

A indústria do alumínio: estrutura e tendências

José Guilherme da Rocha Cardoso, Pedro Sérgio Landim de Carvalho
Paulo Sergio Moreira da Fonseca, Marcelo Machado da Silva
e Marco Aurélio Ramalho Rocio

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

A indústria do alumínio: estrutura e tendências

José Guilherme da Rocha Cardoso
Pedro Sérgio Landim de Carvalho
Paulo Sergio Moreira da Fonseca
Marcelo Machado da Silva
Marco Aurélio Ramalho Rocio*

Resumo

O presente estudo visa mostrar uma visão geral da indústria mundial e brasileira do alumínio na década de 2000. Descrevem-se o processo produtivo e a organização industrial do setor, a demanda por tipo de produto, a evolução dos estoques e os preços praticados no mercado mundial de alumínio primário. No âmbito da indústria brasileira, destaca-se a diferenciação da carga tributária que incide sobre as cadeias produtivas referentes às regiões Norte e Sudeste e a reciclagem como um fator importante no aumento da competitividade e na obtenção de benefícios ambientais. Apresentam-se a evolução dos investimentos mundiais da indústria nos últimos 30 anos e a perspectiva dos projetos de produção

* Respectivamente, chefe, gerente, economistas e geólogo do Departamento de Indústria de Base da Área de Insumos Básicos do BNDES.

até 2015. Por fim, são discutidos os fatores que vêm influenciando as decisões de investimento e seus possíveis efeitos sobre o mercado mundial, considerando-se as alternativas possíveis ao Brasil para adaptar-se à nova realidade.

Introdução

O alumínio é o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre e o mais abundante entre os elementos metálicos. Suas propriedades, como leveza, alta condutividade elétrica, grande resistência à corrosão e baixo ponto de fusão, permitem que seja utilizado de forma extensiva para a produção de diversos itens, tais como ligas metálicas, laminados e extrudados.

Considerando a quantidade e o valor do metal empregado, o uso do alumínio excede o de qualquer outro metal, exceto o do ferro. É um material importante em múltiplas atividades econômicas, como no tratamento de água e nas indústrias metalúrgica, aeronáutica, farmacêutica e alimentar.

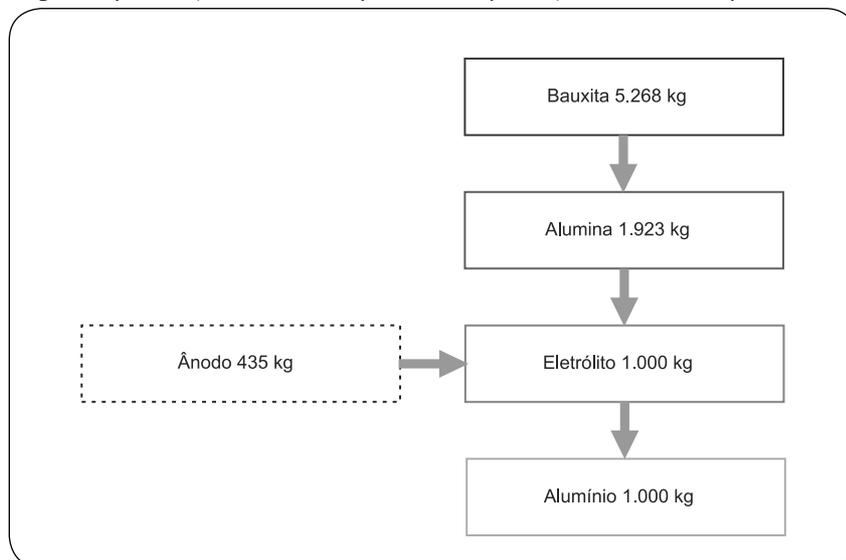
Sua obtenção na forma metálica segue um processo que se inicia, usualmente, na mineração da bauxita, seguida do seu beneficiamento. A bauxita beneficiada segue para a refinaria, onde passa por tratamento químico para a extração das impurezas, dando origem a um produto intermediário denominado alumina. A etapa final consiste em transformar a alumina em alumínio primário, na forma metálica, por meio da eletrólise.

A bauxita é, geralmente, encontrada de forma abundante em locais de clima tropical a subtropical. Conforme já mencionado, do seu beneficiamento obtém-se a alumina (óxido de alumínio), que é a base para a produção do alumínio eletrolítico (alumínio primário).¹ Como regra geral, necessita-se de pouco mais de 5 kg de bauxita para produzir 1 kg de alumínio, conforme mostra o balanço de massa esquemático na Figura 1.

Atualmente, as reservas mundiais de bauxita totalizam cerca de 27,1 bilhões de toneladas [USGS (2010)]. O Brasil conta com cerca de 7% desse total. Vale ressaltar que cerca de 95% de toda a bauxita lavrada no mundo é usada para a produção de alumina pelo processo Bayer, que é descrito no Anexo, juntamente com o detalhamento técnico dos processos de produção de alumínio primário e informações geológicas relevantes ao estudo.

¹ Alumínio primário é aquele obtido após o processamento da bauxita e da alumina, por meio de uma série de processos químicos; alumínio secundário é todo metal resultante da reciclagem da sucata de alumínio.

Figura 1 | Balanço de massa do processo de produção de alumínio primário



Fonte: Modificado de International Aluminium Institute.

Produtos acabados

Com base no alumínio primário, é possível distinguir três linhas de processamento:

- lingotamento: o alumínio é resfriado na forma de lingotes de aproximadamente 500 kg;
- fundição contínua por vazamento vertical: o alumínio é resfriado na forma de tarugos; e
- fundição contínua por vazamento horizontal: o alumínio é resfriado na forma de placas e barras.

O alumínio primário segue processos distintos para adquirir certas características adequadas às mais diversas aplicações. As principais técnicas de transformação são as seguintes:

Extrusão

No processo de extrusão, o alumínio, em forma de tarugo, é aquecido e prensado sob uma matriz para moldá-lo segundo as necessidades. Os extrudados são destinados, principalmente, à construção civil.

Usa-se a extrusão também na produção de fios, que são, em seguida, encordoados para a confecção de cabos, utilizados, principalmente, em linhas de transmissão de energia elétrica.

Laminação

A laminação é feita pela compressão do metal entre cilindros.

Os produtos da laminação são utilizados no setor de embalagens e transporte. No setor de transporte, são utilizados por causa de sua resistência e do baixo peso específico, e no de embalagens, por sua grande maleabilidade.

Fundição e forjamento

A fundição é similar ao processo que ocorre ao término da produção do alumínio primário. Para realizar o forjamento, utiliza-se uma força de conformação sobre o alumínio sólido em uma matriz com formas geométricas predefinidas.

Tanto os produtos fundidos quanto os forjados são utilizados, principalmente, no setor de transportes e na produção de máquinas e equipamentos.

O alumínio também pode ser utilizado na forma de pó na produção de tintas, produtos químicos e farmacêuticos. Para usos destrutivos, o alumínio é utilizado como ânodo de sacrifício ou como desoxidante na indústria siderúrgica.

A indústria mundial de alumínio: estrutura da oferta

Conforme já descrito, a produção de alumínio primário corresponde à última etapa de um processo que tem na extração da bauxita o seu princípio. Embora a bauxita e a alumina sejam consideradas *commodities* no mercado internacional, existem diferenças na qualidade e nos teores que afetam sua precificação.

Por se tratar de um produto homogêneo, com teor bem definido (99,7% de pureza) e por ter preço cotado na London Metal Exchange (LME), a relação da produção de alumínio primário com os clientes produtores de transformados (como extrudados e laminados) se dá por meio de contratos, para assegurar quantidade, preço e prazo.

Na indústria de alumínio primário, é visível a grande verticalização das empresas. Tal procedimento está relacionado à necessidade de garantir o fornecimento de matérias-primas e de reduzir custos, para viabilizar financeiramente os investimentos. Existem, também, vantagens para as

indústrias *upstream*² em associar-se com as indústrias *downstream*,³ no tocante à garantia da estabilidade dos fluxos de receitas.

Produção

Bauxita

A Austrália, o Brasil, a China e a Índia são os maiores produtores mundiais de bauxita [USGS (2010)]. A Guiné e a Jamaica, apesar de possuírem significativas reservas, não têm grande volume de produção. A Alcoa e a Rio Tinto Alcan são as principais produtoras de bauxita do mercado.

Alumina

Na produção de alumina, os quatro países citados anteriormente estão, novamente, entre os maiores produtores. O mercado de alumina é composto de poucas empresas que, juntas, representam mais de 50% do mercado mundial. São elas: Alcoa, UC Rusal, Rio Tinto Alcan, Chalco, Hydro, China Power Inv. Corp. e BHP Billiton.

Alumínio

Em 2009, a China foi a maior produtora de alumínio, tendo produzido 13,65 milhões de toneladas. A Rússia foi a segunda maior produtora, com 3,82 milhões de toneladas, e o Canadá o terceiro, com 3,03 milhões de toneladas. O Brasil, apesar de possuir grandes reservas e ser produtor de alumina, não é um *player* significativo na produção de alumínio. Em 2009, o país produziu 1,54 milhão de toneladas, sendo o sexto maior produtor.

Segundo dados da Community Research Unit (CRU) de outubro de 2010, a UC Rusal, a Rio Tinto Alcan e a Alcoa são, nessa ordem, as maiores produtoras. Seus volumes de produção foram, respectivamente, de 4,09 milhões, 3,80 milhões e 3,46 milhões de toneladas em 2010. A Vale está inserida nesse mercado como a 32ª produtora de alumínio, tendo produzido apenas 77 mil toneladas em 2010. Em 2009, antes da transferência à Hydro do controle de 51% da fábrica de alumínio Albras, a Vale ocupou a 24ª posição, com uma produção de 234 mil toneladas. A Companhia Brasileira do Alumínio (CBA) encontra-se, atualmente, na 17ª posição entre as maiores produtoras. A Tabela 1 apresenta a produção de alumínio primário dos principais países entre 2002 e 2010 (estimado).

² *Upstream* é o termo referente ao início da cadeia produtiva, da extração da bauxita até a produção do alumínio primário.

³ *Downstream* refere-se à produção e à distribuição de transformados.

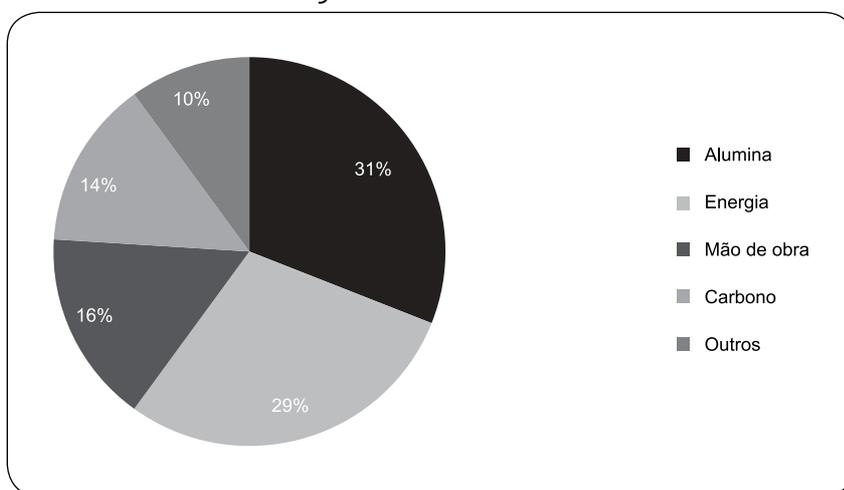
Tabela 1 | Produção anual de alumínio primário de alguns produtores importantes, entre 2002 e 2010(e). (em mil t)

País	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010(e)	C.A.G.R. (%)
China	4.300	5.450	6.670	7.800	9.360	12.600	13.694	13.642	17.305	19,01
Rússia	3.347	3.478	3.590	3.650	3.720	3.960	4.191	3.815	3.948	2,09
Canadá	2.709	2.792	2.590	2.890	3.050	3.080	3.124	3.032	2.965	1,14
Austrália	1.836	1.857	1.890	1.900	1.930	1.960	1.978	1.940	1.935	0,66
EUA	2.707	2.703	2.516	2.481	2.284	2.554	2.659	1.727	1.724	-5,48
Índia	671	799	861	942	1.110	1.220	1.275	1.476	1.593	11,41
Brasil	1.318	1.381	1.460	1.500	1.610	1.660	1.661	1.536	1.544	2,00
EAU (Dubai)	536	560	683	722	861	890	899	953	1.340	12,14
Noruega	1.096	1.192	1.320	1.370	1.330	1.360	1.383	1.135	1.105	0,10
Bahrein	519	532	532	751	872	865	866	846	861	6,53
África do Sul	707	738	866	846	931	914	810	805	808	1,68
Islândia	285	286	271	272	320	398	771	808	806	13,88
Moçambique	268	409	549	555	564	564	534	541	551	9,43
Argentina	269	272	272	271	273	271	395	412	416	5,60
Tadjiquistão	308	319	358	380	414	419	399	359	402	3,39
Alemanha	653	661	668	648	516	551	611	291	395	-6,09
Omã	-	-	-	-	-	-	51	351	365	N.A.
Venezuela	605	601	624	615	610	610	604	559	364	-6,15

Fontes: USGS, de 2002 a 2007, e CRU, de 2008 a 2010(e).

Vale ressaltar ainda que a indústria do alumínio é uma grande consumidora de energia. No Brasil, mais de 6% da energia elétrica gerada é consumida somente por essa indústria. Assim, a energia é um fator decisivo na competição das empresas, representando cerca de 29% do custo de produção, como se verifica no Gráfico 1. No Brasil, a média é de 35%.

Gráfico 1 | Custo de produção médio mundial de alumínio no primeiro trimestre de 2009



Fonte: CRU.

Mundialmente, dos produtores de alumínio que se abastecem com energia autogerada, 55% utilizam recursos hídricos; 30%, carvão; e 15%, gás natural.

Dos grandes produtores mundiais de alumínio primário, o Brasil e o Canadá, por disporem de relativa abundância em recursos hídricos, empregam exclusivamente a energia hidrelétrica em sua produção, diferentemente de países como a Austrália e a África do Sul, que utilizam principalmente o carvão mineral.

Apesar da intenção de construir novas hidrelétricas, a indústria do alumínio se depara com os mesmos desafios enfrentados por outros segmentos

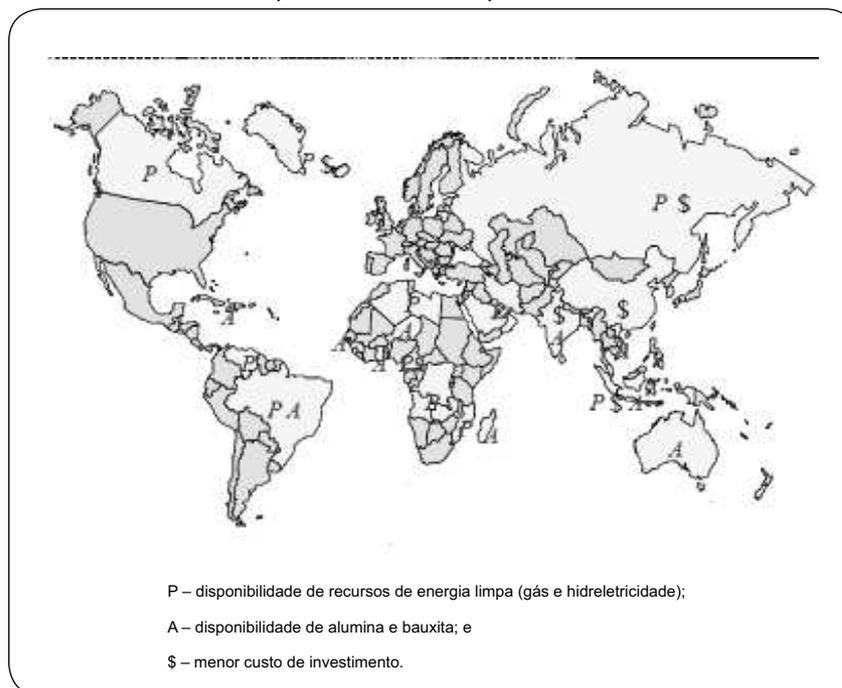
da economia intensivos em energia: decisão locacional com base na oferta e no custo da energia; a oferta de matéria-prima; e a regulação ambiental.

O mapa da Figura 2 mostra os países que, atualmente, dispõem de maior potencial de atração de investimentos para a produção de alumínio primário, graças à disponibilidade de recursos de energia limpa, à disponibilidade de alumina e bauxita e ao custo de investimento.

O Gráfico 2 apresenta o consumo médio específico de energia elétrica na produção de alumínio primário, no mundo e no Brasil.

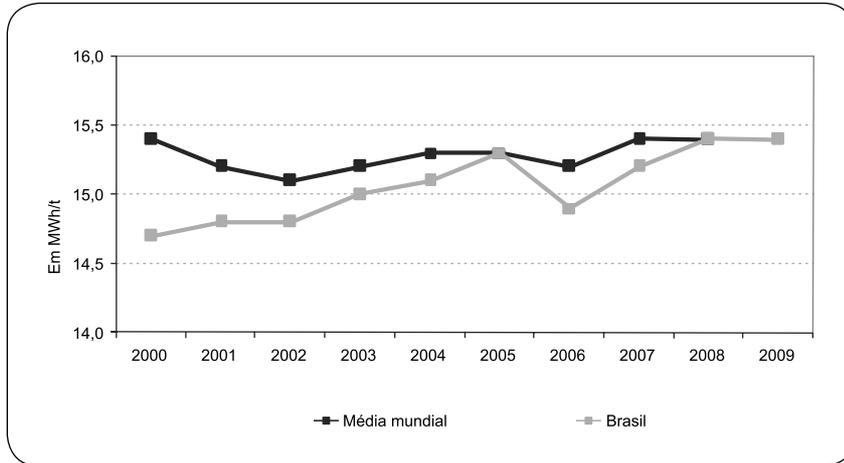
O Gráfico 3 traz as tarifas de energia elétrica dos principais países produtores de alumínio primário do mundo, o que explica, em parte, a relação inversa entre o preço da energia e a atratividade de novos investimentos nessa indústria, conforme o mapa da Figura 2.

Figura 2 | Países com potencial de atração de investimentos para a produção de alumínio primário, indicados por áreas mais claras



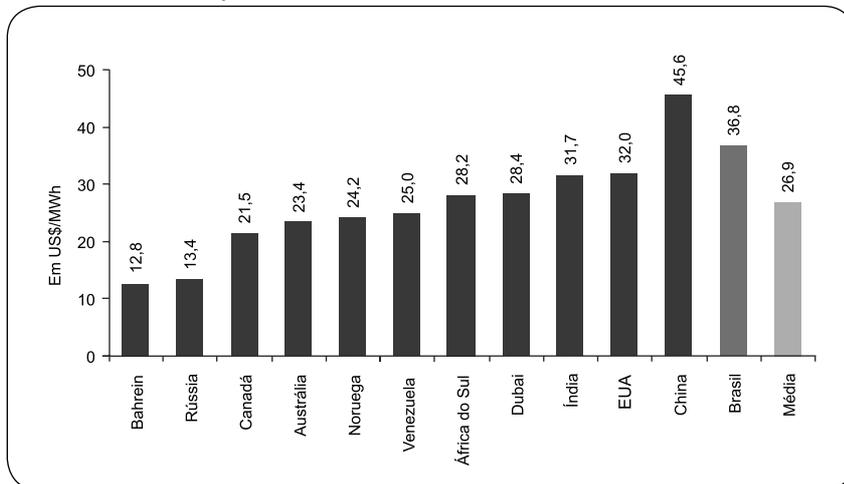
Fonte: CRU.

Gráfico 2 | Consumo médio específico de energia elétrica na produção de alumínio primário



Fonte: Abal.

Gráfico 3 | Tarifa de energia elétrica dos principais produtores de alumínio em 2007

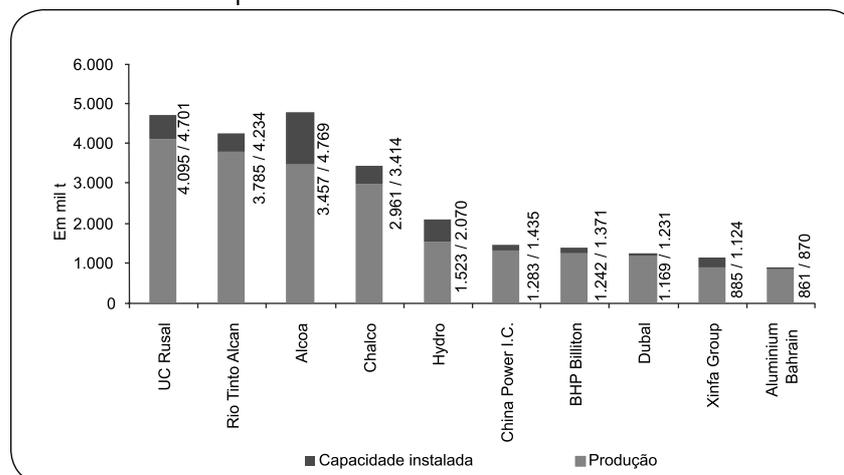


Fonte: CRU.

Maiores produtores mundiais de alumínio

O Gráfico 4 mostra a produção e a capacidade instalada dos 10 maiores produtores mundiais de alumínio primário, em 2010.

Gráfico 4 | Produção de alumínio primário e capacidade instalada dos maiores produtores em 2010



Fonte: CRU.

A seguir, são listadas as principais produtoras mundiais de alumínio, incluindo a brasileira CBA, do Grupo Votorantim.

UC Rusal⁴

A United Company Rusal (UC Rusal), maior produtora de alumínio e alumina, foi criada em março de 2007 pela fusão de três companhias: a Rusal, até então a terceira maior produtora de alumínio; a Sual, uma das 10 principais empresas do setor de alumínio; e a Glencore, do negócio de alumina. Hoje, a nova empresa, verticalmente integrada, está presente em 19 países e compreende negócios de mineração de bauxita e nefelina,⁵ refino de alumina, fundição de alumínio e ligas e fabricação de embalagens, além de dispor de unidades próprias de geração de energia elétrica.

⁴ Fontes: Rusal (2010) e rusal/en/.

⁵ A nefelina é um mineral do grupo dos feldspatoídes. É um silicato de alumínio e sódio cuja fórmula química é dada por NaAlSiO₄. Pode ser usada como minério de alumínio, em substituição à bauxita.

A UC Rusal tem os setores automotivo, de construção e de embalagens como os consumidores-chave de seus produtos.

Comparando-se os dados de produção de 2008 e 2009, observa-se que a produção de bauxita reduziu-se em cerca de 40%, somando, no ano passado, 11,3 milhões de toneladas. A de alumina também apresentou queda de 36%, atingindo 7,28 milhões de toneladas, e a do alumínio primário subiu cerca de 11%, com 3,95 milhões de toneladas. Os valores de produção de alumina e de alumínio representam uma participação de 10% da produção mundial.

Entre os anos de 2008 e 2009, a receita da Rusal passou de US\$ 15,685 bilhões para US\$ 8,165 bilhões (- 48%) e a razão EBITDA/receita, de 22,5 para 7,3 (- 68%).

*Rio Tinto Alcan*⁶

A Rio Tinto é um grupo econômico internacional que atua em diversos segmentos de mineração.

A canadense Alcan, empresa verticalmente integrada que era especializada em alumínio, tinha como principal negócio o setor de embalagens e foi adquirida pela Rio Tinto em 2007.

Em relação aos negócios de alumínio primário, a companhia é acionária de 25 fundições de alumínio e 12 plantas de geração de energia, das quais nove são hidrelétricas, e de dez refinarias de alumina, localizadas na Austrália, no Brasil – Alumar, em São Luís (MA) –, no Canadá e na França.

A empresa possui as maiores reservas e a maior capacidade de produção de bauxita da indústria. Opera seis minas de bauxita, localizadas na Austrália, no Brasil – MRN, em Oriximiná (PA) –, em Gana e na Guiné.

*Alcoa*⁷

Uma das líderes mundiais da produção de alumínio, a Alcoa é detentora de todo o processo de produção: da extração da bauxita até a produção do metal. A empresa destaca-se também por seu compromisso com o desenvolvimento sustentável, tendo sido nomeada, pela quinta vez

⁶ Fonte: RioTinto Alcan (2009).

⁷ Fontes: CRU (2009) e Alcoa (2009).

consecutiva em 2009, uma das empresas mais sustentáveis do mundo no Fórum Econômico Mundial em Davos, na Suíça.

Em 2009, a produção de alumina alcançou 14,265 milhões de toneladas e a de alumínio, 3,564 milhões de toneladas. Em 2008, essas cifras foram de 15,256 milhões e de 4,007 milhões, respectivamente.

No Brasil, a empresa possui duas unidades produtoras de alumínio primário e ligas especiais que, juntas, têm capacidade de cerca de 365 mil toneladas anuais. A companhia tem participação majoritária na fabricação de alumínio do Consórcio de Alumínio do Maranhão (Alumar), correspondente à capacidade de 268 mil toneladas por ano de lingotes em alumínio. Além disso, ainda possui uma fábrica em Poços de Caldas (MG), com capacidade de 96 mil toneladas anuais de alumínio. O produto é vendido nas formas de lingotes, tarugos, pó em diferentes camadas e até mesmo como alumínio líquido.

A empresa também detém o controle da mina de Juruti, no estado do Pará, inaugurada em setembro de 2009, com produção de 446,1 mil toneladas de bauxita e vida útil prevista de 70 anos.

Em 2009, a receita bruta da Alcoa foi de US\$ 18,4 bilhões (-31,6% em relação a 2008). O segmento de laminados foi responsável por 33,2% desse total (US\$ 6,1 bilhões); o de metais primários, por 28,8% (US\$ 5,3 bilhões); os produtos de engenharia, por 25,5% (US\$ 4,7 bilhões); e a alumina, por 12,0% (US\$ 2,2 bilhões).

*Chalco*⁸

A Chalco (Aluminium Corporation of China Limited), empresa subsidiária da Chinalco, tem como atividades a mineração de bauxita, o refino de alumina e a fundição de alumínio. É a maior produtora de alumina e alumínio primário da China e a segunda maior produtora de alumina do mundo.

Em 2010, a produção do primeiro semestre de alumina somou 4,93 milhões de toneladas, representando um aumento de 54,1% em relação ao correspondente período do ano anterior, enquanto a produção de alumínio primário atingiu 1,93 milhão de toneladas, significando um aumento de 20,0% em relação ao período equivalente de 2009.

⁸ Fonte: Chalco (2010).

*Hydro*⁹

A Hydro é uma empresa norueguesa integrada na produção de alumínio e de presença global.

Nos primeiros nove meses de 2010, sua receita bruta subiu 10,5% em relação ao período correspondente de 2009. A receita bruta do setor de alumínio primário respondeu por 39,1% do total da receita do ano. Outro setor de grande relevância na geração de receita foi o de produtos de alumínio, com cerca de 57% do total, representando uma elevação de 18,6%. Os investimentos totais da companhia tiveram uma redução de 25,2%, sendo que os de alumínio primário reduziram-se 26,6%.

*BHP Billiton*¹⁰

A australiana BHP Billiton é um grupo de mineração com grande diversificação em suas explorações. Atua no mercado de minério de ferro, petróleo, carvão mineral, cobre, manganês, níquel, prata, zinco e alumínio.

A empresa é a sétima maior produtora de alumínio primário do mundo. Em 2010, sua produção foi de 1,242 milhão de toneladas, representando um aumento de 6,5% em relação a 2009, enquanto a produção de alumina atingiu 3,841 milhões de toneladas, significando uma redução de 12,6% em relação ao ano anterior.

A BHP Billiton é operadora e/ou acionista dos empreendimentos a seguir.

Na produção de bauxita:

- Boddington, na Austrália (operadora e 86%);
- MRN, no Brasil (14,8%); e
- Coermotibo, Klaverblad and Kaaimangrasie, no Suriname (operadora e 45%).

No refino de alumina:

- Worsley, na Austrália (operadora e 86%);
- Paranam, no Suriname (45%); e
- Alumar, no Brasil (36%).

⁹ Fonte: Hydro (2010).

¹⁰ Fonte: BHP Billiton (2010).

Na produção de alumínio primário:

- Hillside Aluminium, na África do Sul (operadora e 100%);
- Bayside Aluminium, na África do Sul (operadora e 100%);
- Mozal Aluminium, em Moçambique (operadora e 47,1%); e
- Alumar, no Brasil (40%).

CBA

A CBA é uma empresa brasileira, integrante do grupo Votorantim, que tem como atividades preponderantes a exploração e o aproveitamento de jazidas de bauxita no território nacional. Produz e comercializa, no país e no exterior, alumínio primário e transformado. Com um crescimento médio anual de 10% ao longo de mais de 50 anos, é a maior produtora brasileira de alumínio primário, com 475 mil toneladas/ano.

A empresa é autossuficiente em bauxita e conta com jazidas próprias, localizadas nas regiões de Poços de Caldas e Itamarati de Minas, ambas em Minas Gerais. Em 2008, uma nova unidade de mineração entrou em operação em Mirai, no sudeste de Minas Gerais. A empresa também possui participação acionária no empreendimento Mineração Rio do Norte, responsável pelas reservas localizadas na região de Trombetas (PA).

As unidades de mineração da CBA abastecem sua fábrica, localizada na cidade de Alumínio (SP). A de Poços de Caldas produz um milhão de toneladas/ano, enquanto a de Itamarati, na região de Cataguases, produz 1,6 milhão de toneladas/ano.

Posicionada entre as maiores empresas mundiais do setor, é a maior planta do mundo a operar de forma totalmente verticalizada, realizando desde o processamento da bauxita até a fabricação de produtos.

Além da forte atuação no mercado interno nos segmentos de construção civil, de embalagens, de bens de consumo e de transportes, a CBA destina 40% de sua produção para o mercado externo, principalmente para a América do Norte.

Em 2009, por causa da crise, a receita operacional líquida apresentou uma queda de 25% em relação a 2008, atingindo R\$ 2,19 bilhões. A margem EBITDA foi de 40,62 em 2009 e de 35,02 em 2008.

Entre os diferenciais da CBA, está a autogeração de energia elétrica, um dos principais e mais caros insumos empregados na fabricação de alumínio.

Enquanto a empresa produz, no mínimo, 60% da energia elétrica que consome, por meio de suas 18 usinas hidrelétricas, a média mundial do setor é de 28%.

Comportamento do mercado

Consumo mundial

O consumo de bauxita e de alumina, matérias-primas do alumínio, está diretamente relacionado à produção do metal. O comércio realiza-se com as grandes produtoras de alumínio por meio de contratos de longo prazo, assegurando o fornecimento do material e os preços.

O consumo do alumínio é destinado à produção de uma vasta gama de produtos. Está presente em diversas plantas industriais, como insumo básico ou na composição de máquinas e equipamentos. O aquecimento econômico mundial gera, por conseguinte, uma elevação no consumo do metal em suas diferentes formas e segmentos.

Nos últimos anos, a elevação no consumo de alumínio tem sido motivada pelo crescente consumo chinês. Em 2000, a demanda chinesa respondia por 12,9% do consumo mundial. Em 2010, essa porcentagem passou a 41,3%, tornando a China o país que obteve maior elevação em seu consumo. A Tabela 2 e o Gráfico 5 mostram os principais consumidores mundiais de alumínio primário em ordem decrescente: China, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Índia e Coreia do Sul.

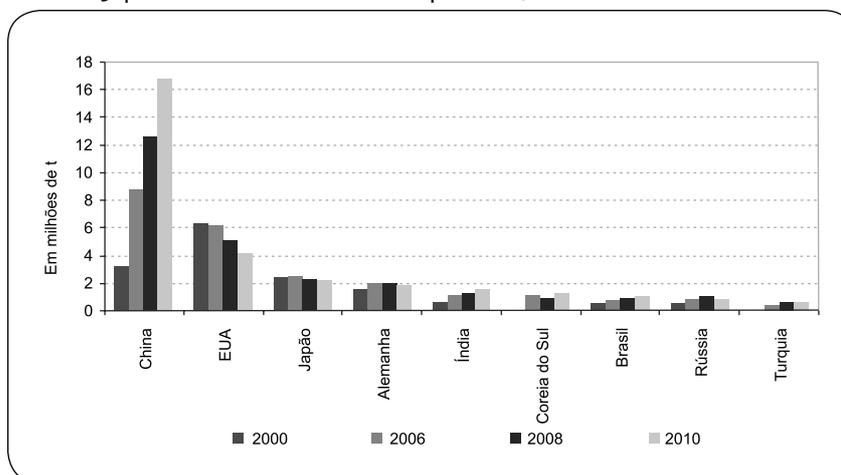
Tabela 2 | Consumo real de alumínio primário, entre 2000 e 2010 (em mil t)

País	2000	2006	2008	2010	Participação em 2010 (%)
China	3.238	8.752	12.602	16.755	41,3
EUA	6.348	6.172	5.148	4.186	10,3
Japão	2.364	2.480	2.319	2.155	5,3
Alemanha	1.531	1.976	1.929	1.837	4,5
Índia	590	1.106	1.239	1.609	4,0
Coreia do Sul	n.d.	1.148	937	1.251	3,1
Brasil	522	773	931	995	2,5
Rússia	568	850	1.001	855	2,1
Turquia	n.d.	433	575	662	1,6
Total mundial	n.d.	34.498	37.406	40.542	100,0

Fonte: CRU

n.d. - não disponível.

Gráfico 5 | Consumo real de alumínio primário, entre 2000 e 2010



Fonte: CRU.

A produção chinesa de alumínio destina-se, em grande parte, ao consumo interno. A bauxita provém das reservas internas e das importações, que revelaram tendência de crescimento em virtude da maior demanda chinesa por alumínio, da escassez de reservas de qualidade e do elevado custo com energia, o qual pode, até, inviabilizar a produção.

Embora os Estados Unidos não mostrem uma taxa de crescimento como a chinesa, seu nível de consumo é muito estável. A Índia também vem apresentando alta taxa de crescimento econômico, refletindo em sua demanda por alumínio, que vem alcançando níveis cada vez maiores. Em 2010, o consumo do país chegou a 1.609 mil toneladas.

Uso por segmento

O uso do alumínio no segmento de transportes permite a redução dos gastos com combustível por conta do seu menor peso específico, principalmente quando comparado ao aço. Características como resistência física e à corrosão também permitem sua utilização na indústria naval, com aplicações em estruturas e em moldagem. Graças a esses fatores, o uso de alumínio nesse setor tem sido expressivo.

Tabela 3 | Consumo de semiacabados, segundo o setor de aplicação, em 2006 e 2010 (em mil t)

Setor	EUA		Europa Ocidental		Japão	
	2006	2010	2006	2010	2006	2010
Transporte	3.638	2.303	2.889	2.292	1.742	1.624
Construção	1.405	943	2.113	1.705	679	475
Embalagens	1.859	1.725	677	706	434	424
Folhas	742	583	996	978	154	130
Fios e cabos condutores	701	511	801	707	158	170
Bens duráveis	540	392	547	420	82	71
Máquinas e equipamentos	704	526	1.072	911	312	223
Outros	240	224	543	482	493	421
Total	9.829	7.207	9.638	8.201	4.054	3.538

Fonte: CRU.

A Tabela 3 apresenta o consumo de semiacabados, segundo o setor de aplicação, nas principais regiões consumidoras, exceto China, em 2006 e 2010.

Em 2010, cerca de 32% do consumo total de alumínio semiacabado nos Estados Unidos foi destinado ao setor de transportes. Na Europa Ocidental, esse percentual foi de 28%, e no Japão, de 46%.

Impermeabilidade, opacidade e facilidade para a fabricação de moldes e lâminas são propriedades importantes que permitem a utilização do alumínio no segmento de embalagens, em substituição a materiais como vidro e plástico.

O setor de embalagens representou 24% do total do consumo de alumínio nos Estados Unidos. Na Europa Ocidental e no Japão, essas porcentagens são de 8,5% e 12%, respectivamente.

A utilização do alumínio no segmento da construção, além das vantagens em comum com os demais segmentos, permite boa manutenção, conservação e, conseqüentemente, maior durabilidade. Sua capacidade de servir a estruturas o tem capacitado, em conjunto com outros elementos, a substituir o aço em algumas aplicações. Outro aspecto relevante é sua aparência decorativa, o que, muitas vezes, determina sua demanda em projetos modernos. Além disso, equipamentos para empresas e escritórios também formam uma importante demanda para o metal.

Nos Estados Unidos, o setor da construção representou, em 2010, cerca de 13% do consumo total. Na Europa Ocidental, representou 21% e, no Japão, 13,5%.

No segmento elétrico, o alumínio tem sido usado cada vez com mais frequência em fios e cabos, pois sua condutibilidade é três vezes maior que a do aço. Embora tenha uma condutibilidade elétrica 60% inferior à do cobre, o alumínio vem ocupando espaço como substituto deste porque seu menor peso específico permite maior intervalo entre torres de alta tensão, o que, por sua vez, promove redução de custos de instalação e compensa, em parte, a desvantagem de sua menor eficiência elétrica.

Atualmente, graças a várias inovações desenvolvidas, o alumínio encontra as mais diversas aplicações, como combustível sólido para foguetes, para produção de explosivos e para revestimento dos espelhos de telescópios. É possível, ainda, sua utilização como ânodo de sacrifício (utilizado em embarcações e plataformas de petróleo) e em processos de aluminotermia, para obtenção de metais como o estanho. A Tabela 4 apresenta o consumo aparente¹¹ de alumínio dos principais países consumidores, entre 2004 e 2008.

Tabela 4 | Consumo aparente de alumínio, entre 2004 e 2008 (em mil t)

País	2004	2005	2006	2007	2008
África do Sul	164,9	194,1	205,7	221,7	209,2
Alemanha	2.045,2	1.951,2	2.341,4	2.506,7	2.341,2
Argentina	94,1	125,4	146,9	173,2	137,7
Austrália	459,7	414,2	430,9	460,5	493,5
Brasil	752,9	815,3	872,3	974,1	1.098,7
Canadá	1.005,9	998,9	1.002,5	987,2	940,3
China	7.638,0	9.019,0	10.199,0	13.859,0	13.929,0
EUA	9.976,9	10.187,2	10.198,7	9.611,2	8.847,4
Índia	923,3	1.230,0	1.305,0	1.424,0	n.d.
Itália	1.761,3	1.735,1	1.812,0	1.859,0	1.601,4
Japão	4.118,1	4.373,2	4.247,3	4.203,7	n.d.
Países Baixos	494,7	708,0	868,0	746,0	731,1
Reino Unido	1.257,8	1.049,9	1.554,5	1.548,4	1.475,9

Fonte: Abal.

¹¹ O consumo aparente é dado pela soma do consumo real e a variação de estoques.

Embora alguns países em desenvolvimento, como os do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), apresentem maiores taxas de crescimento do consumo nos últimos anos, a análise do consumo *per capita* de cada país permite observar que seus níveis são ainda muito inferiores aos dos países desenvolvidos. Como se verifica na Tabela 5, enquanto o Brasil apresentou, em 2008, um consumo *per capita* de 5,9 kg/hab, e a China um consumo de 10,5 kg/hab, países desenvolvidos, como a Alemanha e os Estados Unidos, mostraram consumo de 29,1 kg/hab e 28,5 kg/hab, respectivamente.

Tabela 5 | Consumo aparente de alumínio *per capita*, entre 2004 e 2008 (em kg/hab)

País	2004	2005	2006	2007	2008
África do Sul	3,7	4,3	4,5	4,6	4,3
Alemanha	24,8	23,7	28,5	30,5	28,5
Argentina	2,5	3,3	3,8	4,4	3,5
Austrália	23,3	20,6	21,0	21,7	23,1
Brasil	4,2	4,4	4,7	5,2	5,9
Canadá	31,5	30,9	30,8	29,9	28,5
China	5,9	6,9	7,8	10,5	10,5
EUA	34,1	34,5	34,2	31,9	29,1
Índia	0,9	1,1	1,2	1,3	n.d.
Itália	30,3	29,7	30,8	31,3	26,8
Japão	32,3	34,2	33,2	32,9	n.d.
Países Baixos	30,5	43,4	53,0	45,5	44,6
Reino Unido	21,0	17,6	25,7	25,4	24,2

Fonte: Abal.

Preços

A cotação diária do alumínio primário (padronizado em 99,7% de pureza) no London Metal Exchange (LME) teve início em 1978. Desde então, o metal assumiu o caráter de *commodity* e, portanto, apresenta grande oscilação de preços, de acordo com a conjuntura econômica mundial.

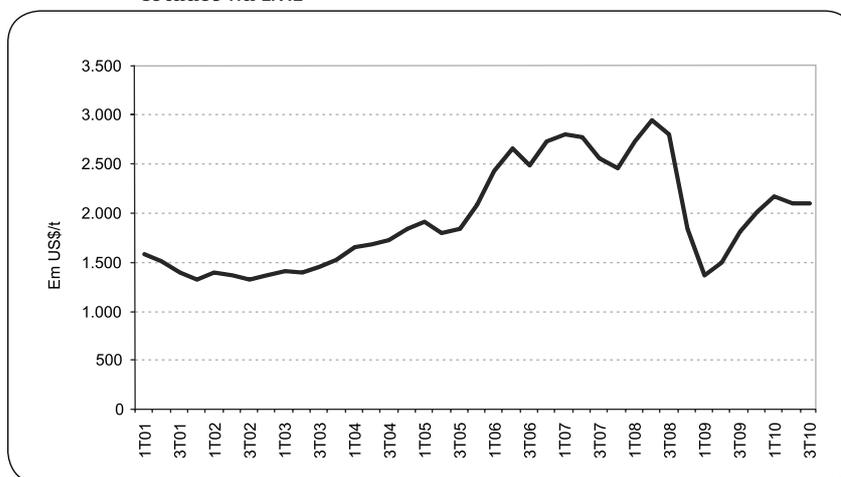
Internacionalmente, é usual a utilização da fórmula “LME + Prêmio” para a precificação do produto, embora o prêmio a ser considerado não seja idêntico para todas as empresas. Os valores dos contratos são negociados de acordo com cada empresa e consumidor.

No Brasil, o Conselho Interministerial de Preços era o órgão responsável pelo controle dos preços do alumínio até o início da década de 1990. No entanto, ainda havia negociação paralela entre consumidores e produtores, para eliminar um suposto desequilíbrio de mercado entre oferta e demanda, ocasionado pelo controle. Em seguida, foi estipulado que o preço do mercado nacional seria estabelecido com base na cotação do mês anterior na LME, mas essa forma de negociação ficou estabelecida apenas durante 90 dias.

Após esse período, os preços do alumínio foram liberados de acordo com a Portaria MEFP 288, de 20 de novembro de 1991. Desde então, há a livre negociação do prêmio entre consumidores e produtores, embora seja ainda balizado pela fórmula “LME + Prêmio”.

O preço do alumínio na LME apresentou grande alta, entre 2003 e 2008, principalmente pela expansão do consumo na China. No segundo semestre de 2008, a crise financeira levou o preço para um nível abaixo dos exibidos em 2004. O Gráfico 6 mostra as cotações do alumínio na LME à vista, em valores médios trimestrais.

Gráfico 6 | Médias trimestrais dos preços à vista do alumínio primário cotados na LME



Fonte: CRU.

É possível observar uma elevação acentuada no preço do alumínio cotado na LME a partir do terceiro trimestre de 2005, que foi interrompida apenas com a crise financeira em 2008 e que se refletiu nos preços do terceiro trimestre de 2008. A alta dos preços nos anos anteriores à crise deveu-se ao elevado consumo dos mercados emergentes, principalmente o chinês. Embora a China seja uma grande produtora de alumínio, sua produção não vinha sendo suficiente, o que a levou a recorrer às importações. Além da China, as demais economias também se mantiveram aquecidas. A Europa e os Estados Unidos permaneceram com seu consumo relativamente constante. Os demais países asiáticos, como a Índia, também apresentaram crescente nível de consumo.

Como a indústria metalúrgica opera com uma curva de oferta inelástica, a pressão da demanda fez com que os preços subissem a níveis muito altos. Entretanto, com a eclosão da crise financeira, a demanda por alumínio, assim como por outros minerais, sofreu uma queda acentuada, refletindo-se nos preços.

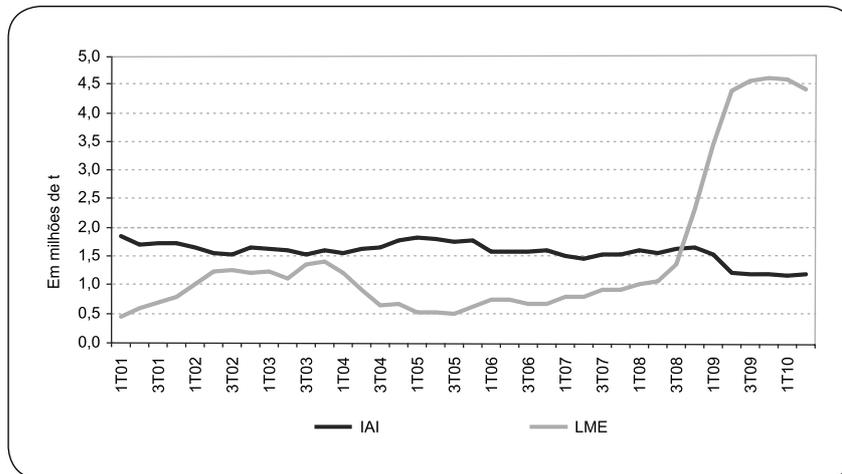
Os preços do alumínio, que, antes da crise, chegaram a um patamar de cerca de US\$ 3.000/t, no segundo trimestre de 2008 caíram para cerca de US\$ 1.350/t, no auge da crise. Em dezembro de 2010, o alumínio estava cotado em cerca de US\$ 2.400/t.

Estoques

Com a crise financeira mundial, o consumo de diversos setores demandantes de alumínio apresentou queda acentuada. Desse modo, observou-se uma tendência de aumento dos estoques e cortes na produção, o que levou a indústria a apresentar significativa capacidade ociosa. No Gráfico 7, mostram-se os estoques de alumínio primário, na LME e no International Aluminium Institute (IAI).

Em 2008, muitos cortes na produção foram feitos pelas empresas, totalizando 5,8 milhões de toneladas, dos quais três milhões foram fora da China. Em 2009, houve uma redução de 16% na demanda de alumínio e uma produção de 36,7 milhões de toneladas, 8,5% a menos do que em 2008.

Gráfico 7 | Médias trimestrais dos estoques de alumínio primário segundo o IAI e a LME



Fonte: CRU.

A queda na demanda, em 2009, esteve relacionada ao processo de desestocagem. Em 2010, os estoques continuaram em queda. Os estoques de alumínio primário na LME, em 24 de dezembro de 2010, estavam em 4.275 mil toneladas métricas, revelando uma queda anual de 353 mil toneladas.

A indústria brasileira de alumínio

A produção brasileira de alumínio primário em 2009, de 1.536 mil toneladas, mesmo com os reflexos da crise iniciada no fim de 2008, fez o país manter a sexta posição entre os maiores produtores mundiais. Em 2010, a produção estimada foi cerca de 2% superior à produção de 2009, o que deve deixar o país na sétima posição, entre os países produtores. Na Tabela 6, apresenta-se um perfil da indústria brasileira de alumínio, com seus principais indicadores, comparando-se os anos de 2008 e 2009.

Ressalta-se que, dos empregos diretos na indústria de alumínio mostrados na Tabela 6, o maior contingente de mão de obra encontra-se no segmento de transformados, com cerca de 63%. O segmento de alumínio primário, incluindo mineração e refinaria, concentra cerca de 32%, e o restante está em reciclagem.

Tabela 6 | Perfil da indústria brasileira de alumínio

Composição	2008	2009
Empregos diretos	64.368	61.667
Faturamento (US\$ bilhões)	16,6	13,3
Participação no PIB (%)	1,0	0,8
Participação no PIB industrial (%)	4,4	3,9
Investimentos (US\$ bilhões)	2,5	1,2
Impostos pagos (US\$ bilhões)	2,9	2,6
Produção de alumínio primário (mil t)	1.661	1.535
Consumo doméstico de transformados (mil t)	1.127	1.008
Consumo <i>per capita</i> (kg/hab)	5,9	5,3
Balança comercial da indústria do alumínio (US\$ milhões FOB)		
Exportações	4.798	3.216
Importações	1.025	656
Saldo	3.773	2.560

Fonte: Abal.

A cadeia produtiva brasileira

A organização da cadeia produtiva do alumínio no Brasil tem duas características importantes: em primeiro lugar, a elevada concentração da produção no início da cadeia produtiva e a paulatina redução dessa concentração à medida que se caminha para etapas a jusante; em segundo lugar, a presença de *joint ventures* e vínculos de propriedade cruzada entre as empresas produtoras da base da cadeia.

Bauxita

Em 2009, o Brasil produziu, aproximadamente, 28 milhões de toneladas de bauxita, volume equivalente a 13,9% da produção mundial, o que o classifica como o terceiro maior produtor mundial. O país é superado somente pela Austrália, que detém 31,4% da produção, e pela China, que possui 18,4%.

O Brasil situa-se na quinta posição em volume de reservas, atrás da Guiné, da Austrália, do Vietnã e da Jamaica.

A estimativa de produção de bauxita, em 2010, é de 29 milhões de toneladas. A MRN é a principal produtora do país, tendo sido responsável por 68% do total da produção nacional em 2008. Fazem parte de sua estrutura proprietária a Vale (40%), a BHP Billiton (14,9%), a Alcan (12%), a Alcoa (13,6%), a CBA (10%), a Hydro (5%) e a Abalco (4,6%).

Em seguida à MRN, encontram-se a Vale, com 12% da produção, e a CBA, com 8,1%.

O principal estado produtor é o Pará (85%), seguido por Minas Gerais (14%).

Cerca de 98% da bauxita produzida no país é empregada na fabricação de alumina.

Alumina

Em 2009, a produção brasileira de alumina foi de 8,63 milhões de toneladas, o que coloca o país como o quarto maior produtor mundial.

A Alunorte é a líder da produção de alumina, sendo responsável por 68,4% da produção nacional. Fazem parte de sua composição acionária a Vale (57,03%), a Hydro (34,03%), a Nippon Amazon Aluminium (2,43%) e a CBA (3,62%), entre outros minoritários. A Alcoa é a segunda maior produtora, com 12,9% da produção nacional, e a CBA, a terceira, com 9,5%. A Tabela 7 apresenta o suprimento de bauxita e alumina, entre 2007 e 2009.

Tabela 7 | Suprimento de bauxita e alumina, entre 2007 e 2009 (em mil t)

Suprimento	Bauxita			Alumina		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Produção	25.460,7	28.097,5	26.074,4	7.077,6	7.822,3	8.625,1
Rio Tinto Alcan	-	-	-	146,6	150,4	157,1
Alcoa	956,0	1.157,9	1.182,0	1.155,1	1.168,1	1.115,1
Alunorte	-	-	-	4.253,3	5.027,5	5.903,6
BHP Billiton	-	-	-	527,8	541,2	587,6
CBA	3.000,0	2.783,0	2.228,0	872,9	824,4	819,0
Novelis	503,6	430,6	160,3	121,9	110,7	42,7
MRN	18.058,3	18.063,0	15.644,6	-	-	-
Vale	1.876,0	4.402,9	6.203,1	-	-	-
Outros*	1.066,8	1.260,1	656,4	-	-	-
Importações	416,2	17,8	2,5	55,0	82,3	36,1
Total	25.876,9	28.115,3	26.076,9	7.132,6	7.904,6	8.661,2

Fonte: Abal.

* Empresas que produzem para uso não metálico.

Alumínio

A produção de alumínio é menos concentrada e envolve as seguintes empresas produtoras: CBA, operando em Alumínio (SP); Vale/Albras, com operações em Barcarena (PA); Alcoa, atuando em Poços de Caldas (MG); Alumar (Alcoa/BHP Billiton), operando em São Luís (MA); e Novelis, com operações em Ouro Preto (MG) e Aratu (BA).

De 1999 a 2008, a produção brasileira de alumínio vinha aumentando a cada ano, tendo crescido 33% no referido período. A crise financeira de 2008, entretanto, acarretou a redução de cerca de 7% da produção entre aquele ano e 2010, quando atingiu 1.544 mil toneladas.

Em 2009, a principal empresa produtora brasileira foi a CBA, com 471,3 mil toneladas, seguida pela Albras e pela Alumar, com 453,8 mil e 434,0 mil toneladas, respectivamente.

Estima-se que a produção brasileira de alumínio primário atingirá 1,54 milhão de toneladas em 2010, o que classifica o Brasil como o sétimo maior produtor. Em ordem decrescente, os maiores produtores foram: China, Rússia, Canadá, Austrália, Estados Unidos e Índia. Na Tabela 8, apresenta-se a produção brasileira por usina, entre 2000 e 2009.

Os principais produtos semiacabados e acabados no país, em 2009, foram os seguintes: chapas e lâminas, com participação de 38,8% do total, atendendo principalmente ao segmento de embalagens; extrudados, com 20,6%, a maior parte destinada ao setor de construção civil; e fundidos e forjados, com 16,84%, sendo 87,5% destinado ao segmento de transportes. Na Tabela 9, são apresentados, para o ano de 2009, o consumo por produto e segmento industrial e as respectivas participações no total da produção.

Carga tributária na cadeia produtiva do alumínio no Brasil

Como já mencionado, a produção de bauxita concentra-se nos estados do Pará (85%) e de Minas Gerais (14%). Contudo, enquanto os produtores da Região Norte direcionam a quase totalidade de sua produção ao mercado externo, os da Região Sudeste voltam sua produção ao mercado interno, o que resulta em cargas tributárias efetivas muito distintas.

Tabela 8 | Produção brasileira de alumínio primário, segundo a usina, entre 2000 e 2009 (em mil t)

Produtor	Localização	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Albras	Barcarena (PA)	369,2	334,8	416,1	435,9	440,5	449,5	459,9	459,0	459,3	453,8
Alcoa	Poços de Caldas (MG)	91,7	69,7	88,1	94,9	90,7	95,3	96,1	96,4	97,2	65,3
Alumar	São Luís (MA)	370,9	325,1	370,5	334,9	377,2	380,8	437,9	447,8	454,0	434,0
CBA	Alumínio (SP)	240,1	230,4	248,8	313,8	345,3	370,4	404,9	450,9	465,7	471,3
	Ouro Preto (MG)	50,3	44,5	49,5	50,2	51,0	50,6	51,4	48,4	40,5	48,2
Novelis	Aratu (BA)	56,6	47,6	52,5	56,3	57,8	57,0	58,5	58,6	58,7	52,1
Valesul	Rio de Janeiro (RJ)	32,6	79,9	42,3	43,0	95,3	94,0	95,8	93,7	85,7	10,2
Total		1.211,4	1.132,0	1.267,8	1.329,0	1.457,8	1.497,6	1.604,5	1.654,8	1.661,1	1.534,9

Fonte: Abal.

Tabela 9 | Consumo de alumínio segundo o tipo de produto e o segmento industrial, em 2009 (em mil t)

Produto	Segmento							Total	Participação (%)
	Construção civil	Transporte	Indústria elétrica	Bens de consumo	Embalagens	Máquinas e equipamento	Outros		
Chapas	25,3	34,3	6,3	58,8	246,1	15,3	5,0	391,2	38,80
Folhas	0,3	5,2	1,1	5,4	61,6	1,7	0,5	75,8	7,52
Extrudados	112,6	29,1	6,5	31,3	-	17,7	10,5	207,7	20,60
Fios e cabos condutores	-	-	88,3	-	-	-	-	88,3	8,76
Fundidos e forjados	-	148,6	1,1	7,4	-	11,5	1,2	169,8	16,84
Pó	-	-	-	-	-	-	25,9	25,9	2,57
Usos destrutivos	-	-	-	-	-	-	31,6	31,6	3,13
Outros	-	-	-	-	2,4	-	15,6	18,0	1,79
Total	138,2	217,2	103,3	102,9	310,1	46,2	90,3	1.008,3	100,00
Participação (%)	13,71	21,54	10,24	10,21	30,75	4,58	8,96	100,00	-

Fonte: Abal.

Região Norte

A cadeia do Norte do Brasil é constituída pelas seguintes empresas: Mineração Rio do Norte (MRN), que produz 60% da bauxita metalúrgica do Brasil; Alunorte, que produz 68,4% da alumina do país; Albras, que responde por 29,6% do alumínio nacional; e Alubar, única empresa do segmento de transformados da cadeia do alumínio da Região Norte, que consome alumínio líquido fornecido pela Albras para produzir vergalhões (17% do mercado nacional) e cabos elétricos (15% do mercado nacional).

Com base em dados das Demonstrações de Resultado do Exercício (DRE), o Ministério de Minas e Energia (MME) fez uma simulação sobre a carga tributária nominal das empresas da cadeia do alumínio, usando as informações de receitas e custos e aplicando as alíquotas dos tributos, para a média do período de 2002 a 2007. A carga tributária efetiva (na qual se consideram desonerações e incentivos fiscais, entre outros benefícios), apresentada na Tabela 10, foi calculada para o mesmo período, com base nos valores declarados nas DRE.

Tabela 10 | Carga tributária nominal e efetiva sobre a receita bruta de empresas da cadeia de alumínio na Região Norte, entre 2002 e 2007 (em %)

Etapa da indústria	Extração	Transformação mineral	
		Alumina	Alumínio
Produto	Bauxita	Alumina	Alumínio
Empresa	MRN	Alunorte	Albras
Nominal simulada	24	13	18
Efetiva	13	8	8

Fonte: Brasil (2009).

A cadeia do alumínio na Região Norte exibe um decréscimo da carga tributária à proporção que vai se integrando. Isso ocorre por duas razões principais: (i) à medida que a cadeia vai a montante, aumenta a parcela exportada; e (ii) a indústria é intensiva em energia e a energia consumida, maior parcela do custo de produção, não recolhe tributos.

A exportação é beneficiada por mecanismos como a Lei Kandir (Lei Complementar 67, de 1996), que desonerou do recolhimento do ICMS os produtos básicos e semielaborados destinados à exportação, além de todos os insumos utilizados no processo produtivo desses bens exportados.

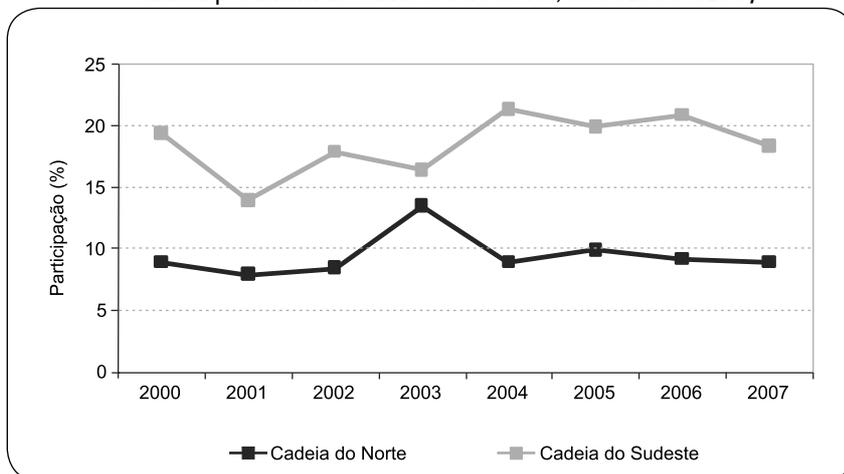
Região Sudeste

A cadeia produtiva da Região Sudeste pode ser representada pela CBA. Distintamente da cadeia produtiva na Região Norte, composta de várias empresas, na Região Sudeste a CBA responde, sozinha, pela produção de 11,5% da bauxita, 13% da alumina e 27,2% do alumínio produzidos no Brasil. Como a maior parte de sua venda é direcionada ao mercado interno (71%), a proporção da tributação nas receitas da CBA é bem mais expressiva, alcançando a média de 20%, de carga efetiva, entre os anos de 2002 e 2007 (carga nominal de 21%, para esse período).

Assim, pode-se perceber que as empresas situadas na base da cadeia produtiva e que destinam a maior parte de sua produção ao mercado exportador têm uma carga tributária substancialmente inferior àquelas situadas nos elos mais a montante da cadeia produtiva e que destinam a sua produção majoritariamente ao mercado interno.

Apresenta-se, no Gráfico 8, a carga de tributos receita bruta das empresas da cadeia produtiva do Sudeste, voltadas principalmente para o mercado interno, e do Norte, voltadas principalmente para a exportação.

Gráfico 8 | Participação relativa do governo na receita bruta das empresas da cadeia produtiva do Sudeste e do Norte, entre 2000 e 2007



Fonte: Brasil (2009).

Suprimento de energia para a indústria de alumínio no Brasil

A indústria brasileira procurou suprir suas necessidades de energia com a construção de hidrelétricas. Atualmente, a indústria de alumínio no país mantém hidrelétricas que fornecem cerca de 31% da energia utilizada para a produção de alumínio primário. Entretanto, esse esforço não tem sido suficiente. Em função dos altos preços da energia elétrica, ocorreram os seguintes fatos: a planta da Novelis, em Ouro Preto, paralisou 45% de sua capacidade de produção de alumínio primário, no início de 2008, e encerrou a produção de alumina a partir de maio de 2009; a planta de alumínio primário da Valesul, no Rio de Janeiro, foi totalmente desativada em abril de 2009; e a planta da Alcoa, em Poços de Caldas, teve sua produção de alumínio primário reduzida em 30% desde o início de 2009.

A Tabela 11 mostra o potencial hidrelétrico brasileiro por região, em levantamento de junho de 2010.

Tabela 11 | Potencial hidrelétrico brasileiro, por região, em 2010

Região	Operação (MW)	Potência total (MW)	Participação nas operações (%)
Norte	10.792,68	96.165,70	11,22
Nordeste	10.989,17	24.922,74	44,09
Sudeste	24.457,11	43.922,72	55,68
Sul	22.430,63	42.864,71	52,33
Centro-Oeste	9.988,21	35.733,38	27,95
Total	78.657,78	243.609,25	32,29

Fonte: Eletrobras.

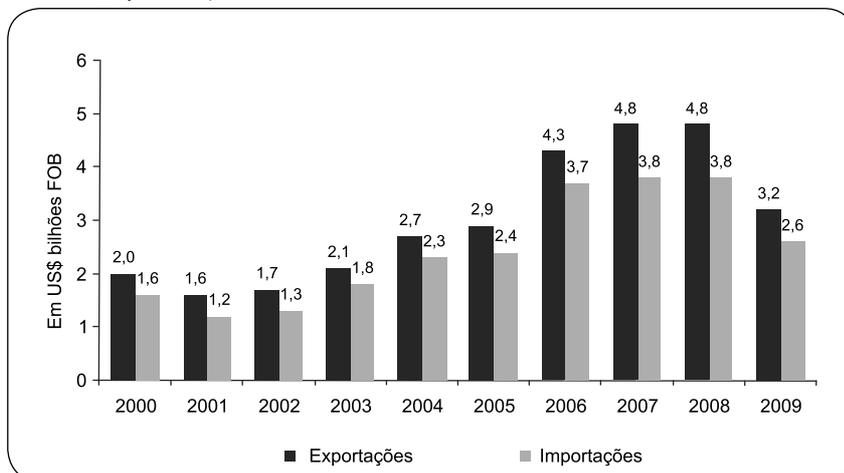
Balança comercial da indústria brasileira do alumínio

O Gráfico 9 apresenta o desempenho da balança comercial da indústria do alumínio. Vale ressaltar que os valores indicados referem-se ao alumínio e a seus produtos (incluindo peças fundidas), à bauxita e à alumina.

As exportações brasileiras da indústria de alumínio representaram, em média, cerca de 2,7% do total das exportações do país, entre 2002 e 2009. Já em relação às importações da indústria, essa média chegou a cerca de 9,0% do total de importações do Brasil, no mesmo período.

Entre os maiores importadores da indústria de alumínio brasileira, podem-se citar a União Europeia, os Estados Unidos, o Canadá e a Ásia, e entre os maiores exportadores de alumínio para o Brasil, incluem-se o Canadá, a Ásia e a Argentina.

Gráfico 9 | Balança comercial brasileira do alumínio



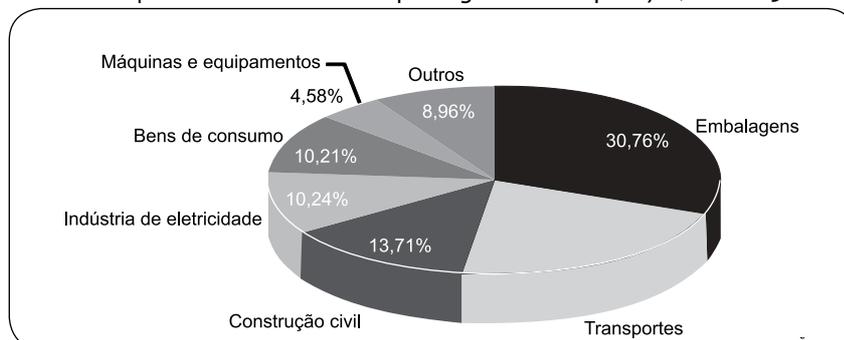
Fonte: Abal.

Dos produtos importados, os maiores volumes referem-se a chapas e tiras de alumínio com espessura superior a 0,2 mm e resíduos de alumínio.

Consumo no Brasil

O setor de embalagens é a maior fonte consumidora de alumínio no país, representando 30,8% do total consumido. O segmento de transportes, por sua vez, consumiu 21,5%, o da construção civil, 13,7%, e o da indústria elétrica, 10,2% (Gráfico 10).

Gráfico 10 | Consumo de alumínio por segmento de aplicação, em 2009



Fonte: Abal.

Os produtos de alumínio mais consumidos são as chapas e lâminas, que correspondem a 38,8% do total. Em seguida, vêm os extrudados, com 20,6%, e os fundidos, com 16,8% (Tabela 12).

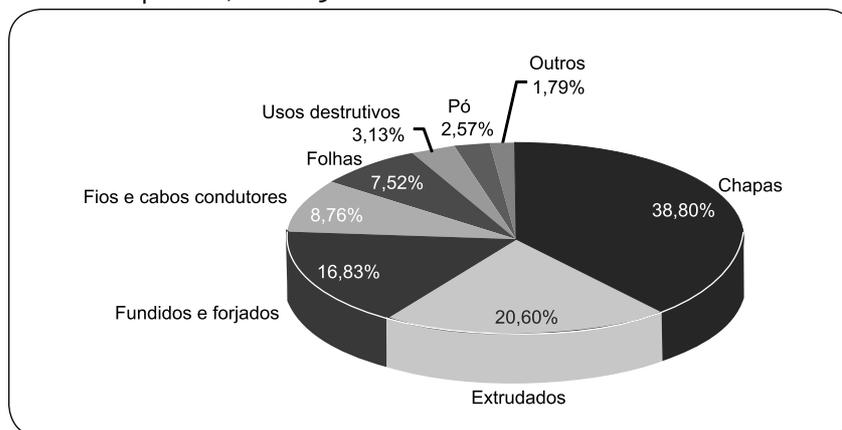
Tabela 12 | Consumo doméstico de transformados, segundo o tipo de produto (em mil t)

Produto	2005	2006	2007	2008	2009	% Var. 09/08
Chapas e lâminas	310,3	319,9	374,1	415,0	391,2	-5,73
Folhas	70,7	72,3	77,8	78,8	75,8	-3,81
Extrudados	128,4	162,3	197,7	230,5	207,7	-9,89
Fios e cabos condutores	85,1	86,8	74,7	100,5	88,3	-12,14
Fundidos e forjados	149,3	157,6	167,7	198,6	169,8	-14,50
Pó	39,8	44,1	48,1	46,4	25,9	-44,18
Usos destrutivos	37,7	36,9	40,3	40,2	31,6	-21,39
Outros	11,3	12,9	13,8	17,0	18,0	5,88
Total	832,6	892,8	994,2	1.127,0	1.008,3	-10,53

Fonte: Abal.

O Gráfico 11 mostra o consumo brasileiro de transformados, segundo o tipo de produto, em 2009.

Gráfico 11 | Consumo doméstico de transformados, segundo o tipo de produto, em 2009



Fonte: Abal.

É importante ressaltar que a elasticidade-consumo de alumínio *versus* crescimento do PIB no Brasil teve média de 1,4 nos últimos 10 anos. Caso a economia cresça a uma taxa média de 4,5% nos próximos anos, o consumo de alumínio tenderá a crescer a uma taxa média anual de 6,3% ao ano. Tomando-se o ano de 2010 como base e considerando a hipótese de que o consumo de transformados nesse ano será aproximadamente o de 2008, que foi de 1.127 mil toneladas, pode-se chegar a um consumo anual de cerca de 1.438 mil toneladas, em 2014; 1.529 mil toneladas, em 2015; e 1.625 mil toneladas, em 2016.

Considerando uma hipótese alternativa de crescimento da economia de 5,5% ao ano, nos próximos anos, o consumo de alumínio tenderá a crescer a uma taxa média anual de 7,7% ao ano. Novamente, tomando-se o ano de 2010 como base e considerando a mesma hipótese do consumo de transformados, pode-se chegar a um consumo anual de cerca de 1.516 mil toneladas, em 2014; 1.633 mil toneladas, em 2015; e 1.758 mil toneladas, em 2016.

Hoje, a capacidade instalada de produção de alumínio primário no Brasil é de 1.690 mil toneladas/ano e a capacidade instalada de produtos transformados é de 1.607 mil toneladas/ano [Abal (2010)].

Caso ocorra o primeiro cenário apresentado acima, a restrição de oferta de transformados poderá se dar em 2016 e a de alumínio primário, em 2017. Na ocorrência do segundo cenário, a restrição de oferta poderá se dar em 2015, para os transformados, e no início de 2016, para o alumínio primário.

No caso dos produtos transformados, o tempo entre a decisão de investir e o início da produção é bem menor que o do investimento em produção de alumínio primário, que é de 2,5 a 3 anos. Nesse caso, a decisão do investimento é mais crítica e deveria ocorrer entre 2013 e 2014, para que não houvesse restrição de oferta desse insumo no país.

O alumínio e a sustentabilidade socioambiental

O processo de reciclagem do alumínio fornece uma economia energética de 95%. Como se sabe que o custo da energia no processo da obtenção do alumínio é um fator determinante, mesmo para a escolha do

local a ser instalada a refinaria, pode-se destacar a importância econômica da reciclagem.

Além disso, a reciclagem tem vantagens ecológicas. A produção mundial de alumínio responde por cerca de 2% dos gases de efeito estufa (GEE), entre os quais, o CO₂. Em contraste, no processo de reciclagem, por exemplo, há uma emissão de apenas 5% do CO₂ normalmente emitido pelo modo de produção de alumínio primário.

Deve-se ressaltar, ainda, que 40% das emissões diretas na produção de alumínio primário são de PFC (perfluorocarbonatos) pelo efeito ânodo. Esses gases, no entanto, não são formados no processo de reciclagem.

A indústria brasileira de alumínio, por meio dos investimentos em autoprodução de energia hidrelétrica, somada às ações voluntárias de reduções de emissões de CO₂ eq,¹² colocam os produtos do país entre os mais competitivos em relação à pegada de carbono. Enquanto a média mundial de emissões do processo de produção de alumínio primário é de 7,1 toneladas de CO₂ eq/t de alumínio, no Brasil a média é de apenas 2,7 toneladas de CO₂ eq/t de alumínio.

Uma das principais características da reciclagem do alumínio é que, ao contrário de outros materiais, o metal não perde suas propriedades após o processo e, portanto, sua utilização não implica desvantagens. Desse modo, é considerado um processo *cradle-to-cradle*,¹³ dado que pode ser reutilizado. No entanto, nos casos em que se exija uma concentração de pureza mais criteriosa, é possível que seu grau de impurezas não permita o seu uso.

O tempo de vida útil do alumínio é um dos aspectos a ser considerado na reciclagem do metal. Em cada segmento, o tempo de vida do alumínio é diferente. No setor de embalagens, não é maior que alguns meses. Por outro lado, nos segmentos de construção e de energia elétrica, a média é de 35 anos.

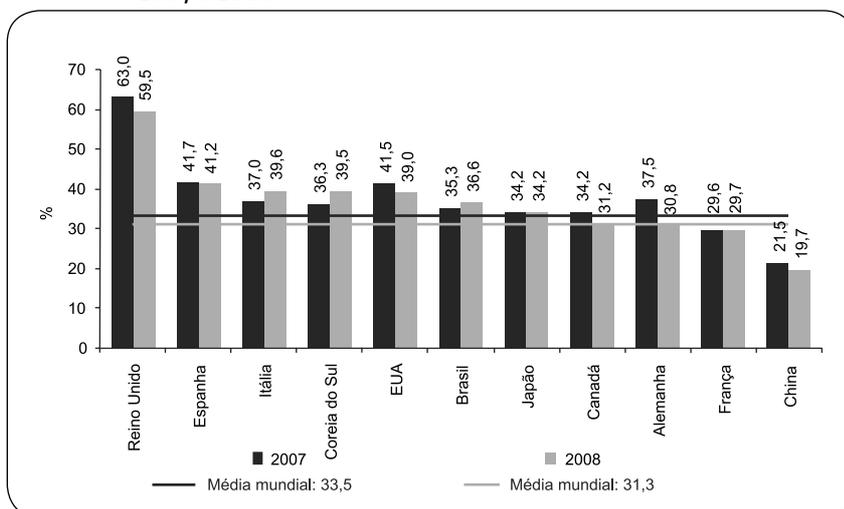
¹² CO₂-equivalente – Unidade de medida do impacto das emissões de gases de efeito estufa sobre o clima do planeta. Todos os gases de efeito estufa são transformados em CO₂-equivalente, de acordo com um fator de conversão. Assim, por exemplo, uma tonelada de metano (CH₄), por possuir um efeito 23 vezes superior ao dióxido de carbono, equivale a 23 toneladas de CO₂-equivalente.

¹³ O conceito de *cradle-to-cradle* (berço a berço) trata do desenho (projeto) de produtos e dos respectivos processos produtivos, de modo que todas as partes (componentes e matérias-primas) envolvidas na produção possam ser totalmente reutilizadas em novos processos produtivos depois que esses produtos forem descartados.

Outros aspectos importantes são as taxas de reciclagem existentes em cada segmento, as quais são distintas e sofrem influências diversas. No segmento de latas de alumínio, por exemplo, o Brasil tem a maior taxa de reciclagem do mundo: 96,2%. Todavia, a reciclagem no Brasil não é instituída por lei como em outros países.

O Gráfico 12 apresenta a relação entre sucata recuperada e consumo doméstico de alguns dos principais consumidores de alumínio, em 2007 e 2008.

Gráfico 12 | Relação entre sucata recuperada e consumo doméstico em 2007 e 2008



Fonte: Abal.

Alocação de novas capacidades

Evolução recente dos investimentos

Nas três últimas décadas, ocorreu uma série de mudanças na estrutura da oferta de alumínio. Até os anos 1970, década da primeira grande crise do petróleo, as refinarias de alumínio instalavam-se principalmente nos países mais industrializados. Estados Unidos, Europa Ocidental e Japão detinham cerca de 70% da produção mundial. Por se tratar de indústria

intensiva em energia, com a crise do petróleo, a lógica de produzir o alumínio em países importadores de energia começou a ser questionada. A partir de então, os produtores de alumínio começaram a procurar as ilhas de energia elétrica de menores custos. Por essa razão, entre 1973 e 1989 o Brasil e o Canadá, pela abundância de energia hidrelétrica, e a Austrália, pela de carvão energético, tiveram grande aumento na produção de alumínio primário. Nesse período, a indústria de alumínio do Japão, que detinha cerca de 9% da produção mundial, passou, duas décadas depois, a contar com apenas uma unidade de produção de pequeno porte.

Nos anos 1990, emergiram a África do Sul e o Oriente Médio como produtores de alumínio. O baixo preço do carvão energético da África do Sul e a abundância de gás natural associado à produção de petróleo no Oriente Médio foram determinantes para dobrar a participação dessas regiões na produção mundial.

Na década atual, apareceu um novo ator na produção de alumínio: a China. Diferentemente do resto do mundo, onde o fator energia é chave, o crescimento da demanda chinesa é o principal vetor do aumento de produção de alumínio desse país. Em 2002, a China passou a ser o maior produtor mundial e, em 2009, respondeu por cerca de 39% da produção mundial de alumínio.

Projetos de produção de alumínio primário

A produção mundial de alumínio atingiu, em 2010, o patamar de 42.344 mil toneladas, frente a um consumo de 40.542 mil toneladas. Para 2011, projeta-se uma produção de 44.753 mil toneladas, contra um consumo de 43.245 mil toneladas. Espera-se, com base no crescimento projetado para os próximos anos, que somente em 2015 deverá haver nova necessidade de investimentos. Por enquanto, os investimentos em curso e firmes atenderão, com folga, ao aumento de demanda.

A projeção do consumo e da capacidade instalada para 2014-2015, o balanço (diferença entre a capacidade instalada e o consumo) e a taxa de utilização da capacidade da indústria de alumínio por país/região são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 | Projeção do consumo e da capacidade instalada para 2014-2015 (em mil t)

Região	Capacidade 2014	Consumo 2015	Capacidade- consumo	Taxa de utilização (%)
América do Norte	6.824	6.399	425	94
Oceania	2.337	380	1.957	16
Europa	5.539	8.795	-3.256	n.a.
CEI	5.751	1.311	4.440	23
América Latina	3.030	2.324	706	77
Sul e Leste da Ásia	1.020	3.538	-2.518	n.a.
Índia	3.699	2.374	1.325	64
China	27.067	23.623	3.444	87
Oriente Médio/África	4.305	2.048	2.257	48
Total	59.572	50.794	8.778	85

Fonte: BNDES.

Como se pode observar, haverá sobrecapacidade, quando se compara o consumo projetado e a capacidade instalada, o que pode ser considerado esperado para mercados oligopolizados. Analisando os dados regionais, observa-se que a maior parte das regiões será autossuficiente na produção de alumínio. Apenas a Europa e o Sul e o Leste da Ásia serão importadores do produto, devendo ser atendidos, respectivamente, pelo significativo excedente exportável dos países da Oceania, da Comunidade de Estados Independentes (CEI) e da África.

Os projetos de investimento em novas plantas de alumínio seguem a mesma lógica de decisão que vem influenciando o mercado nos últimos anos, a saber: (i) o baixo custo de capital na China e na Índia viabilizando o investimento em plantas com tarifas energéticas mais altas e que atenderão o mercado interno; e (ii) o baixo custo de energia no resto do mundo.

Os menores custos de investimento encontram-se na Índia e na China, que, no entanto, têm uma tarifa de energia superior a US\$ 40/MWh, enquanto no restante do mundo esta fica em torno de US\$ 16/MWh para projetos *brownfield* e US\$ 25/MWh para projetos *greenfield*. Na China, além do baixo custo de capital, outro fator que viabiliza o investimento é a utilização de carvão energético de baixa qualidade, abaixo dos padrões do comercializado no mercado internacional, para autogeração de energia.

Tendências e conclusões

Conforme se pode inferir pelo exposto, a próxima onda de investimentos deverá ser basicamente direcionada para países com fontes de energia altamente competitivas. O Oriente Médio, com elevada oferta de gás natural e a intenção de expandir sua atividade produtiva para além do petróleo, e a Rússia, que tem elevado potencial de geração de energia hidrelétrica e uma posição geográfica privilegiada para atender os principais mercados importadores, deverão ser as principais opções para a ampliação da capacidade de produção de alumínio.

A tarifa média de energia para projetos *greenfield* (ex-China e Índia) é estimada em US\$ 24,8/MWh. Porém, é importante observar que essa média é influenciada por dois projetos não muito significativos – um no Laos e outro no Azerbaijão –, que têm custos de energia muito acima da média, US\$ 42,2/MWh e US\$ 51,4/MWh, respectivamente. Sem contar esses dois projetos e o do Irã (que visa atender o mercado interno), a média dos projetos que podem ser considerados, baseados na lógica de utilização de vantagens comparativas para atender o mercado internacional, tem uma tarifa energética de US\$ 18,6/MWh.

Embora seja difícil estipular o valor exato de uma tarifa competitiva sem conhecer os demais custos vinculados ao projeto, pode-se observar que a Rússia, que exibe um custo médio de energia de US\$ 21,1/MWh, em seus projetos *greenfield*, tende a ser a grande fornecedora mundial de alumínio, podendo-se usar essa tarifa como balizadora para a análise da competitividade de investimentos *greenfield* em alumínio.

Hoje, a capacidade instalada de produção de alumínio primário no Brasil é de 1.690 mil toneladas/ano, e a capacidade instalada de produtos transformados é de 1.607 mil toneladas/ano. Conforme analisado no subitem que trata do consumo no Brasil, a restrição de oferta de transformados pode se dar entre 2015 e 2016, e a de alumínio primário, entre 2016 e 2017.

A decisão empresarial brasileira do investimento em alumínio primário depende de uma análise estratégica que deverá considerar não apenas o fornecimento de energia e o seu custo, mas também a atratividade e a viabilidade de aquisição de alumínio no mercado externo. Relativamente à energia, quanto menor o seu custo, mais atrativo se torna o empreendimento.

Conforme já mencionado, no caso brasileiro, esse componente de custo representa cerca de 35% do total dos custos operacionais.

Na hipótese de que não seja viável a implantação de novos projetos para atender ao aumento esperado da demanda por alumínio, nos próximos anos, a decisão empresarial pode considerar a implantação da produção de alumínio em países com vantagens comparativas ou a opção de importação desse insumo. Cabe lembrar que o país conta com oferta abundante de bauxita e alumina, com possibilidade, portanto, de grande expansão da produção *upstream*.

Destaca-se, ainda, a indústria de transformados, segmento de maior valor agregado e maior geração de emprego e renda na cadeia do alumínio, como foi mencionado, e que deverá revelar grande crescimento da demanda nos próximos anos, proporcionando oportunidades de investimento.

Conforme já enfatizado, o tempo decorrente entre a concepção e o *start-up* de uma unidade de produção de alumínio é de 2,5 a 3 anos. Logo, a decisão do investimento em unidades para a produção de alumínio primário deveria ocorrer entre 2013 e 2014, para que não houvesse restrição de oferta desse insumo no Brasil, a partir de 2016 ou 2017.

No caso dos investimentos em transformados, esse tempo é menor, e o investimento é mais elástico, podendo a decisão de investir estar mais correlacionada às variações das demandas, diminuindo o seu risco.

Anexo

Reservas de bauxita/produção de alumínio

Bauxita

A bauxita é um mineral heterogêneo, com uma coloração avermelhada, composto principalmente de um ou mais hidróxidos de alumínio, e várias misturas de sílica, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e outras impurezas em quantidades menores.

A bauxita é, geralmente, encontrada de forma abundante em locais de clima tropical a subtropical. Do seu beneficiamento, obtém-se a alumina (óxido de alumínio), que é a base para a produção do alumínio eletrolítico.

Como regra geral, necessita-se de pouco mais de 5 kg de bauxita para produzir 1 kg de alumínio.

A bauxita pode ser caracterizada de acordo com suas propriedades químicas, sua finalidade e sua disposição geológica.

Quanto às propriedades químicas, existem três grupos de bauxita: a gibbsítica, a boehmítica e a diaspórica. A bauxita gibbsítica é determinada pela presença majoritária do mineral gibbsita ($\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$), um óxido hidratado com cerca de 65% de Al_2O_3 . Grande parte das reservas brasileiras de bauxita é composta de gibbsita e foi formada pela ação do intemperismo sobre aluminossilicatos. A bauxita boehmítica é aquela em que o óxido hidratado é a boehmita ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$), na qual se encontram concentrações de Al_2O_3 superiores a 80%. O último grupo é o composto pelo óxido hidratado denominado diásporo ou diaspório ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$), com uma concentração de Al_2O_3 igual à da boehmita. A principal diferença entre a boehmita e o diásporo em relação à gibbsita está na estrutura cristalina. A gibbsita existe na forma monoclinica e os outros dois, na forma ortorrômbica.

Segundo a finalidade, podem ser listados dois tipos de bauxita: a metalúrgica e a refratária. Para utilização em refratários, há um nível mais elevado de exigência: a bauxita deve ter apenas 3% de Fe_2O_3 em sua composição. Para fins metalúrgicos, permite-se a utilização da bauxita com concentrações de até 30% de Fe_2O_3 .

Conforme sua disposição na natureza, a bauxita apresenta-se na forma laterítica ou cárstica. A laterítica é encontrada próxima à superfície e dispõe-se horizontalmente. Os depósitos de bauxita cárstica, por sua vez, são encontrados em bolsões de rochas calcárias a até 200 metros de profundidade.

Reservas de bauxita no mundo

A concentração dos minerais na bauxita varia, principalmente, em função da gênese dos depósitos, determinando o tipo de reserva. Na Europa, incluindo a França e a Grécia, predomina a boehmita; na China, os jazimentos são formados, predominantemente, por diásporo; nas regiões de clima tropical, como no Brasil, na Guiné e na Jamaica, os jazimentos são compostos, na maior parte, de gibbsita.

As dez maiores reservas estão localizadas nos seguintes países: Guiné, com 27,3% do total mundial; Austrália, com 22,9%; Vietnã, com 7,7%; Jamaica, com 7,4%; Brasil, com 7,0%; Índia, com 2,8%; China, com 2,8%;

Guiana, com 2,6%; e Grécia, com 2,2%. Esses países somam 94,5% das reservas mundiais do minério.

Reservas de bauxita no Brasil

No Brasil, as maiores reservas encontram-se no Pará, em Minas Gerais e no Maranhão, as quais, somadas, representam 99,8% do total das reservas lavráveis do país. A Tabela 1 mostra a distribuição das reservas brasileiras segundo a unidade da federação, considerando as categorias medida, indicada, inferida e lavrável.

Tabela 1 | Reservas brasileiras de bauxita, em 2005 (em 1.000 t)

Bauxita/UF	Medida	%Al ₂ O ₃	Indicada	%Al ₂ O ₃	Inferida	%Al ₂ O ₃	Lavrável	%Al ₂ O ₃
Bauxita metalúrgica	1.640,6	48,7	1.050,5	41,6	610,0	51,2	2.011,7	47,2
Pará	1.356,1	50,5	653,6	45,3	589,5	51,7	1.538,8	50,6
Minas Gerais	209,2	36,1	289,3	29,8	16,8	35,6	398,0	33,5
Maranhão	71,6	50,5	107,1	50,0	3,6	51,2	71,6	50,5
Rio de Janeiro	2,3	51,1	-	-	-	56,1	1,9	51,1
São Paulo	1,5	58,8	0,6	45,7	0,1	53,1	1,4	59,4
Subtotal	1.640,7	-	1.050,6	-	610,0	-	2.011,7	-
Bauxita refratária	135,9	46,8	73,7	45,4	29,8	44,6	144,7	46,4
Total	1.776,3	-	1.124,1	-	636,8	-	2.156,3	-

Fonte: DNPM.

Processo de produção de alumínio primário

O processo de produção de alumínio primário consiste, em linhas gerais, em três etapas: (a) mineração – extração da bauxita; (b) refino – produção da alumina; e (c) eletrólise – produção do alumínio primário.

a) Mineração

A mineração inicia-se com a extração da principal matéria-prima, a bauxita. Essa extração ocorre conforme as condições da mina em questão. Em minas mais profundas, é necessária, às vezes, a utilização de explosivos. Para minas próximas à superfície, pode-se efetuar a extração com retroescavadeiras hidráulicas. Após a extração da bauxita, é necessário o seu beneficiamento, que consiste na cominuição (britagem e moagem), lavagem e secagem. Os processos ocorrem de acordo com o nível de concentração, para a retirada de impurezas existentes, tais como a argila e a areia.

Após o processo de beneficiamento, a bauxita é colocada em pilhas de homogeneização, por meio de correias transportadoras e de empilhadeiras

automáticas (*stackers*). A bauxita beneficiada é transportada, então, até a fábrica para a produção da alumina.

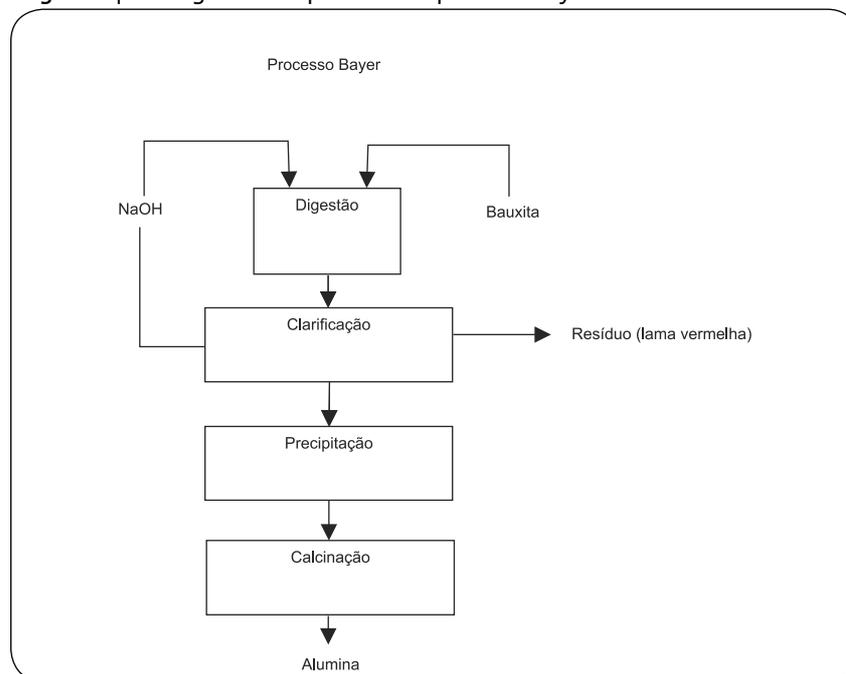
b) Refino

No processo de produção da alumina, adicionam-se, ao minério, soda cáustica, cal e água, obtendo-se uma mistura pastosa. Essa mistura segue para as autoclaves para o processo de cozimento, no qual ocorre a formação de aluminato de sódio (NaAlO_2). Essa etapa, cujo produto é a alumina, é conhecida como processo Bayer.

Após a filtragem, a decantação e a redução da mistura do composto, ocorrem a separação da soda cáustica e a formação do hidróxido de alumínio, que segue para o forno de calcinação, onde é obtida a alumina (Al_2O_3). Esta é então levada às cubas eletrolíticas, para a etapa de eletrólise.

Na Figura 1, encontra-se o fluxograma simplificado do processo Bayer, e na Tabela 2 são mostradas as quantidades de insumos para a produção de uma tonelada de alumina.

Figura 1 | Fluxograma simplificado do processo Bayer



Fonte: Abal.

Tabela 2 | Quantidades de insumos para a fabricação de alumina

Insumo	Unidades
Bauxita (t/t)	1,85 a 3,40
Cal (kg/t)	10 a 50
Soda cáustica (kg/t)	40 a 140
Vapor (t/t)	1,5 a 4,0
Óleo combustível – calcinação (kg/t)	80 a 130
Floculante sintético (g/t)	100 a 1.000
Energia elétrica (kWh/t)	150 a 400
Produtividade (Hh/t)	0,5 a 3,0
Água (m ³ /t)	0,5 a 2,0

Fonte: Abal (http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp).

c) Eletrólise

A eletrólise é um processo de separação dos elementos químicos de um composto, pelo uso da corrente elétrica. De modo resumido, procede-se primeiro à decomposição (ionização ou dissociação) do composto em íons (cátions e ânions). Após essa dissociação, com a passagem de uma corrente contínua através desses íons, são obtidos os elementos químicos desejados. O processo de eletrólise da alumina (Al_2O_3) é uma reação de oxirredução, ou seja, de retirada do oxigênio do composto.

No processo de eletrólise, a alumina é depositada em cubas para o início da separação eletrolítica do alumínio primário. As cubas eletrolíticas recebem, na parte inferior, o sistema catódico, composto de blocos grafitizados, barras catódicas, refratários, pasta de socagem e blocos laterais, e, na parte superior, o conjunto anódico, composto de pasta anódica e pontas anódicas verticais. A separação é feita em uma solução de fluoreto duplo de alumínio e sódio (criolita), a 950° C. O alumínio é recolhido pelos cátodos, no fundo da cuba, com grau de pureza de 99,8%.

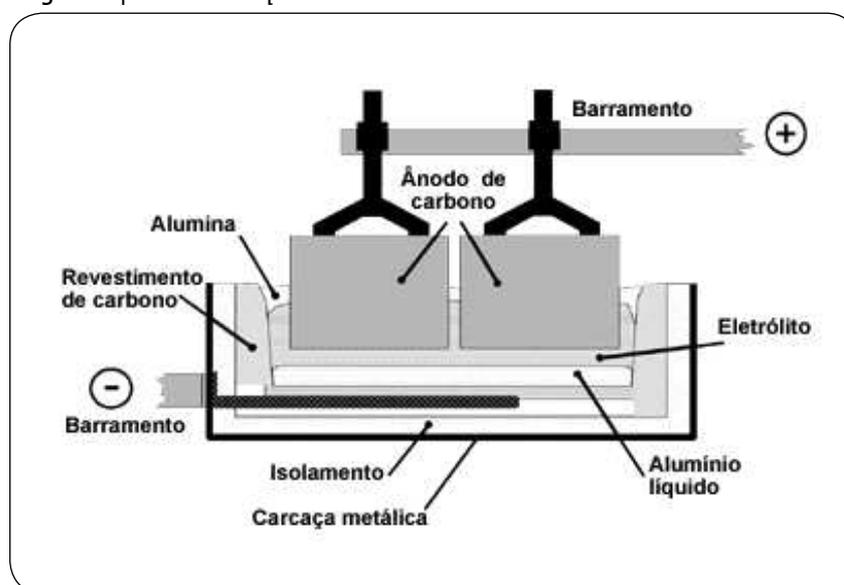
Na produção do alumínio líquido, é necessário que ocorram, nas cubas, a quebra de crostas e a alimentação dos fornos. Essas ações são realizadas pelos veículos quebra-crostas e alimentadores de alumina, para assegurar que o teor de alumina no banho fique sob controle.

A fim de que ocorra a retirada do metal líquido, a cada período de 24 ou 48 horas é necessário o uso do cadinho, que é uma grande panela suspensa em uma empilhadeira. É introduzido o bico do cadinho na crosta do

forno, que é rompida até atingir o nível do metal. Este é, então, retirado por sucção. O cadinho é transportado em caminhões até o setor de fundição, no qual o metal é vertido e transferido para a fundição.

A Figura 2 mostra um desenho esquemático de uma cuba eletrolítica e a Tabela 3 expõe as quantidades de insumos para a produção de uma tonelada de alumínio primário.

Figura 2 | Desenho esquemático de uma cuba eletrolítica



Fonte: Abal.

Tabela 3 | Quantidades de insumos para a produção de alumínio primário

Insumo	Unidades
Alumina (kg/t)	1.919
Energia elétrica (MWh/t)	15
Criolita (kg/t)	8
Fluoreto de alumínio (kg/t)	19,7
Coque de petróleo (kg/t)	384
Piche (kg/t)	117
Óleo combustível (kg/t)	44,2

Fonte: Abal (http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp).

Na etapa de fundição, o alumínio, no estado líquido, tem sua temperatura reduzida, sendo depositado em fornos de espera. É nessa fase do processo que outros materiais de liga podem ser adicionados, de acordo com a finalidade que será dada à liga de alumínio.

É possível diferenciar duas rotas tecnológicas utilizadas para a produção de alumínio primário, com base nos tipos de ânodos: (i) o modelo de *Söderberg*, que utiliza um ânodo contínuo consumido no processo; e (ii) o modelo *Pre-Bake*, que utiliza ânodos múltiplos, substituídos à medida que vão se desgastando.

Basicamente, necessita-se de pouco mais de 5 t de bauxita para produzir 2 t e, a partir deste montante, produzir 1 t de alumínio pelo processo de redução.

Referências

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. *Anuário Estatístico 2009*. São Paulo: 2010.

———. *O alumínio: alumínio primário*. Disponível em: <http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp>. Acesso em: 7 dez. 2010.

ALCOA. *2009 Annual Report*. Pittsburgh, 2009.

BHP BILLITON. *2010 Annual Report*. Melbourne, 2010.

BRASIL – SGM/MME. Carga tributária incidente nas cadeias produtivas do ferro e do alumínio no Brasil. *Perspectiva Mineral*, n. 2, Brasília, 19 ago. 2009.

CHALCO. *Interim Report*. Pequim, 23 ago. 2010.

CRU – COMMUNITY RESEARCH UNIT. *The Long Term Outlook for Aluminium*. Londres, 2009.

———. *Aluminium Quarterly Report*. Londres, out. 2010.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. *Anuário Mineral Brasileiro*. Brasília, 2006.

ELETOBRAS. *Potencial hidrelétrico brasileiro*. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2010.

HYDRO. *2010 Third Quarter Report*. Oslo, 2010.

USGS – U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Aluminium statistics and information*. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/>>. Acesso em: 7 dez. 2010.

RIOTINTO ALCAN. *2009 April Factsheet*. Montreal, abr. 2009.

RUSAL. *2009 Annual Report*. Moscou, 2010.