e aquisições alteram a lista dos principais produtores mundiais, que visam consolidar suas posições no mercado.

Depois de quase dois anos de euforia, desde o déficit ocorrido ao final de 2007, o mercado passou a ofertante, registrando-se uma oferta maior que a demanda.

O Instituto Internacional de Zinco e Chumbo (ILZSG) previu um recorde excedente da ordem de 260,000 t em 2009. Caso ocorra, será o terceiro ano consecutivo de produção excedente seguindo de perto 2007-2008 quando foi registrada uma oferta excedente de 300,000 t.

Como reflexo da crise financeira que se disseminou nas economias dos países desenvolvidos, técnicos do ILZSG prevêem para a primavera de 2009 uma queda mais acentuada na produção mineira global (cerca de 6 %) em relação à produção de metal refinado (4 %). Em resposta ao colapso do preço do zinco que precedeu o tumulto financeiro global no final de 2008, o setor deverá registrar a suspensão das atividades em minas marginais e o adiamento de novos projetos.

A maior produtora de zinco metálico do mundo a empresa belga Nyrstar, em seu relatório de 2008 menciona que a indústria do Zinco respondeu à crise, iniciada em 2008, de forma mais

ampla, rápida e decisiva do que o previsto em quedas anteriores da demanda de zinco. A Nyrstar menciona uma queda na produção de 30 % no primeiro quadrimestre de 2009 em relação ao mesmo período de 2008, porém registra que a queda de produção no período foi causada apenas por especulação e “não reflete um encurtamento físico do mercado de concentrados de zinco e chumbo”.

É importante mencionar que importantes minas de zinco estão se aproximando rapidamente do fim de sua vida produtiva, a exemplo da empresa Sueca de Lundin que está antecipando o fechamento de sua mina de Galmoy na Irlanda, projetada anteriormente para 2011, para 2009. A mesma empresa também encerrou as atividades sua mina Storliden, na Suécia ao final do ano passado. A grande mina de Brunswick de propriedade da X-Strata também está se aproximando rapidamente do fim de sua vida útil.

Em períodos de elevada demanda questões como esta não parecem muito relevantes, porém o preço do zinco reflete outra tendência. A previsão de excedente do metal pode parecer grande, mas está rapidamente desaparecendo com o aumento da demanda da China o que pode levar este excedente a se tornar um déficit em um prazo relativamente curto.

A mineradora CBH reduziu a produção para se manter no “jogo”, e acredita em uma recuperação do mercado em um curto período de tempo, e por este motivo não pretende encerrar suas operações, mas fica a ressalva de que não irão produzir metal e concentrado com prejuízo, caso a situação do mercado não se equilibrar em um prazo razoável.

6.2 CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO

O consumo mundial de zinco metálico apresentou um crescimento médio levemente superior a 3,00 % a.a. ao longo dos últimos anos, porém é notável que o crescimento do consumo na região asiática que tem apresentado um crescimento nominal superior a 5% a.a. enquanto que o consumo na América tem apresentado um leve recuo e a Europa tem mantido um consumo relativamente constante da ordem de 2,9 milhões de toneladas anuais. Destaca-se o consumo da China que em 2008 registrou um consumo superior a 4,1 milhões de toneladas.

O consumo de zinco na China somente em 2005 cresceu 13%. A China é o maior consumidor mundial do metal respondendo por quase 30% do consumo total e absorvendo volume maior que todos os países da Europa.

Sendo a China o maior produtor e consumidor mundial do metal, o mercado do zinco mantém uma grande dependência do nível de atividade econômica deste país. Na China o zinco é utilizado principalmente na indústria siderúrgica e em processos de galvanização e como a indústria siderúrgica desse país tem apresentado grande expansão e não apresenta tendências de retração é previsível que o consumo de zinco continue elevado no futuro.

A maior parte da demanda chinesa por aço galvanizado provém da indústria da construção civil e de manufatura. A construção civil na China está sob pressão da maciça migração rural para os grandes centros urbanos e pelo forte impulso dos investimentos em infraestrutura. Por outro lado, o forte crescimento da indústria, particularmente da indústria automotiva, que atualmente representa o segundo maior mercado do mundo, constitui outro fator de pressão pela demanda de zinco.

Projeções de consumo no médio prazo, realizados pelo ILZSG, indicam um incremento médio da ordem de 2,6% a.a. que resultaria no consumo global de zinco de 14 milhões de toneladas em 2012. A China deverá manter a liderança do consumo do metal e apresentar uma taxa de crescimento anual superior a 6%.

O consumo médio de zinco na Europa é de 6,0 kg/habitante/ano e nos Estados Unidos é de 4,0 kg/habitantes/ano.

CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO x 10³ toneladas							
Regiões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	%
Ásia	4.664	5.245	5.572	5.781	5.976	6.104	54,00%
Europa	2.780	2.837	2.686	2.759	2.934	2.875	25,00%
América	1.958	2.126	1.904	2.036	1.922	1.874	16,50%
Oceania	267	263	253	273	252	281	2,50%
África	173	194	204	199	202	206	2,00%
Total mundial	9.841	10.666	10.617	11.049	11.286	11.340	100,00%

Fonte: ILZSG - Zn Statistics, 2009.

Tabela11. Consumo mundial de zinco

6.3 POSSÍVEIS SUBSTITUTOS DO ZINCO

Chapas galvanizadas podem ser substituídas por materiais como alumínio, plástico e até mesmo por aço especial. Fabricantes de automóveis, a exemplo da Mercedes Benz e Audi na Alemanha, têm lançado alguns modelos com carroceria de alumínio especial, porém o seu custo de produção ainda não se mostra competitivo para o emprego em modelos de linha convencional.

Alumínio, magnésio e plásticos em geral são os grandes competidores do zinco em coberturas anti-oxidantes em diversos materiais. Da mesma forma ligas de alumínio podem substituir o latão e muitos elementos podem substituir o zinco na fabricação de produtos químicos, eletrônicos e no uso em pigmentos.

Em síntese, o metal de maior potencial de substituição do zinco é o alumínio e seu potencial de substituição está diretamente relacionado ao custo relativo dos metais.

6.4 CENÁRIO NACIONAL

Historicamente a demanda de zinco no país apresenta uma taxa acelerada de crescimento, que supera a taxa de crescimento da economia nacional, impulsionada pela modernização e ampliação do parque siderúrgico e incremento da produção de chapas galvanizadas de maior valor agregado para atender às necessidades da indústria automobilística, da construção civil e de utilidades domésticas. Segundo o BNDES na década de 90 a taxa de crescimento do consumo do zinco na siderurgia foi aproximadamente 8,5% a.a. enquanto que nos demais setores a demanda de zinco atingiu 3,00% a.a..

As contínuas expansões executadas e previstas na indústria nacional do zinco contemplam principalmente a produção do metal, pois o atendimento das necessidades do metal exige a importação de concentrado de zinco para complementar a produção mineira e o suprimento de zinco “velho” resultante de reciclagem.

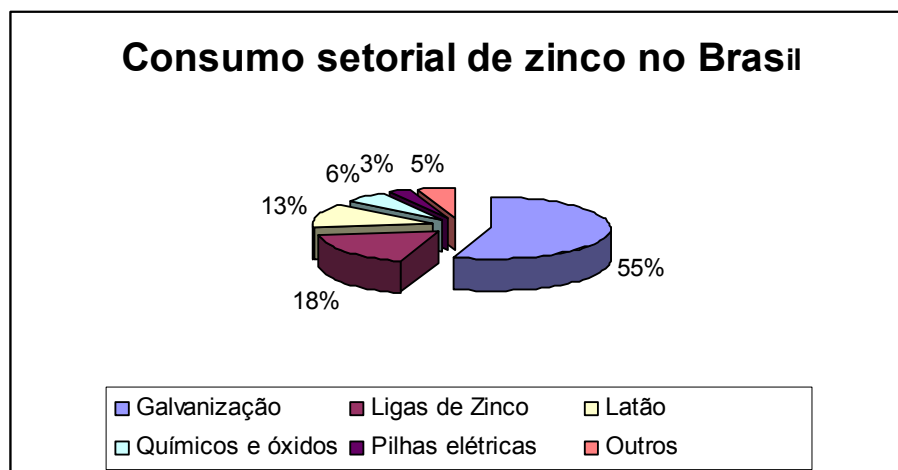
A produção de concentrado mineral e de zinco metálico é restrita aos Estados de Minas Gerais e Mato Grosso.

6.5 EVOLUÇÃO DO CONSUMO NO BRASIL

A tabela 12 salienta o consumo aparente do zinco ocorrido no país nos últimos 30 anos, período em que o consumo registrou um crescimento linear da ordem de 2,02 % a.a.. No Balanço Mineral Brasileiro realizado pelo DNPM no início da década, a taxa média de crescimento do consumo de zinco aferido no período 1988 a 2000 foi de 5,4% a.a., fato que indica que ao considerar-se um período histórico mais expressivo registra-se uma forte atenuação da taxa média de consumo.

O consumo de zinco metálico no Brasil tem a seguinte distribuição: Chapas zincadas a quente e chapas eletro galvanizadas: 55% ; ligas diversas de zinco: 18,00%; produção de latão:

13,00%; óxidos de zinco e produtos químicos: 6,00%; fabricação de pilhas elétricas: 3,00% e outras utilidades: 5%.



Fonte: DNPM

Figura 4. Consumo setorial de zinco no Brasil em 2007

A galvanização é o carro-chefe da demanda no país, com cerca de 55%. Nesse segmento são grandes clientes a Cia. Siderúrgica Nacional, Unigal, GalvaSud e Vega do Sul. A indústria de pneus responde por 8%, mesmo percentual da área de arames e do segmento de latão. Outro mercado importante é o cerâmico, com 5%.

O consumo de zinco e aço está muito vinculado. A demanda do metal chegou a alcançar elasticidade de 1,5 x em relação à expansão do PIB do país.

No país o consumo de zinco é de 1,35 kg/habitante/ano, índice reduzido em relação ao consumo registrado na Europa (6,0 kg/habitante/ano) e nos Estados Unidos da América (4,0 kg/habitante/ano).

6.6 PROJEÇÃO DE CONSUMO DE ZINCO NO PAÍS

Para a projeção do consumo de zinco para os próximos anos foi empregado o modelo de Intensidade de Uso (IU) que utiliza como parâmetro básico a relação do consumo do metal e do PIB per capita e com o auxílio de equações de regressão, permite projetar o consumo futuro, considerando-se cenários alternativos, desenhados em base de três hipóteses: Frágil, vigoroso e inovador, retratados na Tabela 12 e no gráfico da Figura 5.

EVOLUÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE ZINCO NO BRASIL							
toneladas							
Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo
1978	135.635	1986	158.618	1994	159.079	2002	208.015
1979	138.818	1987	197.426	1995	188.726	2003	218.000
1980	155.378	1988	144.665	1996	144.733	2004	237.874
1981	135.729	1989	150.061	1997	165.412	2005	219.540
1982	115.463	1990	132.280	1998	176.700	2006	226.233
1983	114.542	1991	129.669	1999	182.000	2007	248.751
1984	119.849	1992	119.300	2000	193.800	2008	240.000 (e)
1985	149.486	1993	143.362	2001	206.400		

Fonte: DNPM, Mineral Data – CETEM

Tabela 12. Evolução do consumo aparente de zinco no Brasil

O método de projeção de demanda baseado no modelo de intensidade de uso, introduz como variáveis os valores projetados do Produto Interno Bruto – PIB, a evolução da população,

a relação PIB/Capita, o preço do bem mineral, preço dos bens substitutos, a intensidade do uso do bem e os indicadores setoriais da indústria.

As estimativas são realizadas a partir da projeção da taxa média de crescimento, baseada em valores históricos e no crescimento médio dos últimos anos. Os dados relativos à projeção do crescimento do PIB foram fornecidos pelos ensaios realizados pelos economistas do Projeto Setal e a projeção da evolução demográfica foi baseada nos estudos do IBGE, revisão de 2008.

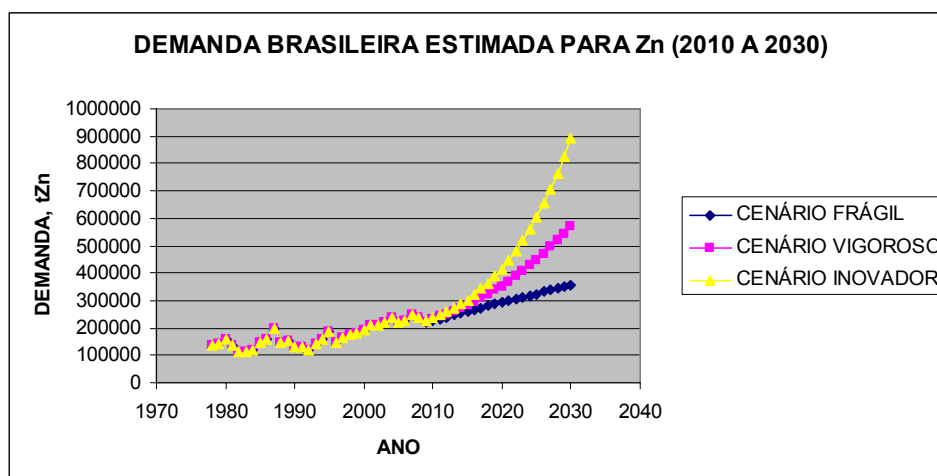


Figura 5. Demanda brasileira estimada para Zinco (2010- 2030)

A projeção do crescimento da demanda nos períodos dos planos plurianuais inseridos nos três cenários é identificada na tabela 8. da projeção da taxa de consumo aparente de zinco, considerada para o cálculo do volume da demanda futura de zinco.

A tabela 13 identifica os valores de consumo aparente de zinco projetado para os próximos vinte anos.

O exercício de projeção de consumo nacional de zinco até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda poderá ser de variável entre 360.000 a 890.000 toneladas ano, a depender do desempenho da economia no período.

PROJEÇÃO DA TAXA DE CONSUMO APARENTE DE ZINCO % a.a.			
Período	Cenário		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2008 - 2015	2,50 % a.a.	4,00 % a.a.	5,00 % a.a.
2015 - 2021	2,80 % a.a.	4,50 % a.a.	6,50 % a.a.
2021 - 2030	2,00 % a.a.	5,00 % a.a.	8,00 % a.a.

Tabela 13. Projeção da taxa de consumo aparente de zinco

A projeção do consumo per capita de zinco leva em consideração os indicadores publicados pelo IBGE e a projeção do consumo nacional, calculado para os três cenários. A Tabela 14. a seguir retrata a projeção do consumo per capita nos anos de encerramento dos planos plurianuais levando-se em consideração os três cenários mencionados anteriormente.

PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ZINCO toneladas			
Período	Cenários		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2008	240.000 (e)	240.000 (e)	240.000 (e)
2009	220.301	222.873	225.016
2010	226.470	231.788	236.267
2011	232.811	241.959	248.080
Σ 2008 - 2011	919.582	936.620	1.039.363
2015	260.001	282.005	301.543
Σ 2008 - 2015	1.917.865	2.000.318	2.072.084
2019	286.993	336.297	387.925
Σ 2008 - 2019	3.024.518	3.261.084	3.487.420
2023	312.173	406.824	520.437
Σ 2008 - 2023	4.236.964	4.775.793	5.349.077
2027	337.906	494.497	708.050
Σ 2008 - 2027	5.549.355	6.616.932	7.881.841
2030	358.589	572.443	891.939
Σ 2008 - 2030	6.604.167	7.681.339	10.364.344

Tabela 14. Projeção do consumo aparente de zinco

Os resultados do estudo apontam que o consumo per capita de zinco no país projetado para 2030 deverá variar entre os valores de 1,65 a 4,12 kg/habitante/ano e que somente se aproximará do nível registrado atualmente em sociedades industriais amadurecidas (4,0 a 6,0 kg/hab) na hipótese das taxas de crescimento de consumo privilegiar o cenário inovador.

PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ZINCO PER CAPITA kg de Zn por habitante/ano			
Período	Cenário		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2011	1,19	1,20	1,27
2015	1,29	1,40	1,50
2019	1,39	1,63	1,88
2023	1,48	1,93	2,47
2027	1,57	2,30	3,30
2030	1,65	2,64	4,12

Tabela 15. Projeção do consumo de zinco per capita

6.7 CONSUMO APARENTE DE CONCENTRADO DE ZINCO

O consumo aparente do concentrado de zinco no Brasil está condicionado à capacidade de fundição das usinas metalúrgicas instaladas no país. No período 1988/1997, o consumo variou entre 204.000 e 283.000 t, com um valor médio de 229.000 t/ano. Em 1998, com a paralisação das atividades da Ingá, o consumo caiu para 180.000 t, voltando ao patamar de 200.000 t no ano de 1999, atingindo em 2007 o total de 265.000 t.

Para atender a demanda nacional do metal, os planos de expansão da Votorantim Metais Zinco prevêem a expansão da capacidade de suas usinas metalúrgicas para uma capacidade nominal total de 330.000 t/ano no início da próxima década.

7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESERVAS DE MINÉRIO DE ZINCO

7.1 PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE ZINCO

Existem minas de zinco em vários países do mundo, porém os maiores produtores mundiais são a China, Austrália e Peru. A partir de 2005 a China passou a responder por mais de um quarto da produção mundial de minério de zinco. A maior mina de zinco do mundo é a Mina de Red Dog que localiza-se no Alaska próximo ao círculo Ártico. A mina de Red Dog é operada pela Teck-Cominco e produz 600.000 toneladas de concentrado de zinco por ano a partir de uma jazida de sulfeto maciço.

Grande parte da produção de zinco da China resulta de minas de pequeno porte, com capacidade entre 10 e 20.000 toneladas/ano, que requerem pouco tempo para sua implantação. A produção dessas minas é altamente dependente do preço do metal, enquanto o preço se mantém elevado por um período de dois ou três anos, a produção destas minas pode ser instalada, resultando em significativo aumento da produção nacional. A combinação do aumento da capacidade de metalurgia e da produção de concentrados de zinco na China, em curto espaço de tempo, constitui um desafio para as previsões futuras sobre sua capacidade produtiva. Em 2008 esta combinação resultou no aumento de sua capacidade produtiva de zinco em 10% em relação ao ano anterior.

A forte demanda dos últimos anos resultou em crescente aumento dos investimentos em exploração mineral que por sua vez promoveram investimentos em vários projetos novos. Os projetos San Cristobal na Bolívia, com capacidade inicial de produção de 167.000 t/ano e Cerro Lindo no Peru, capacidade de 110.000 t/ano tinham previsão de início de produção para 2008. Também está em instalação a mina Dairi na Indonésia, pertencente à Herald Resources, com capacidade prevista para a produção de 220.000 t/ano e a Eurozinc também pretende reiniciar a exploração da mina de Aljustrel (80.000 t/ano) em Portugal.

No médio prazo existem quatro grandes projetos em análise para implantação no Canadá, México e federação Russa que somariam mais 700.000 t/ano de produção de concentrado de zinco.

A produção no Canadá tende a crescer substancialmente com várias minas em fase de implantação que em conjunto adicionarão uma capacidade de produção total da ordem de 330.000 t/ano.

No médio e longo prazo os países da África deverão emergir como grandes produtores de zinco pelo fato de ter sido registrado expressivo investimento de companhias chinesas e australianas em vários países deste continente.

7.2 RESERVAS MUNDIAIS DE ZINCO

RESERVAS MUNDIAIS DE ZINCO em 1.000 toneladas de Zn contido		
Países	Reservas	%
Austrália	100.000	20,80%
China	92.000	19,12%
EUA	90.000	18,70%
Cazaquistão	35.000	7,25%
Canadá	30.000	6,25%
México	25.000	5,20%
Peru	23.000	4,80%
Brasil	4.000	0,85%
Outros países	82.000	17,03%
Total	481.000	100,00 %

Fonte: USGS – Mineral Commodities Sumaries- Zinco.

Tabela 16. Reservas mundiais de zinco

A estatística das reservas mundiais de zinco indica que os países detentores de maior volume de reservas, constituem os maiores produtores do mundo. Austrália, China, Estados Unidos lideram o maior volume de reservas.

Chama a atenção o surgimento do Cazaquistão na condição de quarto maior detentor de reservas de zinco, que surge também como importante produtor de concentrados do metal a partir desta década que ameaça disputar a posição de sexto maior produtor mundial com o México. Outro destaque cabe ao Peru que quase duplicou suas reservas na última década e se coloca firmemente como terceiro maior produtor mundial de zinco.

7.3 PRODUÇÃO FUTURA DE MINÉRIO DE ZINCO E DEMANDA DE INVESTIMENTOS

A partir dos parâmetros definidos pela projeção do consumo de zinco, considerando a possibilidade do parque metalúrgico nacional atenda a demanda interna e que a produção de concentrados de zinco mantenha um fornecimento mínimo de 70% da demanda nacional da metalurgia de zinco, a projeção da produção futura de concentrado de zinco, inserida nos três cenários previstos nesse trabalho indica que em 2030 a produção nacional de concentrado zinco deverá situar-se entre 315.000 e 800.000 toneladas /ano. (Tabela 17).

PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE ZINCO em toneladas			
Período	Cenários		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2008 (e)	190.000	190.000	190.000
2009	195.320	197.600	199.500
2010	200.788	205.504	209.475
2011	206.411	213.724	219.948
Σ 2008 - 2011	792.519	806.828	818.923
2015	229.845	251.228	271.168
Σ 2008 - 2015	1.676.924	1.751.903	1.818.148
2019	253.706	299.594	348.847
Σ 2008 - 2019	2.656.220	2.875.070	3.090.908
2023	275.966	362.425	468.010
Σ 2008 - 2023	3.727.040	4.224.467	4.765.027
2027	298.714	440.529	636.723
Σ 2008 - 2027	4.887.211	5.864.667	7.042.646
2030	316.997	509.968	802.208
Σ 2008 - 2030	5.819.679	7.322.875	9.275.187

Tabela 17. Projeção da produção de concentrado de zinco

Ao longo dos últimos trinta anos, a ampliação da capacidade produtiva das minas/usinas de beneficiamento em 168.555 t de concentrado de zinco, requereu investimentos totais da ordem de R\$ 1,269 bilhão (em valores deflacionados a 2008). Tais elementos permitem calcular que para cada tonelada concentrado adicionado foi requerido em média R\$ 7.528,00/t ou US\$ 4.091,00/t.

Utilizando-se o indicar acima, conclui-se que para garantir a produção de minério de zinco até 2030 nas condições previstas pelos três cenários utilizados neste ensaio, será necessário realizar investimentos variáveis entre um mínimo de R\$ 2, 37 a R\$ 6,00 bilhões.

7.4 NECESSIDADES DE RESERVAS E INVESTIMENTOS EM MINÉRIO DE ZINCO

Considerando as reservas minerais atuais (Tabela 18) e a projeção da produção nos três cenários, indica que para atender a demanda de mineração de zinco no país até 2030 haverá

necessidade de adicionar um montante de reservas variável entre um mínimo de 920.000 toneladas de zinco contido até o máximo de 4,37 milhões de toneladas de zinco contido.

A adição de 4,93 milhões de toneladas de reservas de zinco ao longo dos últimos trinta anos requereu investimentos totais de US\$ 124 milhões (em valores atualizados a 2008). Tal registro resulta no índice de US\$ 27,00/t de reserva adicionada, que aplicado às demandas projetadas para 2030 sugerem a inversão de valores variáveis entre US\$ 24,8 milhões a US\$ 118 milhões para garantir as reservas minerais necessárias para o atendimento da mineração de zinco.

EVOLUÇÃO DAS RESERVAS DE ZINCO NO BRASIL							
toneladas							
Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas
1978	2.371.800	1986	2.888.764	1994	4.708.090	2002	5.219.608
1979	2.288.741	1987	2.837.762	1995	4.531.047	2003	5.064.826
1980	2.249.294	1988	3.212.937	1996	4.371.932	2004	6.359.996
1981	2.186.725	1989	3.069.931	1997	4.475.946	2005	6.537.777
1982	2.531.344	1990	3.233.739	1998	5.047.183	2006	6.400.000
1983	2.459.154	1991	4.106.848	1999	4.856.994	2007	4.900.000
1984	2.459.961	1992	4.498.958	2000	6.287.550	2008	4.900.000 (e)
1985	2.579.646	1993	4.693.259	2001	5.210.018		

Fonte: DNPM – Mineral Data – CETEM

Tabela 18. Evolução das reservas de zinco no Brasil

7.5 POTENCIALIDADE

A potencialidade mais relevante que pode permitir a agregação de novas reservas de zinco, diz respeito à possibilidade de identificação de novos jazimentos hospedados em seqüências carbonáticas plataformais à exemplo daqueles já identificados no Super Grupo Bambuí.

Há que se levar em consideração que o processo de internacionalização do Grupo Votorantim, que tem promovido a incorporação de reservas de Zn e Pb em outros países, a exemplo das aquisições realizadas recentemente no Peru, constituirá um fator inibidor de novos investimentos em programas de prospecção mineral que resultem na identificação de novas descobertas minerais, pelo menos pela única corporação produtora de chumbo na atualidade no país. O Peru apresenta grande potencialidade para a ocorrência de jazidas de zinco sulfetado vulcanogênico, de elevado teor, de grande atratividade para os mineradores.

Seqüências vulcanogênicas subaéreas de caráter bimodal (ácido-intermediária) de idade Proterozóico superior, exemplificadas pelas séries vulcano-sedimentares do Grupo Castro – PR, da Formação Jaibaras – CE e vulcânicas do Iriri – PA também constituem ambientes favoráveis à ocorrência de sistemas epi-mesotermiais potencialmente geradores de depósitos polimetálicos filonéticos ricos em zinco. Ressalta-se que o intenso intemperismo típico de áreas tropicais, representa um desafio à implantação de programas exploratórios focados neste metalotecto.

Séries vulcanoclásticas do Eo-Paleozóico relacionados aos eventos vulcânicos plataformais da fase *rift*, também apresentam razoável potencial para a hospedagem de jazimentos vulcano-sedimentares do tipo exalativo. As ocorrências de Bom Jardim e Santa Maria situadas no Escudo Sulriograndense, constituem exemplos deste modelo metalogenético, que até o momento, infelizmente, apresentam modestos teores e tonelagem.

Conclui-se que a incorporação de novas reservas de zinco, dependerá fundamentalmente da necessidade ou do interesse das corporações comprometidas com o mercado de zinco, particularmente da Votorantim Metais Zinco, única produtora nacional de zinco primário e que também detém interesses mineiros em outros países.

8. PROJEÇÃO DE NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS

A mineração de zinco no Brasil emprega atualmente um total de 1.368 colaboradores para a produção de 190.000 t/ano de concentrado de zinco. Uma relação simples indica um índice de produtividade da ordem de 139 t/homem/ano.

Considerando as projeções de produção para 2030 e utilizando-se esse índice, conclui-se sobre a necessidade de agregar até 2030, um total de 905 a 4.400 colaboradores.

9. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS

A atividade da mineração de zinco é desenvolvida em condições de mercado, sem condições creditícias ou fiscais diferenciadas de qualquer outra atividade.

Os empreendimentos do Grupo Votorantim, a exemplo da maioria dos grupos econômicos mais expressivos do país, têm sido apoiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social em condições não privilegiadas, por meio de empréstimos para investimentos em projetos de expansão ou na implantação de novas unidades produtivas.

10. CONCLUSÕES GERAIS

A produção primária de zinco no país é gerada essencialmente pela Votorantim Metais Zinco, que lavra minério de zinco nas minas de Morro Agudo e Vazante. A produção de concentrado de zinco não é suficiente para atender a demanda nacional e tem sido necessário importar concentrados de zinco para complementar a produção de zinco primário e o fornecimento de zinco “velho” a partir de reciclagem.

A demanda nacional de zinco apresenta historicamente uma taxa de crescimento que supera a taxa de crescimento da economia nacional. O consumo aparente de zinco no Brasil situa-se atualmente no patamar de 240.000 t/ano.

Projeções de consumo no país baseadas no método de Intensidade de Uso indicam que em 2030 a demanda poderá ser de 380.000 t/ano, no cenário de evolução frágil da economia nacional, até um máximo de 890.000 t/ano no cenário inovador para a evolução da economia doméstica.

No contexto desses mesmos cenários, o consumo de zinco por habitante em 2030 poderá variar entre um mínimo de 1,65 kg/habitante/ano até um máximo de 4,12 kg/habitante/ano, valor similar ao registrado atualmente nos Estados Unidos da América.

A projeção dos investimentos para atender a expansão da mineração de zinco no país, incluindo o complexo mina/usina para uma produção anual variável entre 315.000 e 800.000 t/ano, prevê investimento mínimo de R\$ 2,37 bilhões e máximo de R\$ 6,0 bilhões, a depender os cenários de evolução da economia do país. Para a agregação de reservas necessárias para permitir este ritmo de lavra estima-se a necessidade de investimentos entre US\$ 24 e 118 milhões. Para o atendimento das necessidades de recursos humanos nestes mesmos cenários, as operações da mineração de zinco deverão incorporar entre 900 e 4.400 colaboradores, a depender do cenário econômico que se realizar.

9. BIBLIOGRAFIA

BETEKHINE, A, 1968, Manuel de mineralogie descriptive, Editons MIR, Moscou, 735 p.

BRASIL, 2000, Mineração no Brasil: Previsão de demanda e necessidades de investimentos , Brasília: MME/SMM.

BRASIL, Sumário Mineral, Brasília, anos 1989 – 2008. DNPM.

BRASIL, 2001 Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, DNPM, Balanço Mineral Brasileiro.

- BRASIL, Anuário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral, MME, 1972 – Anual. 1988-2006.
- DE ANDRADE, M.L.A. et al, 1998, Mercado nacional de zinco: evolução e perspectivas, Área de Operações Industriais AO2- GESET 3, BNDES Setorial, 18p.
- IBPS – Instituto brasileiro de produção sustentável e direito ambiental, 2002. Votorantim Metais economiza água e ganha competitividade. Acesso em 24/04/2009 www.ibps.com.br.
- ILZSG – International Lead and Zinc Study Group, Lead and zinc statistics, vários acessos www.ilzsg.org/.
- ILZSG – International Lead and Zinc Study Group, 2001, The economic and environmental role of zinc – 2000.
- FEIJÓ, F.D, 2007, Redução das perdas de zinco associadas aos processos de purificação do licor por cementação e de tratamento de resíduos gerados da Votorantim Metais, dissertação de mestrado Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 184 .
- FEIJÓ, F.D.; de SOUZA, A.D. e CIMINELLI, V.S.T, 2008, Metalurgia extrativa: Tecnologias e tendências (Partes I e Final), revista Brasil Mineral, nos. 275 e 276, 52-59 e 36 – 43 pp.
- GERMANI, D. J., 2002, A mineração no Brasil, Relatório Final. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. CGEE, MCT, 73 p.
- KRC RESEARCH REPORT, 2005, Zinc: galvanizing the road of future, Kisan Ratilal Choksey Slnores & Sec. Ltd. Acesso em 18/05/2009 www.krchoksey.com.
- LUCAS, M. R., 2007, Reestruturação produtiva e organização sindical na empresa Votorantim Metais, trabalho em curso de mestrado em Sociologia da Faculdade de Sociologia –Unicamp. Acesso em 10/07/2009 <http://www.estudosdotrabalho.org/anais6seminariodotrabalho/marciliorodrigueslucas.pdf>.
- MINERAL DATA – Banco de dados de mineração – CETEM, diversos acessos nos meses de abril a julho de 2009 <http://w3.cetem.gov.br/infomimet/bases3.html>
- NECSULESCU, A.D. et al, 2008, New trends regarding evolution of global market prices, Anais Oradea University, Fasc. Of Management of Technological Engineering, Vol VII (XVII), 8 p.
- POSSA, M.V., FRANÇA, S.C.A. E CARDOSO, O.M., 2002, Chumbo e zinco, Mina de Morro Agudo, CMM. CT2002- 19-00, Comunicação Técnica, CTEC, CETEM, MCT, 10 p
- REVISTA MINERAIS E MINÉRIOS, 2007, Morro Agudo, Zinco, edição 298 (9/2007), 2p.
- REVISTA MINERAIS E MINÉRIOS, 2008, Morro Agudo, Zinco, edição 308 (8/2008), 2p.
- SILVA A.et al, 2008, Trabalho de tecnologia metalúrgica sobre o beneficiamento de zinco. Faculdade de Engenharia Mecânica. FEM, Instituto de Tecnologia ITEC, Universidade Federal do Pará, 16p.
- SUPRAM-MOR, 2008, Processo de licenciamento ambiental da Votorantim Metais Zinco S/A em Paracatu MG, 14 p.
- TENÓRIO, J e ESPINOSA, D, 2008, Academina de excelência Votorantim, Escola dos sistemas minero-metalúrgicos - Curso de Formação Global - Módulo Hidrometalurgia, NUPEC/Fundação Gorceix.

USGS, United States Geological Survey, Mineral Commodities Summaries, 1989/2009.

USGS, United States Geological Survey, 2008, Minerals Yearbook 2006, Zinc.

US DEPT. OF COMMERCE, 2004, 2002 Economic census: Lead ore and zinc ore, 2002. 8 p.

WBMS – World Bureau of Metal Statistics, 2007, First quarter 2007, Metal balances, Zinc.

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Principais minerais de zinco

Tabela 2. Evolução das reservas de zinco no Brasil

Tabela 3. Colaboradores das minas de zinco da VMZ

Tabela 4. Preços de zinco LME (1997-2008)

Tabela 5. Composição química do minério de Morro Agudo

Tabela 6. Balanço de massa na usina de Morro Agudo

Tabela 7. Evolução da produção de concentrado de zinco no Brasil

Tabela 8. Preço do concentrado e valor da produção mineral nacional

Tabela 9. Preços do concentrado de zinco importado

Tabela 10. O ciclo de vida dos produtos de zinco

Tabela 11. Consumo mundial de zinco

Tabela 12. Evolução do consumo aparente de zinco no Brasil

Tabela 13. Projeção da taxa de consumo aparente de zinco

Tabela 14. Projeção do consumo aparente de zinco

Tabela 15. Projeção de consumo de zinco per capita

Tabela 16. Reservas mundiais de zinco

Tabela 17. Projeção da produção de concentrado de zinco

Tabela 18. Evolução das reservas de zinco no Brasil

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma operacional da mina de Morro Agudo

Figura 2. Gráfico da produção de concentrado de zinco no país

Figura 3. Consumo setorial de zinco no mundo

Figura 4. Consumo setorial de zinco no Brasil

Figura 5. Demanda brasileira estimada para zinco (2010-2030)