



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 17

Minério de Chumbo

Relatório Técnico 26

Perfil do Minério de Chumbo

CONSULTOR

Juarez Fontana dos Santos

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Setembro de 2009

SUMÁRIO

RELAÇÃO DE TABELAS	3
RELAÇÃO DE FIGURAS	3
1. SUMÁRIO EXECUTIVO	4
2. RECOMENDAÇÕES	5
3. APRESENTAÇÃO	5
3.1. O Bem Mineral.....	5
3.2. Minerais de Minério de Chumbo e Forma de Obtenção	6
4. MINERAÇÃO DE CHUMBO NO BRASIL: CARACATERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE.....	7
4.1. Localização e Distribuição da Mineração de Chumbo	7
4.2. Recursos e Reservas de Chumbo	7
4.3. Estrutura Empresarial da Mineração de Chumbo	8
4.4. Parque Produtivo.....	8
4.5. Recursos Humanos.....	9
4.6. Aspectos Tecnológicos da Mineração de Chumbo	9
4.7. Aspectos Ambientais.....	14
4.8. Evolução da Produção do Minério e seu Valor.....	16
4.9. Evolução e Tendência de Preço do Chumbo	17
4.10. Investimentos na Mineração de Chumbo.....	18
5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA MINERAÇÃO DO CHUMBO	18
5.1. Possibilidades de Substituição do Chumbo	19
6. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE MINÉRIO DE CHUMBO	21
6.1. Consumo de Chumbo no Cenário Mundial.....	21
6.2. Consumo por Regiões	22
6.3. Demanda Setorial.....	23
6.4. Padrão do Consumo nos Países Industrializados	24
6.5. Evolução do Consumo no Brasil.....	25
7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESEVAS DE MINÉRIO DE CHUMBO	28
7.1. OFERTA MUNDIAL DE CHUMBO	28
7.2. PRODUÇÃO MUNDIAL DE CHUMBO PRIMÁRIO (1997 – 2007).....	28
7.3. CHUMBO A PARTIR DE RECICLAGEM.....	29
7.4. Evolução da Produção de Chumbo no País	30
7.5. Reservas Minerais Mundiais.....	31
8. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS.....	32
9. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS	33
10. CONCLUSÕES GERAIS	33
11. BIBLIOGRAFIA	34

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Evolução das reservas de minério de chumbo no Brasil 1978-2008.....	7
Tabela 2. Mineralogia do minério de Morro Agudo.....	10
Tabela 3. Composição química do minério de Morro Agudo.....	10
Tabela 4. Balanço de massa na usina de Morro Agudo.....	15
Tabela 5. Evolução da produção de concentrado de chumbo 1978-2008.....	16
Tabela 6. Evolução do preço do concentrado de chumbo 1978-2008.....	17
Tabela 7. Evolução do preço do chumbo metálico 1978-2008.....	18
Tabela 8. Consumo mundial de chumbo refinado.....	22
Tabela 9. Consumo de chumbo refinado por regiões do mundo.....	22
Tabela 10. Evolução do consumo de chumbo no mundo.....	24
Tabela 11. Evolução do consumo de chumbo no Brasil.....	25
Tabela 12. Projeção da taxa de consumo aparente de chumbo.....	26
Tabela 13. Evolução demográfica no país 2011-2030.....	27
Tabela 14. Projeção de consumo de chumbo no Brasil 2009-2030.....	27
Tabela 15. Projeção do consumo de chumbo per capita no Brasil.....	28
Tabela 16. Produção mundial de chumbo primário.....	29
Tabela 17. Evolução da produção de chumbo primário e reciclado.....	29
Tabela 18. Evolução da produção de chumbo primário no Brasil.....	30
Tabela 19. Reservas mundiais de chumbo.....	31

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma operacional da mina de Morro Agudo.....	13
Figura 2. Fluxograma operacional da usina de tratamento de minério de Morro Agudo.....	14
Figura 3. Gráfico da evolução da produção de concentrado de chumbo no país.....	16
Figura 4. Consumo setorial de chumbo no mundo.....	23
Figura 5. Gráfico da evolução do consumo aparente de chumbo no Brasil.....	25
Figura 6. Demanda brasileira estima para chumbo (2010-2030).....	26

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O chumbo é um dos metais mais antigos usados pelo homem e muitas das primitivas aplicações têm persistido através dos séculos. O mais amplo uso do chumbo é na fabricação de acumuladores de energia, segmento que demanda mais de 78% do metal consumido no mundo. Outras aplicações importantes são na fabricação de forros para cabos, elemento de construção civil, pigmentos, soldas suaves e munições.

A produção de baterias elétricas responde atualmente por mais de 75% do consumo global do metal e o notável crescimento da indústria automobilística mundial registrada nas últimas décadas impulsionou a demanda pelo metal. Deste modo, o futuro da demanda por chumbo merece uma análise mais detalhada das perspectivas atuais e futuras da indústria automotiva.

A demanda mundial por chumbo refinado no curso da presente década tem sido impulsionado particularmente pelos seguintes fatores:

- Acelerado crescimento da indústria automotiva;
- Rápido incremento da indústria de computação
- Elevado incremento da indústria de telecomunicações.

A partir da década de 90 a oferta de chumbo “velho” resultante da reciclagem de sucata de Pb superou a produção de metal proveniente de operações mineiras e com o passar do tempo e incremento do processo de reciclagem, sua contribuição tem sido progressivamente mais importante. No período entre 1997 e 2007 a parcela de fornecimento de chumbo a partir de reciclagem passou de 50,50% para 56,70 % do consumo mundial total, registrando uma taxa de crescimento anual da ordem de 6,00%.

O país é franco importador de chumbo desde 1960. O arcabouço geológico brasileiro não é favorável à ocorrência de jazidas de chumbo primário, bem como de zinco, atualmente a principal fonte de chumbo, como elemento derivado da extração do zinco. Por outro lado, o contínuo crescimento da indústria automobilística no país, traduz-se em uma crescente demanda por chumbo para a fabricação de baterias automotivas.

Na atualidade, a produção primária de chumbo não representa mais de 8% a 10% do consumo interno, sendo o concentrado mineral exportado integralmente, pois as usinas metalúrgicas de chumbo foram desativadas em 1996. O suprimento de chumbo é atendido em parte pela reciclagem de sucata de chumbo, complementado pela importação de chumbo eletrolítico.

A produção de minério de chumbo no país é restrita à mina de Morro Agudo em Paracatu, Minas Gerais, um subproduto rentável da lavra de minério de zinco. O minério extraído é constituído por esfalerita (ZnS), a fonte do zinco e galena (PbS) fonte do chumbo, com teor médio de 1,89% de chumbo. O teor final do concentrado é de 66% Pb e a recuperação do metal atinge 70%. A Votorantim Metais Zinco S/A constitui a única empresa produtora de chumbo primário no país.

As reservas nacionais de chumbo têm se mantido aproximadamente constantes ao longo dos últimos anos, variando entre 450.000 e 500.000 t de chumbo contido e não são colocadas perspectivas de aumento de reservas a curto ou médio prazo. O nível das reservas de chumbo no país depende da incorporação de minério de zinco da mina de Morro Agudo, que apresenta chumbo como subproduto.

A evolução do consumo do metal ocorrido no país ao longo das últimas três décadas indica que o consumo que era da ordem de 100.000 toneladas ano passou na atualidade para o patamar de 220.000 toneladas ano. Independentemente das variações periódicas da atividade econômica registradas no país ao longo desse período, o consumo do chumbo eletrolítico apresentou um crescimento linear de aproximadamente 2,4% ao ano, garantido pelo desempenho da indústria automobilística, que mostrou uma aceleração nos últimos anos.

O exercício de projeção de consumo nacional de chumbo eletrolítico até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda poderá ser variável entre: 255.344 e 635.132 toneladas ano, a depender do desempenho da economia no período.

Para efeito de planejamento é lícito adotar as seguintes premissas com o objetivo de delinear cenários futuros para a produção de chumbo primário no país, considerando-se os seguintes elementos:

- Que a produção de chumbo primário no país será da ordem de 10% da demanda nacional;
- Que a produção de chumbo primário no país continuará a depender da produção de minério de zinco, na forma de co-produto rentável;
- Que a produção de zinco no país tenderá a apresentar um incremento proporcional ao volume atualmente demandado pela metalurgia de zinco, em taxas próximas ao crescimento da demanda nacional de chumbo;
- Que o consumo interno de chumbo seja compatível com as projeções de demanda registradas nesse trabalho, neste caso prevê-se para o ano de 2030 um aumento da produção de chumbo primário variável entre 10.500 a 48.500 t/ano de chumbo contido no concentrado. Levando-se em conta os indicadores de investimentos para agregação de capacidade produtiva na mineração, conclui-se que para atender a projeção de produção para 2030 seria necessário realizar investimentos que variariam entre R\$ 3,9 a R\$ 18,3 milhões.

2. RECOMENDAÇÕES

Considerando que a produção de chumbo primário mantém uma íntima dependência da produção de zinco, na forma de subproduto, não são registradas recomendações que tenham sentido ou relevância no contexto do presente trabalho.

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 Doudecenal 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 17: Minério de Chumbo; Relatório Técnico 26: Perfil da mineração de Chumbo tem por objetivo caracterizar o chumbo, 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 Bem Mineral

Chumbo é um elemento químico do grupo dos metais. Seu número atômico é 82 e o símbolo químico é Pb, derivado do latim *plumbum*. É um metal cinzento, azulado brilhante, não elástico, mole, dúctil, maleável, trabalhável a frio, razoável condutor de calor e eletricidade, possui condutibilidade térmica, coeficiente de expansão térmica linear de $29 \times 10^{-6}/1^{\circ}\text{C}$, e aumento em volume (20°C ao ponto de fusão) de 6,1%. Peso específico 11,37, baixo ponto de fusão (327°C), peso atômico 207,2 e ponto de ebulição a 1.717°C, emitindo, antes desta temperatura, vapores tóxicos. Exibe retração linear na solidificação de 1 a 2,5% e alongamento de 31%.

Sua elevada ductibilidade e maleabilidade favorecem o uso em forma de chapas pela facilidade de trabalho. A flexibilidade permite sua utilização na forma de tubo. Apresenta baixa resistência, contribui para o surgimento de fissuras, quando submetido à repetidas aplicações de esforços mecânicos, tensão produzida pela vibração, resfriamento e dobramento. Tem demonstrado

ser um excelente metal para proteger da corrosão atmosférica devido a sua rápida oxidação superficial em forma de película de óxido, formando o protóxido de chumbo.

Dissolve-se a quente nos ácidos nítrico, acético e em ácidos sulfúrico e clorídrico em ebulição, porém reage à ação dos outros ácidos, o que o torna um dos elementos preferidos para o revestimento interno de recipientes para ácidos.

O chumbo tem a propriedade singular de absorver radiações de ondas curtas, tais como, as emanções do rádio ou produzidas pelos raios-X. Atribui, também, boas propriedades de anti-fricção a certas ligas. As características demonstradas e a facilidade de combinar com outros elementos, fazem do chumbo um dos metais de maior emprego na indústria moderna, quer puro, ou sob a forma de composto, é um dos principais metais do grupo dos não-ferrosos.

O chumbo é um dos metais mais antigos usados pelo homem e muitas das primitivas aplicações têm persistido através dos séculos. Era conhecido pelos antigos egípcios, que o utilizaram há mais de oito mil anos. Os jardins suspensos da Babilônia eram assalhados com folhas de chumbo soldadas e as pedras de pontes eram ligadas por ganchos de ferro soldados com chumbo.

Embora a presença do chumbo na crosta terrestre seja de apenas 0,002%, ocorrem diversas jazidas que são exploradas com teor de 3% a 0,5 %.

3.2. Minerais de Minério de Chumbo e Forma de Obtenção

O chumbo raramente é encontrado no seu estado natural, mas sim, em combinações com outros elementos, e sendo que os mais importantes minerais de minério são: galena, cerussita, anglesita, pirromorfita, vanadinita, crocoíta e a wulfenita. . Como os minérios de chumbo são de composição extremamente variável, existem diversas técnicas de mineração. A galena, que normalmente contém 86,6% de chumbo, está sempre associada a outros metais.

A galena (PbS), é um sulfeto de chumbo (Pb = 86,6% e S = 13,4%), geralmente ocorre associada com a prata, sendo o seu mineral-minério mais importante. Zinco cobre ouro, arsênio e antimônio são outros metais que, por vezes, aparecem associados ao chumbo.

A Galena é um mineral facilmente reconhecível por apresentar clivagem perfeita, alto peso específico, baixa dureza, cor cinzenta e brilho metálico. Cristaliza no sistema isométrico ou cúbico, em cristais quase sempre cúbicos ou octaédricos, isolados ou combinados. As formas de rombo dodecaedro e de tri octaedro são mais raras.

A galena é encontrada usualmente em veios, associada aos minerais esfalerita, pirita, marcassita, calcopirita, cerussita, dolomita, calcita, quartzo e baritina, com hospedagem preferencial em seqüências vulcânicas e vulcanogênicas geneticamente relacionadas a sistemas vulcânicos epitermais. Um segundo tipo de depósito de galena acha-se associado a rochas calcárias, quer na forma de veios, preenchendo espaços vazios, quer como depósitos de substituição. No caso dos depósitos carbonáticos do tipo Mississippi Valley o chumbo constitui um co-produto da mineração do zinco.

Em muitos casos, a galena contém prata e é explorada como fonte primária desse metal. Antimônio cobre e zinco são outros produtos minerais de importância comercial que ocorrem em associação com a galena.

O minério de chumbo é tratado por ustulação (aquecimento do ar), para separação do enxofre, quando o sulfeto de chumbo converte-se, pela volatilização do dióxido de enxofre, em dióxido de chumbo. Pela fusão, o óxido de chumbo é reduzido em alto forno, ao qual se adicionam o coque, um fundente e o óxido de ferro. O produto obtido, chamado chumbo bruto, ou chumbo de obra, é separado dos demais elementos (mate escória) por diferença de densidade dos produtos no cadinho. Em seguida, é submetido à refinação, para remoção das impurezas metálicas, por refinação ou por destilação. O chumbo obtido por esse processo pode apresentar teor de pureza de 99,999%.

4. MINERAÇÃO DE CHUMBO NO BRASIL: CARACATERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE

4.1. Localização e Distribuição da Mineração de Chumbo

No Curso da década de 80 até o início da década de 90 a produção de concentrados de chumbo era derivada da lavra das minas de Boquira na Bahia e de Furnas no Paraná, secundada pela recuperação de galena a partir do tratamento do minério de zinco lavrado na mina de Morro Agudo em Paracatú, Minas Gerais. Com o progressivo esgotamento das reservas de Boquira e a redução da produção em Furnas devido ao baixo teor e má qualidade do minério do Vale do Ribeira, o nível de produção apresentou um declínio constante que atingiu seu ápice no período 1992 a 1994, quando foi registrado o encerramento da mineração em Boquira e Furnas por exaustão das reservas (1992) e a paralisação do tratamento do minério de chumbo em Morro agudo.

Na atualidade a produção de minério de chumbo no país é restrita a mina de Morro Agudo em Paracatu, Minas Gerais, um subproduto rentável da lavra de minério de zinco sulfetado. O minério extraído é constituído por esfalerita (ZnS), a fonte do zinco e galena (PbS) fonte do chumbo, com teor médio de 1,89% de chumbo. O teor final do concentrado é de 66% Pb e a recuperação do metal atinge 70%.

O concentrado de chumbo resultante da lavra em Morro Agudo é totalmente exportado, não havendo metalurgia de chumbo primário no país.

4.2. Recursos e Reservas de Chumbo

As reservas nacionais de chumbo têm se mantido aproximadamente constantes ao longo dos últimos anos, variando entre 450.000 e 500.000 t de chumbo contido e não são colocadas perspectivas de aumento de reservas a curto ou médio prazo (Tabela 1). O nível das reservas de chumbo no país depende da incorporação de minério de zinco da mina de Morro Agudo, que apresenta chumbo como co-produto.

O total de reservas de chumbo da ordem de 52 milhões de toneladas de minério, com teor médio de 1,89 % de Pb inclui reservas medidas + inferidas, que representa um total de 985.000t de metal contido (*in situ* – reserva geológica).

É necessário registrar que o volume de reservas registrado pelo DNPM inclui tonelagens de depósitos que ainda carecem de viabilidade econômica, a exemplo dos depósitos de chumbo de Santa Maria localizadas no Rio Grande do Sul. Do total de reservas oficialmente registradas, somente 22 milhões de toneladas, com teor de 2,2 % Pb (484 mil toneladas de metal contido) constituem o efetivo patrimônio mineral concedido à Votorantim Metais Zinco e possível de ser efetivamente lavrado.

Tabela 1. Evolução das reservas de minério de chumbo no Brasil 1978 a 2008

EVOLUÇÃO DAS RESERVAS DE CHUMBO NO BRASIL							
Toneladas de chumbo contido no minério							
Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas
1978	234.000	1986	266.641	1994	513.080	2002	347.373
1979	229.512	1987	266.941	1995	508.197	2003	311.406
1980	286.204	1988	259.601	1996	542.707	2004	373.969
1981	283.158	1989	249.744	1997	541.861	2005	289.200
1982	264.464	1990	250.107	1998	516.025	2006	484.000
1983	253.301	1991	241.473	1999	506.165	2007	465.430
1984	247.918	1992	491.711	2000	496.875	2008	484.000 (e)
1985	279.692	1993	514.731	2001	368.830		

Fonte: DNPM – Mineral Data -CETEM

4.3. Estrutura Empresarial da Mineração de Chumbo

A única produtora de chumbo primário no país é a Votorantim Metais Zinco, empresa controlada pelo Grupo Votorantim. Um dos maiores conglomerados econômicos do Brasil, com um *portfolio* de negócios e produtos focado principalmente em atividades de capital intensivo e em *commodities*.

Com um faturamento de R\$ 5 bilhões em 2007, a Votorantim Metais investiu e consolidou sua presença em território nacional e no exterior ao longo de sua trajetória. Hoje, as áreas de negócio Níquel e Zinco somam 14 unidades produtivas no Brasil, Peru, EUA e China, sete unidades industriais, quatro minas próprias.

A Votorantim Metais constitui a única empresa produtora de chumbo primário no país, através da produção de minério de chumbo na forma de co-produto da produção do concentrado de zinco na Mina de Morro Agudo, anteriormente com a denominação de Cia Mineira de Metais – CMM.

O sistema de gestão da Votorantim Metais funciona de forma integrada através do GQI – Gestão de Qualidade Integrada. Possui auditorias internas programadas com periodicidade anual. As atividades da Votorantim Metais no âmbito industrial são certificadas pelos padrões do sistema europeu de Qualidade ISO 9000 e Gestão da Qualidade 9001 e também em procedimentos de adequação ambiental regulados pela norma ISO 14001. A certificação ISO 14001 obtida em 2003 e o processo de auditoria de recertificação na norma ocorreram em março de 2007.

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.

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 de chumbo primário no país, na forma de concentrado mineral, provém da operação de lavra da mina de zinco de Morro Agudo, operada pela Votorantim Metais Zinco. Os aspectos tecnológicos serão discutidos a seguir no item específico, relativo ao processo de mineração e tratamento do minério de Morro Agudo, portanto neste item não serão realizadas

considerações sobre índices de produtividade, consumo energético, utilização e insumos e outros elementos desta natureza, pelo simples fato desses elementos serem relacionados direta e permanentemente com o processo de mineração de zinco, elemento metálico que sustenta rentabilidade do empreendimento.

4.5. Recursos Humanos

Considerando-se que a produção de concentrados de chumbo no país é decorrente da mineração de zinco, é impossível identificar a demanda de recursos humanos dedicados exclusivamente à geração deste co-produto da mineração e processamento do minério de zinco.

4.6. Aspectos Tecnológicos da Mineração de Chumbo

4.6.1. Produção primária de chumbo no país - Operação de lavra

Não se registra produção primária de chumbo no país a partir de minas de chumbo. A exemplo da maioria dos países produtores, o chumbo primário no país é produzido na forma de subproduto da mineração de zinco em rochas carbonáticas.

Jazidas de chumbo com teores, volume e substâncias minerais adequadas à produção de chumbo primário ocorrem preferencialmente relacionadas à formação de sistemas de alteração epitermal, resultantes de atividade vulcânica em zonas de intensa atividade orogênica, inexistente no craton brasileiro.

As jazidas de chumbo existentes no México e nos estados sulinos dos Estados Unidos, bem como algumas jazidas que ocorrem no Peru e na Bolívia resultam da atividade orogênica e vulcânica das Montanhas Rochosas e da Cadeia Andina respectivamente.

A geração primária de chumbo constitui uma parcela menor da oferta mundial de chumbo primário que em sua grande proporção deriva da produção mineira conjunta de zinco e chumbo, hospedadas em rochas carbonáticas em jazidas do modelo Mississipi Valey (MVT) ou em seqüências vulcano-sedimentares do proterozóico superior em jazidas do tipo sedimentar exalativo.

Após o encerramento da lavra das minas de chumbo localizadas no Vale do Ribeira (SP e PR) em 1990 e o fechamento das minas de Boquirá (BA) e Furnas (PR), no início de 1992, a produção de concentrado de chumbo ficou restrita à Mina de Morro Agudo situada em Paracatu (MG).

Desde maio de 1988 a exploração comercial da Mina de Morro Agudo tem registrado a produção de concentrado de chumbo entre 14.000 e 18.000 t de metal contido. O concentrado produzido em Morro Agudo apresenta concentração nominal de 70% de Pb, porém considerando as perdas no processo, a recuperação do chumbo fica em média em 66,0%.

A empresa concessionária das jazidas de zinco, chumbo e calcário em Morro Agudo é a Votorantim Metais Zinco, empresa controlada pelo Grupo Votorantim de capital nacional. Atualmente a mina possui uma capacidade nominal de produção e tratamento de 1, 1 milhão de toneladas anuais de ROM.

4.6.2. Mineração em Morro Agudo

A jazida de Morro Agudo é hospedada em rochas carbonáticas do Pré-cambriano superior (600 m.a.) pertencente 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°. 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.

Tabela 2. Mineralogia do minério da Mina de Morro Agudo

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

As litologias presentes na mina são representadas por três unidades distintas. No topo do jazimento encontram-se rochas argilo-dolomíticas ritmicamente ordenadas denominada localmente de Seqüência 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.

Tabela 3. Composição química do minério 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

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 vênulos 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 compõe o jazimento 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 mineração em Morro Agudo em tudo se assemelha à atividade de lavra e concentração de minérios sulfetados que ocorrem em seqüências carbonáticas do tipo Mississipi Valley, apresentando neste caso um nivelamento técnico e tecnológico com os principais produtores de chumbo do mundo.

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 são 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 (fluxograma a seguir).

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 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, filtragem do concentrado final de chumbo e filtragem do concentrado final de zinco.

➡ Circuito de cominuição

O minério lavrado após ser descarregado e transportado em um alimentador vibratório, sofre uma britagem primária em um britador de mandíbulas Nordberg 0,6 x 1,0m 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 Nordberg Omnicone 1144, 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.

As frações menores são transportadas para uma pilha pulmão com capacidade de 600 t. Desta pilha o minério é submetido à uma britagem terciária em um britador Nordberg modelo HP-400SX, com capacidade de 240 t/h, cujo produto está em circuito fechado com a peneira vibratória. A fração de diâmetro menor que 10 mm é deslocada 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 com 57,2 mm de diâmetro, “*apex*” também de cerâmica com 44,5 mm de diâmetro e um ângulo de 10°. O diâmetro de corte é de 44 μm (325 malhas); o produto “*underflow*” retorna para o moinho e o “*overflow*” é conduzido para as etapas de flotação.

➡ Circuito de flotação de galena

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 a 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.

A flotação da galena envolve as seguintes etapas: “*rougher*”, “*scavenger*”, “*cleaner 1*”, “*cleaner 2*” e “*cleaner 3*”, ilustrado Na figura 2.. A etapa “*rougher*” é realizada em duas células, com capacidade de 14,2 m³ cada; a etapa “*scavenger*” em quatro células, também com capacidade de 14,2 m³ cada. Na etapa “*cleaner 1*” são empregadas duas células, com capacidade de 2,8 m³ cada; no “*cleaner 2*”, três células e duas células no “*cleaner 3*”, todas com capacidade de 1,1 m³ cada. A alimentação das polpas nas etapas “*cleaner*” é feita em contracorrente.

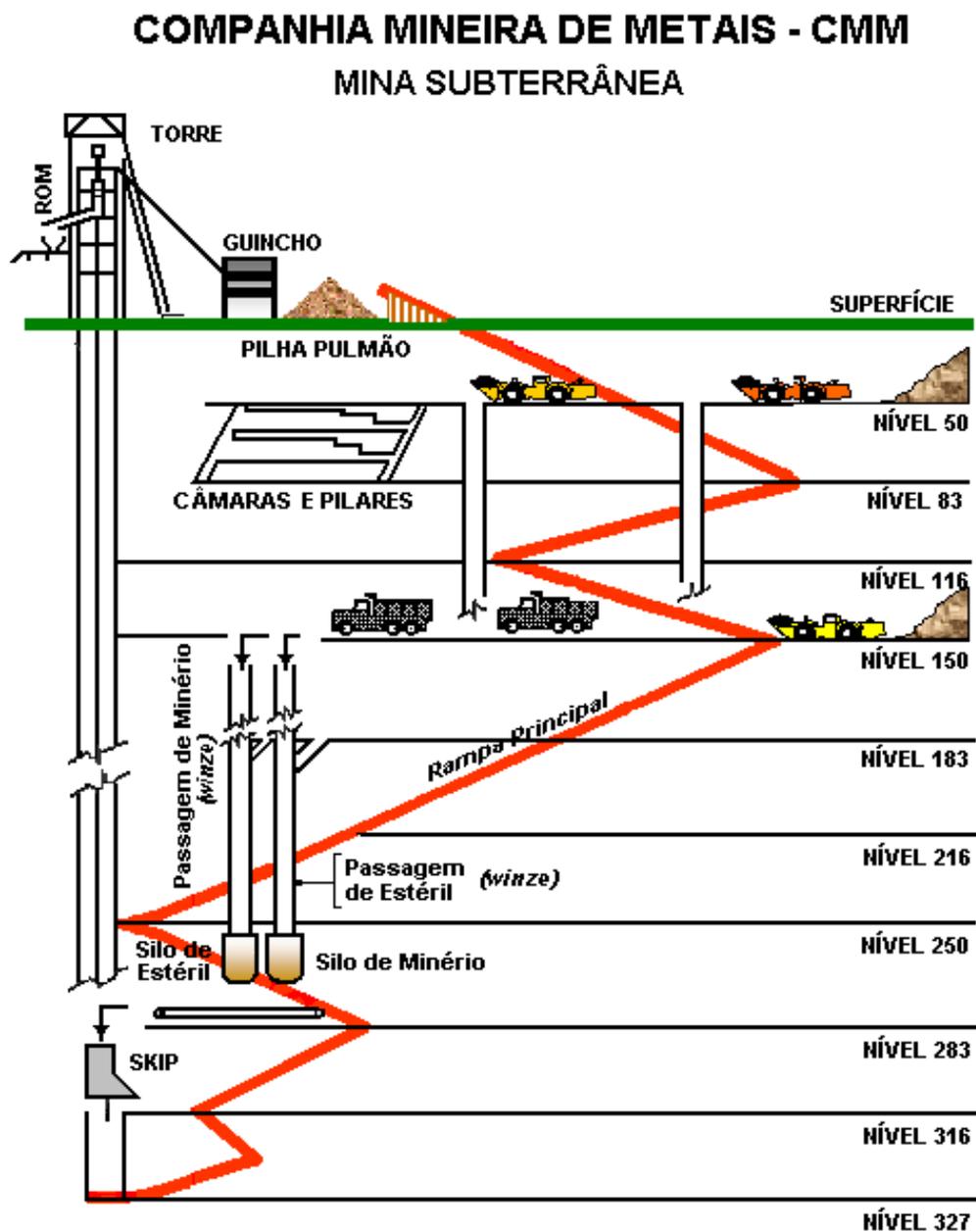
O concentrado “*scavenger*” e o rejeito do “*cleaner 1*” retornam para a alimentação do circuito “*rougher*”. O concentrado do “*cleaner 3*” é o concentrado final da flotação da galena, com um teor médio de 66% de Pb e 4,5 % de Zn, com recuperação média de 85% de Pb. Este concentrado de galena é conduzido para uma etapa de filtração.

O rejeito da etapa “*scavenger*” é o rejeito final que possui uma média de 04% de Pb e 5,5% de reagentes empregados na flotação da galena, compostos essencialmente por carbonato de cálcio, cal, isopropil xantato e MIBCOL.

➡ Controle de processo

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 d 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.

Figura 1. Fluxograma operacional da mina de Morro Agudo – MG



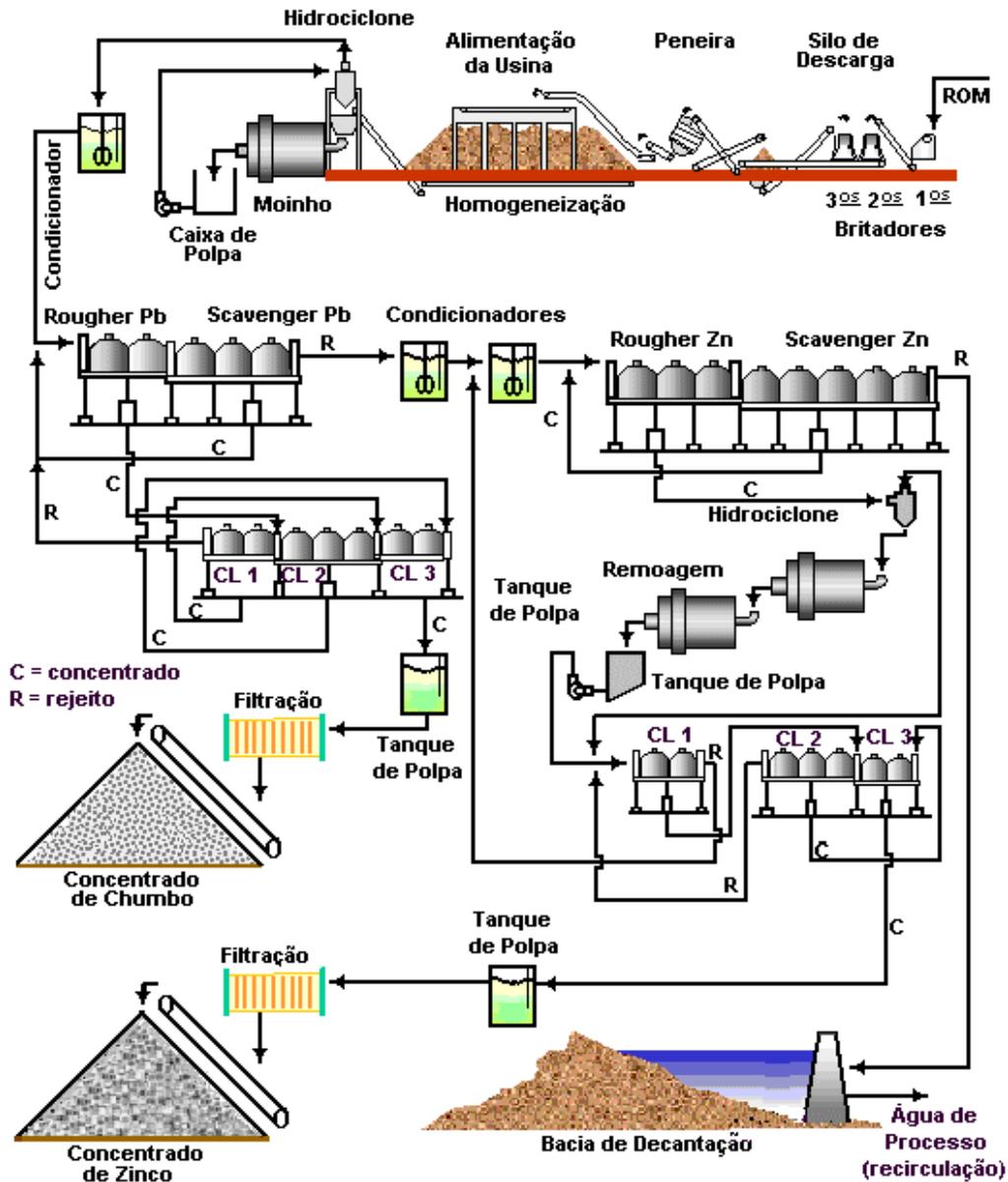
Fonte: CETEM - MCT

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, empregadas atualmente pela Votorantim Metais, enquadram-se nos mais modernos métodos e técnicas, podendo ser afirmado que na condição de uma organização de porte global, A VMZ prima pela aplicação das melhores técnicas e práticas operacionais nada devendo para outras empresas internacionais.

Figura 2. Fluxograma operacional da usina de tratamento de minério de Morro Agudo - MG

COMPANHIA MINEIRA DE METAIS - CMM
USINA DE CONCENTRAÇÃO



Fonte: CETEM – MCT

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.

4.7. Aspectos Ambientais

A mineração de chumbo no país tem sido marcada por problemas ambientais resultantes das operações realizadas em Boquira e no Vale do Ribeira que resultaram em passivos ambientais que remanescem sem solução e ainda causam efeitos adversos à saúde das populações vizinhas.

Na atualidade a operação mineira desenvolvida pela Votorantim Metais Zinco em Morro Agudo constitui referência das boas práticas exigidas pela sociedade, conforme poderá ser avaliado nos próximos parágrafos.

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.

Tabela 4. Balanço de massa na usina de Morro Agudo

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.

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.

4.8. Evolução da Produção do Minério e seu Valor

Após o encerramento da lavra das minas de chumbo localizadas no Vale do Ribeira (SP e PR) em 1990 e o fechamento das minas de Boquira (BA) e Furnas (PR), no início de 1992, a produção de concentrado de chumbo ficou restrita à Mina de Morro Agudo situada em Paracatu (MG) (Tabela 5).

O concentrado produzido em Morro Agudo tem concentração nominal de 70% de Pb, porém considerando as perdas no processo, o chumbo recuperado fica em média em 66,0%.

Tabela 5. Evolução da produção de concentrado de chumbo 1978 – 2008

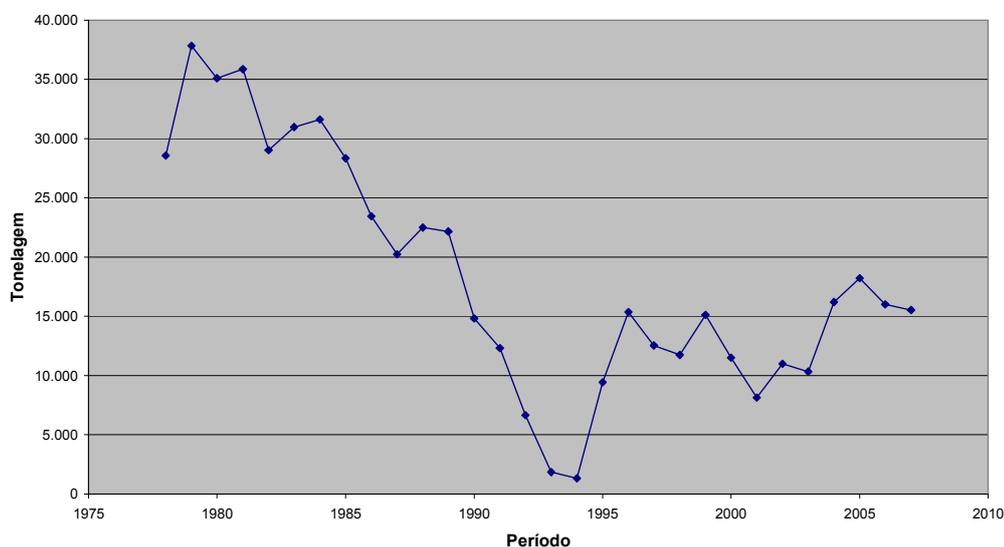
EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE CHUMBO							
Em toneladas							
Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção
1978	19.229	1986	13.614	1994	1.329	2002	12.865
1979	22.445	1987	11.633	1995	11.611	2003	15.667
1980	21.754	1988	14.314	1996	13.157	2004	21.339
1981	21.650	1989	9.291	1997	14.298	2005	23.616
1982	19.360	1990	7.273	1998	12.394	2006	25.764
1983	18.821	1991	5.517	1999	16.319	2007	24.574
1984	18.775	1992	2.517	2000	13.382	2008	25.000 (e)
1985	16.997	1993	117	2001	13.444		

Fonte: DNPM – Mineral Data CETEM.

O caso brasileiro apresenta variáveis específicas definidas pelo mercado produtor e transformador do país. Como a produção de concentrados de chumbo depende exclusivamente da Votorantim Metais Zinco, que detém 100% da produção de concentrados de chumbo, a qual é integralmente exportada, o valor de referência para a valorização da produção mineral nacional deve considerar a cotação do concentrado de chumbo para exportação.

Figura 3. Gráfico da evolução da produção de concentrado de zinco no país

Produção de Chumbo em toneladas contidas no concentrado



Os valores praticados para o preço de comercialização do concentrado de chumbo produzido no país ao longo dos últimos 30 anos estão registrados na Tabela 6. Entre 1978 e 1981 os preços do concentrado mantiveram-se entre o patamar de US\$ 1.500 a US\$ 2.000,00. Ao longo da década de 80 os preços mantiveram-se deprimidos ao redor do patamar de US\$500,00 e entre 1988 e 1990 voltou a flutuar próximo ao patamar de US\$1.000,00. No decorrer da década de 90 até 2003 o preço do concentrado recuou para um preço inferior a US\$200,00/t. Nos últimos anos, como reflexo do forte crescimento da economia mundial, o preço se recuperou chegando a atingir em 2007 o valor médio de US\$ 776,00.

Tabela 6. Evolução do preço do concentrado de chumbo 1978-2007

EVOLUÇÃO DO PREÇO DO CONCENTRADO DE CHUMBO							
US\$/ t exportação							
Período	Preço	Período	Preço	Período	Preço	Período	Preço
1978	1.515,71	1986	605,05	1994	329,78	2002	167,22
1979	2,336,90	1987	1.080,31	1995	242,99	2003	277,32
1980	1,896,97	1988	1.210,28	1996	245,41	2004	236,83
1981	1,610,63	1989	1.140,76	1997	185,52	2005	179,19
1982	N.D.	1990	1.136,64	1998	154,34	2006	381,43
1983	523,13	1991	646,54	1999	186,23	2007	776,85
1984	468,32	1992	483,40	2000	158,60		
1985	398,19	1993	354,62	2001	161,25		

Em US\$ médio de 2008

Fonte: DNPM; Minera Data CETEM

Considerando-se o recuo nas cotações do concentrado, atualmente situado no patamar de US\$ 500,00/t e uma produção da ordem de 25.000t/ano, o valor atual da produção de concentrado de chumbo no país aproxima-se de US\$ 12,5 milhões, 65 % do valor registrado em 2007.

4.9. Evolução e Tendência de Preço do Chumbo

O preço do chumbo manteve-se relativamente estável desde o final dos anos 90 até 2004, quando começou a elevar-se em resposta à redução dos estoques provocada pela crescente demanda dos países asiáticos.

A barreira dos US\$ 1.000/t foi ultrapassada em meados de 2004 e os preços mantiveram-se em elevação até meados de 2006 quando sofreram correção recuando brevemente para o patamar de US\$ 914,5 /t. No curso de 2006 até outubro de 2007, a estreiteza dos estoques elevou o preço do metal ao pico de US\$ 3.980 /t.

O chumbo primário é o principal co-produto da mineração de zinco e nos últimos anos o mercado de zinco apresentou fundamentos piores que o daquele de chumbo. A retração da produção de zinco refletiu na retração da produção de chumbo que paralelamente ao incremento de demanda pressionou sobremaneira os estoques do metal e tornou o seu mercado muito volátil.

Ao final de 2007 os preços do chumbo sofreram novas correções, atingindo US\$ 2.911/t em novembro. A evolução positiva do preço continuou ao longo do primeiro trimestre de 2008 quando foi registrado no LME novo recorde de US\$ 3.470 /t.

O aumento da produção de chumbo eletrolítico para o abastecimento dos estoques fez com que seu déficit registrado em 2007 fosse substituído por um superávit no início de 2008. Somando-se o impacto da disseminação e agravamento mundial da crise econômica, o preço do chumbo recuou gradualmente ao longo do ano. O preço médio do metal no primeiro semestre foi de US\$ 2.699/t, declinando para US\$ 1.582 /t no segundo semestre de 2008.

Tabela 7. Evolução do preço do chumbo metálico 1978-2008

EVOLUÇÃO DO PREÇO DO CHUMBO METÁLICO							
US\$/ t LME*							
Período	Preço	Período	Preço	Período	Preço	Período	Preço
1978	881,91	1986	545,21	1994	735,96	2002	541,64
1979	1.613,95	1987	798,61	1995	845,25	2003	649,42
1980	1.219,29	1988	879,23	1996	1.037,64	2004	1.061,13
1981	987,56	1989	907,59	1997	835,58	2005	936,55
1982	728,96	1990	1.099,29	1998	661,76	2006	1.375,99
1983	551,42	1991	748,50	1999	648,75	2007	3.374,79
1984	596,46	1992	725,78	2000	567,64	2008	1.150,00
1985	528,04	1993	730,88	2001	556,82		

*em US\$ de 2008

Fonte: MIneraldata CETEM

No último trimestre do ano o preço baixou progressivamente de US\$ 1.000 /t, para US\$ 900 /t tendo atingido finalmente US\$ 850 /t em meados de dezembro, o valor mais baixo desde 2004.

A perspectiva de estagnação e mesmo de retração da economia mundial em 2009 sugere que o metal deverá ter seus preços oscilando no nível de US\$ 1.100 a 1.200/t no LME ao longo de 2009.

Considerando-se a cotação média de US\$ 1.115/t assinalada no LME em março de 2009, o valor global atual do mercado de chumbo é da ordem de US\$ 9,25 bilhões/ano.

4.10. Investimentos na Mineração de Chumbo

No presente estudo, considerando-se que no início da década de 90 a mineração de chumbo sofreu profundas modificações, com o encerramento das atividades das minas da Plumbum S/A e o desenvolvimento da mineração de zinco em Morro Agudo, foram considerados os investimentos em prospecção mineral e aumento de produção mineira e de reservas foram realizados a partir de 1992, que refletem um cenário adequado à presente situação da produção de chumbo no país.

O total dos investimentos realizados na ampliação das reservas e na produção da mina e usina de tratamento acumulou R\$ 6.182.216, que resultou no aumento de 16.378 t de capacidade produtiva. Neste período o investimento médio por tonelada de capacidade produtiva adicionada foi de R\$ 377,47/t (em valores de 2008).

Na prospecção e exploração mineral, para a ampliação de reservas foi registrado um investimento acumulado de US\$ 14.854.000, que resultou na adição de 45.540 t de chumbo contido na reserva mineral. O investimento médio para cada tonelada de chumbo contido no minério foi da ordem de US\$ 326,17/t (em valores de 2008).

5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA MINERAÇÃO DO CHUMBO

O mais amplo uso do chumbo é na fabricação de acumuladores de energia, segmento que demanda mais de 78% do metal consumido no mundo. Outras aplicações importantes são na fabricação de forros para cabos, elemento de construção civil, pigmentos, soldas suaves e munições. A fabricação de chumbo tetra etílico (TEL) vem caindo muito em função de regulamentações ambientais cada vez mais restritivas no mundo no que se diz respeito à sua principal aplicação que é como aditivo na gasolina. No caso do Brasil desde 1978 este aditivo deixou de ser usado como antidetonante.

Têm-se desenvolvido varios compostos organoplúmbicos para aplicações como catalisadores na fabricação de espumas de poliuretano, como tóxico para as pinturas navais com a finalidade de inibir a incrustação nos cascos, agentes biocidas contra as bactérias grampositivas, proteção da madeira contra o ataque das brocas e fungos marinhos, preservadores para o algodão contra a decomposição e do mofo, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos, agentes redutores do desgaste nos lubrificantes e inibidores da corrosão do aço.

Graças a sua excelente resistência a corrosão, o chumbo encontra muitas aplicações na indústria de construção e, principalmente, na indústria química. É resistente ao ataque de muitos ácidos, porque forma seu próprio revestimento protetor de óxido. Como consequência desta característica, o chumbo é muito utilizado na fabricação e manejo do ácido sulfúrico.

Durante muito tempo se tem empregado o chumbo como manta protetora para os aparelhos de raio-X. Em virtude das aplicações cada vez mais intensas da energia atômica, torna-se cada vez mais importante as aplicações do chumbo como blindagem contra a radiação.

Sua utilização como forro para cabos de telefone e de televisão segue sendo uma forma de emprego adequada para o chumbo. A ductilidade única do chumbo o torna particularmente apropriado para esta aplicação, porque pode ser estirado para formar um revestimento contínuo em torno dos condutores internos.

O uso de chumbo em pigmentos tem sido muito importante, porém a sua utilização tem diminuído muito. O pigmento, que contém este elemento, é o branco de chumbo, $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$; outros pigmentos importantes são o sulfato básico de chumbo e os cromatos de chumbo.

Utiliza-se uma grande variedade de compostos de chumbo, como os silicatos, os carbonatos e os sais de ácidos orgânicos, como estabilizadores contra o calor e a luz para os plásticos de cloreto de polivinila (PVC). Usam-se silicatos de chumbo para a fabricação de vidros e cerâmicas. O nitreto de chumbo, $Pb(N_3)_2$, é um detonador padrão para os explosivos. Os arseniados de chumbo são empregados em grande quantidades como inseticidas para a proteção dos cultivos. O litargírio (óxido de chumbo) é muito empregado para melhorar as propriedades magnéticas dos imãs de cerâmica de ferrita de bário.

O chumbo forma ligas com muitos metais e, em geral, é empregado nesta forma na maior parte de suas aplicações. Todas as ligas metálicas formadas com estanho, cobre, arsênio, antimônio, bismuto, cádmio e sódio apresentam importantes aplicações industriais (soldas, fusíveis, material de tipografia, material de antifricção, revestimentos de cabos elétricos, etc.).

Uma mistura de zirgonato de chumbo e de titanato de chumbo, conhecida como PZT, está sendo posta no mercado como um material piezoelétrico.

5.1. Possibilidades de Substituição do Chumbo

O chumbo é um metal estigmatizado pela sociedade moderna em resultado de sua devastadora atividade tóxica nos organismos vivos (plutonismo) que tem sido utilizado pela mídia como estandarte dos ativistas ambientais e defensores de uma revisão do processo industrial atual.

Por outro lado, o emprego do chumbo em muitos produtos industriais mostra-se muitas vezes anacrônico frente às soluções mais eficientes, baratas e ecologicamente defensáveis. A combinação destes fatores resultou na crescente pressão pela substituição do chumbo por seus sucedâneos.

O setor de construção civil talvez seja o que mais rapidamente tem substituído o metal: tubulações metálicas a base de chumbo tem sido progressivamente substituídas por produtos

sintéticos (resinas e polímeros) que são mais resistentes e possui melhor trabalhabilidade, tendo a vantagem serem ecologicamente corretos.

No segmento de revestimento de cabos telefônicos e de energia, a substituição do chumbo é acelerada pelo emprego crescente de outros produtos, especialmente os plásticos.

No setor de embalagem, o chumbo tem sido amplamente substituído pelo alumínio e por películas de resinas inteligentes que apresentam vantagens funcionais e econômicas na fabricação de papel, folhas, tubos, bisnagas e cápsulas.

Seu emprego como detonante na gasolina (chumbo tetraetila) tem sido abolido na maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento como reflexo da conscientização ambiental.

Como não tem sido registrado o aparecimento de novas aplicações do chumbo em serviços ou produtos, tem-se a nítida noção que o chumbo pode ser classificado como um metal decadente, com poucas perspectivas de sustentar elevada demanda ao longo do tempo. Porém, contrariando esta conclusão o consumo mundial de chumbo tem aumentado a uma taxa superior à do crescimento da economia global. Esta incongruência é justificada pela elevada concentração do consumo em um único setor: acumuladores de energia.

A produção de baterias elétricas responde atualmente por mais de 75% do consumo global do metal e o notável crescimento da indústria automobilística mundial registrada nas últimas décadas impulsionou a demanda pelo metal.

Deste modo, o futuro da demanda por chumbo merece uma análise mais detalhada das perspectivas atuais e futuras da indústria automotiva. A presente crise financeira mundial desencadeada pelo problema dos financiamentos hipotecários nos Estados Unidos, ao repercutir, com efeito, dominó, primeiramente na economia americana e posteriormente na economia mundial, trouxe como um dos mais destacados reflexos a falência do modelo atual da indústria automobilística.

As montadoras gigantes americanas (Chrysler, GM e Ford) acham-se em situação pré-falimentar; grandes montadoras japonesas acusam o golpe e anunciam profundas reformulações corporativas e funcionais, etc. A crise no setor automobilístico também ficou marcada pela recente explosão dos preços do petróleo, que no período imediatamente ao eclodir da crise americana atingiram níveis da ordem de US\$ 140/b.

Na esteira das medidas de contenção e remediação da crise mundial existe unanimidade no entendimento de que a indústria automobilística mundial deverá passar por uma profunda revisão de seus projetos e produtos. A expectativa dirige-se no sentido da produção de carros mais leves, eficientes, movidos a energia híbrida ou mesmo independentes de combustíveis fósseis. As experiências do Brasil no emprego do etanol e de muitos países europeus na produção de carros elétricos ou híbridos vão nesta direção.

Os recentes salões de automóveis apresentados na Europa e mesmo nos Estados Unidos privilegiaram veículos conceito que apontam o sentido das mudanças que deverão ser adotadas para reverter o atual quadro das montadoras globais.

O salão do automóvel realizado em Genebra em março de 2009, vislumbrou o futuro do automóvel. Em plena era de queda dos preços do petróleo, o salão foi dominado por carros elétricos. Carros elétricos vêm sendo produzidos desde 1990, porém pela primeira vez apresentam real capacidade para enfrentar seus pares movidos a petróleo.

A grande diferença está na alma dos novos carros elétricos: a bateria. Os primeiros modelos empregavam uma bateria de níquel, um metal que conduz bem a eletricidade, mas os veículos não

permitiam que os veículos pudessem competir em potência e autonomia com os carros convencionais. Porém a tecnologia do emprego do lítio, em uma concepção revolucionária (íons de lítio) proporciona a geração de baterias que possuem metade do peso, armazenam o triplo de energia e geram o dobro de potência. Permitem construir veículos com autonomia de 450 km a uma velocidade de 100 km/h, sem precisar recarregar.

As baterias de íon de lítio já são utilizadas convencionalmente em laptops e outros equipamentos eletrônicos.

A maioria dos carros “verdes” comercializados atualmente é híbrida: funcionam com uma bateria que, a partir de determinada quilometragem, aciona um motor a combustível. Os híbridos atuais (com bateria de níquel) estão no meio do caminho entre os veículos poluentes e os carros elétricos do futuro, que supostamente não emitirão poluentes e poderão ser recarregados na tomada elétrica da casa.

Apesar do governo brasileiro não ter definido nenhum programa específico para o desenvolvimento de baterias de lítio, alguns pesquisadores brasileiros acreditam no potencial desta produção no país. A pesquisadora Ana Maria Rocco da Universidade Federal do Rio de Janeiro afirma “o mais difícil é desenvolver a tecnologia, e já fizemos isso em várias universidades do país” e estima que entre 2011 e 2015 o Brasil comece a produzir baterias e que a sua venda em grande escala pode ocorrer a partir de 2016.

O investimento das montadoras e o aquecimento global sugerem que os custos vão baixar e pressão para a produção de carros menos poluentes vai aumentar. Neste contexto acumuladores chumbo/ácido surgem como acessórios que estão na ordem do dia para substituição futura e mesmo considerando o retardo da introdução de novas tecnologias no país, a globalização da indústria automobilística irá requerer profundas mudanças nas montadoras instaladas no Brasil.

Apesar dessas considerações, o chumbo possui características e propriedades notáveis que podem lhe abrir novos usos, desde que os esforços de pesquisa e desenvolvimento equacionem os correspondentes riscos ambientais.

O alerta proporcionado pela presente crise recomenda que para fins de planejamento, a previsão pessimista relativa ao consumo interno do chumbo deve ser considerada de maior relevância, que aquelas apontadas pelos cenários realistas e otimistas.

6. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE MINÉRIO DE CHUMBO

6.1. Consumo de Chumbo no Cenário Mundial

A demanda mundial por chumbo refinado no curso da presente década tem sido impulsionado particularmente pelos seguintes fatores:

- Acelerado crescimento da indústria automotiva;
- Rápido incremento da indústria de computação
- Elevado incremento da indústria de telecomunicações.

Veículos automotivos demandam acumuladores de energia (baterias) que em sua maioria são constituídas por carcaças e placas à base de chumbo, também os equipamentos do tipo *no-break* e diversas peças e acessórios que compõe produtos eletro-eletrônicos e de telecomunicações também exigem o emprego desse metal.

Relevantes quantidades de chumbo refinado também são requeridas na proteção acústica de edificações, prevenção de irradiação de Raios-X em hospitais, proteção de radiação em usinas nucleares etc. Por outro lado, é registrada a progressiva diminuição no emprego de chumbo para a

produção de derivados de petróleo, em cabeamentos elétricos e em equipamentos empregados na construção civil.

A acentuada taxa de crescimento das economias dos países em desenvolvimento, particularmente a China, Coréia do Sul, Índia e Brasil que tem incorporado vigoroso aumento na industrialização de veículos automotores, computadores, telefones celulares e eletro-eletrônicos, tem se refletido no aumento progressivo da demanda do chumbo.

Tabela 8. Consumo mundial de chumbo refinado

CONSUMO MUNDIAL DE CHUMBO REFINADO							
em 10 ³ t							
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Acréscimo
6.358	6.844	7.296	7.801	8.068	8.181	8.708	Σ 5,00% a.a

Fonte: Estatísticas ILZSG

A taxa média de crescimento da demanda mundial por chumbo refinado no período 2000 – 2008 foram superior a 5% ao ano, valor sensivelmente superior às taxas médias de crescimento da economia mundial no mesmo período. A demanda global de chumbo refinado apresentou em 2008 um crescimento de 6,4% em relação a 2007, porém o suprimento de chumbo foi suficiente para converter o déficit de 300.000 t, ocorrido em 2004, em um superávit de 19.000 t que foi adicionado aos estoques mundiais.

O mercado mundial retraiu-se no segundo semestre de 2008 em resposta à séria crise financeira internacional detonada pela crise dos papéis “*subprimes*” nos Estados Unidos. Com o desaquecimento da economia mundial e particularmente com a retração do setor automotivo, a demanda por chumbo em 2009 deverá manter-se em níveis modestos, sendo previsível um consumo global não superior a 8,7 milhões de toneladas do metal.

6.2. Consumo por Regiões

O consumo de chumbo refinado discriminado por regiões reflete a tendência do crescimento da economia global. Considerando-se os valores publicados pelo governo da China, relevando-se as pequenas discrepâncias desses valores quando comparados com os índices publicados pelo ILZSG, verifica-se que o consumo nos países da Comunidade Européia tem se mantido relativamente constante e o consumo nas Américas (liderado pelos Estados Unidos) tem registrado um crescimento vegetativo pouco expressivo, enquanto que o consumo da região asiática demonstra um aumento vigoroso no crescimento do consumo.

O notável crescimento do consumo do chumbo refinado na região da Ásia reflete o saliente crescimento da economia e indústria da China, Coréia do Sul, secundadas pela indústria japonesa.

Tabela 9. Consumo de chumbo refinado por regiões do mundo

CONSUMO DE CHUMBO REFINADO POR REGIÕES DO MUNDO (x 1.000 t)					
Região	2002	2003	2004	2005	2007
Europa	1.761	1.589	1.569	1.702	1.827
África	144	138	100	130	147
América	2.092	2.092	2.005	2.007	2.207
Ásia	2.361	2.630	3.002	3.429	4.122
Total	6.358	6.449	6.676	7.268	8.303

Fonte: Chinametall

Apesar da presente retração financeira e seus reflexos na indústria automobilística, o cenário da economia mundial a médio e longo prazo tende a acentuar a tendência de consumo refletida no quadro acima, inserindo com mais vigor a influência de economias ascendentes a exemplo da Índia e Brasil.

6.3. Demanda Setorial

A partir da década de 60 do século passado a produção de baterias automotivas assumiu a liderança do consumo mundial de chumbo. Nesta época a fabricação de baterias representava 28% do consumo total do metal, desde então essa indústria tem assumido progressivamente maior importância relativa vindo a responder na atualidade por 75% de seu consumo mundial.

O princípio do acumulador de energia baseado em baterias estruturadas por placas de chumbo que reagem com ácido, foi descoberto por Siemens em 1850 e posto em prática pela primeira vez em 1859 por Planté. Atualmente as baterias ácido/chumbo são utilizadas intensamente em veículos automotores e também para suporte de sistemas de telecomunicações ou de computação e de inúmeras instalações especiais, a exemplo de hospitais que necessitam de sistemas de força em “stand by” para casos de emergência.

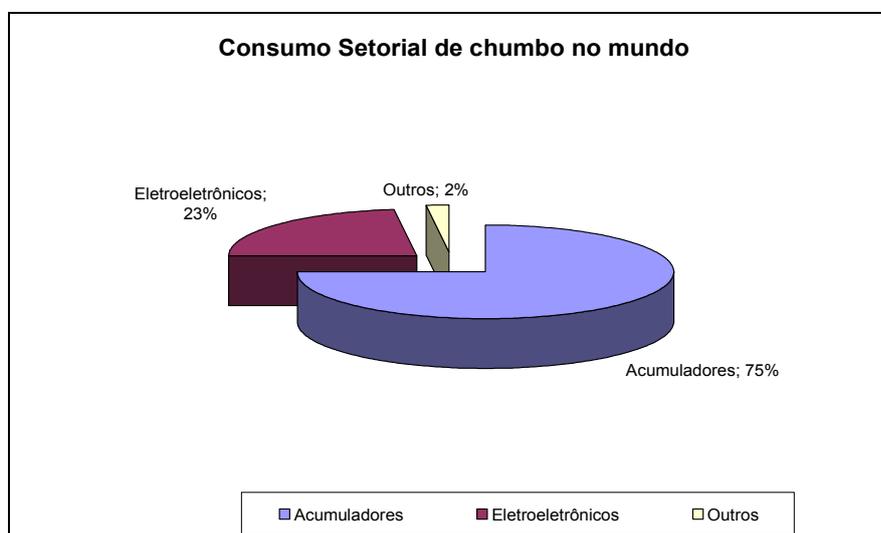
No segmento de sistemas emergenciais de energia verifica-se que o setor de computação apresenta proporcionalmente a maior demanda, seguido do setor de telecomunicações e outros usuários: centros médicos, organizações militares, governamentais, etc.

O segundo segmento de maior demanda por chumbo é o da construção civil. Neste segmento o metal é muito utilizado para a produção de chapas revestidas de chumbo e tubulações. A maior demanda verifica-se na Inglaterra pela conjugação de dois fatores: condições climáticas específicas e estilo dominante de arquitetura. O chumbo apresenta propriedades como durabilidade e maleabilidade que facilitam os trabalhos de engenharia requeridos na Inglaterra para prover a impermeabilização de casas e edifícios em um país reconhecido pelo elevado índice de precipitação pluviométrica. Na Inglaterra, em especial, 85% das chapas de chumbo tem sua aplicação na construção civil.

Outros importantes usos do chumbo na construção civil são na produção de sistemas acústicos em prédios e edificações especiais, bloqueio da difusão de raios-X em centros médico-hospitalares e adequação de sistemas de contenção de radiação em usinas nucleares.

O setor eletro-eletrônico também contribui para o consumo de chumbo que ainda é muito empregado no isolamento de cabos condutores de eletricidade para prevenção de corrosão em condições expostas à ação da umidade.

Figura 4. Consumo setorial de chumbo no mundo



6.4. Padrão do Consumo nos Países Industrializados

A experiência histórica das nações de elevado grau de industrialização identifica um padrão persistente e bem reconhecível. Nos primeiros estágios do desenvolvimento industrial de uma nação, os segmentos de elevado grau de consumo de chumbo registram uma taxa de crescimento mais acelerada que aquela da economia do país, invariavelmente elevada e crescente ao longo do tempo.

Quando a economia nacional atinge maior grau de maturidade, o produto interno bruto gerado pelo setor industrial é progressivamente substituído pelo setor de serviços, resultando em um recuo da taxa da intensidade de utilização de chumbo (relação entre o consumo de chumbo e o valor do PIB).

No período de 30 anos, entre as décadas de 1960 e 1990, a intensidade de uso do chumbo recuou 50% nos países desenvolvidos que respondiam na época por 2/3 da economia mundial (USA, Japão, França, Alemanha, Itália e Reino Unido). Mesmo assim, o consumo per capita do chumbo nestes países apresentou um bom desempenho, considerando-se em particular que a partir da década de 80, registrou-se uma crescente pressão pela substituição desse metal por materiais menos tóxicos, como resultado da progressiva conscientização ecológica da humanidade.

Inicialmente, o consumo aparente do chumbo em qualquer sociedade reflete o emprego desse metal na industrialização de produtos destinados ao consumo interno e também para a exportação para outros países, que naturalmente será dependente do nível de atividade econômica nestes mercados. Porém com o passar do tempo se estabelece uma relação entre o consumo de chumbo e o ritmo de desenvolvimento econômico do país. Em outras palavras, a relação entre o consumo do metal e o valor econômico agregado será variável na dependência do grau de maturidade do país em análise.

Tabela 10. Evolução do consumo de chumbo no mundo

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE CHUMBO 1960-1990						
PAÍSES	Pb - Consumo per capita kg/pessoa			Intensidade de uso - IU t/Pb US\$ PIB		
	1960	1970	1990	1960	1970	1990
USA	5,1	6,0	5,2	0,50	0,38	0,28
Japão	1,9	3,2	3,4	0,53	0,29	0,21
França	4,3	4,4	4,7	0,86	0,43	0,38
Alemanha	5,1	5,6	6,0	0,84	0,51	0,45
Itália	2,2	5,0	4,5	0,62	0,66	0,47
Reino Unido	7,4	6,0	5,8	1,39	0,74	0,59
Média	4,3	5,0	4,9	0,79	0,50	0,40

Fonte: ILZSG (1992) e Rich, V (1994).

Mais recentemente o consumo global de chumbo tem sido influenciado pelo ritmo de crescimento econômico dos países em desenvolvimento localizados na Ásia e América Latina, que nas últimas décadas apresentaram elevadas taxas de produção automotiva, o maior condicionante do consumo do metal.

Considerando-se a relativa estagnação dos parques industriais da Europa e dos Estados Unidos nas últimas duas décadas e por outro lado o acelerado crescimento das indústrias automotivas dos países em desenvolvimento, o consumo médio per capita da ordem de 5,0kg por pessoa pode ser considerado um sinalizador confiável do índice de saturação do consumo em sociedades de economia amadurecida.

6.5. Evolução do Consumo no Brasil

A tabela 9 assinala a evolução do consumo do metal ocorrido no país ao longo das últimas três décadas, indicando que o consumo que era da ordem de 100.000 toneladas ano passou na atualidade para o patamar de 220.000 toneladas ano. Independentemente das variações periódicas da atividade econômica registrada no país ao longo desse período, o consumo do chumbo eletrolítico apresentou um notável crescimento de aproximadamente 2,4% ao ano. Este incremento foi garantido pelo desempenho da indústria automobilística, que mostrou uma aceleração nos últimos anos da década.

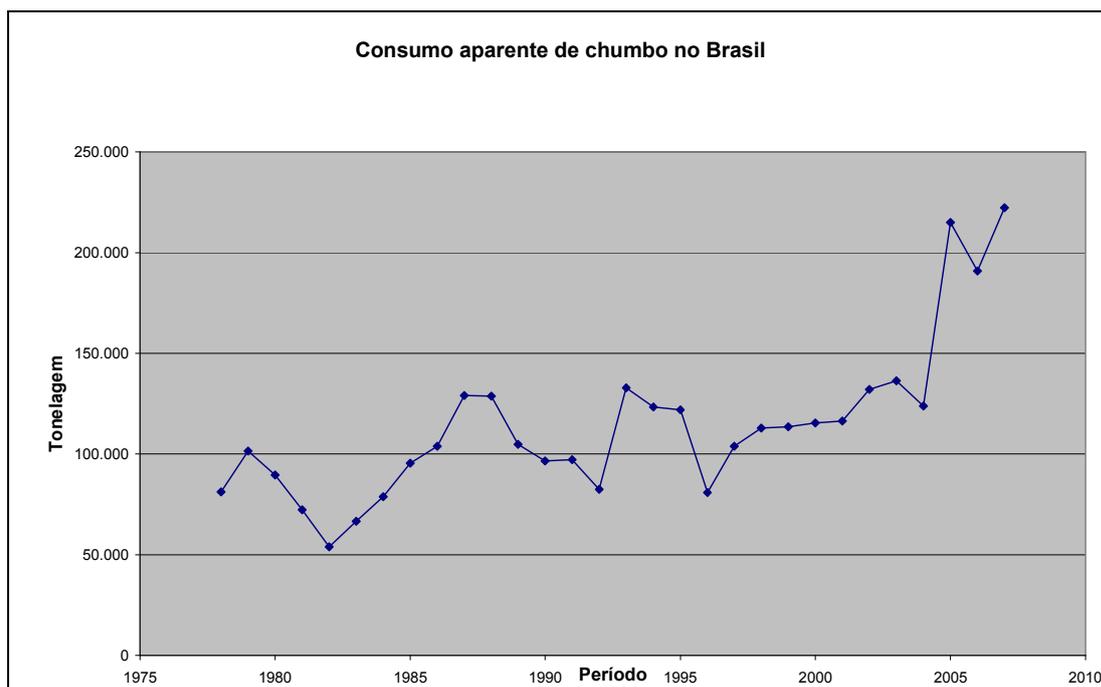
Tabela 11. Evolução do consumo de chumbo no Brasil

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE CHUMBO NO BRASIL							
em t							
Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo
1978	81.211	1986	103.805	1994	123.407	2002	132.082
1979	101.522	1987	128.982	1995	121.919	2003	136.456
1980	89.605	1988	128.790	1996	80.916	2004	123.880
1981	72.248	1989	104.752	1997	103.782	2005	214.979
1982	54.005	1990	96.565	1998	112.853	2006	191.000
1983	66.534	1991	97.166	1999	113.440	2007	222.212
1984	78.810	1992	82.447	2000	115.335	2008	200.000 (e)
1985	95.430	1993	132.932	2001	116.358		

Fonte: DNPM – Mineral Data – CETEM; ICZ

Na atualidade a indústria de acumuladores de energia responde por 95,6% deste mercado, sendo na sua maior parte utilizada para a fabricação de baterias de automóveis que por sua vez representa 90% do consumo interno, e mais 5,6% do total demandado para a produção de baterias industriais. A produção de óxidos empregados nas indústrias química, eletrônica, do vidro, cerâmica, pigmentos e siderúrgica respondem pelos restantes 4,4% do consumo.

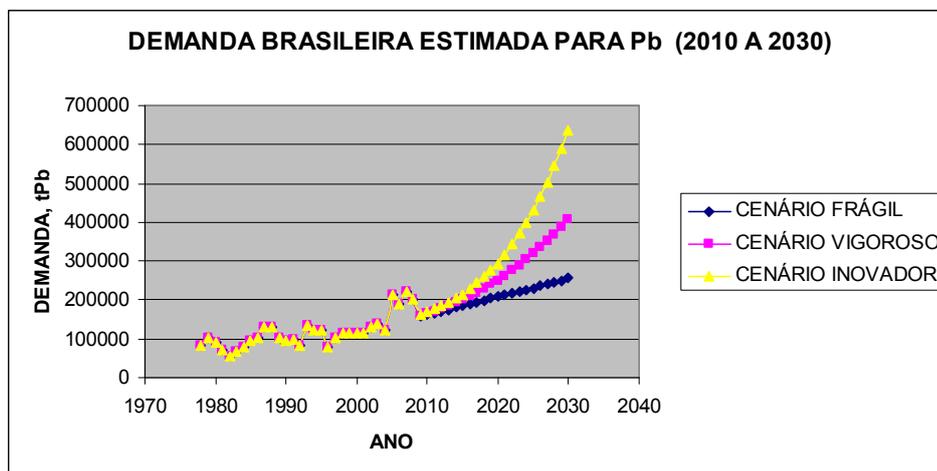
Figura 5. Gráfico da evolução do consumo aparente de chumbo no Brasil



6.6. Projeção de Consumo no País

Para a projeção do consumo de chumbo 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 cenários: Frágil, vigoroso e inovador.

Figura 6. Demanda brasileira estimada para Chumbo (2010 a 2030)



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.

A projeção do crescimento da demanda nos períodos dos planos plurianuais inseridos nos três cenários é identificada na tabela 11.

Tabela 12. Projeção da taxa de consumo aparente de chumbo

PROJEÇÃO DA TAXA DE CONSUMO APARENTE DE CHUMBO			
% 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.

A análise da evolução demográfica no Brasil publicada pelo IBGE em sua revisão de 2008 indica a seguinte projeção para os próximos vinte anos (Tabela 12).

A projeção do consumo per capita de chumbo leva em consideração os indicadores publicados pelo IBGE e a projeção do consumo nacional, calculado para os três cenários. A Tabela 13 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.

O exercício de projeção de consumo nacional de chumbo eletrolítico até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda poderá ser variável entre: 255.344 e 635.132 toneladas ano, a depender do desempenho da economia no período.

Tabela 13. Evolução demográfica no país 2011 - 2030

EVOLUÇÃO DEMOGRÁFICA NO PAÍS	
Período	Habitantes
2011	193.252.000 habitantes
2015	200.881.000 habitantes
2019	205.970.000 habitantes
2023	210.441.000 habitantes
2027	214.209.000 habitantes
2030	216.410.000 habitantes

Fonte: Evolução demográfica no Brasil – IBGE – Revisão 2008

Tabela 14. Projeção do consumo de chumbo no Brasil – 2009- 2030

PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CHUMBO ELETROLÍTICO em toneladas			
Período	Cenário		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2008	200.000	200.000	200.000
2009	156.872	158.704	160.230
2010	161.265	165.052	168.241
2011	165.780	171.654	176.653
Σ 2008 - 2011	683.917	695.410	705.124
2015	185.142	200.811	214.723
Σ 2008 - 2015	1.394.774	1.453.489	1.504.591
2019	204.362	239.470	276.234
Σ 2008 - 2019	2.182.800	2.351.254	2.512.423
2023	222.293	289.692	370.593
Σ 2008 - 2023	3.046.159	3.429.849	3.838.071
2027	240.617	352.122	504.188
Σ 2008 - 2027	3.980.686	4.740.886	5.641.601
2030	255.344	407.625	635.132
Σ 2008 - 2030	4.731.797	5.906.454	7.409.341

A projeção do consumo per capita de chumbo eletrolítico leva em consideração os indicadores publicados pelo IBGE e a projeção do consumo total, calculado para os três cenários: pessimista, realista e otimista. O quadro a seguir retrata a projeção do consumo per capita nos anos de encerramento dos Planos Plurianuais levando-se em consideração os três cenários.

O ensaio da projeção do consumo per capita de chumbo no país, considerando os três cenários de evolução da economia nacional indica que em 2030 o consumo deverá situar-se entre um mínimo de 1,12 kg/habitante e o máximo 2,93 kg/habitante, ainda distante do consumo atual dos países desenvolvidos que fica entre 4,5 e 6,0 kg/habitante.

Tabela 15. Projeção do consumo de chumbo per capita no Brasil

PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CHUMBO PER CAPITA			
kg de Pb por habitante/ano			
Período	Cenário		
	Frágil	Vigoroso	Inovador
2011	0,85	0,88	0,91
2015	0,92	1,00	1,06
2019	0,99	1,16	1,34
2023	1,05	1,37	1,76
2027	1,12	1,64	2,35
2030	1,17	1,88	2,93

7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESEVAS DE MINÉRIO DE CHUMBO

7.1. OFERTA MUNDIAL DE CHUMBO

A oferta de chumbo refinado requerido pela indústria mundial é suprida por metal reciclado e metal proveniente de operações mineiras em uma proporção próxima a 50% e os demais 50% são fornecidos pela obtenção de metal primário a partir de operações mineiras.

A progressiva expansão da consciência ecológica paralelamente ao aprimoramento da tecnologia de reciclagem resulta no acentuado avanço do fornecimento do denominado chumbo “velho” derivado da reciclagem, muitas vezes múltipla, para a obtenção do metal refinado. O índice médio da reciclagem do metal nos países desenvolvidos é da ordem de 70% e nos países em desenvolvimento estabiliza-se em aproximadamente 30%.

Apesar de o chumbo primário ser lavrado em diversos países do mundo, três quartos de sua produção primário provém de somente seis países: China, Austrália, USA, Peru, México e Canadá. A produção do metal é tipicamente inelástica pelo fato de constituir um co-produto ou subproduto econômico da mineração de zinco. Desta forma o nível de oferta de concentrado de chumbo derivado do processo de mineração depende do ritmo da produção de zinco, metal que não apresenta correlação com o mercado do chumbo.

O chumbo refinado é consumido com intensidade em todos os países em estágio avançado de industrialização. Até meados da presente década o maior consumidor individual eram os Estados Unidos que foram superados nos últimos anos pela República Popular da China, atualmente o maior produtor e consumidor mundial.

7.2. PRODUÇÃO MUNDIAL DE CHUMBO PRIMÁRIO (1997 – 2007)

A evolução da produção mundial de chumbo primário derivado de operações mineiras é ilustrada na tabela a seguir, em que são destacados os principais países produtores e a totalização da produção mundial. O número relativo à produção de chumbo primário no curso da última década ilustra com fidelidade a agressividade da produção mineira na China que assumiu o posto de maior produtor mundial com o excepcional volume de 1.500.000 toneladas anuais em 2007, volume quase três vezes superior à produção australiana, segundo maior produtor com 641.000 t.

Tabela 16. Produção mundial de chumbo primário

PRODUÇÃO MUNDIAL DE CHUMBO PRIMÁRIO				
x 1.000 t				
Produtores	1997	2007	Participação 2007	% de evolução
EUA	450	444	11,77 %	- 1,4
Austrália	530	641	17,00%	+ 17,00
China	450	1.500	39,80 %	+ 233,34
Peru	250	329	8,70 %	+ 31,60
Canadá	190	82	2,17 %	- 56,85
Suécia	100	62	1,65 %	- 38,00
México	170	120	3,18 %	- 29,42
África do Sul	90	42	1,14 %	- 53,44
Marrocos	70	45	1,19 %	- 35,72
Outros	599	505	13,39%	- 15,70
Total	2.899	3.770	100,00 %	+ 30,04

Fonte: DNPM e USGS – Mineral Commodities Sumaries

7.3. CHUMBO A PARTIR DE RECICLAGEM

Os metais produzidos a partir de minério são conhecidos como minérios primários. A metalurgia secundária do chumbo está associada ao conceito de reciclagem dos metais. A reciclagem a partir de sucata vem crescendo em importância por vários fatores como: diminuição dos depósitos minerais ricos e/ou economicamente viáveis; preocupação ambiental que resulta na utilização de sucatas para a produção de bens e produtos úteis evitando desta forma o seu lançamento em bacias ou pátios de rejeito e finalmente o menor consumo de energia necessária para a produção do chumbo eletrolítico.

Tabela 17. Evolução da produção de chumbo primário e reciclado

PRODUÇÃO CHUMBO PRIMÁRIO E CHUMBO RECICLADO					
x 1.000 t					
Produção	1997	2007	Variação	Σ	Participação 2007
Pb Primário	2.899	3.770	+ 30,04 %	2,73 % a.a.	43,30 %
Pb Reciclado	2.958	4.938	+ 66,93 %	6,98 % a.a.	56,70 %
Total	5.857	8.708	+ 48,86 %	4,44 % a.a.	100 %

Fonte: DNPM e ILZSG

O chumbo pode ser reciclado várias vezes, obtendo-se um metal secundário similar ao metal de fonte primária. O percentual de reciclagem de chumbo no mundo está em torno de 60%. No setor específico de acumuladores de energia este percentual aproxima-se de 95% e no país fica entre 70 e 80%.

A típica sucata de baterias automotivas contém aproximadamente 32% Pb, 3% PbO, 17% PbO₂ e 36% PbSO₄ além de componentes plásticos e ácidos. A presença de grande quantidade de sulfato de chumbo gera, durante a operação de reciclagem, a emissão de particulados de chumbo, resultando em riscos ambientais que devem ser prevenidos.

A partir da década de 90 a oferta de chumbo “velho” resultante da reciclagem de sucata de Pb superou a produção de metal proveniente de operações mineiras e com o passar do tempo e incremento do processo de reciclagem, sua contribuição tem sido progressivamente mais importante. No período entre 1997 e 2007 a parcela de fornecimento de chumbo a partir de reciclagem passou de 50,50% para 56,70 % do consumo mundial total, registrando uma taxa de crescimento anual da ordem de 6,00%.

7.4. Evolução da Produção de Chumbo no País

O país é franco importador de chumbo desde 1960. O arcabouço geológico brasileiro não é favorável à ocorrência de jazidas de chumbo primário, bem como de zinco, atualmente a principal fonte de chumbo, como elemento derivado da extração do zinco. Por outro lado, o contínuo crescimento da indústria automobilística no país, traduz-se em uma crescente demanda por chumbo para a fabricação de baterias automotivas.

Na atualidade, a produção primária de chumbo não representa mais de 8% a 10% do consumo interno, sendo o concentrado mineral exportado integralmente, pois as usinas metalúrgicas de chumbo foram desativadas em 1996. O suprimento de chumbo é atendido em parte pela reciclagem de sucata de chumbo, complementado pela importação de chumbo eletrolítico.

A produção primária de chumbo é variável e dependente do ritmo de lavra de minério de zinco na mina de Morro Agudo – MG. Para os próximos anos existe a possibilidade de modesta ampliação da produção de concentrados de chumbo caso seja concretizada a expansão da lavra de zinco nessa mina.

Não são registrados fatos relevantes que projetem qualquer mudança no atual panorama de produção de chumbo primário no país. Porém, para efeito de planejamento é lícito adotar as seguintes premissas com o objetivo de delinear cenários futuros para a produção de chumbo primário no país, considerando-se os seguintes elementos:

- Que a produção de chumbo primário no país é da ordem de 10% da demanda nacional;
- Que a produção de chumbo primário no país continuará a depender da produção de minério de zinco, na forma de co-produto rentável;
- Que a produção de zinco no país tende a apresentar um incremento proporcional ao volume atualmente demandado pela metalurgia de zinco, em taxas próximas ao crescimento da demanda nacional de chumbo;
- Que o consumo interno de chumbo seja compatível com as projeções de demanda registradas nesse ensaio,

Tabela 18. Evolução da produção de chumbo primário no Brasil

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CHUMBO NO BRASIL							
em t*							
Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção
1978	28.346	1986	23.435	1994	1.327	2002	10.991
1979	37.835	1987	20.232	1995	9.438	2003	10.326
1980	35.095	1988	22.481	1996	15.356	2004	16.199
1981	35.858	1989	22.153	1997	12.535	2005	18.221
1982	29.014	1990	14.804	1998	11.733	2006	16.007
1983	30.966	1991	12.302	1999	15.110	2007	15.522
1984	31.601	1992	6.650	2000	11.406	2007	15.000 (e)
1985	28.346	1993	1.843	2001	8.120		

(e) estimado

* em toneladas de chumbo contido no concentrado

Fonte: DNPM/DIDEM – Mineral Data - CETEM

Neste caso prevê-se para o ano de 2030 um aumento da produção de chumbo primário variável entre 10.500 a 48.500 t/ano de chumbo contido no concentrado. Levando-se em conta os indicadores de investimentos registrados no item 3.10 relativos aos custos para agregação de capacidade produtiva na atividade de mineração, conclui-se que para atender a projeção de produção para 2030, seria necessário realizar investimentos que variariam entre R\$ 3,9 a R\$ 18,3 milhões.

7.5. Reservas Minerai s Mundiais

As reservas minerai s mundiais (medidas + indicadas) somaram 222,1 mt em 2007. Os principais produtores de chumbo primário constituem geralmente os países detentores de maiores reservas do metal.

Em ordem decrescente, na ordem das reservas medidas são: Austrália (59 mt), China (36 mt), Estados Unidos (19 mt), Canadá (5 mt), Peru (4mt) e México (2 mt). As reservas do país (medidas + indicadas) atingem 52 mt.

Nos últimos anos foram identificadas e estão em avaliação significantes reservas de chumbo, relacionadas aos minérios de zinco e/ou prata ou cobre em depósitos minerai s situados na Austrália, China, Irlanda, México, Peru, Portugal e Estados Unidos (Alasca), que acumulam reservas indicadas superiores a 1,5 bilhões de toneladas do metal.

7.6. Necessidades Adicionais de Reservas de Minério de Chumbo

Na hipótese de que a produção interna de chumbo primário mantenha-se na atual proporção de 8 a 10% da demanda pelo metal, as reservas minerai s existentes somente atenderiam a demanda no caso de concretização do cenário frágil. Na hipótese dos demais cenários, a partir de 2028 e 2026, respectivamente, teoricamente a demanda de chumbo primário deverá ser atendida exclusivamente pela importação de concentrado de chumbo e reciclagem de chumbo velho, caso não tenham sido agregadas novas reservas minerai s.

Em base da projeção do consumo no país verifica-se que mesmo na hipótese da produção primária atender somente 10% do consumo nacional, haverá necessidade da reposição de reservas, e garantir até 2030 a incorporação de reservas da ordem de 740.000 toneladas.

Tabela 19. Reservas mundiais de chumbo

RESERVAS MUNDIAIS DE CHUMBO		
(2007) x 1.000 t		
Países	Reservas	%
Austrália	59.000	26,5
China	36.000	16,2
EUA	19.000	8,6
Cazaquistão	7.000	3,1
Polônia	5.400	2,4
Canadá	5.000	2,3
Peru	4.000	1,8
México	2.000	0,9
Suécia	1.000	0,5
Marrocos	1.000	0,5
África do Sul	700	0,3
Outros países	30.000	13,5
Brasil	52.000 *	23,4
Total	222.100	100%

Fonte: DNPM; ILZSG; USGS – Mineral commodities summaries

Ainda como um mero exercício teórico, pois a agregação de reservas de minério de chumbo depende dos investimentos para a ampliação das reservas de zinco, e levando-se em consideração os indicadores de investimento identificados no item 3.10, pode-se inferir que, seriam necessários investimentos da ordem de US\$ 240 milhões.

Ressalta-se que a produção de chumbo primário é dependente da produção primária de zinco, sendo que questões relativas à da reposição de reservas de chumbo devem necessariamente levar em consideração a evolução não só do registro de reservas de minério de chumbo e zinco, como também a evolução do mercado interno desse metal e mais particularmente da política de suprimento adotada pela Votorantim Metais Zinco, única produtora nacional do metal.

7.7. Potencialidade

Em concordância com as considerações traçadas no item 3.2 relativo às reservas minerais, a questão da potencialidade para a identificação de novas reserva minerais de chumbo primário tem uma dependência direta do mercado e da indústria nacional do zinco.

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

Há de 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 para investimentos em programas de prospecção mineral que resultem na identificação de novas descobertas minerais.

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 constituem ambientes favoráveis à ocorrência de sistemas epi-mesotermiais potencialmente geradores de depósitos polimetálicos filoneanos ricos em chumbo. Ressalta-se que o intenso intemperismo típico de áreas tropicais, representam 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 dificilmente as empresas de mineração manifestarão interesse em investir em programas de prospecção mineral tendo por objetivo exclusivo a descoberta de novas reservas de chumbo. Por outro lado, a incorporação de novas reservas de chumbo associado ao zinco, dependerá fundamentalmente da necessidade ou do interesse das corporações comprometidas com o mercado de zinco, particularmente da Votorantim Metais Zinco, única produtora nacional.

8. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS

A produção de concentrados de chumbo no país é decorrente da mineração de zinco, na forma de co-produto, sendo desta forma impossível identificar uma demanda específica de recursos humanos dedicados exclusivamente à geração desse metal. Pelo mesmo motivo não tem sentido definir qualquer projeção de necessidade de recursos humanos para tal atividade, prevê-se que deverá se manter sem qualquer alteração em futuro previsível.

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.

O BNDES apóia financeiramente as atividades de mineração e metalurgia de chumbo, através de operações diretas, operações indiretas, FINAME e BNDESPAR. O BNDES também apóia a construção de usinas hidroelétricas para o fornecimento de energia para as usinas metalúrgicas, grandes consumidoras de energia

10. CONCLUSÕES GERAIS

A produção de chumbo primário no país é resultante do tratamento do minério de zinco na forma de subproduto e é exportado em sua totalidade por não existir atualmente usinas metalúrgicas para processamento de concentrados de chumbo instaladas.

O volume da produção nacional de concentrados de chumbo representa aproximadamente 10% do total de chumbo metálico consumido no Brasil, abastecido em grande parte por chumbo “velho” reciclado a partir de sucata do metal que é complementado pela importação de chumbo eletrolítico.

Levando-se em conta que a geologia brasileira não apresenta potencialidade para a identificação de reservas de chumbo ou zinco, o atual cenário tende a permanecer inalterado no médio e longo prazo.

No campo da demanda, a crise financeira que se instalou recentemente, tende a provocar uma profunda mudança na estrutura produtiva da indústria automobilística, principal agente condutor da demanda por chumbo. Caso a indústria automobilística passe a privilegiar a produção de carros elétricos ou híbridos, provavelmente as baterias ácido/chumbo deverão ser progressivamente substituídas por baterias a base de lítio, de nova geração tecnológica, mais leves, eficientes e com maior poder de acumulação energética. Neste cenário futuro, a demanda por chumbo tenderá a declinar vertiginosamente, fato que ironicamente constituirá uma ventura para a sociedade nacional, que hoje tem poucas perspectivas de tornar-se livre da importação deste bem mineral.

11. BIBLIOGRAFIA

ASIAN METALS Ltd., 2009, 2008 Annual report on Lead. Acesso em 12/05/2009

www.asianmetal.com/

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.

CID, T, 2009, Baterias de lítio podem ser o futuro dos automóveis, in Revista Época, 06/03/2009, São Paulo.

CHINA METAL, Statistics of 2002-2006 world refined lead consumption. Acesso em 10/03/2009

china-metal.cc/.

CRU MONITOR, 2008, Lead 2007, acesso em 10;/04/2009 a www.crumionitor.com.

DZIOUBINSKI, O. e CHIPMAN, R., 1999, Trends in consumption and production: selected Minerals, UN, Economic and Social Affairs, ST/ESA/1999/DP.5, DESA Discussion Paper no.5, 13p.

GARG, e E Ryer, S., 2008, Lead – the battery, Commodity Watch vol 1, no. 22, 2p. acesso em 02/07/2009 www.commoditywatch.in/

ILA – International Lead Association, 2000, Lead: The facts. Imperial College Consultants Ltd. London, UK. 176 p.

ILZSG – International Lead and Zinc Study Group, 2001, Principal uses of lead and zinc, 1994/1999, London.

HAWKES, N., 1997, Influences and trends in Lead/Acid Battery demand in Lead Supply and prices, Journal of Power Sources, Elsevier, V. 67, no.1, July 1977, 213-218 pp.

MINERALDATA – Banco de dados de mineração – CETEM, diversos acessos nos meses de abril a julho de 2009 <http://w3.cetem.gov.br/infomimet/bases3.html>

RICH, V. 1994, The international Lead trade, Woodhead Publishing Ltd. London, 247 p.

WBMS – World Bureau of Metal Statistics, 2007, First quarter 2007, Metal balances – Lead. Acesso em 12/05/2009 www.world-bureau.com/.