



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GEOLOGIA

**O USO DE GÁS NATURAL COMO INSUMO À PRODUÇÃO DE  
ALUMÍNIO/ALUMINA NA INDÚSTRIA PARAENSE**  
(Trabalho de Conclusão de Curso)

Autor

**Eisenhower da Silva Feio**  
Mat. 99034002901

Orientador  
Estanislau Luczynski, D.Sc.  
2010

## ΕΠΙΓΡΑΦΕ

## ÍNDICE

	Página
Epígrafe	2
Índice	3
Resumo	4
Justificativa	4
Metodologia	5
<b>Capítulo I – O Contexto Energético do Gás Natural</b>	<b>6</b>
1.1 – Gás para Energia	6
1.1.1 – Gás para a Indústria Química	6
1.1.2 – Gás para Transporte	6
1.1.3 – Gás para Hidrogênio	7
1.1.4 – Gás Natural e Ciclo Combinado	7
1.2 – GNL e o Mercado de Gás Natural	8
<b>Capítulo II – A Cadeia Produtiva do Alumínio Primário</b>	<b>9</b>
2.1 – A Bauxita	9
2.2 – O Processo de Mineração da Bauxita	9
2.3 – O Processo de Refino da Bauxita e da Obtenção da Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9
2.4 – O Processo de Redução da Alumina	12
<b>Capítulo III – Gás Natural como Insumo Energético</b>	<b>18</b>
3.1 – Composição	18
3.2 – Reservas	21
<b>Capítulo IV – Gás Natural e a Indústria de Alumínio</b>	<b>23</b>
4.1 – Cenário	23
4.1.1 – Contexto para O Gás Natural no Estado do Pará	23
<b>Capítulo V - Comentários Finais</b>	<b>26</b>
Bibliografia	27
Apêndice	28

## RESUMO

O presente trabalho apresenta as características da indústria de alumínio paraense em termos de consumo de energia. E segue discutindo a possibilidade de se utilizar gás natural como substituto a eletricidade.

Os dados citados servem como parâmetro para dimensionar o consumo de energia da indústria de alumínio primário, de modo a compreender a demanda energética e contextualizar a opção por gás natural. Para tanto, parte-se do entendimento que o mercado paraense pode ser abastecido por um gasoduto cuja fonte de gás estaria geograficamente próxima à fronteira entre Pará e Maranhão.

Ao final é apresentado o cenário paraense atual que favorece a penetração do gás e também são apontadas as fontes de suprimento e de financiamento do projeto.

**Palavras-chave:** *alumínio primário, gás natural e Albrás.*

## JUSTIFICATIVA

O suprimento de energia é essencial para a execução de políticas públicas de desenvolvimento. Dentro da ótica governamental imaginada para a Amazônia, em especial do Estado do Pará, existe a possibilidade de aproveitamento dos recursos minerais abundantes na região. Os quais favoreceram a instalação de grandes projetos minerais como o Projeto Grande Carajás e aqueles a ele associados como o Albrás, apenas para citar um dos mais representativos.

O aproveitamento da bauxita só foi possível devido ao suprimento de energia elétrica farta fornecida por Tucuruí a preços negociados, uma vez que a atividade de produção de alumínio-alumina é intensiva em energia, ou seja, demanda grandes quantidades de energia para a realização dos seus processos industriais.

Hoje, quando se imagina a expansão da produção, não se pode deixar de imaginar novas fontes de suprimento de energia, visto que a capacidade de Tucuruí não permite este aumento da capacidade produtiva. A fonte mais provável é o gás natural, embora haja sido cogitado o carvão mineral, que foi abandonado por questões ambientais. Outra alternativa seria uma nova hidrelétrica como a de Belo Monte, mas os aspectos legais e ambientais envolvidos, assim como o comprometimento da energia a ser gerada cuja boa parte seria destinada ao sistema Sul-Sudeste, não tornam a futura hidrelétrica uma fonte confiável capaz de suportar a expansão planejada.

Resta, portanto o gás natural, fonte que mostra planos de inserção na matriz energética do Pará, com base nos planos nacionais de construção de uma rede interestadual de gasodutos.

As fontes de suprimento e as possibilidades de atendimento às demandas da indústria de alumínio formam o eixo de discussão do presente Trabalho de Conclusão de Curso.

## **METODOLOGIA**

A metodologia do presente trabalho será do tipo dedutiva com base em pesquisa bibliográfica de trabalhos anteriores de diversos autores, em especial do professor Ruy Bahia renomado pesquisador na área de energia. Além disso, será feita a análise de dados técnicos e estatísticos fornecidos pelas empresas que operam na cadeia de produção do alumínio primário para relacioná-los às demandas de energia e definição da matriz energética da cadeia produtiva do alumínio. De posse desses dados, o passo seguinte é elaborar a conversão dos mesmos para o equivalente necessário em termos de gás natural (GN), utilizando tabelas de conversão da British Petroleum (BP), Amoco e da Agência Nacional de Petróleo (ANP). Por fim, através de análise comparativa avaliar-se-á a viabilidade ou não da utilização do GN na cadeia de produção do alumínio primário no contexto de um cenário ecológico atual.

# **CAPÍTULO I**

## **O CONTEXTO ENERGÉTICO DO GÁS NATURAL**

### **1.1 - Gás para Energia**

Segundo a British Petroleum (BP), a partir de estudos comparativos, estima-se que a substituição do carvão mineral por gás como combustível primário para a geração de eletricidade, pode reduzir em 50% a emissão de CO<sub>2</sub> por unidade de eletricidade gerada. Além disso, há maior eficiência da combustão do gás, aliada a tecnologia de sua produção menos poluente do que a equivalente combustão de carvão mineral, ambos são fatores favoráveis a sua utilização.

Algumas economias do mundo sofrem um rápido crescimento, no entanto desordenado ou com muito pouco planejamento e utilizam o carvão vegetal como fonte de energia, incluindo áreas de floresta nativa. Estas economias representam uma zona de crescimento potencial para o gás natural, em relação a energia requerida.

Na próxima década, usinas que utilizam o carvão serão substituídas por usinas que utilizam a tecnologia de queima do gás, sobretudo nos Estados Unidos e Europa, sendo também promissor o crescimento do mercado de eletricidade na América Latina e Ásia. Hoje novas fontes de geração de energia baseadas no gás são utilizadas, principalmente através da tecnologia de turbinas altamente eficientes, incluindo em larga escala turbinas gás natural ciclo combinado (GNCC). A energia em grande escala, que em determinadas regiões estiver centralizada, pode ser complementada pela distribuição em pequena escala, através de turbinas GNCC desde que encontre demanda local por calor e eletricidade (ver 1.1.4).

#### **1.1.1 Gás para a Indústria Química**

O gás tem sido usado por muitos anos na fabricação de produtos químicos, principalmente de amônia, metanol e hidrogênio (BP, 2006). Entretanto avanços tecnológicos levaram a uma significativa expansão dentro da produção sintética de gases para serem usados como insumo na produção de *commodities*, especialmente químicos, e insumos para a gasolina, diesel e lubrificantes. Existe uma necessidade mundial por produtos químicos e conseqüente necessidade de gás sintético. Esse é outro aspecto da Economia do Gás, a British Petroleum, por exemplo, está investindo em tecnologia para reduzir os custos de fabricação de gases sintéticos.

#### **1.1.2 - Gás para Transporte**

Ainda segundo a BP (2006), em torno de 20% da demanda energia primária no mundo é utilizada nos transportes como combustível, a ampla maioria é atendida por produtos baseado no óleo. Isso representa uma grande oportunidade para o gás, O primeiro setor de transporte a utilizar o gás foi o rodoviário, que utiliza Gás Natural Comprimido (GNC) ou Gás Liquefeito de

Petróleo (GLP) em aplicações específicas tais como: ônibus, táxis e veículos híbridos. Este mercado é considerável, particularmente em áreas urbanas onde os benefícios ambientais dos produtos baseados no gás são importantes para a qualidade do ar. Além disso, o gás pode ser usado como insumo primário para a produção de hidrogênio para células combustíveis.

### **1.1.3 - Gás para Hidrogênio**

O Hidrogênio é produzido de diversas maneiras. Normalmente, a produção por gás natural é o método de maior custo efetivo. Entretanto, combinado com tecnologias emergentes de seqüestro de CO<sub>2</sub>, isso oferece potencial para o suprimento de energia com emissões de gás carbônico bem baixas ou até mesmo zero, dentro de médio prazo.

### **1.1.4 – Gás Natural e Ciclo Combinado**

A utilização de Turbinas a Gás Natural Ciclo Combinado (GNCC) e a geração de Energia e Calor Combinadas (ECC), em inglês, *Combined Heat and Power (CHP)*, com aumento na eficiência da produção de eletricidade, mais a diminuição de 30% do custo e aumento na demanda de gás natural, tem sido a opção de combustível preferida para a geração de energia (BP, 2006).

Hoje, as turbinas GNCC podem atingir níveis de eficiência que excedem mais de 60%. Isso comparado com usinas que utilizam a queima de carvão que possuem níveis de eficiência de aproximadamente 40%. Além de maior rendimento, oferecem significativos benefícios ambientais sobre as usinas de força tradicionais. Comparadas com as usinas que queimam carvão, as usinas que queimam gás emitem 60% menos dióxido de carbono (gás de efeito estufa ou simplesmente GHG); 80-95% menos óxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, e quantidades negligenciáveis de óxido de enxofre (que pode contribuir para a chuva ácida).

Usinas de Co-geração que geram ao mesmo tempo vapor e eletricidade, também podem atingir altos níveis de eficiência e baixas emissões. Tipicamente, usinas de co-geração têm níveis de eficiência em torno de 70%.

Atualmente, aproximadamente 1/3 de toda a capacidade de energia dos novos empreendimentos energéticos, está distribuída na forma de pequenas usinas, e dentro de um futuro próximo, acredita-se que a geração em pequena escala terá o gás como combustível. O que abre um nicho de aplicações econômicas principalmente para o vapor. Avanços tecnológicos em micro-turbinas, células combustíveis, e sistemas ECC asseguram que a energia distribuída está começando a se tornar uma alternativa econômica real. Esta tendência indica que a produção de energia em pequena escala distribuída ao redor do mundo e com finalidades específicas favorece a utilização do gás, energético versátil, e de combustão limpa.

## 1.2. – GNL e o Mercado de Gás Natural

A entrega de gás para o mercado na forma de eletricidade é uma nova alternativa para o gás natural liquefeito (GNL) que é transportado através de gasodutos. “Gas by wire” ou seja, gás junto à rede elétrica, ou seja, geração local de corrente contínua DC, transmitida por longas distâncias, e localmente convertida para corrente alternada AC para que seja usada<sup>1</sup> (Seba, 1998).

O desenvolvimento da capacidade e a redução dos custos têm resultado no desenvolvimento de semicondutores e materiais isolantes. Isso têm contribuído para a possibilidade dos níveis de energia equivalentes a 10 bilhões (10<sup>9</sup>) de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) serem economicamente transportados por distâncias de 3.000 Km ou mais.

O mercado de negócios do gás natural líquido processado ocorre em relação ao etano, propano e butano extraídos do gás natural, para serem usados principalmente em sistemas de aquecimento e como insumos da indústria petroquímica (Santos et al. 2002).

O produto GNL inclui:

### **Etano**

É um constituinte do gás natural, e é usado como combustível e pode ser preparado por craqueamento e destilação do petróleo.

### **Etileno**

Gás incolor, inflamável e é derivado do gás natural e do petróleo. O etileno é produzido comercialmente em larga escala pelo aquecimento controlado a altas pressões e temperaturas específicas. O uso comum do etileno é na produção de polietileno para a fabricação de uma grande variedade de plásticos, recipientes, utensílios de cozinha, e tubulações.

### **Propano**

O propano é liquefeito por compressão e resfriamento. O propano ocorre contido no gás natural e dissolvido dentro do óleo cru. Também pode ser produzido pelo refinamento do petróleo. Ele é usado como combustível e é vendido comprimido em cilindros. O propano é usado como combustível automotivo, em aquecimento, em lâmpadas portáteis, como fonte de calor, e também em isqueiros.

### **Normal Butano**

Um hidrocarboneto obtido a partir do gás natural ou do refino do petróleo. Ele pode ser liquefeito por compressão e temperatura.

---

<sup>1</sup> A BP está explorando o potencial de aplicação desta tecnologia em diversas áreas.

## **CAPÍTULO II**

### **A CADEIA PRODUTIVA DO ALUMÍNIO PRIMÁRIO**

#### **2.1 - A Bauxita**

O alumínio não existe livre na natureza, normalmente encontra-se na forma de óxidos. O minério que o contém é a bauxita que precisa ser lavrada e processada para que se obtenha a alumina. Só então, a partir da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) se obterá o alumínio (Al). Para que seja considerada aproveitável a bauxita deve conter no mínimo 30% de alumina aproveitável, o que torna a produção de alumínio economicamente viável, segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2006).

#### **2.2 - O Processo de Mineração da Bauxita**

Este processo envolve a remoção planejada da vegetação e do solo, mais a retirada das camadas superficiais do solo (argilas e lateritas). O beneficiamento ocorre basicamente em três etapas: britagem para redução de tamanho; lavagem do minério com água para reduzir quando necessário o teor de sílica contida na parcela mais fina e secagem.

#### **2.3 - O Processo de Refino da Bauxita e Obtenção da Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )**

A bauxita é refinada, ou seja, processada e transformada em bauxita calcinada através do método Bayer<sup>2</sup>, esta é a primeira etapa para se chegar ao alumínio metálico. Este processo pode ser descrito da seguinte forma: primeiro é feita a dissolução da alumina em soda cáustica; em seguida é filtrada para separar o material sólido; o filtrado é concentrado para a cristalização da alumina; os cristais são secados e calcinados para eliminar a água, por fim o pó branco de alumina pura é enviado à redução.

---

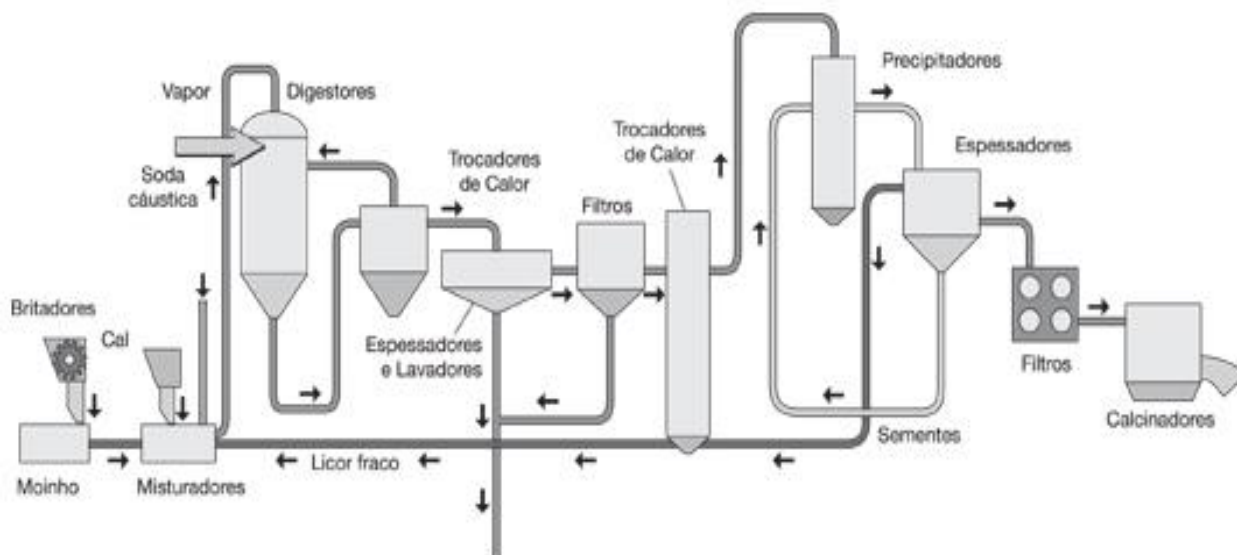
<sup>2</sup> O processo de obtenção da alumina pura a partir da bauxita (Processo Bayer) tem mudado muito desde que a primeira usina foi aberta em 1893. O processo Bayer pode ser considerado em três estágios:

Extração: os minerais de alumínio dentro da bauxita (Gibsite, Bohmita e Diáspora) são extraídos seletivamente dos componentes insolúveis (principalmente óxidos) são dissolvidos em uma solução de hidróxido de sódio (soda cáustica): Gibsite:  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{Na}^+$ ; Bohmita e a Diáspora:  $\text{AlO}(\text{OH}) + \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{Na}^+$ . Este processo ocorre em depósitos com alto teor de Gibsite a 140° C, para o processamento da Bohmita e outros a temperatura varia entre e 240°C. A temperatura é definida durante o processo para 240° C a pressão é de aproximadamente 35 atm.

Precipitação: O trihidróxido de alumínio cristalino (Gibsite), convenientemente chamado de hidrato é precipitado na forma de licor pelo digestor:  $\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{Na}^+ \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ , isso é basicamente o inverso do processo de extração, exceto pelo fato de que o produto é controlado, que inclui, sedimentação com nucleação seletiva, taxas de resfriamento e precipitação. Os cristais do hidrato são classificados por frações de tamanho, os inadequados voltam para o mesmo processo e os outros seguem para a calcinação.

Calcinção: O hidrato é calcinado para formar alumina para o processo de obtenção do alumínio:  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ . O processo de calcinação também pode ser controlado desde que sejam ditadas as propriedades do produto final.

As principais fases da produção da alumina são: moagem, digestão, filtração, evaporação, precipitação e calcinação. Já o refino da alumina envolve um fluxograma complexo que está simplificado na figura abaixo.



**Figura 1 – Refino de Alumina**

Fonte: ABAL, 2006

O processo de obtenção da alumina requer outros insumos além obviamente da bauxita e de energéticos. Estes outros insumos têm seu consumo condicionado a qualidade do minério utilizado. Os insumos para a produção de uma tonelada de alumina estão no Quadro 1, abaixo.

**Quadro 1 – Parâmetros da Consumo de Alumina**

Insumo	Parâmetros de Consumo da Alumina	Valor Médio da Indústria
Bauxita (t/t)	1,85 a 3,4	2,62
Cal (kg/t)	10 a 50	30
Soda Cáustica (kg/t)	40 a 140	90
Vapor (t/t)	1,5 a 4,0	2,75
Óleo comb.–calcinação (kg/t)	80 a 130	105
Floculante sintético (g/t)	100 a 1000	550
Energia elétrica (Kwh/t)	150 a 400	275
Produtividade (Hh/t)	0,5 a 3,0	1,75
Água m <sup>3</sup> /t	0,5 a 2,0	1,25

Fonte: ABAL, 2006, modificado pelo autor

A produção de alumina é sintetizada no Quadro 2, abaixo, os valores estão expressos em termos de alumina química e metalúrgica. Essa separação é referente apenas a pureza da alumina, se trata do mesmo produto apenas com teores diferentes:

### Produção de Alumina (10<sup>3</sup> t)

Período	Grau da Alumina	Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6 A: Oeste da Eurpa	Área 6B: Europa Central e do Leste	Área 7: Oceania	Total
3º Trim. 2005	Química	0	236	47	212	416	155	51	1.117
3º Trim. 2005	Metalúrgica	195	1.464	3.246	1.145	1.289	1.208	4.439	12.986
3º Trim. 2005	Total	195	1.700	3.293	1.357	1.705	1.363	4.490	14.103
4º Trim. 2005	Química	0	230	51	216	421	143	57	1.118
4º Trim. 2005	Metalúrgica	186	1.473	3.221	1.137	1.267	1.228	4.484	12.996
4º Trim. 2005	Total	186	1.703	3.272	1.353	1.688	1.371	4.541	14.114
Ano 2005	Química	0	983	223	862	1.629	597	236	4.530
Ano 2005	Metalúrgica	736	5.945	12.965	4.533	4.931	4.833	17.684	51.627
Ano 2005	Total	736	6.928	13.188	5.395	6.560	5.430	17.920	56.157
1º Trim. 2006	Química	0	229	64	223	374	143	69	1.102
1º Trim. 2006	Metalúrgica	127	1.476	3.349	1.191	1.288	1.181	4.427	13.039
1º Trim. 2006	Total	127	1.705	3.413	1.414	1.662	1.324	4.496	14.141
2º Trim. 2006	Química	0	250	40	225	458	154	62	1.189
2º Trim. 2006	Metalúrgica	163	1.504	3.774	1.110	1.191	1.238	4.500	13.480
2º Trim. 2006	Total	163	1.754	3.814	1.335	1.649	1.392	4.562	14.669
3º Trim. 2006	Química	0	214	53	220	451	169	73	1.180
3º Trim. 2006	Metalúrgica	118	1.535	3.750	1.082	1.289	1.207	4.649	13.630
3º Trim. 2006	Total	118	1.749	3.803	1.302	1.740	1.376	4.722	14.810

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

O Quadro 3, abaixo, mostra todo o consumo de energéticos na produção de alumina.

### Quadro 3 – Energia Utilizada na Produção de Alumina Metalúrgica no Mundo (Terajoules – 10<sup>12</sup> j)

Fonte de Energia	Área 1/5: Sul da Ásia e África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/7: Oceania e Leste da Ásia	Área: 6A/6B: Europa	Total	Total Final (%)
Carvão	26.767	0	4.568	45.481	0	76.816	14.7
Óleo pesado	14.969	5.827	106.411	18.164	48.260	193.530	37.1
Óleo diesel	0	0	567	722	52	1.341	0.3
Gás	0	52.919	25.817	113.220	3.749	195.705	37.5
Total- Eletricidade	2.208	3.494	8.680	19.818	13.184	47.384	9.1
Outros	703	0	0	5.851	476	7.030	1.3
Total	44.546	62.240	146.043	203.256	62.721	521.806	100
Para gerar Eletricidade							
Hidráulica	658	1.293	6.213	0	572	8.736	1.7
Carvão	1.550	0	0	14.758	9.324	25.632	4.9
Óleo	0	0	2.467	16	1.152	3.635	0.7
Gás Natural	0	2.201	0	5.044	1.782	9.027	1.7
Nuclear	0	0	0	0	354	354	0.1
Total Eletricidade	2.208	3.494	8.680	19.818	13.184	47.384	9.1

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

#### 2.4 - O Processo de Redução da Alumina

Na redução, ocorre segundo o processo Hall-Héroult<sup>3</sup>, que utiliza de eletrólise para a obtenção do alumínio metálico a partir da bauxita.

O processo de redução pode ser simplificado da seguinte forma: a alumina é dissolvida em um banho de criolita fundida e fluoreto de alumínio em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio; em seguida o oxigênio se combina com o ânodo de carbono, e em alumínio líquido, que precipita no fundo da cuba eletrolítica; o metal líquido (já alumínio primário) é transferido para a refusão através de cadinhos; então são produzidos lingotes, as placas e os tarugos (alumínio primário) (Pires, 2005).

A voltagem de cada uma das cubas, ligadas em série, varia de 4V a 5V, dos quais apenas 1,6 V são necessários para a eletrólise propriamente

<sup>3</sup> A base para toda a produção moderna de alumínio primário está no Processo Hall-Héroult, descoberto em 1886. A alumina é dissolvida dentro de um banho eletrolítico com criolita fundida (fluoreto de sódio e alumínio) em uma cuba revestida com carbono ou grafite. Uma corrente elétrica passa através do eletrólito com uma baixa voltagem, porém com alta corrente, normalmente 150.000 ampéres. A corrente elétrica flui entre o ânodo de carbono (positivo), feito de coque de petróleo ou piche e o cátodo (negativo), formado por uma fina camada de carbono ou grafite da cuba. O alumínio se deposita e é retirado periodicamente. A média de consumo de eletricidade é de 15,7 kwh para produzir um quilograma de alumínio. O alumínio se forma em torno de 900° C. Normalmente as usinas produzem alumínio com 99,7% de pureza para a maioria das aplicações. Entretanto alumínio com 99,9% de pureza é usado em aplicações aeroespaciais onde se exige maior ductilidade e condutividade.

dita. A diferença de voltagem é necessária para vencer as resistências do circuito e gerar calor para manter o eletrólito em fusão. Normalmente são necessárias aproximadamente 5 toneladas de bauxita para produzir 2t de alumina ( $Al_2O_3$ ) e 2t de alumina para produzir 1t de alumínio pelo processo de redução ABAL (2006).

A produção de alumínio primário pelo processo de redução requer os seguintes insumos, que estão no Quadro 4, abaixo:

**Quadro 4 – Insumos para a Produção de Alumínio (ano-base 2003)**

Alumina	1919 kg/t Al
Energia elétrica	15,0 MWhcc/t Al
Criolita	8,0 kg/t
Fluoreto de alumínio	19,7 kg/t
Coque de petróleo	0,384 kg/kg Al
Piche	0,117 kg/kg Al
Óleo combustível	44,2 kg/t

Fonte: ABAL (2006)

Nota: cc – corrente contínua

Já o Quadro 5, abaixo, mostra a produção mundial de alumínio primário no mundo.

**Quadro 5 – Produção de Mundial de Alumínio Primário (10<sup>3</sup> t)**

Período	Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6: Oeste da Europa	Área 6B: Europa Central e do Leste	Área 7: Oceania	Total	Média Diária
Ano 2002	1.372	5.413	2.230	2.261	3.928	3.825	2.170	21.199	58.1
Ano 2003	1.428	5.495	2.275	2.475	4.068	3.996	2.198	21.935	60.1
Ano 2004	1.711	5.110	2.356	2.735	4.295	4.139	2.246	22.592	61.7
Ano 2005	1.753	5.382	2.391	3.139	4.352	4.194	2.252	23.463	64.3
Ano 2006	1.864	5.333	2.493	3.494	4.175	4.232	2.274	23.865	65.4
Jan-Dez 2005	1.753	5.382	2.391	3.139	4.352	4.194	2.252	23.463	64.3
Jan-Dez 2006	1.864	5.333	2.493	3.494	4.175	4.232	2.274	23.865	65.4
Dezembro 2005	159	466	209	287	362	358	190	2.031	65.5
Jan 2006	157	456	209	287	353	361	190	2.013	64.9
Fev 2006	142	413	190	261	321	325	171	1.823	65.1
Mar 2006	160	456	210	293	354	361	190	2.024	65.3
Abr 2006	152	441	206	285	347	348	183	1.962	65.4
Ma 2006	156	455	213	294	355	358	193	2.024	65.3
Jun 2006	154	439	205	281	344	346	186	1.955	65.2
Jul 2006	159	450	212	295	349	359	194	2.018	65.1
Ago 2006	159	442	213	297	351	358	194	2.014	65.0
Set 2006	153	432	205	290	343	346	189	1.958	65.3
Out 2006	158	451	212	305	357	360	196	2.039	65.8
Nov 2006	153	440	206	297	345	347	191	1.979	66.0
Dez 2006	161	458	212	309	356	363	197	2.056	66.3

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

Os Quadros seguintes (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) mostram a capacidade de produção do alumínio primário e a energia consumida, em nível mundial e no Brasil:

### Quadro 6 – Capacidade Anual de produção de Alumínio Primário (10<sup>3</sup> t)

Até o fim de:	Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6: Oeste da Europa	Área 6B: Centro e Leste da Europa	Área 7: Oceania	Total
Dezembro 2005	2.091	6.795	2.412	3.492	4.356	4.163	2.269	25.578
Junho 2006	2098	6.815	2.483	3.506	4.280	4.178	2.289	25.649
Dezembro 2006	2.116	6.816	2.524	3.588	4.312	4.189	2.292	25.837
Junho 2007	2.126	6.823	2.618	3.588	4.397	4.299	2.326	26.177
Dezembro 2007	2.140	6.823	2.722	3.647	4.385	4.333	2.326	26.376
Junho 2008	2.151	6.833	2.737	3.657	4.585	4.373	2.350	26.686
Dezembro 2008	2.154	6.833	2.743	3.807	4.580	4.437	2.350	26.904
Junho 2009	2.162	6.832	2.748	3.807	4.587	4.451	2.361	26.948

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 7 – Produção de Energia Elétrica utilizada na Produção de Alumínio Primário (Gigawatt hora - GWh) - Fonte de Energia para Geração de Eletricidade (2005)

Fonte de Energia	Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6A/6B: Europa	Área 7: Oceania	Total	(%) Total
Hídrica	5.808	55.429	33.195	3.868	88.228	7.659	194.187	57.3
Carvão	17.992	23.702	0	14.182	13.840	25.618	95.334	28.1
Óleo	0	4	0	599	1.722	2	2.327	0.7
Gás Natural	76	233	1.412	21.572	6.702	0	29.997	8.8
Nuclear	951	473	0	0	15.697	0	17.121	5.1
Total	24.827	79.841	34.607	40.221	126.191	33.279	338.279	100.0

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 7 - Suprimento das Fontes de Energia Elétrica (GWh – 2005)

Suprimento da Fonte	Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6A/6B: Europa	Área 7: Oceania	Total	(%) Total
Auto-produção	0	28.711	6.253	40.157	10.859	1.086	87.066	25.7
Purchased-grid	24.827	45.661	27.510	64	108.692	24.342	231.096	68.2
Purchased-outros	0	5.469	844	0	6.640	7.851	20.804	6.1
Total	24.827	79.841	34.607	40.221	126.191	33.279	338.966	100.0
Auto-produção – Other purposes +	0	359	53	1.832	20	0	2.264	-

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 8 - Análise da oferta de energia para a produção de eletricidade (% - 2005) por fonte energética

Oferta de energia	Hídrica	Carvão	Óleo	Gás Natural	Nuclear
Auto-produção	45.5	27.4	0.7	26.4	0.0
Produção Total	61.3	28.4	0.7	2.8	6.8

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 9 - Consumo de energia elétrica para produção de uma tonelada métrica de alumínio primário (kWh – 2005)

Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6A/6B: Europa	Área 7: Oceania	Média Ponderada
14.158	15.552	15.152	15.082	15.536	14.763	15.258

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 10 - Produção de alumínio primário (2005) - Energia correspondente (10<sup>3</sup> t)

Área 1: África	Área 2: América do Norte	Área 3: América Latina	Área 4/5: Ásia	Área 6A/6B: Europa	Área 7: Oceania	Total
1.753.567	5.133.841	2.283.934	2.666.672	8.122.638	2.254.183	22.214.925

Fonte: International Aluminium Institute (IAI) Statistical Report (2006).

### Quadro 11 – Produção de Alumínio Primário por usina no Brasil (10<sup>3</sup> t)

Produtores	Localização	2004	2005	2006
Albras	Barcarena (PA)	440,5	449,5	459,9
Alcan		108,8		
Alcoa	Poços de Caldas (MG)	90,3	95,3	96,1
Alumar	São Luís	377,2	380,8	437,2
CBA	Alumínio (SP)	345,3	370,4	404,9
Novelis	Ouro Preto Aracatu		107,6 50,6 57,0	109,9 51,4 58,5
Valesul	Santa Cruz	95,3	94,0	95,8
		1.457,4	1.497,6	1.603,8

Fonte: ABAL, Estatísticas 2006

**Quadro 12 - Capacidade de Produção Instalada de Alumínio Primário no Brasil (10<sup>3</sup> t)**

Produtores	Localização	2003	2004	2005
Albras Alumínio Brasileiro	Barcarena (PA)	436	445	449
Alcoa Alumínio S.A	Poços de Caldas(MG) e São Luis (MA)	296	296	307
BHP Biliton Metais S.A.	São Luís (MA) e Santa Cruz (RJ)	216	174	176
Companhia Brasileira de Alumínio Novelis do Brasil Ltda	Alumínio	314	345	370
Novelis do Brasil Ltda	Ouro Preto (MG) Aracatu (BA)	109	109	109
Vale da Rio Doce Alumínio Aluvale	Santa Cruz (RJ)	52	-	-
Valesul Alumínio S.A	Santa Cruz (RJ)	-	98	98
<b>Total</b>		<b>1.423</b>	<b>1.467</b>	<b>1.509</b>

Fonte: ABAL, Estatísticas 2006

## CAPÍTULO III GÁS NATURAL COMO INSUMO ENERGÉTICO

### 3.1 - Composição

O gás natural (GN) por definição é uma mistura de hidrocarbonetos leves que à temperatura ambiente e a pressão atmosférica permanece no estado gasoso. É encontrado de forma natural no subsolo preso em rochas porosas e pode estar acompanhado por petróleo, constituindo um reservatório (Conpet, 2006).

O GN pode ser dividido em duas categorias com relação a presença de petróleo. Denomina-se *associado* àquele GN que esteja dissolvido no óleo ou formando uma capa de gás em sua superfície, neste caso a produção de gás é determinada pela produção de óleo. Já o *não-associado* é aquele que no reservatório está livre ou em presença de óleo em quantidades que podem ser negligenciadas, neste caso pode ser justificável o aproveitamento comercial do gás (Conpet, op.,cit).

O Quadro 12, abaixo, representa dados composicionais típicos de gás de acordo com a forma como é produzido (associado e não-associado) após ter sido processado em uma Unidade de Processamento de Gás natural (UPGN).

**Quadro 12 – Composição do Gás Natural**

Elementos	Associado <sup>1</sup>	Não-associado <sup>2</sup>	Processado <sup>3</sup>
Metano (C <sub>1</sub> )	78,74	87,12	88,56
Etano (C <sub>2</sub> )	5,66	6,35	9,17
Propano (C <sub>3</sub> )	3,97	2,91	0,42
I-Butano (i-C <sub>4</sub> )	1,44	0,52	-
N-Butano (n-C <sub>4</sub> )	3,06	0,87	-
I-Pentano (i-C <sub>5</sub> )	1,09	0,25	-
N-Pentano (n-C <sub>5</sub> )	1,84	0,23	-
Hexano (C <sub>6</sub> )	1,80	0,18	-
Superiores (C <sub>7+</sub> )	1,70	0,20	-
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,28	1,13	1,20
Dióxido de C (CO <sub>2</sub> )	0,43	0,24	0,65
TOTAL	100	100	100
Densidade	0,85	0,66	0,61
Riqueza(%MolC <sub>3+</sub> )	14,99	5,16	0,42
Poder cal. Inferior (Kcal/m <sup>3</sup> )	11.666	9.249	8.621
Poder cal. Superior (Kcal/m <sup>3</sup> )	12.816	10.223	9.549

<sup>1</sup>Gás do campo de Marlin, Bacia de Campos, RJ.

<sup>2</sup>Gás do campo Merluza, Bacia de Santos, SP.

<sup>3</sup>Saída de UPGN-Candeias, BA

Fonte:Conpet 2006.

O gás natural requer cuidados, pois ele é inodoro, incolor, inflamável e asfixiante quando aspirado em altas concentrações. Geralmente, para facilitar a identificação de vazamentos são adicionados compostos à base de enxofre ao

gás em concentrações baixas para que não cause problemas de corrosão, mas suficiente para lhe conferir um odor marcante, todo este processo é chamado de odorização.

No Quadro 13, abaixo, estão contidas especificações do gás natural produzido nas diversas regiões produtoras do Brasil.

**Quadro 13 - Especificação do Gás Natural <sup>(1)</sup>**

Característica	Unidade	Limite <sup>(2) (3)</sup>			Método	
		Norte	Nordeste	Sul, Sudeste, Centro-Oeste	ASTM	ISO
Poder calorífico superior <sup>(4)</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	34.000 a 38.400	35.000 a 42.000	35.000 a 42.000	D 3588	6976
	kwh/m <sup>3</sup>	9,47 a 10,67	9,72 a 11,67	9,72 a 11,67		
Índice de Wobbe <sup>(5)</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	40.500 a 45.000	46.500 a 52.500	46.500 a 52.500	—	6976
Metano, min.	% vol	68,0	86,0	86,0	D 1945	6974
Etano, máx.	% vol	12,0	10	10		
Propano, máx	% vol	3,0	3,0	3,0		
Butano e mais pesados, máx	% vol	1,5	1,5	1,5		
Oxigênio, máx	% vol	0,8	0,5	0,5		
Inertes (N <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> ) Máx.	% vol	18,0	5,0	4,0		
Nitrogênio	% vol	anotar	2,0	2,0		
Enxofre Total, máx	mg/m <sup>3</sup>	70	70	70	D 5504	6326-2 6326-5
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S), máx.	mg/m <sup>3</sup>	10,0	15,0	10,0	D 5504	6326-2 6326-5
Ponto de Orvalho de água a 1atm,máx	°C	-39	-39	-45	D 5454	

Fonte: Conpet 2006.

Observações:

- (1) O gás natural deve estar tecnicamente isento, ou seja, não haver traços visíveis de partículas sólidas e partículas líquidas.
- (2) Limites especificados são valores referidos a 293,15 K (20 °C) e 101,325 kPa (1 atm) em base seca, exceto ponto de orvalho.
- (3) Os limites para esse uso específico devem ser atendidos os limites equivalentes à região Nordeste.
- (4) O poder calorífico de referência de substância pura empregado, encontra-se sob condições de temperatura e pressão equivalentes a 293,15 K, 101,325 kPa, respectivamente em base seca.
- (5) O índice Wobbe é calculado empregando o Poder calorífico superior em base seca. Quando o método ASTM D3588 for aplicado para o poder calorífico superior, o índice de wobbe deverá ser determinado pela fórmula contante do regulamento técnico

- (6) O gás odorizado não deve apresentar teor de enxofre superior total a 70 mg/g.

De acordo com dados do Conpet (2006), o gás natural consumido no Brasil provém de jazidas nacionais e de importação da Bolívia, estando em estudo a importação da Argentina e da África.

Existem disponíveis no mercado vários tipos de gases, além do GN, podemos citar o GLP, o gás de refinaria e o gás de rua. No Quadro 14 estão as principais diferenças entre eles.

**Quadro 14 – Comparativo entre Gases**

	Gás natural	GLP	Gás de Rua <sup>4</sup>	Gás de Refinaria
Origem	Reservatórios de petróleo e de gás não-associado	Destilação de petróleo e processamento de gás natural	Reforma termo-catalítica de gás natural ou de nafta petroquímica	Proc. de refino de petróleo (craqueamento catalítico, destilação, reforma e coqueamento retardado)
Peso Molecular	17 a 21	44 a 56	16	24
Poder cal. Superior (Kcal/M <sup>3</sup> )	rico: 10.900 processado: 9.300	24.000 a 32.000	4.300	10.000
Densidade Relativa	0.58 a 0.72	1.50 a 2.0	0.55	0.82
Principais Componentes	Metano e etano	Propano e butano	H, metano, N, monóxido de C, dióxido de C	H, N, metano, etano
Principais utilizações	Residencial, comercial e automotivo: (combustível) Industrial: combustível, petroquímica e siderúrgica) Geração termelétrica	Resid., comercial e industrial (combustível)	Resid. e comercial (combustível)	Industrial: combustível e petroquímica
Pressão de armazenamento	200 atm	15 atm	-	-
	Gás Natural	GLP	Gás de Rua (manufaturado)	Gás de Refinaria

Fonte: Conpet 2006.

Com relação a sua origem existe uma diferença fundamental entre o GN e os demais, é que o gás natural é encontrado na natureza em reservatórios no subsolo enquanto todos os outros provêm de processos industriais.

<sup>4</sup> O poder calorífico do gás de rua é bem abaixo dos demais significando ser necessária uma maior quantidade desse gás para uma mesma quantidade de energia liberada durante a queima.

Todos são formados por hidrocarbonetos, mas o gás de rua e o de refinaria possuem componentes inorgânicos em proporções consideráveis.

Em relação a utilização, basicamente o gás de refinaria é de uso industrial, como combustível e matéria-prima petroquímica, o gás de rua é usado como combustível residencial e comercial; o GLP, além do uso residencial e comercial é utilizado também como combustível industrial e o GN tem aplicações em todos os setores, inclusive automotivo.

### 3.2 – Reservas

O Quadro 15, a seguir apresenta dados a respeito das reservas provadas de gás natural dos países da América do Sul e Central

**Quadro 15 – Reservas Provadas<sup>5</sup> (10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>)**

	2004	2005	R/P
Argentina	0.55	0.50	11.1
Bolívia	0.76	0.74	71.1
Brasil	0.33	0.31	27.3
Colômbia	0.12	0.11	16.7
Peru	0.33	0.33	*
Trinidad & Tobago	0.53	0.55	18.8
Venezuela	4.29	4.32	*
Outros países da América do Sul e Central	0.17	0.17	87.7
Total	7.07	7.02	51.8

Fonte:BP Statistical Review of World Energy 2006.  
(\* ) mais de 100 anos.

Ao se analisar os dados acima, pode-se notar que a Venezuela é o país que possui as maiores reservas respondendo por mais da metade das reservas provadas do continente e com razão R/P indicando reservas suficientes para mais de cem anos de produção no nível atual.

Em segundo lugar há a Bolívia com razão 71.1 indicando possuir gás natural suficiente para mais de 70 anos mantendo-se os níveis atuais de produção.

O Brasil por sua vez possui razão R/P igual a 27.3 indicando reservas suficientes para mais 27 anos mantendo-se o nível atual de produção

<sup>5</sup> As reservas provadas de gás natural são aquelas quantidades sobre as quais se possuem informações geológicas e de engenharia, e com razoável certeza de que em um futuro próximo e sob condições econômicas e operacionais favoráveis poderão ser recuperadas do reservatório.

A razão R/P (Reservas/Produção).são as reservas remanescentes de determinado ano que são divididas pela produção do respectivo ano, o resultado é o tempo que as reservas restantes podem ser explotadas desde que seja mantido o mesmo nível de produção.

Segundo dados contidos no Quantifying Energy (British Petroleum Statistical Review of World Energy 2006) sobre o Gás Natural a produção de Gás na América do Sul e Central é:

**Quadro 16 – Produção de Gás Natural – América do Sul e Central (10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>)<sup>6</sup>**

	2004	2005	Variação % do final de 2004 – 2005
Argentina	44.9	45.6	1,9
Bolívia	8.5	10.4	23,2
Brasil	11.0	11.4	3,1
Colômbia	6.4	6.8	7,0
Trinidad & Tobago	28.1	29.0	3,5
Venezuela	28.1	28.9	3,2
Outros países da América do Sul e Central	2.8	3.5	26,3
Total	129.7	135.6	4,8

Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2006

Analisando o Quadro acima observa-se de imediato que a Argentina possui o maior nível de produção seguida de Trinidad & Tobago e Venezuela em seguida Brasil , Bolívia, Colômbia e os outros.

Verifica-se também que em termos de variação do percentual de produção de 2004 para 2005 a Bolívia foi o país que teve maior aumento de produção chegando a 23,2 %, seguida de longe pela Colômbia com aumento de produção da ordem de 7,0 %. O Brasil teve um aumento de produção de apenas 3,1%

---

<sup>6</sup> Variações anuais e o percentual do total são calculados usando-se milhões de toneladas por ano e as figuras raramente apresentam dados em bilhões de metros cúbicos.

## **CAPÍTULO IV GÁS NATURAL E A INDÚSTRIA DE ALUMÍNIO**

### **4.1 – Cenário**

Como já visto no Quadro 12 (Capítulo II), a possibilidade de aumento da produção de alumínio-alumina depende da oferta de energia. As sucessivas tentativas de expansão da oferta esbarram em fatores limitantes:

- a) Ao longo de 2007 e 2008, a Vale do Rio Doce fez gestões para implantar uma usina termelétrica a carvão mineral, a se localizar em Barcarena. A potência instalada era prevista em 600 MW, e visava a expansão da produção da planta Albrás. Além da capacidade inicial, havia a previsão de outra térmica, também de 600 MW, segundo o crescimento da produção ao longo dos anos. O insumo (carvão mineral) seria transportado da África ou da Colômbia. Todavia, fatores ambientais, pressão da sociedade e a desistência da empresa levaram a não realização do projeto.
- b) A repotencialização de Tucuruí não foi projetada para atender a expansão da produção de alumínio-alumina. Já a usina de Belo Monte só será realidade em um prazo em torno de dez anos. Sem contar que a energia a ser gerada já está comprometida com o sistema sul-sudeste.

A possibilidade de atendimento que resta, então, é o gás natural.

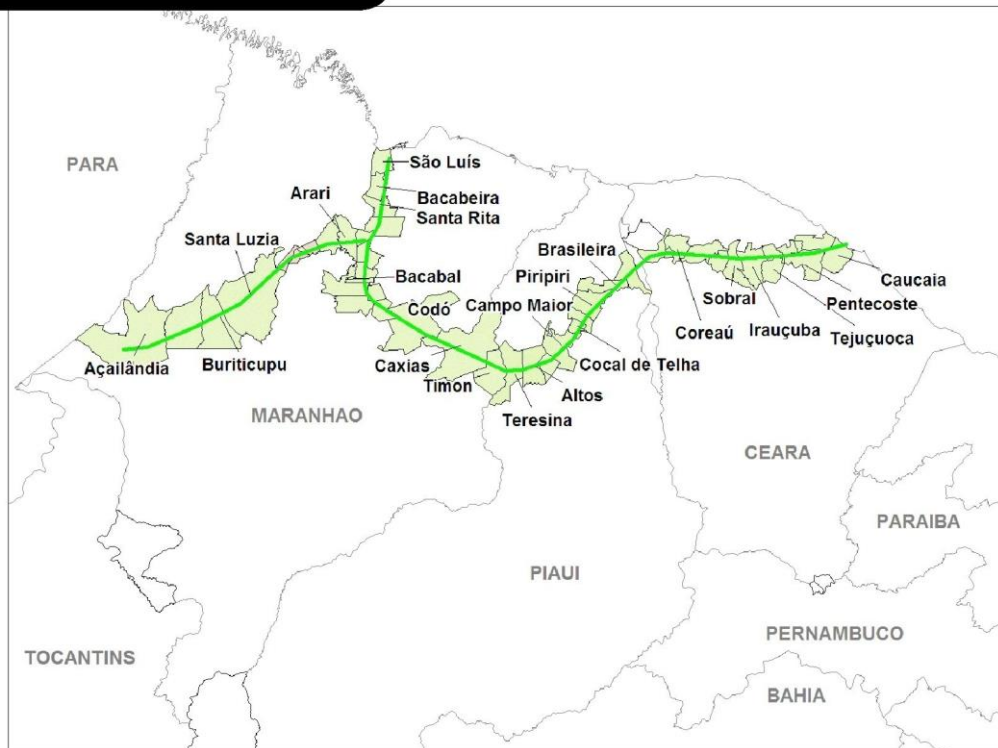
Os planos governamentais para o aumento da utilização de gás natural incluem o financiamento e a construção de uma rede de gasodutos que interligue os já existentes àqueles que ainda serão construídos.

#### **4.1.1 – Contexto para o Gás Natural no Estado do Pará**

Em consonância com o Governo Federal, o Estado do Pará planeja a construção de um gasoduto (Gasoduto do Pará) que seria fonte de abastecimento para projetos termo-intensivos. Os principais clientes são as siderúrgicas de Marabá, ora dependentes de carvão vegetal, os projetos minerais da região de Carajás e a Albrás. Futuramente, os projetos minerais próximos a Oriximiná também serão atendidos.

O trajeto previsto do gasoduto (Figura 2) partirá da interligação com o TMN (Gasoduto do Meio-Norte) vindo do Ceará, atravessando o Piauí e Maranhão. Um dos ramos maranhense, o que desce para Açailândia, será prolongado até Marabá, a partir daí passando a ser denominado de Gasoduto do Pará. O traçado então seguirá em direção norte até Barcarena e, posteriormente, Belém.

## GASODUTO MEIO-NORTE



**Figura 2 – Traçado do Gasoduto TMN (Meio-Norte).**

Cortesia - Gás do Pará.

Todavia, para que este projeto se torne realidade é necessário que algumas condições sejam satisfeitas, como por exemplo:

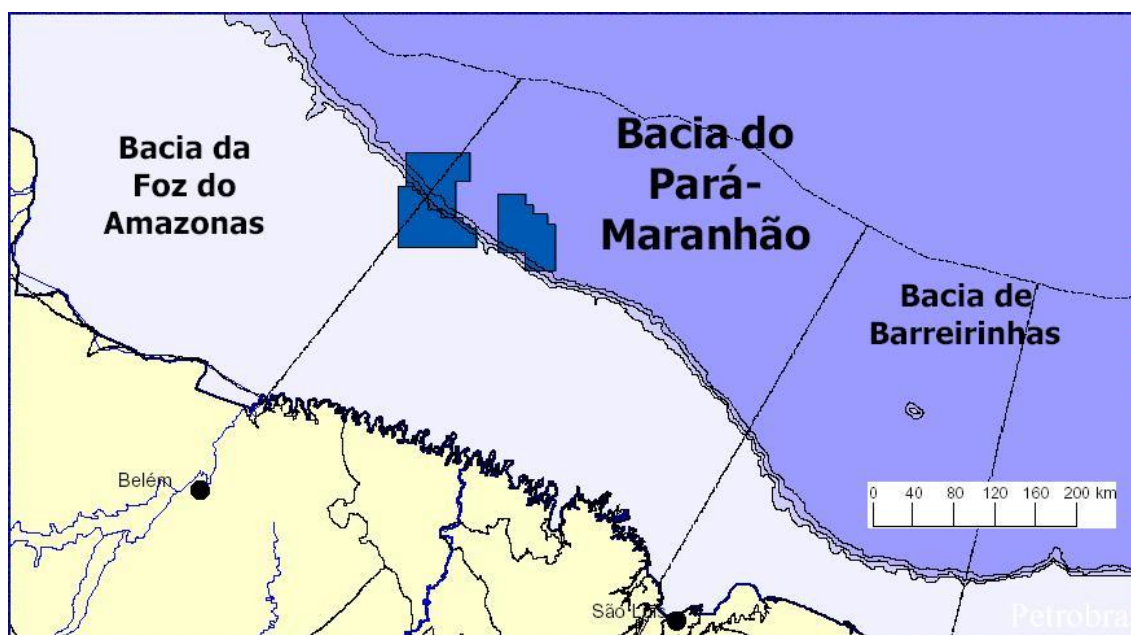
- Existência de um mercado termo-intenso (ou equivalente) capaz de consumir gás natural.
- Conhecimento das demandas energéticas dos consumidores potenciais.
- Identificação das fontes de suprimento de gás para o Pará.
- Fonte de financiamento para o projeto.

No que diz respeito à condição (a) existem dois mercados termo-intensivos potenciais: o primeiro o da cidade de Marabá com seu parque siderúrgico. Já o segundo é o da cidade de Barcarena, visando-se a expansão da produção do projeto Albrás. Nas plantas minerais de Carajás, também são consumidores potenciais, mas para atendimento elétrico e não de termia. Não se pode esquecer a cidade de Belém, cujo mercado potencial é para a geração de frio e calor, em empreendimentos de médio porte como: shoppings centers,

frigoríficos, fábricas de bebidas, etc. Mais o atendimento automotivo, em princípio de táxis urbanos.

Quanto à condição (b), atualmente está em processo o levantamento dos consumidores potenciais, e por se tratar de informação estratégica, ainda não está disponível para o público, pois os dados não estão consolidados. Mas as observações preliminares já apontam que o mercado potencial de Barcarena é mais atrativo que o de Marabá.

Sobre fontes de suprimento (condição c), sabe-se que informações da 4ª Rodada de Licitações da Agência Nacional de Petróleo, dão a Bacia de Barreirinhas (Ma) com uma estimativa de 20 milhões de m<sup>3</sup> de gás natural (vide Figura 3). A localização desta bacia e a proximidade com o Estado do Pará a posicionam como fonte potencial. Outra possível fonte que sempre é citada é a Venezuela, que possui uma das maiores reservas de gás do mundo (vide Quadro 16). Contudo, questões como distâncias a serem vencidas, meios de transporte do gás natural e, principalmente infra-estrutura para a armazenagem do gás e os custos ao consumidor, tornam a realização deste projeto ainda difícil.



**Figura 3 – Bacias Pará/Maranhão e Barreirinhas**  
Cortesia Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Por fim, a condição (d) que trata da fonte de financiamento, diz respeito à CDE – Conta de Desenvolvimento Energético (administrada pelo Ministério das Minas e Energia), cujo montante arrecadado até 2014 será prioritariamente destinado a projetos de gás natural. Presentemente, o Estado do Pará já apresentou seu projeto de gasoduto para a liberação de financiamento.

## **CAPÍTULO V**

### **COMENTÁRIOS FINAIS**

Até o momento, as discussões realizadas dentro do Pará, apontam para a possibilidade de utilização de gás natural como insumo à produção de termo-intensivos. Especialmente em Barcarena, pois com a desistência da construção da termelétrica a carvão mineral, a expansão da produção do projeto Albrás só pode ser realizada havendo à disposição mais energia (vide Quadro 12).

O interesse voltou-se então para a incipiente indústria de gás natural paraense e as possibilidades de atendimento da demanda. Depois de dois anos de estudos, hoje, pode-se dizer o seguinte:

A expansão da produção da Albrás é possível porque a Eletronorte prevê o atendimento da mesma com a construção de uma termelétrica de 600 MW em Barcarena, que será acionada a gás natural, a partir de 2012. O prazo de construção da térmica é de 18 meses, e deverá ser concomitante à chegada do Gasoduto do Pará em Barcarena (vindo da ligação com o TMN a partir de Açailândia). Já o mercado de Marabá também será atendido por uma térmica a gás de igual capacidade, porém a partir de 2014 ou 2016.

O gás que abastecerá estas térmicas virá da Bacia de Barreirinhas. Lá as primeiras medidas dão 20 milhões m<sup>3</sup> de gás natural, enquanto as demandas das duas térmicas não devem ultrapassar 4,5 milhões m<sup>3</sup>. Um protocolo nesse sentido foi assinado em setembro do ano passado entre a Eletronorte e Companhia de Gás do Pará (Gás do Pará).

Portanto, a possibilidade de uso de gás natural na indústria de alumínio no Pará é real e está em processo de instalação. O que pode resultar positivamente, não só do ponto de vista do aumento de produção industrial, mas também a liberação de carga elétrica que deixará de ser utilizada pela planta de alumínio, ficando disponível para oferta à rede e, conseqüentemente, à população.

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALUMÍNIO. 2006. ABAL – **Anuário Estatístico 2006**.

BRITISH PETROLEUM. 2006. **BP Statistical Review of World Energy 2006**.

BRITISH PETROLEUM. 2006. **Quantifying Energy (British Petroleum Statistical Review of World Energy 2006)**.

FUGITA, A. M. 2006. Quarta **Rodada de Licitações – Bacia Pará/Maranhão**. Superintendência de Definição de Blocos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 59p.

INTERNATIONAL ALUMINIUM INSTITUTE. 2006. **IAI Statistical Report (2006)**.

PIRES, J. O. M. 2005. **O Vale do Alumínio na Amazônia: sonhos e realidades**. UNAMA. 195p.

SANTOS, E. M. dos. S.; ZAMALLOA, G. C.; VILLANUEVA, L. D.; FAGÁ, M. T. W. 2002. **Gás Natural: Estratégias para uma Energia nova no Brasil**. 352p.

SEBA, R. D. 1998. **Economics of Worldwide Petroleum Production**. 560p.

## APÊNDICE

Pode-se dividir um sistema de suprimento de gás natural nas seguintes atividades integradas: Exploração, Produção, Processamento, Transporte e Distribuição.

- (1) A exploração é a etapa inicial do processo e consiste em duas fases: a pesquisa, onde é feito o reconhecimento e o estudo das estruturas propícias ao acúmulo de petróleo e ou gás natural, e a perfuração do poço, para comprovar a existência desses produtos em nível comercial.
- (2) Ao ser produzido, o gás deve passar inicialmente por vasos separadores, que são equipamentos projetados para retirar a água, os hidrocarbonetos que estiverem em estado líquido e as partículas sólidas (pó, produtos de corrosão e outros.). Se existirem quantidades de enxofre elevadas, o gás é enviado para unidades de dessulfurização, onde esses contaminantes serão retirados. Após essa etapa, uma parte do gás é utilizada no próprio sistema de produção, em processos conhecidos como reinjeção e gás lift, com a finalidade de aumentar a recuperação de petróleo do reservatório. O restante do gás é enviado para o processamento, que é a separação de seus componentes em produtos especificados e prontos para utilização.  
A produção de gás natural pode ocorrer em regiões distantes dos centros de consumo e muitas vezes, de difícil acesso, como, por exemplo, a floresta amazônica e a plataforma continental. Por esse motivo, tanto a produção como o transporte normalmente são atividades críticas do sistema. Em plataformas marítimas, por exemplo, o gás deve ser desidratado antes de ser enviado para terra, para evitar a formação de hidratos, que são compostos sólidos que podem obstruir os gasodutos. Outra situação pode ocorrer é a reinjeção do gás para armazenamento no reservatório se não houver consumo para o mesmo, como na Amazônia.
- (3) O gás segue para as unidades industriais conhecidas como UPGN (Unidades de Processamento de Gás Natural), onde é desidratado (isto é, será retirado o vapor d'água) e fracionado, gerando as seguintes correntes, metano e etano (que formam o gás processado ou residual); e um produto na faixa da gasolina, denominado C<sup>5+</sup> ou gasolina natural.
- (4) No estado gasoso, o transporte do gás natural é feito por meio de dutos ou, em casos muito específicos, em cilindros de alta pressão (como GNC – gás natural comprimido). No

estado líquido (como, GNL – gás natural liquefeito), pode ser transportado por meio de navios, barcaças e caminhões criogênicos, a  $-160^{\circ}\text{C}$ , e seu volume é reduzido em cerca de 600 vezes, facilitando o armazenamento. Nesse caso, para ser utilizado, o gás deve ser vaporizado em equipamentos apropriados.